Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP



Sérgio Gabriel Quádrio da Mota Alves

PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES
FUNDAMENTOS, DESEMPENHO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

Porto, 2001

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES
FUNDAMENTOS, DESEMPENHO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

Sérgio Gabriel Quádrio da Mota Alves

Licenciado em Engenharia Civil,
pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial
dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil
(Área de especialização em Construção de Edifícios)

Dissertação realizada sob a supervisão de
Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa,
do Departamento de Engenharia Civil
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Setembro de 2001

À Paula,

ao Luís,

ao João,

aos meus pais e tios

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, quero manifestar os meus agradecimentos a todos aqueles cuja contribuição foi indispensável para a sua realização.

Não poderia, no entanto, deixar de destacar algumas pessoas que tiveram um papel fundamental na sua elaboração:

- ao Professor Hipólito de Sousa, agradeço reconhecidamente, pelo seu aconselhamento, disponibilidade e permanente acompanhamento ao longo da realização deste trabalho;

- ao Engenheiro Rui Ramos da firma "Pavileca", o seu interesse e disponibilidade;

- a todos os projectistas e empreiteiros que tornaram possível a análise dos projectos gentilmente cedidos e as visitas às obras apresentadas.

PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES FUNDAMENTOS, DESEMPENHO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

RESUMO

Contrariamente ao que sucede noutros países, a concepção e construção de edifícios com paredes exteriores em pano simples não é hoje em dia vulgar em Portugal. Este trabalho procura dar um contributo no sentido de demonstrar as potencialidades deste tipo de paredes, quando bem projectadas e executadas. Divide-se essencialmente em três vertentes: a primeira refere-se aos fundamentos sobre os quais se deve basear a concepção e a execução das paredes exteriores dos edifícios; a segunda, à análise e à avaliação de alguns projectos e de alguns edifícios já executados ou ainda em execução com esta solução, de modo a obter-se uma panorâmica dos respectivos desempenhos; a terceira, a uma proposta de metodologia de análise das características das paredes, quer em projecto quer em obra, de forma a servir de guia a quem projecte ou construa edifícios com esta solução de paredes exteriores.

A materialização das vertentes expostas ao longo deste trabalho desenvolve-se em oito capítulos, sendo abordados temas fundamentais para enquadrar esta temática como sejam as exigências funcionais de paredes exteriores, a concepção de paredes exteriores em pano simples e diferentes tipos de revestimentos exteriores de paredes.

Neste trabalho aborda-se também a influência da qualificação da mão-de-obra na qualidade de execução, atendendo à importância que esta tem no resultado final. Paralelamente aborda-se o estudo económico de várias soluções construtivas alternativas.

Em anexo, apresentam-se os projectos e a reportagem fotográfica dos diferentes edifícios visitados.

PALAVRAS CHAVE: Exigências funcionais, Materiais, Alvenaria, Revestimento, Pormenorização, Qualificação, Custo, Desempenho, Metodologia de concepção e execução.

EXTERNAL SINGLE-LEAF WALLS OF BUILDINGS
REASONS, PERFORMANCE AND ANALYSIS METHODOLOGY

SUMMARY

Unlike other European countries, the conception and construction of buildings with external single-leaf walls is not common nowadays in Portugal. This work aims at demonstrating the benefits of this kind of walls when they are well conceived and constructed. It is divided in three different approaches: the first concerns the reasons that lead to the conception and execution of the external walls of the buildings; the second, the analysis and evaluation of some projects and some buildings already constructed or in the process of being constructed with this solution, thus hoping to obtain a global view of the performance of the walls; the third is a proposal for an analysis methodology concerning the conception and construction of the walls in a way that it will serve as a guide to those working on building projects or at the construction site.

The materialization of the approaches exposed in this work, is developed in eight chapters. In these chapters important subjects are exposed, such as functional requirements of external walls, conception of external single-leaf walls and external surfacing.

Since the performance of any part of a building depends on the quality of construction and the qualification of labour, the choice of the technology to apply should be taken into consideration. This subject is approached in this work, together with the cost-benefit analysis of several different walls.

In annex, projects and photographic reports of some buildings are presented.

KEY WORDS: Functional requirements, Materials, Masonry, Surfacing, Detailing, Qualification, Cost, Performance, Analysis methodology.

MURS EXTÉRIEURS SIMPLES DE BÂTIMENTS
FONDEMENTS, PERFORMANCE ET MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE

RÉSUMÉ

Au contraire de beaucoup d'autres pays, la conception et construction de bâtiments avec murs extérieurs simples n'est pas très habituelle aujourd'hui au Portugal. Ce travail éssaie de démontrer les avantages de ce type de murs, tandis qu'ils soient soigneusement projetés et exécutés. Le travail est divisé en trois parties: la première concerne les fondements sur lesquels doivent être basés la conception et l'exécution des murs extérieurs des bâtiments; la deuxième concerne l'analyse et l'évaluation de quelques projets et bâtiments déjà complets ou encore en exécution, afin de nous permettre d'obtenir une vision globale des performances respectives; la troisième enfin concerne une proposition de méthodologie pour l'analyse des caractéristiques des murs, soit en phase de projet soit en chantier, qui puisse servir de guide à tous ceux voulant projeter ou bien construire des bâtiments ayant ce type de murs.

Les trois parties principales exposées ci-dessus sont développées sur huit chapitres, où l'on étudie des sujets fondamentaux tels que les exigences fonctionnelles, la conception de murs extérieurs simples et les revêtements extérieurs des murs.

Étant donné que le succès de la performance d'un élément de construction quelconque dépend beaucoup de la qualité d'exécution et de la qualification de la main-d'œuvre, ce sujet ne doit pas être méprisé lors du choix de la solution de construction. Ce sujet est aussi touché dans ce travail, en parallèle avec l'étude économique des plusieurs solutions de construction alternatives.

En annexe les projets et photographies de plusieurs bâtiments visités sont présentés.

MOTS-CLÉS: Exigences fonctionnelles, Matériels, Maçonnerie, Revêtement, Détails, Qualification, Coût, Performance, Méthodologie de conception et exécution.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1	INTERESSE E OBJECTIVOS DO TRABALHO	2
1.2	ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO	3
1.3	BREVE SÚMULA HISTÓRICA DAS ALVENARIAS EM PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS	5
1.3.1	Introdução	5
1.3.2	Evolução	6

CAPÍTULO 2 - EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

2.1	INTRODUÇÃO	16
2.2.	COMPORTAMENTO MECÂNICO	16
2.2.1.	Estabilidade	16
2.2.1.1	Alvenarias resistentes	16
2.2.1.2	Alvenarias de preenchimento	18
2.2.2	Acção do vento	19
2.2.3.	Acção dos sismos	19
2.2.3.1	Dimensionamento aos sismos	22
2.2.4	Acções acidentais	24
2.2.5	Dilatações e contracções	26
2.2.6	Outras acções	30
2.3.	CONFORTO HIGROTÉRMICO	30
2.3.1	Conforto térmico	30
2.3.2.	Zonas opacas	39
2.3.2.1	Considerações gerais	39
2.3.2.2	Isolamento térmico	41
2.3.2.3.	Pontes térmicas	49
2.3.2.3.1	Quantificação das perdas térmicas	51
2.3.2.3.2	Correcção das pontes térmicas	57
2.3.2.4.	Inércia térmica	63
2.3.2.4.1	Conceitos gerais	63
2.3.2.4.2	A importância das fachadas na inércia térmica dos edifícios	70
2.3.2.5.	Condensações	83
2.3.2.5.1.	Condensações superficiais	83
2.3.2.5.1.1	Temperaturas das superfícies internas das fachadas e diagrama psicrométrico	84
2.3.2.5.1.2	Inércia hígrica	89

2.3.2.5.1.3	Bolores	90
2.3.2.5.2	Condensações internas (intersticiais)	91
2.4.	ESTANQUIDADE À ÁGUA NO ESTADO LÍQUIDO	97
2.4.1	Introdução	97
2.4.2	Mecanismos de penetração de água líquida nos materiais de construção	98
2.4.3	Os efeitos do clima na humidificação e secagem das paredes	102
2.4.4	Resistência das fachadas à penetração da humidade de precipitação	108
2.4.5	Humidade do terreno	116
2.5.	ISOLAMENTO AO RUÍDO	118
2.5.1	Introdução	118
2.5.2	Isolamento das fachadas aos sons aéreos	119
2.5.3	Legislação	122
2.6.	SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS	126
2.6.1	Introdução	126
2.6.2	Reacção ao fogo dos materiais de construção	126
2.6.3	Resistência ao fogo de elementos de construção	129
2.6.4	Legislação	132
2.7	A SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS E A ESCOLHA DOS MATERIAIS	136
2.8.	OUTRAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS	138
2.8.1	Permeabilidade ao ar	138
2.8.2	Segurança ao contacto	138
2.8.3	Segurança contra a intrusão	138
2.8.4	Estanquidade à neve e a matérias em suspensão no ar	139
2.8.5	Emissão de odores	139
2.8.6.	Aspecto das fachadas	139
2.8.6.1	Tolerâncias locais	139
2.8.6.2	Rectidão das arestas e planeza das superfícies	139
2.8.6.3	Defeitos das superfícies	140
2.8.6.4	Homogeneidade da cor e do brilho	140
2.8.6.5	Homogeneidade da sujidade	140
2.8.7	Emissão de substâncias nocivas ou insalubres	141
2.8.8.	Durabilidade	141
2.8.8.1	Resistência aos agentes climatéricos	141
2.8.8.2	Resistência das juntas aos movimentos das fachadas	142
2.8.8.3	Resistência à erosão por partículas em suspensão no ar	142
2.8.8.4	Resistência aos agentes químicos presentes no ar	142
2.8.8.5	Resistência a agentes biológicos	142
2.8.9	Facilidade de execução	142

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E PORMENORIZAÇÕES DE EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

3.1	INTRODUÇÃO	147
3.2	MATERIAIS	147
3.2.1	Pedra natural	147
3.2.2	Tijolo cerâmico de barro vermelho	152
3.2.3	Blocos de betão normal	158
3.2.4	Blocos de betão de agregados leves (grânulos de argila expandida)	159
3.2.5	Blocos de betão celular autoclavado	164
3.2.6	Materiais de isolamento térmico	167
3.2.7	Acessórios para fixação das alvenarias à estrutura	171
3.3.	PORMENORIZAÇÕES DA EXECUÇÃO	172
3.3.1.	Pormenorização comum a todos os tipos de alvenarias	172
3.3.1.1	Protecção contra a ascensão de humidade por capilaridade proveniente do solo	172
3.2.1.2.	Juntas de assentamento	173
3.2.1.2.1	Alvenarias revestidas	173
3.3.1.2.2	Alvenarias aparentes	174
3.3.1.2.3	Tipos de argamassas	175
3.3.1.3.	Execução dos pontos singulares das alvenarias	180
3.3.1.3.1	Fundação das paredes	180
3.3.1.3.2	Ligação das alvenarias a vigas e a lajes	182
3.3.1.3.3	Montantes em alvenarias resistentes	185
3.3.1.3.4	Ligação das alvenarias a pilares em betão armado	188
3.3.1.3.5	Lintéis de vãos (padieiras)	190
3.3.1.3.6	Peitoris	192
3.3.1.3.7.	Vãos	194
3.3.1.3.7.1	Tipos de posicionamento das caixilharias nas alvenarias	194
3.3.1.3.7.2	Tolerâncias no assentamento da caixilharia	195
3.3.1.3.7.3	Características dimensionais dos vãos na obra de trolha, para receberem caixilharias	196
3.3.1.3.7.4	Métodos de calafetagem entre o vão e a caixilharia (ou entre o vão e um pré aro)	196
3.3.1.3.7.5	Condições a respeitar na colocação das calafetagens entre as caixilharias e os vãos	198
3.3.1.3.7.6	Reforços da alvenaria na zona dos vãos	200
3.3.1.3.8	Zonas de descarga de acções concentradas	202
3.3.1.3.9	Uniões em T das alvenarias	202
3.3.1.3.10	Juntas de dilatação e contracção	203
3.3.1.3.11	Coberturas em terraço	203
3.3.2.	Pormenorizações específicas de alguns tipos de alvenarias	207
3.3.2.1	Alvenarias de pedra natural	207
3.3.2.2	Alvenarias de tijolo	210

3.3.2.3	Alvenarias em blocos de betão	213
3.3.2.4	Alvenarias em blocos de betão celular autoclavado	217
3.3.3.	Exemplos de realização de fachadas em alvenaria simples	217
3.3.3.1	Com isolamento térmico pelo interior	218
3.3.3.2	Com isolamento térmico pelo exterior	222
3.3.3.3	Sem isolamento térmico específico	224
3.3.3.4	Alvenarias armadas	224

CAPÍTULO 4 – REVESTIMENTOS DE PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.1	INTRODUÇÃO	233
4.2.	EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS	233
4.2.1.	Exigências de segurança	236
4.2.1.1	Exigências de estabilidade	236
4.2.1.2	Exigências contra riscos de incêndios	236
4.2.1.3	Exigências de segurança no uso	236
4.2.2	Exigências de compatibilidade com o suporte	237
4.2.3.	Exigências de estanquidade	237
4.2.3.1	Estanquidade à água da chuva	237
4.2.3.2	Estanquidade ao vapor de água	238
4.2.3.3	Estanquidade à água no interior	238
4.2.4	Exigências de conforto visual	238
4.2.5	Exigências de conforto táctil	239
4.2.6	Exigências de higiene	239
4.2.7.	Exigências de adaptação à utilização normal	240
4.2.7.1	Exigências de resistência a acções de choque, de atrito e de riscagem	240
4.2.7.2	Exigências de resistência à acção da água	241
4.2.7.3	Exigências de aderência ao suporte	241
4.2.7.4	Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos	242
4.2.7.5	Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira	242
4.2.7.6	Exigências de resistência à suspensão de cargas	243
4.2.8.	Exigências de durabilidade	243
4.2.8.1	Exigências de resistência aos agentes climáticos	243
4.2.8.2	Exigências de resistência aos produtos químicos do ar	244
4.2.8.3	Exigências de resistência à erosão pelas partículas sólidas em suspensão no ar	245
4.2.8.4	Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores	245
4.2.9	Exigências de facilidade de limpeza	245
4.2.10	Exigências de economia	246
4.2.11	Outras exigências	246

4.3.	CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS	247
4.3.1	Introdução	247
4.3.2	Revestimentos de estanquidade	247
4.3.3	Revestimentos de impermeabilização	247
4.3.4	Revestimentos de isolamento térmico	248
4.3.5	Revestimentos de acabamento ou decorativos	248
4.4.	DESCRIÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS MAIS CORRENTES EM PORTUGAL	251
4.4.1.	Rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos	251
4.4.1.1	Os materiais	251
4.4.1.2	Estado e preparação do suporte	254
4.4.1.3	Preparação de superfícies que apresentem defeitos de planimetria localizados	254
4.4.1.4	Medidas a tomar para evitar fissurações	254
4.4.1.5	Prescrições relativas a suportes de alvenarias antigas	256
4.4.1.6	Composições, camadas, espessuras e acabamentos	256
4.4.1.7	Aspecto dos rebocos	264
4.4.1.8	Aplicação do revestimento por projecção mecânica	264
4.4.1.9	Outros suportes	265
4.4.1.10	Anomalias	265
4.4.2	Rebocos não tradicionais de ligantes hidráulicos	266
4.4.2.1	Composição	267
4.4.2.2	Aplicação	267
4.4.2.3	Classificação	269
4.4.2.4	Acabamentos	273
4.4.2.5	Aspecto dos revestimentos	273
4.4.2.6	Anomalias	273
4.4.3.	Revestimentos de pedra natural	274
4.4.3.1.	Fixação indirecta	275
4.4.3.1.1	Lâminas e escamas	275
4.4.3.1.2	Placas de pedra	276
4.4.3.1.3.	Fixação	276
4.4.3.1.3.1	Fixação através de agrafos e pontos de argamassa	277
4.4.3.1.3.2	Fixação através de gatos	279
4.4.3.1.3.3	Fixação através de uma estrutura intermédia	281
4.4.4.	Sistemas de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante	282
4.4.4.1	Introdução	282
4.4.4.2	Constituintes	283
4.4.4.3.	Exigências	287
4.4.4.3.1	Segurança em caso de incêndio	287

4.4.4.3.2	Comportamento perante as acções mecânicas decorrentes da utilização normal	287
4.4.4.4	Pormenorização	288
4.4.4.5	Durabilidade e qualidade de execução	292
4.4.5.	Revestimentos por elementos descontínuos com função de acabamento ou decorativo	292
4.4.5.1	Introdução	292
4.4.5.2	Revestimentos aplicados por colagem	293
4.4.5.3	Revestimentos aplicados por fixação mecânica directa	296
4.4.6.	Revestimentos por pintura sobre rebocos	296
4.4.6.1	Aspectos funcionais	296
4.4.6.2	As tintas	297
4.4.6.3	Preparação das superfícies	301

CAPÍTULO 5 - IMPORTÂNCIA DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA E DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO NA ESCOLHA DA SOLUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

5.1	INTRODUÇÃO	304
5.2	QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA	304
5.3.	CUSTO DE PRODUÇÃO DE ALGUMAS SOLUÇÕES DE PAREDES EM PANO SIMPLES COMPARATIVAMENTE COM SOLUÇÕES DE PAREDES DUPLAS	307
5.3.1	Fichas de preços compostos	307
5.3.1.1	Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano simples de tijolo cerâmico	308
5.3.1.2	Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano simples em blocos "Leca"	313
5.3.1.3	Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano duplo de tijolo cerâmico	316
5.3.1.4	Fichas de preços compostos de revestimentos de paramentos exteriores	320
5.3.2	Análise dos preços de venda de diversas soluções construtivas alternativas	323
5.4	CONCLUSÃO	326

CAPÍTULO 6 - ESTUDO DE CASOS. APRECIAÇÃO DA QUALIDADE DE CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

6.1	INTRODUÇÃO	329
6.2.	ANÁLISE DAS PAREDES EXTERIORES EM PROJECTO E EM OBRA	330
6.2.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	331
6.2.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	332
6.2.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	334
6.3.	ESTUDO DAS OBRAS VISITADAS	334
6.3.1.	OBRA 1 – EDIFÍCIO PARA HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NA ORLA MARÍTIMA A NORTE DO PORTO	335
6.3.1.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	335
6.3.1.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	343
6.3.1.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	348

6.3.2.	OBRA 2 – ESCOLA DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL SITUADA A CERCA DE 30km DO PORTO	350
6.3.2.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	350
6.3.2.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	356
6.3.2.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	361
6.3.3.	OBRA 3 – EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NO GRANDE PORTO	362
6.3.3.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	362
6.3.3.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	369
6.3.3.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	374
6.3.4.	OBRA 4 – EMPREENDIMENTO HABITACIONAL NO GRANDE PORTO	375
6.3.4.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	375
6.3.4.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	382
6.3.4.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	387
6.3.5.	OBRAS 5 E 6 – DEZ FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO; QUINZE FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO	388
6.3.5.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	388
6.3.5.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	396
6.3.5.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	400
6.3.6.	OBRA 7 – MORADIAS GEMINADAS SITUADAS NO GRANDE PORTO	402
6.3.6.1	Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção	402
6.3.6.2	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	405
6.3.6.3	Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra	410
6.3.7.	OBRAS DIVERSAS	411
6.3.7.1.	OBRA 8 – MORADIAS SITUADAS NO GRANDE PORTO	411
6.3.7.1.1	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	411
6.3.7.1.2	Conclusões da visita à obra	414
6.3.7.2.	OBRA 9 – URBANIZAÇÃO CONSTITUÍDA POR EDIFÍCIOS SITUADOS NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO	415
6.3.7.2.1	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	415
6.3.7.2.2	Conclusões da visita à obra	418
6.3.7.3.	OBRA 10 – EDIFÍCIO SITUADO NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO	419
6.3.7.3.1	Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho	419
6.3.7.3.2	Conclusões da visita à obra	422

CAPÍTULO 7 - PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

7.1	INTRODUÇÃO	424
7.2	PLANO DE INSPECÇÃO	425

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS 460
8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 464
8.3 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO 464

BIBLIOGRAFIA 467

ANEXO A – OBRA 1

Peças desenhadas 475
Peças escritas 489
Reportagem fotográfica 495

ANEXO B – OBRA 2

Peças desenhadas 501
Peças escritas 508
Reportagem fotográfica 513

ANEXO C – OBRA 3

Peças desenhadas 519
Peças escritas 530
Reportagem fotográfica 532

ANEXO D – OBRA 4

Peças desenhadas 537
Peças escritas 550
Reportagem fotográfica 552

ANEXO E – OBRA 5

Peças desenhadas 557
Peças escritas 568
Reportagem fotográfica 572

ANEXO F – OBRA 6

Peças desenhadas 577
Peças escritas 590

ANEXO G – OBRA 7

Peças desenhadas 597
Peças escritas 611
Reportagem fotográfica 611

ANEXO H – OBRAS DIVERSAS

Reportagem fotográfica – Obra 8 617
Reportagem fotográfica – Obra 9 618
Reportagem fotográfica – Obra 10 620

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig. 1.1 – Execução de paredes de taipa 5

Fig. 1.2 – Construção de casas primitivas com paredes em pedra seca arrumada à mão ou em troncos de árvores formando paliçadas 6

Fig. 1.3 – Revestimento pelo exterior das paredes com lamas argilosas adicionadas de fibras vegetais a fim de obturar as pequenas frinchas existentes nas mesmas 7

Fig. 1.4 – Realização de alvenaria armada no início do século XX, em Paris 8

Fig. 1.5 – Evolução das alvenarias em fachadas durante os últimos sessenta anos 11

CAPÍTULO 2

Fig. 2.1 – Magnitude dos sismos segundo a escala de Richter 20

Fig. 2.2 – Método de cálculo estrutural considerando os elementos de preenchimento das estruturas reticulada 24

Fig. 2.3 – Distâncias máximas entre juntas de dilatação e de contracção de alvenarias de paredes exteriores de edifícios 27

Fig. 2.4 - Distâncias máximas entre juntas de dilatação e de contracção de alvenarias sujeitas a grandes variações dimensionais 27

Fig. 2.5 – Exemplos de juntas de dilatação e de contracção em alvenarias de tijolo aparente 29

Fig. 2.6 – Trocas de calor do corpo humano com o ambiente 31

Fig. 2.7 – Índice PPD em função do índice PMV 36

Fig. 2.8 – Exemplo de gráfico de conforto 36

Fig. 2.9 – Relacionamento entre a velocidade média do ar, temperatura do ar e intensidade de turbulência, que satisfaz 85% dos indivíduo 38

Fig. 2.10 – Custo global considerando as despesas com o isolamento térmico das fachadas e os custos de aquecimento 40

Fig. 2.11 – Divisão do território em zonas climáticas segundo as "Recomendações Técnicas para Habitação Social" 42

Fig. 2.12 – Zonamento climático do Continente segundo o RCCTE 43

Fig. 2.13 – Exemplos de pontes térmicas 51

Fig. 2.14 – Configuração de pontes térmicas com valores de factores de concentração de perdas inferiores ou iguais a 1,3 segundo o RCCTE 53

Fig. 2.15 – Exemplos de quantificação de perdas térmicas lineares 55

Fig. 2.16 – Fontes de perda de calor numa parede de fachada 55

Fig. 2.17 – Influência das pontes térmicas no isolamento térmico de um muro em betão (4m x 2,5m) com isolamento em lã de vidro e um vão (2,45m²) 56

Fig. 2.18 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis em cunhais de betão 58

Fig. 2.19 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e lajes de cobertura em terraço 59

Fig. 2.20 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre fachadas e pavimentos sobre espaços exteriores 60

Fig. 2.21 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes e lajes ou vigas, de nível intermédio 60

Fig. 2.22 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e pilares, em zonas correntes 61

Fig. 2.23 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e paredes divisórias 62

Fig. 2.24 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre fachadas e caixilharias 62

Fig. 2.25 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis em caixas de estores 63

Fig. 2.26 – Inércia de transmissão. A envolvente opaca transmite uma oscilação da temperatura exterior com uma amplitude diminuída e com retardamento 64

Fig. 2.27 – Inércia de absorção. Diminui e retarda a oscilação da temperatura interior resultante da oscilação de todos os fluxos do exterior e dos ganhos internos de calor 65

Fig. 2.28 – Efeito da inércia térmica em situação de dia frio no Inverno em edifícios sujeitos a aquecimento contínuo 66

Fig. 2.29 – Efeito da inércia térmica em situação de dia menos frio e soalheiro no Inverno em edifícios sujeitos a aquecimento contínuo 67

Fig. 2.30 – Efeito da inércia térmica em situação de edifícios de inércia forte sujeitos a aquecimento intermitente em dias medianamente frios 68

Fig. 2.31 – Efeito da inércia térmica em situação de edifícios de inércia fraca sujeitos a aquecimento intermitente em dias medianamente frios 68

Fig. 2.32 – Efeito da inércia térmica em situação de Verão em edifícios com as janelas abertas 69

Fig. 2.33 – Difusão do calor acumulado numa parede de fachada 72

Fig. 2.34 – Amortecimento e desfasamento provocado por uma parede de fachada da onda de temperaturas exterior 72

Fig. 2.35 – Factor de redução (M) a aplicar ao coeficiente de transmissão térmico das paredes (K) tendo em consideração a influência do factor massa e da zona climática 73

Fig. 2.36 – Exemplo do efeito da inércia térmica na temperatura interior dum compartimento 74

Fig. 2.37 – Variações da temperatura na face externa e interna de paredes exteriores, considerando a sua inércia térmica 75

Fig. 2.38 – Exemplos de factores de amortecimento e de atraso na transmissão da onda de calor, para algumas soluções construtivas 76

Fig. 2.39 – Importância dos coeficientes de amortecimento na poupança de energia de aquecimento 78

Fig. 2.40 – Variação de temperaturas exteriores com intervalos de seis horas e a quantidade de calor acumulado nas paredes às 14 horas, para uma temperatura interior constante de 20°C 79

Fig. 2.41 – Efeito da inércia térmica em climas quentes e com grandes variações de temperatura do dia para a noite, no fluxo de calor do exterior para o interior dos edifícios 80

Fig. 2.42 – Variação da temperatura média no interior da fachada consoante o posicionamento do isolamento térmico 81

Fig. 2.43 – Diagrama psicrométrico 85

Fig. 2.44 – Temperatura superficial numa parede de betão com 20cm de espessura 86

Fig. 2.45 – Condensação numa parede de fachada predominantemente na sua superfície inferior 86

Fig. 2.46 – Representação de manchas de bolores 90

Fig. 2.47 – Ciclo de vida de um fungo 91

Fig. 2.48 – Importância do posicionamento das várias camadas de uma parede exterior, nas condensações internas 94

Fig. 2.49 – Resistências térmica e à difusão de vapor de água de uma parede com isolamento térmico colocado no pano interior 94
Fig. 2.50 – Penetração da água em paredes, devido ao fenómeno da gravidade 98
Fig. 2.51 – Penetração da água da chuva em paredes devido ao fenómeno da energia cinética 99
Fig. 2.52 – Penetração da água da chuva em paredes, sob o efeito do vento 99
Fig. 2.53 – Porosidade de um material 100
Fig. 2.54 – Histograma representando a porometria de um calcário brando 101
Fig. 2.55 – Agentes de penetração da água da chuva em paredes com fissuras, fendas, ou juntas 102
Fig. 2.56 – Graus de exposição de paredes normais à chuva incidente em Portugal 105
Fig. 2.57 – Valores máximos anuais de chuva incidente em superfície vertical no período de uma hora, e direcção e velocidade média do vento ocorrendo simultaneamente, em Lisboa 106
Fig. 2.58 – Frequências e velocidades médias do vento durante as máximas precipitações horárias e de dez minutos em cada ano, em Lisboa 106
Fig. 2.59 – Exemplos de processos de infiltração da humidade do terreno nas paredes, em geral 116
Fig. 2.60 – Influência da colocação de material impermeável no nível de equilíbrio da humidade ascensional 117
Fig. 2.61 – Eflorescências e criptoflorescências em paredes provocadas pela humidade ascensional 117
Fig. 2.62 – Exemplos de processos de evitar o fenómeno das humidades ascensionais 118
Fig. 2.63 – Processos de transmissão dos sons aéreos 120
Fig. 2.64 – Exemplos de caixas de estores interiores mal e bem concebidas 122
Fig. 2.65 – Categorias de isolamento térmico, segundo a legislação Belga 124
Fig. 2.66 – Resistência ao fogo de elementos de construção 130

CAPÍTULO 3

Fig. 3.1 – Adaptação dos blocos de pedra para a execução de alvenarias 149
Fig. 3.2 – Assentamento de tijolo tradicional 22x11x7 respectivamente a ¼ vez, a ½ vez, a 1 vez e a 1 ½ vez 154
Fig. 3.3 – Exemplos de alguns tipos de tijolos cerâmicos de origem estrangeira 154
Fig. 3.4 – Junta horizontal de assentamento de tijolo cerâmico com interrupção de junta eventualmente preenchida com isolamento térmico 155
Fig. 3.5 – Vários tipos de peças e de blocos de betão normal 158
Fig. 3.6 – Peças especiais para a formação de um sistema construtivo em blocos de betão de inertes de grânulos de argila expandida ("Leca") 162
Fig. 3.7 – Desenvolvimento de um novo tipo de bloco de betão de grânulos de argila expandida com desempenhos aperfeiçoados da marca "Pavileca" 164
Fig. 3.8 – Soluções de isolamento térmico pelo paramento interior de fachadas em alvenarias simples 170
Fig. 3.9 – Diversos acessórios de fixação das alvenarias às estruturas resistentes 171
Fig. 3.10 – Corte de capilaridade das alvenarias em elevação, devido à humidade do terreno 173
Fig. 3.11 – Exemplo de junta horizontal de argamassa parcial 173
Fig. 3.12 – Principais tipos de acabamentos de juntas para alvenarias aparentes 174
Fig. 3.13 – Execução de perfis das juntas de argamassa após a execução das alvenarias, com argamassa rica em cimento 174

Fig. 3.14 – Fundações para alvenarias resistentes em edifícios até três pisos com afastamento de paredes não excedendo 4m a 5m 181

Fig. 3.15 – Fundações para alvenarias resistentes em edifícios até três pisos com afastamento de paredes não excedendo 4m a 5m, para terrenos de capacidade fraca (alternativa à figura 3.14) 181

Fig. 3.16 – Apoio das alvenarias resistentes em vigas cinta 183

Fig. 3.17 – Disposições construtivas na ligação das alvenarias a lajes ou vigas cinta 184

Fig. 3.18 – Posicionamento em altura dos montantes em alvenarias resistentes 185

Fig. 3.19 – Posicionamento em planta dos montantes em alvenarias resistentes 186

Fig. 3.20 – Pormenor de execução de parede resistente de empena acima da laje de esteira da cobertura (termicamente isolada) que permita a não existência de cunhais armados na alvenaria no piso imediatamente abaixo 186

Fig. 3.21 – Exemplos de ligação dos montantes em betão armado ás alvenarias resistentes 187

Fig. 3.22 – Ligação dos pilares às alvenarias em forma de "dente" 188

Fig. 3.23 – Ligação dos pilares à alvenaria por intermédio de ligadores 189

Fig. 3.24 – Disposições construtivas na ligação de alvenarias a pilares que se salientem para o exterior das fachadas 189

Fig. 3.25 – Exemplos de ligações pilares – alvenarias de preenchimento 190

Fig. 3.26 – Entrega mínima dos lintéis nas alvenarias e distâncias mínimas entre vãos em alvenarias resistentes 191

Fig. 3.27 – Elementos especiais para lintéis assegurando ou não, um suporte homogéneo para o revestimento 192

Fig. 3.28 – Dimensões mínimas a considerar para os perfis dos peitoris prefabricados 193

Fig. 3.29 – Posicionamento do ressalto dos peitoris relativamente a vãos possuidores ou não de rebaixe para receber a caixilharia 193

Fig. 3.30 – Caso particular de remate do peitoril no vão, para caixilharias aplicadas no paramento interior das fachadas 193

Fig. 3.31 – Peitoris com e sem extremidades laterais sobrelevadas 194

Fig. 3.32 – Tipos aconselhados de posicionamento de janelas nos vãos 194

Fig. 3.33 – Tipos desaconselhados de posicionamento de janelas nos vãos 195

Fig. 3.34 – Tolerâncias do assentamento da caixilharia nos vãos 195

Fig. 3.35 – Tolerâncias dimensionais a impor para a execução de vãos de caixilharias 196

Fig. 3.36 – Modo de execução da calafetagem húmida nas ombreiras dos vãos 198

Fig. 3.37 – Modo de assentamento da caixilharia em ombreiras, pelo método de junta extrudida, com fundo de junta 199

Fig. 3.38 – Junção da calafetagem dos caixilhos entre os peitoris e as ombreiras com e sem execução de rebaixe na alvenaria 200

Fig. 3.39 – Armação de alvenarias não resistentes na zona de vãos 201

Fig. 3.40 – Armação dos vãos em alvenaria de tijolo em zonas sísmicas 201

Fig. 3.41 – Reforço das alvenarias com armaduras, na zona de descarga de cargas concentradas 202

Fig. 3.42 – Justaposição de uma parede interior a uma parede exterior intercalando lã mineral de alta densidade (140kg/m³) com 3cm de espessura assegurando a estanquidade ao ar 203

Fig. 3.43 – Ligação em T entre paredes, por meio de malhas de varões de aço intercaladas nas juntas horizontais de assentamento 203

Fig. 3.44 – Fissuração de paredes estruturais de alvenaria devido ao movimento da laje de cobertura em terraço, por efeito da variação de temperatura 205

Fig. 3.45 – Fissuração de paredes de enchimento devido ao movimento da laje de cobertura em terraço, por efeito da variação de temperatura 205

Fig. 3.46 – Juntas móveis de apoio das lajes de cobertura planas, na sua estrutura de suporte 206

Fig. 3.47 – Apoio elastómero para apoio de laje flutuante na estrutura portante 206

Fig. 3.48 – Alvenaria de pedra em perpianho 207

Fig. 3.49 – Ligadores em pedra e metálicos para a execução de paredes de pedra natural irregular 208

Fig. 3.50 – Alvenaria de pedra aparelhada constituída por pedras com uma face plana e rectangular 208

Fig. 3.51 – Alvenaria de pedra irregularmente aparelhada com configuração angulosa e uma face plana 209

Fig. 3.52 – Alvenaria em pedra não aparelhada com configuração arredondada 209

Fig. 3.53 – Travamento nos cunhais de paredes de pedra natural de pequena e de grande espessura (sem consideração de montantes em betão armado) 209

Fig. 3.54 – Fluxo de trabalho de execução das alvenarias de pedra: execução a partir dos vãos e dos cunhais 210

Fig. 3.55 – Ligação em T entre duas paredes em alvenaria de pedra e entre uma parede em alvenaria de pedra e uma parede em blocos ou em tijolo 210

Fig. 3.56 – Procedimento correcto e procedimento incorrecto de remate do tijolo furado em cunhais 211

Fig. 3.57 – Forma usual mas incorrecta de remate do tijolo furado nas ombreiras dos vãos (com os furos em contacto com o exterior) 211

Fig. 3.58 – Execução de cunhais não armados e armados, com peças apropriadas em tijolo cerâmico 212

Fig. 3.59 – Execução de ombreiras de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico 212

Fig. 3.60 – Execução de padieiras de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico 212

Fig. 3.61 – Execução de testas de vigas com peças apropriadas em tijolo cerâmico 213

Fig. 3.62 – Execução de linteis de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico 213

Fig. 3.63 – Execução de cunhais em blocos inteiros e cortados de betão 214

Fig. 3.64 – Pormenores de ligação de paredes transversais em alvenarias de blocos de betão 214

Fig. 3.65 – Revestimento de pilares com forras de betão leve 215

Fig. 3.66 – Execução de cunhais não armados e de ligação a paredes transversais, em blocos de betão leve 215

Fig. 3.67 – Execução de montantes com peças especiais de betão leve 216

Fig. 3.68 – Execução de junta de retracção em panos de grande comprimento em blocos de betão leve 216

Fig. 3.69 – Peças especiais em betão leve para a execução de padieiras e caixas de estore 216

Fig. 3.70 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo interior 218

Fig. 3.71 – Exemplos de execução de acrotérios de paredes exteriores com isolamento térmico pelo interior quando as coberturas são em terraço 220

Fig. 3.72 – Exemplo de execução de pavimentos térreos no encontro com fachadas com isolamento térmico pelo interior 220

Fig. 3.73 – Plantas de pormenor de execução de pontos singulares de alvenarias simples com isolamento térmico pelo interior 221

Fig. 3.74 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior 222

Fig. 3.75 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior, em zonas de varandas 223

Fig. 3.76 – Plantas de pormenor de execução de pontos singulares de alvenarias simples com isolamento térmico pelo exterior 224
Fig. 3.77 – Tipos de blocos específicos para a realização de alvenaria armada 226
Fig. 3.78 – Diversos métodos de execução de alvenarias armadas 226
Fig. 3.79 – Diversas formas de executar pilares servindo os blocos de alvenaria como cofragem perdida 227
Fig. 3.80 – Armaduras em forma de treliça assentes nas juntas horizontais das alvenarias 227
Fig. 3.81 – Diversas soluções em blocos "Leca" para a execução de alvenarias armadas 228

CAPÍTULO 4

Fig. 4.1 – Reforço dos rebocos nas zonas de ligação com materiais diferentes 256
Fig. 4.2 – Tipologias de fissuração correspondentes a revestimentos (de ligantes hidráulicos) de baixo e alto teor em ligante 257
Fig. 4.3 – Esquema do desenvolvimento de fissuras em revestimento de impermeabilização tradicional de ligantes hidráulicos, de camada única e de três camadas 257
Fig.4.4 – Revestimento por elementos descontínuos em forma de escamas 275
Fig. 4.5 – Agrafos aplicados em topos verticais e no tardoz das placas de pedra, chumbados com argamassa na parede 279
Fig. 4.6 – Junta vertical elástica (agrafos inseridos nos topos verticais das placas) 279
Fig. 4.7 – Exemplo de fixação de um gato á estrutura, permitindo liberdade de movimentos das placas de pedra 281
Fig. 4.8 – Exemplo de fixação de placas de pedra através de uma estrutura intermédia 282
Fig. 4.9 – Solução corrente de sistema de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimento delgado sobre isolante 286
Fig. 4.10 – Junta dessoladarizante do sistema de isolamento térmico relativamente a um elemento saliente rígido da construção (abertura aproximadamente de 5mm) 288
Fig. 4.11 – Tratamento de junta de dilatação assegurando a estanquidade da alvenaria, complementada por um dispositivo suplementar cobre-junta 288
Fig. 4.12 – Perfis de protecção sem e com lacrimal para armadura normal e armadura reforçada 289
Fig. 4.13 – Perfis de protecção das extremidades inferiores do sistema 289
Fig. 4.14 – Cantoneiras de protecção das arestas verticais do sistema 290
Fig. 4.15 – Sobreposição dos bordos de faixas contíguas de armadura (mínimo 10cm) 290
Fig. 4.16 – Reforço de armadura no enfiamento dos ângulos dos vãos por bandas oblíquas coladas directamente sobre o isolante 291
Fig. 4.17 – Perfis de protecção das extremidades laterais do sistema 291
Fig. 4.18 – Elementos de recobrimento ao nível dos peitoris 292

CAPÍTULO 5

Fig. 5.1 – Infiltração de humidade no pano interior de uma parede dupla devido à sua má execução 306

ANEXO A – OBRA 1

Fig. A.1 – Planta da urbanização 475
Fig. A.2 – Alçado Norte 476

Fig. A.3 – Alçado Sul 477
Fig. A.4 – Alçados Laterais 478
Fig. A.5 – Planta da garagem 479
Fig. A.6 – Planta do piso tipo (1ª metade) 480
Fig. A.7 – Planta do piso tipo (2ª metade) 481
Fig. A.8 – Planta de cobertura 482
Fig. A.9 – Planta de cobertura 483
Fig. A.10 – Corte 484
Fig. A.11 – Pormenores construtivos 485
Fig. A.12 – Pormenores construtivos 486
Fig. A.13 – Pormenores construtivos 487
Fig. A.14 – Pormenores construtivos 488

ANEXO B – OBRA 2

Fig. B.1 – PLANTA DO PISO 0 501
Fig. B.2 – PLANTA DO PISO –1 502
Fig. B.3 – PLANTA DO PISO –2 503
Fig. B.4 – PLANTA DO PISO –3 504
Fig. B.5 – CORTE LONGITUDINAL E CORTES TRANSVERSAIS 505
Fig. B.6 – CORTE VERTICAL TIPO DAS FACHADAS 506
Fig. B.7 – CORTES HORIZONTAIS TIPO DAS FACHADAS 507

ANEXO C – OBRA 3

Fig. C.1 – Alçado Principal 519
Fig. C.2 – Alçado Posterior 519
Fig. C.3 – Alçado Lateral Esquerdo 520
Fig. C.4 – Alçado Lateral Direito 520
Fig. C.5 – Corte Transversal B-B1 521
Fig. C.6 – Planta do R/Chão 521
Fig. C.7 – Planta do Piso Tipo 522
Fig. C.8 – Planta da Cobertura 522
Fig. C.9 – Corte Transversal Y-Y1 523
Fig. C.10 – Corte Vertical da Fachada 524
Fig. C.11 – Corte Vertical da Fachada junto ao Pavimento Térreo 525
Fig. C.12 – Cortes verticais da Fachada junto ás Platibandas 525
Fig. C.13 – Planta de Fundações 526
Fig. C.14 – Pormenor dos Linteis de Fundação 526
Fig. C.15 – Planta Estrutural do R/Chão 527

Fig. C.16 – Planta Estrutural do 1° Andar 527
Fig. C.17 – Planta Estrutural do 2° Andar 528
Fig. C.18 – Planta Estrutural do 3° Andar 528
Fig. C.19 – Planta Estrutural da Cobertura 529
Fig. C.20 – Cortes Estruturais da Cobertura 529

ANEXO D – OBRA 4

Fig. D.1 – Alçado Norte 536
Fig. D.2 – Alçado Poente 537
Fig. D.3 – Alçado Sul 538
Fig. D.4 – Alçado Nascente 538
Fig. D.5 – Corte Transversal 1 539
Fig. D.6 – Corte Transversal 3 540
Fig. D.7 – Planta da cave do Bloco 1 541
Fig. D.8 – Planta do R/Chão e Cave dos dois blocos 542
Fig. D.9 – Planta do R/Chão do bloco 1 543
Fig. D.10 – Planta do 1° Andar do bloco 1 544
Fig. D.11 – Planta do 2° Andar do bloco 1 545
Fig. D.12 – Planta do Sotão do bloco 1 546
Fig. D.13 – Planta da Cobertura do bloco 1 547
Fig. D.14 – Pormenor construtivo tipo 548
Fig. D.15 – Pormenor construtivo tipo 549

ANEXO E – OBRA 5

Fig. E.1 – Planta de conjunto – Piso 0 557
Fig. E.2 – Perfil longitudinal BB' 558
Fig. E.3 – Perfil longitudinal CC' 558
Fig. E.4 – Perfil transversal EE' 559
Fig. E.5 – Perfil transversal HH'; Perfil transversal GG' 559
Fig. E.6 – Perfil transversal FF' 560
Fig. E.7 – Perfil transversal FF' 560
Fig. E.8 – Corte DD1 561
Fig. E.9 – Corte DD1 562
Fig. E.10 – Corte CC1 563
Fig. E.11 – Planta da Habitação T1 564
Fig. E.12 – Planta da Habitação T2 564
Fig. E.13 – Planta da Habitação T3 565
Fig. E.14 – Planta da Habitação T4 565
Fig. E.15 – Planta da Habitação T1 – Piso 0 566

Fig. E.16 – Planta da Habitação T1 – Piso 1 567

ANEXO F – OBRA 6

Fig. F.1 – Planta de conjunto – Piso 0 577
Fig. F.2 – Planta de R/Chão T1 (Topo) 578
Fig. F.3 – Planta de R/Chão T1 578
Fig. F.4 – Planta de 1º Piso T1 579
Fig. F.5 – Planta de R/Chão T2 (Topo) 579
Fig. F.6 – Planta de R/Chão T2 580
Fig. F.7 – Planta de 1º Piso T2 580
Fig. F.8 – Planta de R/Chão T4 (Topo) 581
Fig. F.9 – Planta de R/Chão T4 582
Fig. F.10 – Planta de 1º Piso T4 582
Fig. F.11 – Corte tipo B 583
Fig. F.12 – Corte tipo A 583
Fig. F.13 – Corte tipo C 584
Fig. F.14 – Planta de pormenor dos vãos 584
Fig. F.15 – Cortes de pormenorização das fachadas 585
Fig. F.16 – Cortes de pormenorização das fachadas 586
Fig. F.17 – Alçado principal – Bloco A 587
Fig. F.18 – Alçado posterior – Bloco A 587
Fig. F.19 – Corte 1 588
Fig. F.20 – Corte 2 588
Fig. F.21 – Alçado principal – Bloco B 589
Fig. F.22 – Alçado posterior – Bloco B 589

ANEXO G – OBRA 7

Fig. G.1 – Alçado principal 597
Fig. G.2 – Alçado posterior 598
Fig. G.3 – Alçado lateral 599
Fig. G.4 – Corte EF 599
Fig. G.5 – Planta da Cave 600
Fig. G.6 – Planta do R/C 601
Fig. G.7 – Planta do Andar 602
Fig. G.8 – Planta da Cobertura 603
Fig. G.9 – Corte AB 604
Fig. G.10 – Corte CD 605
Fig. G.11 – Planta das Fundações 606
Fig. G.12 – Planta estrutural do R/C 607
Fig. G.13 – Planta estrutural do Andar 608

Fig. G.14 – Planta estrutural do Tecto 609
Fig. G.15 – Planta estrutural da Cobertura 610

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 2.1 –	Espessuras das paredes de fachada em pedra ou em tijolo cerâmico maciço 23x11x7 que segundo o RGEU dispensam o respectivo cálculo de estabilidade em edifícios de habitação	17
Quadro 2.2 –	Classificação dos danos provocados pelos sismos em edificações	21
Quadro 2.3 –	Distâncias máximas entre juntas de dilatação em alvenarias de tijolo aparente	29
Quadro 2.4 –	Medição do metabolismo em diversas actividades	32
Quadro 2.5 –	Resistência térmica para diversas peças de vestuário	33
Quadro 2.6 –	Velocidade relativa do ar em função de actividades	34
Quadro 2.7 –	Escala do índice PMV	35
Quadro 2.8 –	Coeficientes máximos de transmissão térmica para a dispensa de cálculo das necessidades nominais de aquecimento, segundo o RCCTE	44
Quadro 2.9 –	Coeficientes máximos de transmissão térmica a fim de minimizar o aparecimento de condensações no pano interior das paredes exteriores, segundo o RCCTE	47
Quadro 2.10 –	Níveis de qualidade de isolamento térmico das paredes exteriores de edifícios	48
Quadro 2.11 –	Níveis de qualidade dos coeficientes de isolamento térmico das paredes exteriores de edifícios, por zonas climáticas	48
Quadro 2.12 –	Temperaturas superficias de paredes considerando para temperaturas exterior e interior, respectivamente 0°C e 18°C	50
Quadro 2.13 –	Factores de concentração de perdas térmicas em paredes exteriores simples, segundo o RCCTE	52
Quadro 2.14 –	Classificação dos factores de temperatura superficial de pontes térmicas	57
Quadro 2.15 –	Classes de inércia térmica segundo o RCCTE	65
Quadro 2.16 –	Recapitulação das compatibilidades das diversas inércias em função das diferentes situações	70
Quadro 2.17 –	Coeficientes de difusividade térmica de alguns materiais	71
Quadro 2.18 –	Quantidade de humidade diária produzida numa habitação para cinco pessoas	87
Quadro 2.19 –	Coeficientes de transmissão térmico de fachadas, de forma a que não ocorram	89
Quadro 2.20 –	Classificação dos edifícios em função da sua higrometria	92
Quadro 2.21 –	Porosidade de alguns materiais	101
Quadro 2.22 –	Espessuras mínimas (no tosco) das fachadas, de forma a garantirem a resistência à penetração da água da chuva	110
Quadro 2.23 –	Índices de chuva incidente persistente que caracterizam as classes de exposição, segundo as normas inglesas DD93	111
Quadro 2.24 –	Espessuras mínimas das paredes em pedra que salvaguardem as infiltrações da água da chuva segundo as normas francesas	112
Quadro 2.25 –	Espessuras mínimas das paredes do tipo 1 em blocos ou em tijolo, rebocadas exteriormente, que salvaguardem as infiltrações da água da chuva segundo as normas francesas	113
Quadro 2.26 –	Classes mínimas de paredes de alvenaria ou de betão com isolamento térmico pelo exterior em função das condições de exposição à chuva	114

Quadro 2.27 – Classes das fachadas segundo a pressão limite de estanquidade à água 115

Quadro 2.28 – Recomendações do tipo de paredes a usar segundo a sua localização 115

Quadro 2.29 – Exemplos de índices de isolamento sonoro para os sons de condução aérea (Ia) em alguns tipos de alvenarias 120

Quadro 2.30 – Índice de isolamento sonoro de elementos envidraçados 121

Quadro 2.31 – Classificação dos locais para implantação de edifícios, segundo o Regulamento Geral sobre o Ruído 123

Quadro 2.32 – Características de isolamento sonoro a que terão de obedecer as paredes exteriores dos edifícios 123

Quadro 2.33 – Categorias de isolamento acústico recomendadas pela legislação Belga 124

Quadro 2.34 – Categorias de ruído exterior, segundo a legislação Belga 125

Quadro 2.35 – Soluções construtivas de fachadas segundo as normas francesas, de acordo com as zonas 125

Quadro 2.36 – Resistência ao fogo de alguns tipos de paredes 131

Quadro 2.37 – Resistência ao fogo de alguns tipos de paredes 132

Quadro 2.38 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de habitação deverão obedecer 133

Quadro 2.39 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos estabelecimentos comerciais deverão obedecer 133

Quadro 2.40 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de serviços públicos deverão obedecer 133

Quadro 2.41 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos parques de estacionamento cobertos deverão obedecer 134

Quadro 2.42 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de empreendimentos turísticos deverão obedecer 134

Quadro 2.43 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de tipo hospitalar deverão obedecer 135

Quadro 2.44 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de tipo administrativo deverão obedecer 135

Quadro 2.45 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios escolares deverão obedecer 136

Quadro 2.46 – Desvios máximos de planeza de superfície, admissíveis 140

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1 – Classificação das rochas, segundo Paz Branco 149

Quadro 3.2 – Trabalhabilidade das pedras correntes, segundo Paz Branco 149

Quadro 3.3 – Características das pedras naturais segundo as normas americanas ASTM 150

Quadro 3.4 – Algumas das características principais de algumas paredes de pedra 151

Quadro 3.5 – Dimensões normalizadas do tijolo cerâmico vermelho segundo a norma NP 834 153

Quadro 3.6 – Algumas das características principais de algumas paredes em tijolo cerâmico 156

Quadro 3.7 – Algumas das características principais de algumas paredes em blocos de betão normal 159

Quadro 3.8 – Algumas das características principais de alvenarias em blocos de betão de grânulos de argila expandida "Pavileca" 163

Quadro 3.9 –	Algumas das características principais de algumas paredes em blocos de betão celular autoclavado "Ytong"	166
Quadro 3.10 –	Níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes térmicos em paredes simples de fachadas	169
Quadro 3.11 –	Características das argamassas de assentamento das alvenarias em função da sua composição	176
Quadro 3.12 –	Classes de resistência das argamassas de assentamento segundo o EC6 e traços volumétricos propostos	176
Quadro 3.13 –	Traços volumétricos de argamassas de assentamento segundo a BS5628, resistências esperadas e correspondência com as classes previstas no EC6	177
Quadro 3.14 –	Traços recomendados para o assentamento de alvenarias de pedra e de tijolo, segundo Paz Branco	177
Quadro 3.15 –	Argamassas recomendadas pela BS5628-3 para as juntas das alvenarias em função dos tipos de alvenarias e das condições de exposição	178
Quadro 3.16 –	Prescrições do DTU 20.1 acerca das juntas de argamassa em alvenarias de diversas origens	179
Quadro 3.17 –	Juntas de argamassa a usar no assentamento de alvenarias de blocos de betão de inertes leves (grânulos de argila expandida)	180
Quadro 3.18 –	Métodos de calafetagem entre vãos e caixilharias metálicas	197
Quadro 3.19 –	Modos de execução da calafetagem seca entre alvenaria e caixilharia	199

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 –	Exigências funcionais principais dos revestimentos das paredes exteriores de edifícios	235
Quadro 4.2 –	Energias mínimas de choque a que os revestimentos dos paramentos das fachadas devem resistir sem se deteriorarem	240
Quadro 4.3 –	Classificação de revestimentos exteriores de paredes	249
Quadro 4.4 –	Granulometria das areias para argamassas de ligantes hidráulicos para revestimento de paredes	252
Quadro 4.5 –	Valores dos coeficientes de aborção solar consoante as cores dos revestimentos	260
Quadro 4.6 –	Equivalência de composições de argamassas tradicionalmente utilizadas em revestimentos exteriores de paredes, entre traços volumétricos e quantidades de ligantes por m^3 de areia	261
Quadro 4.7 –	Esquemas de revestimento adequados a seis suportes específicos	262
Quadro 4.8 –	Compatibilidade entre suportes e processos de fixação de revestimentos de pedra	277
Quadro 4.9 –	Características dos veículos fixos	298

CAPÍTULO 5

Quadro 5.1 –	Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 19cm	308
Quadro 5.2 –	Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 24cm	309
Quadro 5.3 –	Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 29cm	310
Quadro 5.4 –	Ficha de preços compostos de alvenaria em tijolo duplex de 22cm em paredes exteriores de edifícios	311

Quadro 5.5 – Ficha de preços compostos de alvenaria em tijolo duplex de 32cm nas paredes exteriores de edifícios 312

Quadro 5.6 – Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 20cm, em paredes exteriores de edifícios 313

Quadro 5.7 – Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 25cm, em paredes exteriores de edifícios 314

Quadro 5.8 – Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 30cm em paredes exteriores de edifícios 315

Quadro 5.9 – Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo furado 15cm + 11cm, sem isolamento na caixa de ar 316

Quadro 5.10 – Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar preenchida com placas de poliestireno expandido de 2cm 317

Quadro 5.11 – Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de cortiça negra de 2cm 318

Quadro 5.12 – Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de cortiça negra de 4cm 319

Quadro 5.13 – Ficha de preços compostos de reboco em paramentos exteriores (1:1:8) incluindo pintura com tinta texturada 320

Quadro 5.14 – Ficha de preços compostos de isolamentos do tipo "Dryvit" com 2cm de espessura em paredes exteriores de edifícios 321

Quadro 5.15 – Ficha de preços compostos de isolamentos do tipo "Dryvit" com 4cm de espessura em paredes exteriores de edifícios 322

CAPÍTULO 6

Quadro 6.1 – Apreciação da qualidade de paredes exteriores de edifícios ao nível da concepção 331

Quadro 6.2 – Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho de paredes exteriores de edifícios 333

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

ANEXO A

Foto. A.1 495
Foto. A.2 495
Foto. A.3 495
Foto. A.4 496
Foto. A.5 496
Foto. A.6 496
Foto. A.7 496
Foto. A.8 496
Foto. A.9 496
Foto. A.10 497
Foto. A.11 497
Foto. A.12 497

ANEXO B

Foto. B.1 513
Foto. B.2 513
Foto. B.3 513
Foto. B.4 513
Foto. B.5 513
Foto. B.6 513
Foto. B.7 514
Foto. B.8 514
Foto. B.9 514
Foto. B.10 514
Foto. B.11 514
Foto. B.12 515
Foto. B.13 515
Foto. B.14 515
Foto. B.15 515
Foto. B.16 515
Foto. B.17 515

ANEXO C

Foto.C.1 532
Foto.C.2 532
Foto.C.3 532
Foto.C.4 532

Foto.C.5 532
Foto.C.6 532
Foto.C.7 533
Foto.C.8 533
Foto.C.9 533

ANEXO D

Foto. D.1 552
Foto. D.2 552
Foto. D.3 552
Foto. D.4 552
Foto. D.5 552
Foto. D.6 552
Foto. D.7 553
Foto. D.8 553
Foto. D.9 553

ANEXO E

Foto. E.1 572
Foto. E.2 572
Foto. E.3 572
Foto. E.4 572
Foto. E.5 572
Foto. E.6 572
Foto. E.7 573

ANEXO G

Foto. G.1 611
Foto. G.2 611
Foto. G.3 612
Foto. G.4 612
Foto. G.5 612
Foto. G.6 613
Foto. G.7 613

ANEXO H

Foto. H.1 617
Foto. H.2 617
Foto. H.3 617
Foto. H.4 618

Foto. H.5 618
Foto. H.6 618
Foto. H.7 619
Foto. H.8 619
Foto. H.9 620
Foto. H.10 620
Foto. H.11 621
Foto. H.12 621
Foto. H.13 621
Foto. H.14 622
Foto. H.15 622
Foto. H.16 622

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 INTERESSE E OBJECTIVOS DO TRABALHO

1.2 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

1.3. BREVE SÚMULA HISTÓRICA DAS ALVENARIAS EM PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

1.3.1 Introdução

1.3.2 Evolução

1. INTRODUÇÃO

1.1 INTERESSE E OBJECTIVOS DO TRABALHO

A introdução de novas tecnologias de construção no nosso país é normalmente muito lenta e em geral desfasada relativamente a países mais desenvolvidos. Esta inércia resulta do facto das novas tecnologias e procedimentos de trabalho implicarem formação, não só ao nível dos operários, mas também ao nível dos quadros superiores das empresas. Como no nosso país a formação e a actualização dos conhecimentos adquiridos não é cíclica, estão criadas as barreiras quer no aspecto técnico quer no aspecto económico, para que novas tecnologias e procedimentos de trabalho potencialmente mais vantajosos, possam singrar rapidamente.

É nesta perspectiva que nasce este trabalho que tem como finalidade fornecer um contributo na validação das soluções de paredes exteriores de edifícios executadas em pano simples.

A existência, no mercado da construção, de diversos tipos de materiais propensos a uma execução com qualidade, quer das alvenarias exteriores dos edifícios, quer dos seus revestimentos, constitui um motivo para aprofundar a razão de ser das paredes em pano simples e de se analisar as suas vantagens, quer de índole tecnológica, como de índole económica.

Este trabalho é constituído por duas componentes distintas, mas que se complementam. A primeira respeita às exigências funcionais e ao modo como as paredes devem ser pormenorizadas e dimensionadas em projecto, de modo a que possam desempenhar de uma forma correcta as funções que lhes são atribuídas. Esta componente tem assim um efeito didáctico, tendo procurado apresentar os principais cuidados e preocupações que o projectista deverá atender aquando do dimensionamento de uma parede em pano simples.

A segunda componente, mais experimental, respeita à análise de projectos e de obras de diversos edifícios em que as paredes exteriores foram executadas em pano simples. Nesta anotam-se os defeitos de concepção, os defeitos de execução e as patologias verificadas, com vista à obtenção de uma panorâmica geral do comportamento real desta solução construtiva. Este estudo é ainda complementado com a proposta de uma metodologia de análise da concepção e execução das paredes exteriores de edifícios em pano simples, de forma a que o

projectista e o empreiteiro possuam uma ferramenta que discipline a execução deste tipo de paredes.

1.2 ORGANIZAÇÃO E ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho é desenvolvido ao longo de oito capítulos e de oito anexos.

Neste primeiro capítulo, para além da explanação do interesse e objectivos deste trabalho, faz-se uma pequena resenha histórica das alvenarias ao longo dos tempos.

O segundo capítulo trata da enumeração e caracterização das exigências funcionais das paredes exteriores de edifícios. Neste trabalho dá-se alguma ênfase a este capítulo, pois é tendo em conta estas exigências que deverá ser efectuada a especificação e por conseguinte a constituição, das alvenarias e dos seus revestimentos.

O terceiro capítulo respeita aos materiais mais usados na execução das paredes exteriores em pano simples e aos aspectos específicos da sua montagem. Neste capítulo abordam-se as principais características dos blocos e tijolos, assim como a sua adequação à execução de paredes simples. O assentamento das alvenarias bem como a sua ligação à envolvente, são também aqui referidas.

No quarto capítulo são focadas a classificação, as exigências funcionais e a descrição dos revestimentos exteriores empregues mais correntemente no nosso país. Esta abordagem é imprescindível, dada a complementaridade de comportamentos entre as alvenarias e os seus revestimentos exteriores.

O quinto capítulo destina-se à reflexão sobre as características e qualificação da mão-de-obra disponível e à comparação de custos de diversas soluções de paredes alternativas. Pretende-se sublinhar os benefícios que podem resultar do emprego de paredes de pano simples, não só em termos económicos, mas também na menor exigência de qualificação dos operários que procedem à sua montagem.

No sexto capítulo são analisados sete projectos de edifícios e dez obras (algumas das quais lhes estão associadas), tendo em vista a constatação do comportamento de paredes exteriores em pano simples já executadas, analisando a forma como foram concebidas em projecto e construídas. Com este capítulo pretende-se, por um lado verificar o comportamento em obra de soluções de parede exterior em pano simples e por outro lado procurar correlacionar as

anomalias observadas com as causas respectivas, analisando se há alguma relação causa efeito entre vícios de concepção ou de execução e as patologias observadas.

O sétimo capítulo é constituído por uma proposta de metodologia de análise da concepção e de execução de paredes exteriores em pano simples. A intenção deste capítulo é a criação de um conjunto de procedimentos que, adoptando uma análise sistemática, contribuam para que os eventuais insucessos que possam ocorrer com esta solução de paredes sejam minorados, ou mesmo eliminados.

No oitavo capítulo referem-se as principais conclusões deste trabalho, dando-se um contributo para a validação da solução de paredes exteriores de edifícios em pano simples. São também enumerados, em resumo, os principais vícios de projecto e de obra constatados no sexto capítulo.

Num conjunto de oito anexos, apresentam-se os projectos e as reportagens fotográficas das obras analisadas no sexto capítulo.

1.3. BREVE SÚMULA HISTÓRICA DAS ALVENARIAS EM PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

1.3.1 Introdução

O registo histórico dos acontecimentos e da evolução do homem ao longo dos tempos, encontra-se latente nas cidades erigidas em tijolo e em pedra, existindo assim um paralelismo entre a evolução da civilização e a da arquitectura.

As árvores das florestas primitivas, os maciços rochosos e as cavernas asseguraram, embora de uma forma primitiva, a protecção, a segurança e a defesa dos povos antigos conservando-se ainda nos nossos dias alguns desses registos. Os grupos excedentários que não encontraram abrigo nas grutas, nem sempre terão encontrado nos seus abrigos naturais, as condições que aquelas proporcionavam. Essa situação obrigou-os a procurar novas soluções e forçou-os a utilizarem artifícios de forma a reforçar os meios de defesa desses abrigos [1; 2].

Mais recentemente, o emprego de materiais resistentes na execução das alvenarias como a pedra ou o tijolo, permitiram que construções de grande porte se mantivessem durante longos séculos ao abrigo de devastação natural e humana.

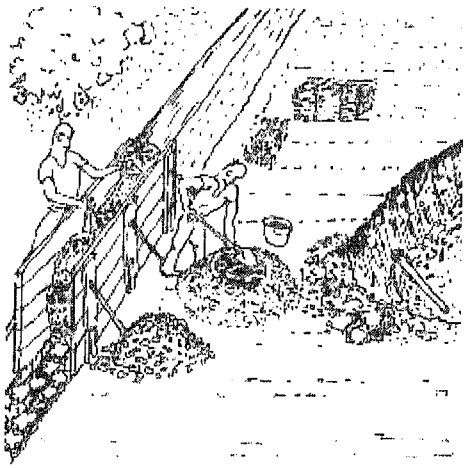


Fig. 1.1 – Execução de paredes de taipa [1]

Em Portugal, as alvenarias tiveram ao longo dos tempos um papel preponderante como estrutura resistente dos edifícios sendo usada a pedra, os blocos de adobe e os blocos cerâmicos resistentes. Em certas regiões desenvolveram-se tecnologias de paredes moldadas em obra, como as paredes de taipa que eram paredes de argila armada com fibras vegetais, sendo nelas intercaladas pedras em algumas camadas [3].

1.3.2 Evolução

A pedra natural é o material que mais abunda na natureza e talvez o mais usado desde as civilizações pré-históricas. Foi usada na construção de templos, edifícios e de fortificações. A partir do momento em que foram inventadas ferramentas com resistência suficiente para talhar e aparelhar a pedra, os edifícios passaram a ser executados com blocos de dimensões apropriadas ao fim em vista, sendo as pirâmides do Egipto, um bom exemplo. Em Portugal, ainda existem hoje em dia alguns vestígios de muralhas executadas com pedras arrumadas a seco executadas à mais de dois mil e quinhentos anos [1; 2].

Nos locais onde as rochas de camadas pouco espessas não existiam ou eram difíceis de extrair, usaram-se as árvores como material de construção. As paredes eram executadas em paliçadas de troncos espetados no solo. Mais tarde, para tapar as frinchas existentes nas paredes de pedra arrumada a seco e nas paliçadas de troncos de árvores, o homem usou as lamas argilosas existentes na natureza tendo-as posteriormente reforçado com a adição de fibras vegetais nomeadamente a palha. Posteriormente este material passou a ser usado também no assentamento das pedras [1].



Fig. 1.2 – Construção de casas primitivas com paredes em pedra seca arrumada à mão ou em troncos de árvores formando paliçadas [1]

O tijolo foi inventado aproximadamente à dez mil anos sendo o material de construção mais antigo fabricado pelo homem. A sua resistência e longevidade, colocou-o em pé de igualdade com a pedra natural. O tijolo moldado à mão e seco ao sol, reforçado com diversos materiais como a palha, era tão eficaz que o tijolo cozido só apareceu aproximadamente três mil anos antes de Cristo, muito depois da arte de olaria do barro cozido.



Fig. 1.3 – Revestimento pelo exterior das paredes com lamas argilosas adicionadas de fibras vegetais a fim de obturar as pequenas frinchas existentes nas mesmas [1]

Uma das principais inovações no desenvolvimento da constituição das alvenarias foi o arco. Esta invenção, que remonta a mil e quatrocentos anos antes de Cristo, permitiu a realização de aberturas com amplitudes que não seriam possíveis apenas com blocos de pedra inteiros ou troncos de árvores.

A arquitectura renascentista introduziu melhorias significativas na prática construtiva (estrutural) das alvenarias, porém, esse desenvolvimento manteve-se praticamente estabilizado, durante longos períodos de tempo.

Com a invenção do cimento Portland e o desenvolvimento da produção do aço no início do século XIX, as preferências construtivas recaíram sobre as estruturas metálicas e de betão. No início do século XX, as paredes resistentes em alvenaria foram relegadas para segundo plano em detrimento de outras soluções construtivas, passando a ser quase nulo o seu desenvolvimento tecnológico. Na realização de paredes exteriores, as alvenarias passaram essencialmente a ter um papel passivo de enchimento de panos. O aspecto mais significativo dessa evolução constituiu na redução do peso dos blocos e do aumento das suas dimensões à

custa do aumento da sua furação. Esta tendência conduziu ao abandono dos pequenos formatos dos blocos cerâmicos, assim como ao aparecimento de novos materiais sendo de destacar os blocos de betão de agregados normais e leves [2; 3].

A industrialização da construção, os prazos curtos de construção e o crescente porte dos edifícios, relegou definitivamente para segundo plano o desenvolvimento das alvenarias resistentes (precisamente na proporção inversa do desenvolvimento do betão armado).

As primeiras estruturas em tijolo reforçado foram executadas no início do século XIX tendo contudo estas experiências sido abandonadas até 1880. As alvenarias armadas eram calculadas de uma forma empírica, não tendo os cálculos de resistência um desenvolvimento comparável aos do betão armado. Desta forma as paredes eram concebidas de um forma pouco racional não se explorando as suas reais capacidades, tornando-se assim pouco competitivas do ponto de vista económico.

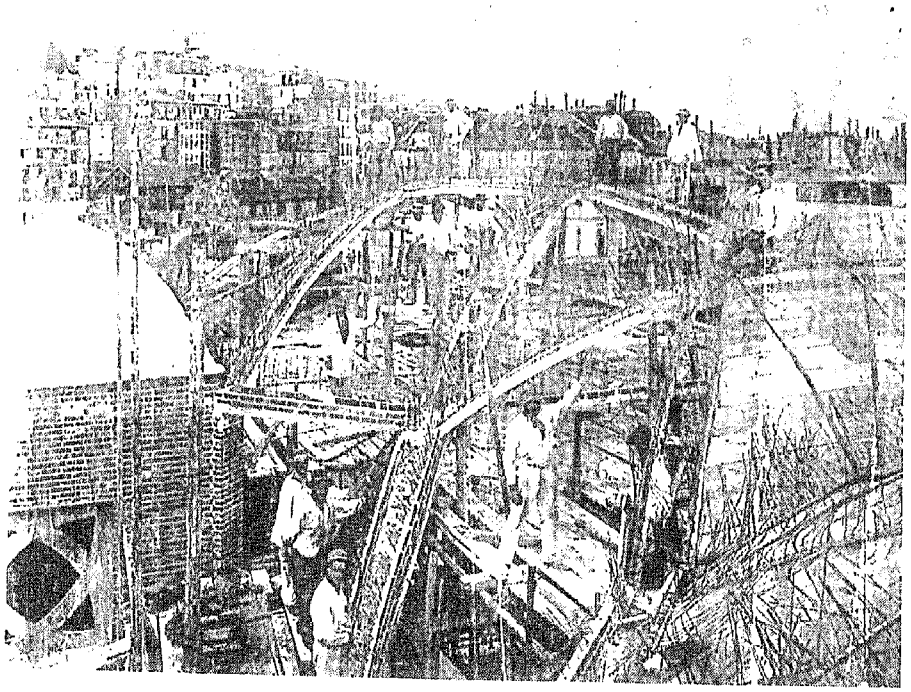


Fig. 1.4 – Realização de alvenaria armada no início do século XX, em Paris [4]

No início dos anos vinte, as dificuldades económicas sentidas em vários países, obrigaram à pesquisa de alternativas construtivas mais baratas do que as estruturas metálicas ou de betão armado. Neste sentido, desenvolveram-se vários estudos respeitantes às capacidades resistentes das alvenarias armadas que levaram à compreensão do comportamento estrutural

das alvenarias em geral. Assim foi possível desenvolverem-se sistemas construtivos de baixo custo baseados nas alvenarias resistentes.

A partir dos anos quarenta, na Europa, iniciou-se uma investigação aprofundada acerca das capacidades resistentes das alvenarias ao mesmo tempo que as resistências dos elementos que as constituíam eram aumentadas.

A análise experimental associada a formulações teóricas, levou ao aparecimento durante os anos cinquenta das primeiras normas de execução de alvenarias, tendo as mesmas sido aprofundadas e melhoradas essencialmente durante as duas décadas seguintes. São de realçar nos Estados Unidos as "Engineered masonry", em França os "DTU", em Inglaterra as "BS", etc.

Para além da capacidade resistente das alvenarias foram também avaliadas nestas décadas outras características essenciais ao bom desempenho das fachadas, como a resistência ao fogo, o isolamento sonoro, a resistência térmica, a inércia térmica, a estanquidade à água, etc.

As alvenarias exteriores dos edifícios contemporâneos podem assumir várias funções e formas. Em termos estruturais podem ser consideradas como alvenarias resistentes ou de preenchimento. No que respeita à constituição, as paredes podem ser simples ou duplas, com isolamento térmico específico associado, ou não. Podem ser executadas com elementos maciços, furados ou perfurados.

As alvenarias resistentes, para além de terem de suportar o seu peso próprio, têm de ser resistentes às acções provenientes dos pisos superiores, às acções dos ventos, às acções dos sismos e serem resistentes a acções acidentais. Para melhorarem a sua resistência, as alvenarias podem no seu todo ou em parte, ser reforçadas com aço, caldas ou betão.

Quanto às alvenarias de preenchimento estas têm de ser capazes de suportar o seu peso próprio, acções acidentais e outras acções horizontais, como o vento.

As alvenarias dos nossos dias são muito diferentes da construção tradicional de alguns séculos atrás. Apesar da capacidade resistente real das paredes se encontrar ainda em muitos casos não completamente analisada, as paredes exteriores actuais constituem ou estão ligadas a sistemas estruturais mais eficientes, mais delgados e leves do que no passado. Desde que concebidas e executadas de acordo com os códigos e regras construtivas adequadas, são

capazes de desempenhar um papel resistente e higrotérmico apropriado, mesmo em condições adversas de funcionamento [2].

Em Portugal, a evolução das alvenarias em paredes exteriores de edifícios durante as últimas décadas aparece ilustrada na figura 1.5, sendo a situação actual a seguinte [5]:

- são normalmente de simples preenchimento, duplas, não ultrapassando em geral o pano mais espesso 0.15 m de espessura, realizadas com tijolo cerâmico de elevada furacão horizontal e mecanicamente pouco resistente, com utilização muito frequente de isolantes na caixa de ar, sobretudo nas zonas mais frias;

- as soluções de pano simples tem pouca expressão, sendo em regra realizadas com blocos de betão de argila expandida e blocos de argila aligeirada, cujas produções incluem espessuras superiores à dos blocos cerâmicos nacionais que não ultrapassam 0.22 m;

- não existem produções nacionais industrializadas de acessórios e elementos para a resolução de pontos singulares das paredes, o que cria situações de improviso e deficiente qualidade construtiva;

- quer as paredes duplas, quer as paredes simples são generalizadamente revestidas com rebocos tradicionais normalmente ricos em ligantes hidráulicos, pouco porosos ou em alternativa, com rebocos "monomassa" sendo em geral ambos realizados por mão de obra pouco experiente;

- o acabamento dos rebocos é feito muito frequentemente por pintura, embora tenham também alguma expressão os revestimentos cerâmicos e de pedra;

- as soluções de parede dupla com tijolos "face à vista" têm vindo a adquirir alguma expressão.

Internacionalmente verifica-se em diversos países a tendência para o desenvolvimento de soluções de fachadas em panos simples em alternativa à execução das paredes duplas. A prossecução desses estudos é com frequência suportada por estudos desenvolvidos pela indústria, procurando-se novos formatos e sistemas construtivos que assegurem as diversas exigências funcionais. Em Portugal, começam a fazer-se alguns estudos neste âmbito.

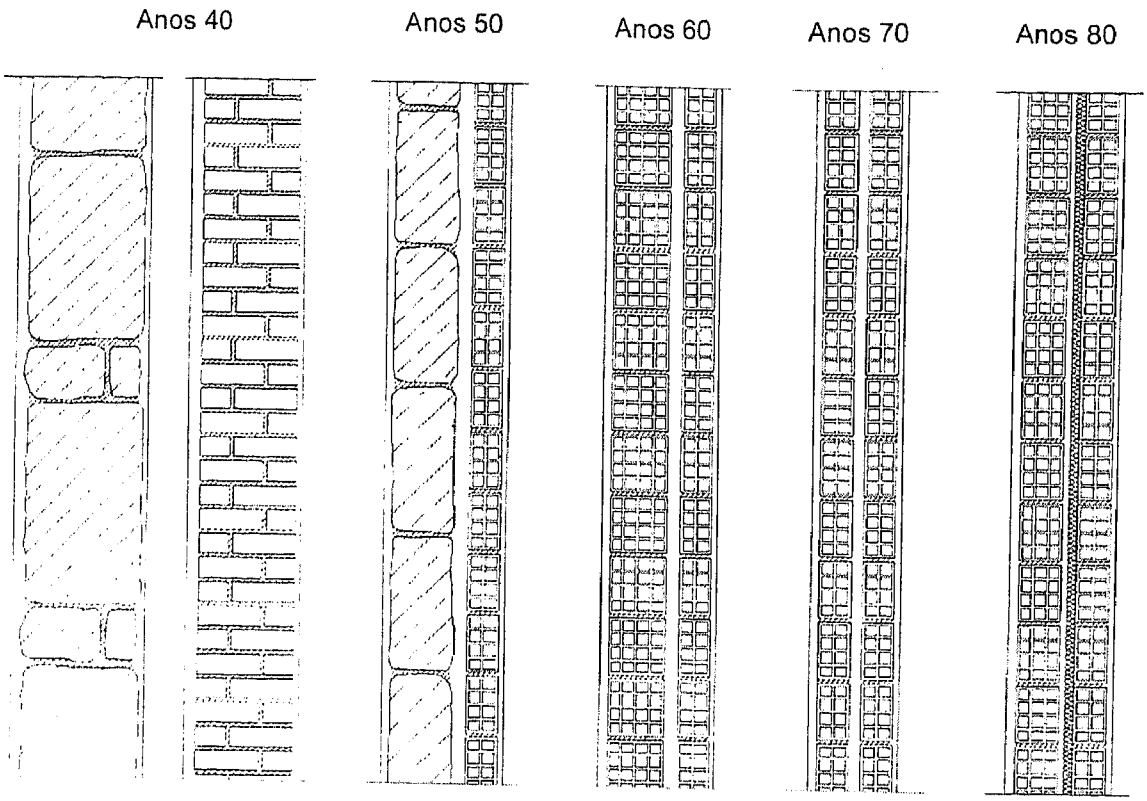


Fig. 1.5 – Evolução das alvenarias em fachadas durante os últimos sessenta anos [5]

CAPÍTULO 2 - EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

2.1 INTRODUÇÃO

2.2. COMPORTAMENTO MECÂNICO

2.2.1. Estabilidade

2.2.1.1 Alvenarias resistentes

2.2.1.2 Alvenarias de preenchimento

2.2.2 Acção do vento

2.2.3. Acção dos sismos

2.2.3.1 Dimensionamento aos sismos

2.2.4 Acções acidentais

2.2.5 Dilatações e Contracções

2.2.6 Outras acções

2.3. CONFORTO HIGROTÉRMICO

2.3.1 Conforto térmico

2.3.2. Zonas opacas

2.3.2.1 Considerações gerais

2.3.2.2 Isolamento térmico

2.3.2.3. Pontes térmicas

2.3.2.3.1 Quantificação das perdas térmicas

2.3.2.3.2 Correcção das pontes térmicas

2.3.2.4. Inércia térmica

2.3.2.4.1 Conceitos gerais

2.3.2.4.2 A importância das fachadas na inércia térmica dos edifícios

2.3.2.5. Condensações

2.3.2.5.1. Condensações superficiais

2.3.2.5.1.1 Temperaturas das superfícies internas das fachadas e diagrama psicrométrico

2.3.2.5.1.2 Inércia hígrica

2.3.2.5.1.3 Bolores

2.3.2.5.2 Condensações internas (intersticiais)

2.4. ESTANQUIDADE À ÁGUA NO ESTADO LÍQUIDO

2.4.1 Introdução

2.4.2 Mecanismos de penetração de água líquida nos materiais de construção

2.4.3 Os efeitos do clima na humidificação e secagem das paredes

2.4.4 Resistência das fachadas à penetração da humidade de precipitação

2.4.5 Humidade do terreno

2.5. ISOLAMENTO AO RUÍDO

2.5.1 Introdução

2.5.2 Isolamento das fachadas aos sons aéreos

2.5.3 Legislação

2.6. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

2.6.1 Introdução

2.6.2 Reacção ao fogo dos materiais de construção

2.6.3 Resistência ao fogo de elementos de construção

2.6.4 Legislação

2.7 A SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS E A ESCOLHA DOS MATERIAIS

2.8. OUTRAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

2.8.1 Permeabilidade ao ar

2.8.2 Segurança ao contacto

2.8.3 Segurança contra a intrusão

2.8.4 Estanquidade à neve e a matérias em suspensão no ar

2.8.5 Emissão de odores

2.8.6. Aspecto das fachadas

2.8.6.1 Tolerâncias locais

2.8.6.2 Rectidão das arestas e planeza das superfícies

2.8.6.3 Defeitos das superfícies

2.8.6.4 Homogeneidade da cor e do brilho

2.8.6.5 Homogeneidade da sujidade

2.8.7 Emissão de substâncias nocivas ou insalubres

2.8.8. Durabilidade

2.8.8.1 Resistência aos agentes climatéricos

2.8.8.2 Resistência das juntas aos movimentos das fachadas

2.8.8.3 Resistência à erosão por partículas em suspensão no ar

2.8.8.4 Resistência aos agentes químicos presentes no ar

2.8.8.5 Resistência a agentes biológicos

2.8.9 Facilidade de execução

2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

2.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo trata das exigências funcionais a que as paredes exteriores dos edifícios deverão obedecer. Dá-se neste trabalho um desenvolvimento substancial a este capítulo, porque entende-se que o desempenho das fachadas e das empenas, resultará não só da quantidade, mas essencialmente da qualidade das exigências impostas no projecto.

Associado à descrição das exigências, analisam-se os fenómenos que levam à sua formulação, de forma a tornar evidente a importância de cada uma delas.

As exigências funcionais consideradas são o comportamento mecânico, o conforto higrotérmico, a estanquidade à água, o isolamento ao ruído, a segurança contra incêndios, a sustentabilidade dos edifícios e outras exigências funcionais de menor importância relativamente às anteriores.

O tratamento dado às exigências funcionais de conforto higrotérmico e de estanquidade à água é particularmente desenvolvido, pois a maioria das patologias verificadas nas paredes exteriores dos edifícios relacionam-se com essas questões.

2.2. COMPORTAMENTO MECÂNICO

Embora este trabalho não tenha como objectivo primordial o estudo do comportamento mecânico das alvenarias, considera-se conveniente dar uma panorâmica geral das formas mais expeditas que se poderão usar no seu dimensionamento e que são ou foram mais usadas em Portugal. Normalmente, a não observância de algumas destas regras, conduz a avarias mais ou menos graves nas paredes exteriores dos edifícios.

2.2.1. Estabilidade

2.2.1.1 Alvenarias resistentes

Designa-se alvenaria resistente toda a alvenaria que por si só, é capaz de resistir às acções verticais e horizontais a que irá estar sujeita. Um caso particular deste tipo de alvenarias, é a

alvenaria confinada que se encontra devidamente delimitada e solidarizada por cintas e montantes em betão armado.

Segundo o RGEU, [6] no seu art. 25.º, dispensa-se o cálculo de estabilidade das paredes de fachada e de empena em edifícios de habitação, desde que as mesmas sejam executadas em alvenaria de pedra ou de tijolo cerâmico maciço 0,23m x 0,11m x 0,07m de 1ª qualidade e possuam as espessuras mínimas (sem rebocos ou guarnecimentos) referidas no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Espessuras das paredes de fachada em pedra ou em tijolo cerâmico maciço 23x11x7, que segundo o RGEU dispensam o respectivo cálculo de estabilidade em edifícios de habitação [6]

Ordem do andar (a partir de cima)	*Paredes das fachadas*			*Paredes das empenas*		
	Pedra		Tijolo (Vezes)	Pedra		Tijolo (Vezes)
	Talhada (centímetros)	Irregular (centímetros)		Talhada (centímetros)	Irregular (centímetros)	
1	28	40	1	28	40	1
2	28	40	1 ½	28	40	1 ½
3	32	50	2	32	40	1 ½
4	--	60	2 ½	32	50	2
5	--	70	3	32	50	2
6	--	80	3 ½	--	60	2 ½
7	--	90	4	--	60	2 ½

O art. 26.º deste documento especifica que dimensões inferiores às acima especificadas só serão aceitáveis desde que justificadas por cálculos ou ensaios que tenham em conta as cargas verticais, a acção do vento, a existência de forças oblíquas e eventuais acções secundárias. Também para materiais distintos dos especificados no quadro 2.1, é exigido o cálculo estrutural. Contudo, o RGEU nada nos diz sobre as regras de cálculo para a determinação da capacidade resistente das alvenarias. É de referir que os articulados acima referidos já possuem muitos anos e não reflectem as soluções construtivas actualmente usadas.

Ao contrário do RGEU, o DTU 20.1 [7] que representa em França um documento de referência sobre as alvenarias, fixa uma série de regras de cálculo simplificadas e de grande utilidade prática. A tensão de compressão (uniformemente distribuída) admissível numa secção de uma parede resistente, obtém-se pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{R}{N}$$

C : tensão de compressão admissível

R: tensão de resistência da alvenaria à compressão (esmagamento)

N: Coeficiente global de redução

O coeficiente global de redução (N) é condicionado pela esbelteza da parede, definindo-se esta como a razão da distância entre apoios verticais da parede e a sua espessura total. Não são admitidas esbeltezas superiores a 20, a não ser a que se proceda a ensaios que validem o proposto. Assim, para uma parede de fachada com 3m de distância entre apoios verticais, a espessura total da mesma não poderá ser inferior a 15cm.

A verificação da resistência deverá ser efectuada numa secção horizontal situada a meia altura das paredes e em pontos singulares, tais como inserções de vigas, lintéis, lajes, etc. O modo de determinação das tensões instaladas nas paredes, aparece descrito neste documento.

O Eurocódigo 6 será, quando entrar em vigor, o documento de referência relativamente ao cálculo estrutural das alvenarias. Este documento devido à sua actualidade e desenvolvimento, prevê os métodos de cálculo necessários ao dimensionamento das alvenarias resistentes, quer sejam ou não armadas.

2.2.1.2 Alvenarias de preenchimento

As alvenarias de preenchimento aparecem associadas a uma estrutura reticulada de betão armado, preenchendo os painéis. Não se encontram a resistir às acções verticais, sendo estas suportadas pela estrutura [8].

Segundo o RGEU [6] no seu Art. 28.°, a espessura das alvenarias de pedra ou tijolo que sejam apenas de preenchimento da estrutura poderá ser reduzida para os valores mínimos de cada grupo indicados no quadro 2.1, desde que o vão livre das paredes entre os elementos verticais ou horizontais da estrutura não seja superior a 3,50m.

O DTU 20.1 [7] fixa em 30 a esbelteza máxima para paredes simples sujeitas a acções verticais correspondentes apenas a pequenas cargas ou ao seu peso próprio. Para paredes com 3m de distância entre apoios, segundo este princípio, corresponderá uma espessura no tosco mínima de 10cm.

2.2.2 Acção do vento

A acção do vento sobre as fachadas de edifícios pode, em determinadas situações de exposição e de altura, representar uma acção bastante gravosa, sobretudo para os panos de preenchimento. Interessa assim quantificar devidamente estas acções. O RSA, [10] determina para um edifício com 30m de altura numa zona muito exposta, uma pressão sobre as fachadas de aproximadamente 0,0013MPa. Para panos de grandes dimensões importa dimensioná-los de forma a que a resistência à deformação seja suficiente quer por parte da parede, bem como dos seus revestimentos exterior e interior.

Na determinação da resistência das alvenarias ao vento, o apoio nos suportes e a sua continuidade ao longo dos mesmos, deve ser tomada em consideração. A reacção transmitida aos suportes deve em princípio ser considerada uniforme ao longo do contorno de ligação com o pano de parede. A existência de dispositivos de ligação e de lajes de pavimentos e de cobertura com grande rigidez, asseguram a uniformidade da reacção.

Segundo o DTU 20.1 [7], o pano de parede sujeito à acção do vento pode ser considerado em termos de cálculo como simplesmente apoiado sobre a sua bordadura. Ainda segundo este documento, os panos de parede de preenchimento com esbeltezas superiores a 15 (menos de 20cm de espessura, para um vão de 3m), devem em particular ser verificados à acção do vento. Os panos contraventados e de esbeltezas inferiores a 15 normalmente não necessitam dessa verificação.

O Eurocódigo 6 prevê a verificação ao vento dos panos de parede, independentemente da sua esbelteza.

A norma BS 5628 Part 3 [9], para paredes sujeitas apenas à acção do vento e do seu peso próprio, prevê em função da espessura, áreas máximas de panos entre suportes, dispensando assim o seu dimensionamento.

2.2.3. Acção dos sismos

Os sismos são movimentos vibratórios, por vezes com grande violência, que surgem como consequência da dissipação da energia contida no interior da Terra [11].

A Magnitude, mede a grandeza do sismo. A medida mais conhecida é a de Richter em que para o aumento de um grau na magnitude, corresponde um aumento de intensidade do sismo de trinta e duas vezes.

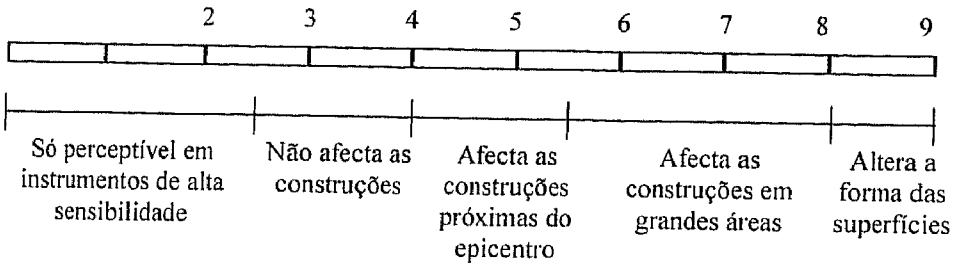


Fig. 2.1 – Magnitude dos sismos segundo a escala de Richter [11]

O último grande sismo ocorrido nos Açores em 1980 foi do grau 7, o de 28 de Fevereiro de 1969 de aproximadamente grau 8 e o Sismo de 1755, de grau 8,5.

Na ocorrência sísmica, a intensidade do fenómeno varia no tempo. Vai aumentando de intensidade, diminuindo em simultâneo a frequência da vibração. Os movimentos são em todas as direcções, inclusive na vertical. Os movimentos horizontais são os mais gravosos porque induzem forças horizontais nos elementos construtivos. Quanto mais pesada for a construção e a aceleração do sismo, maior será a intensidade dessas forças.

Desde o início do sismo até ao seu final existe um desfasamento em relação aos movimentos dos edifícios. Começam a vibrar após o início do fenómeno e terminam também após o final daquele.

Para que uma construção possua um bom comportamento quando sujeita a acção de um sismo, deverá ter ou uma muito elevada resistência mecânica, ou a capacidade de se deformar sem perder a sua integridade global ou local [11].

No quadro 2.2, Eduardo Carvalho e Carlos Oliveira [11], apresentam uma classificação de danos provocados pelos sismos nas edificações.

Devido à importância que a acção dos sismos representa para o comportamento das alvenarias resistentes e das alvenarias de preenchimento, esta matéria é tratada em paralelo com a estabilidade. O efeito desastroso sobre as populações e sobre a economia dos países derivados do efeito dos sismos sobre as construções de alvenaria nos últimos três séculos,

motivaram e motiva ainda a investigação para o aperfeiçoamento das características anti--sísmicas da construção.

Até há muito pouco tempo existia uma grande lacuna regulamentar a nível nacional no que se referia ao dimensionamento das alvenarias aos sismos. No que dizia respeito ao efeito dos sismos, seguia-se o preconizado no Decreto-Lei n.º 41658 de 31 de Maio de 1958 que se encontrava já muito desactualizado. O RGEU [6], no seu art.º 134, refere que nas zonas sujeitas a sismos violentos, devem ser fixadas condições restritivas para os edifícios limitando o seu porte, considerando o tipo de elementos construtivos usados e o tipo de terreno das fundações.

Quadro 2.2 – Classificação dos danos provocados pelos sismos em edificações [11]

	Classe de danos	*Descrição geral dos danos*	*Acções pós-sismo*
I	*Danos não-estruturais*	Fendilhação ligeira em rebocos. Queda de rebocos em zonas limitadas	Não é necessária a evacuação. Reparações em acabamentos.
II	*Danos estruturais ligeiros*	Pequenas fendas em paredes. Queda de rebocos em áreas com dimensões importantes. Danos em elementos não-estruturais como chaminés, cornijas, beirais, etc. A capacidade resistente da estrutura não é reduzida apreciavelmente.	Não é necessária a evacuação. Reparações em acabamentos providenciando a boa conservação do edifício.
III	*Danos estruturais*	Fendilhação generalizada, larga e profunda em paredes. Fendilhação em pilares. Queda de chaminés. A capacidade resistente da estrutura é parcialmente reduzida.	É necessária a evacuação. Torna-se necessário a reparação e o reforço estrutural seguindo-se a reparação de acabamentos.
IV	*Danos estruturais severos*	Brechas em paredes. Queda de panos de parede. Rotura de elementos de ligação de partes do edifício. Cerca de 50% dos elementos estruturais atingem a rotura. A situação do edifício é perigosa.	A evacuação é imperiosa. Torna-se necessário decidir entre a demolição ou a reparação e reforço em profundidade do edifício.
V	*Colapso*	Uma grande parte ou a totalidade do edifício em ruína.	Demolição, remoção dos destroços e reconstrução de raiz.

Os projectistas foram seguindo recomendações preconizadas em algumas publicações, nomeadamente do LNEC, que procuravam dotar os edifícios em alvenaria resistente de uma resistência suficiente para absorver, sem elevados danos, os esforços induzidos pelos sismos

não demasiado gravosos. O recente aparecimento dos Eurocódigos 6 e 8, veio permitir uma actualização e maior rigor no que respeita ao dimensionamento das alvenarias.

No que respeita às estruturas de betão armado preenchidas por alvenarias, o papel desempenhado por estas era normalmente desprezado, considerando-se apenas a estrutura reticulada como garante da estabilidade do edifício sob a acção de um sismo.

Na alvenaria armada, a presença de armadura aumenta a sua ductilidade e limita a fendilhação no seu seio. Desta forma, a resistência destas alvenarias aos sismos é superior. Uma vez que este tipo de alvenaria não é de uso corrente no nosso país, não será tratada neste trabalho.

2.2.3.1 Dimensionamento aos sismos

A lacuna de regulamentação a nível nacional relativa ao cálculo das alvenarias aos sismos será em breve resolvida com a entrada em vigor dos Eurocódigos 6 e 8.

Até à data, o Decreto-Lei n.º 41658 de 31 de Maio de 1958 e mais recentemente um documento elaborado pelo LNEC [8], serviram de guia para o dimensionamento das alvenarias. Estes documentos estipulam uma série de condições construtivas que a serem cumpridas, dispensam os pequenos edifícios em alvenaria confinada destinados à habitação, desse dimensionamento (até três pisos e dimensão máxima em planta de vinte metros).

Algumas das medidas fundamentais, são:

- haver uniformidade na distribuição em planta e por pisos das paredes resistentes;
- existir nas duas direcções perpendiculares um conveniente posicionamento das paredes em planta, de forma a manter-se dentro do possível uma distribuição simétrica;
- as paredes nas duas direcções perpendiculares devem ser convenientemente ligadas entre si, de forma a assegurarem um travamento adequado do edifício;
- estabelecimento de áreas mínimas de secções horizontais de paredes resistentes em ambas as direcções, não considerando os troços de parede em que se insiram portas ou janelas. As acções sísmicas actuando numa determinada direcção são absorvidas quase na totalidade pelas paredes que se disponham também nessa direcção. As paredes dispostas em direcções transversais, possuem uma capacidade resistente diminuta. É

assim importante garantir áreas mínimas de secções em ambas as direcções perpendiculares. Devido ao facto da inserção de portas ou janelas diminuir bastante a capacidade resistente das paredes nos comprimentos desses vãos, desprezam-se os comprimentos desses troços de paredes ;

- interposição de elementos verticais de betão armado de confinamento das alvenarias (nos cunhais do edifício; num mesmo pano, com espaçamentos máximos de 5m; nas intersecções das paredes resistentes desde que distem mais do que 1,5m em relação a outros montantes já existentes; nas extremidades das paredes resistentes);
- interposição de elementos horizontais de betão armado (cintas) de confinamento das extremidades superiores das paredes, localizadas ao nível de cada piso e ao nível da cobertura. Esta regra permite um maior grau de travamento da construção ao nível dos pisos;
- os pavimentos devem possuir uma rigidez tal que permita uma eficaz transmissão das forças horizontais a todas as paredes que lhes estejam por baixo. Uma vez que a transmissão dos impulsos horizontais dos sismos às paredes resistentes é feita pelos pavimentos, estes deverão possuir uma rigidez que permita a distribuição homogénea dos esforços, por todas as paredes que lhes estejam por baixo (paredes logitudinais e transversais), contribuindo desta forma para uma maior resistência da construção.

Para estruturas em betão armado preenchidas por alvenarias, considera-se de uma forma simplificada que a estrutura resistente à acção dos sismos é apenas a do betão armado, desprezando-se o contributo de resistência conferido pelas alvenarias. Assim, o dimensionamento destas estruturas é feito de acordo com o preconizado no REBAP e no RSA (em breve, pelos Eurocódigos 1 e 2).

Contudo, a existência dos panos de preenchimento, contribui de alguma forma para a resistência dos edifícios aos sismos. A contribuição destes processa-se normalmente em três fases [12]. Na primeira fase, a estrutura e as alvenarias funcionam em conjunto, resultando assim em elementos de grande rigidez. Com o aumento de intensidade dos sismos e em consequência das forças horizontais e longitudinais instaladas, surgem fissuras no contorno das paredes que motivam uma grande diminuição da rigidez do conjunto, dando lugar à segunda fase. Nesta fase, formam-se nos enchimentos diagonais comprimidas que continuam a conferir à estrutura uma resistência adicional. Com o aparecimento de fissuração diagonal,

as diagonais comprimidas desaparecem, dando início à terceira fase em que passa a estrutura de betão armado isolada a resistir à acção dos sismos.

S.V. Polyakov [12], considera como estado último no cálculo à rotura do enchimento das estruturas - parede o aparecimento das fissuras em diagonal.

Um método de cálculo estrutural considerando a presença dos elementos de enchimento das estruturas reticuladas é o de assimilar a estrutura – parede a pórticos com diagonais articuladas, coincidentes com as diagonais comprimidas dos painéis. A existência de vãos terá de ser considerada, uma vez que implicam a diminuição de rigidez dos panos.

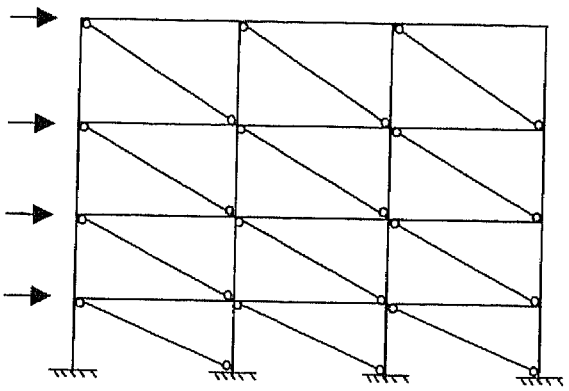


Fig. 2.2 – Método de cálculo estrutural considerando os elementos de preenchimento das estruturas reticuladas [12].

2.2.4 Acções acidentais

O RGEU [6] no seu art.º 128, menciona que as edificações deverão assegurar a sua solidez e não podem constituir perigo quer para a segurança pública quer para os seus ocupantes. A publicação Recomendações Técnicas Para Habitação Social [13], refere que os elementos de construção devem ser concebidos de forma a que as acções de choque devidas à queda ou projecção de pessoas ou de objectos, em situações de uso normal, ou das operações de manutenção dos locais, implicando a deslocação de móveis e utensílios domésticos, não provoquem danos que comprometam o aspecto visual e funcional dos elementos construtivos.

Para além das acções que podem ocorrer devido ao tipo de ocupação do edifício, devem também ser consideradas as acções que podem ocorrer por efeito de uso indevido ou fortuito (explosões; choques de viaturas, etc.). As alvenarias não podem por questões de ordem

económica ser dimensionadas para resistir incólumes a estas acções. Contudo, os estragos não devem ser demasiado gravosos relativamente à causa que os provoca e à respectiva probabilidade de ocorrência [14].

Não se deve porém esperar que a estrutura se mantenha resistente sob o efeito de acções extremamente violentas cujas probabilidades de ocorrência sejam extremamente baixas.

Para simular os efeitos dos choques a que os elementos construtivos podem estar frequentemente sujeitos, a publicação Guide des Performances du Bâtiment [15] propõem a energia máxima de choque que uma alvenaria poderá absorver sem que exista o atravessamento ou derrube da mesma e que não se produza queda de fragmentos que originem ferimentos nos transeuntes, quer se encontrem no interior ou no exterior do edifício. Admite-se como efeito destes choques, a ruptura superficial dos elementos ou uma pequena deformação permanente.

Os valores recomendados de energia de choque absorvidos pelas alvenarias, são:

- choque de um corpo grande e mole com massa de 50kg (corpo humano) – Energia de impacto ≥ 900 joules:

    - fachadas que assegurem a segurança à intrusão - pelo exterior, numa altura correspondente à de um piso;
    - fachadas que assegurem a segurança à mudança de nível dos pavimentos (parapeitos) – choque na face interior dos elementos.

- energia de impacto ≥ 700 joules:

    - em todas as fachadas que não se encontrem nas circunstâncias anteriores. Choque nas faces interiores dos pisos habitáveis. Choque nas faces exteriores que sejam acessíveis aos habitantes.

- choque de um corpo grande e duro com massa de 1kg – Energia de impacto ≥ 50 joules:

    - em todas as alvenarias de fachada, pelo exterior.

O comportamento das alvenarias aos choques é determinado por ensaios de laboratório. As alvenarias são sujeitas a choques normalizados que produzem as energias de impacto acima

referidas. Da análise dos efeitos, deduz-se da habilitação ou não das alvenarias para estarem sujeitas aos impactos atrás referidos.

No nosso país não existem até este momento, normas ou regulamentos que fixem grandezas para as acções de choques que possam ocorrer durante o tempo de vida das alvenarias, nem que permitam definir os efeitos daquelas sobre estas.

O Eurocódigo 6 [16] prevê o estudo do comportamento das alvenarias em situações de acidente. As acções horizontais como por exemplo explosões, podem ser tratadas como as acções de vento. A combinação de acções de acidente encontra-se devidamente prevista.

O RSA [10] é omisso relativamente a valores para possíveis acções acidentais actuando sobre paredes de fachada.

2.2.5 Dilatações e contracções

As alvenarias depois de executadas, estão sujeitas a pequenas variações dimensionais que advém de um ou mais factores que se podem conjugar. As variações térmicas, a variação do teor de humidade, a adsorção e desadsorção de vapor de água ao longo dos dias e das estações do ano, constituem os principais factores induzindo os elementos construtivos a distenderem-se e a contraírem-se, provocando nas fachadas dos edifícios tensões adicionais. Devido ao processo construtivo, normalmente as alvenarias são impedidas de se movimentarem livremente. As tensões geradas podem provocar a fissuração e arqueamento das mesmas. Os riscos de fissuração são acrescidos nos locais de concentração de tensões, tais como: aberturas, mudanças de espessura, mudanças de altura ou de direcção das paredes. A forma de libertar essas tensões, consiste normalmente na execução de juntas de dilatação.

Segundo o DTU 20.1 [7], para evitar avarias, deve-se em geral prever nas alvenarias juntas de dilatação e de contracção dispostas da seguinte forma:

- distâncias máximas em alvenarias resistentes: 20m em regiões secas ou de fortes variações de temperatura; 35m em regiões temperadas e húmidas. Estas distâncias permitem que a acumulação dos esforços horizontais transmitidos pelos apoios das lajes sobre as alvenarias seja minimizada, não pondo em causa a capacidade resistente destas.

- distâncias máximas em alvenarias de preenchimento: 20 a 35m em regiões secas ou com fortes variações de temperatura; 30 a 35m em regiões temperadas e húmidas.

Normalmente por uma questão de simplicidade construtiva, procura-se que estas juntas coincidam com as da estrutura embora, o seu espaçamento possa ser inferior.

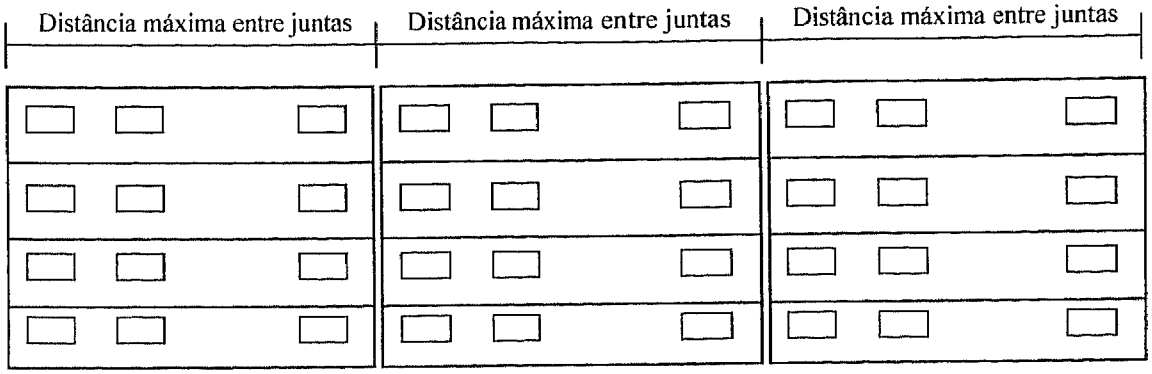


Fig. 2.3 – Distâncias máximas entre juntas de dilatação e de contracção de alvenarias de paredes exteriores de edifícios.

Se grandes superfícies de alvenarias de preenchimento constituídas por elementos com grandes variações dimensionais, por exemplo sob o efeito da temperatura, forem impedidas de se movimentarem, poderão surgir diversos tipos de avarias (nomeadamente fissuração) que têm normalmente consequências gravosas para as exigências funcionais das fachadas. Nesta situação, recomenda-se a execução nas alvenarias de juntas de dilatação distanciadas entre si de 8m a 15m (consoante a concepção e a exposição da fachada). No caso de alvenarias em blocos de betão de inertes leves, o DTU 20.1[17] aconselha a execução de juntas verticais de fraccionamento dos panos de parede cujos comprimentos sejam superiores a quarenta vezes a espessura em tosco da parede. Estas juntas serão vedadas com cordões de mastique.

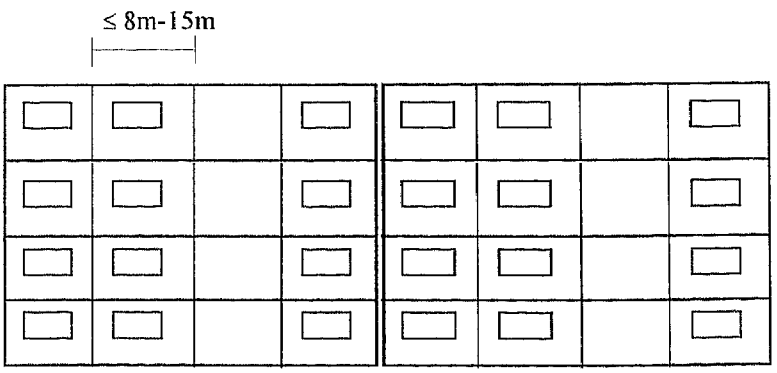


Fig. 2.4 - Distâncias máximas entre juntas de dilatação e de contracção de alvenarias sujeitas a grandes variações dimensionais [17].

Segundo as BS 5628 [9], a distância máxima entre juntas verticais serão:

- para alvenarias de tijolo em fachadas cujos movimentos se encontrem restringidos pela estrutura, a distância deverá ser inferior a 15m. Em alvenarias cujos movimentos não estejam restringidos (ex.: parapeitos; platibandas) e onde as expansões e contracções se aproximem de 1mm por metro de comprimento de parede ao longo da vida da alvenaria, as distâncias deverão ser inferiores. As larguras das juntas em milímetros deverão ser 30% superiores às distâncias entre juntas em metros (para juntas distantes entre si de 10m, as larguras das juntas deverão ser superiores a 13mm);

- para alvenarias de blocos de betão em fachadas, a distância deverá ser inferior a 6m. Os comprimentos dos painéis deverão ser inferiores ao dobro das alturas das paredes. Em paredes com aberturas, o espaçamento entre juntas deverá ser inferior ou dever-se-ão prover essas aberturas de reforços que restrinjam os movimentos das alvenarias.

Os locais privilegiados a considerar na colocação das juntas, serão:

- na intersecção com paredes e pilares;
- na intersecção com portas e janelas;
- na mudança de altura ou de espessura das paredes;
- em rebaixos na espessura das paredes;
- em juntas de dilatação da estrutura.

Tubi [18], recomenda para paredes em alvenaria de tijolo aparente, as distâncias máximas apresentadas no quadro 2.3. Neste tipo de alvenarias devem ser executadas juntas em:

- na mudança de espessura das paredes;
- num, ou em ambos os lados das aberturas;
- nas mudanças abruptas da largura do edifício;
- na mudança de direcção das paredes;
- na ligação entre paredes em forma de T.

Quadro 2.3 – Distâncias máximas entre juntas de dilatação em alvenarias de tijolo aparente [18]

Distâncias entre juntas de dilatação		
Características da alvenaria	*Paredes com espessura inferior a 14cm*	*Paredes com espessura superior a 14cm*
Contracções ou dilatações inferiores a 0,1mm/m	30m	30m
Contracções ou dilatações entre 0,1mm/m e 0,4mm/m	12m, sem aberturas 6m com aberturas	8m
Contracções ou dilatações entre 0,4mm/m e 0,6mm/m	8m	6m

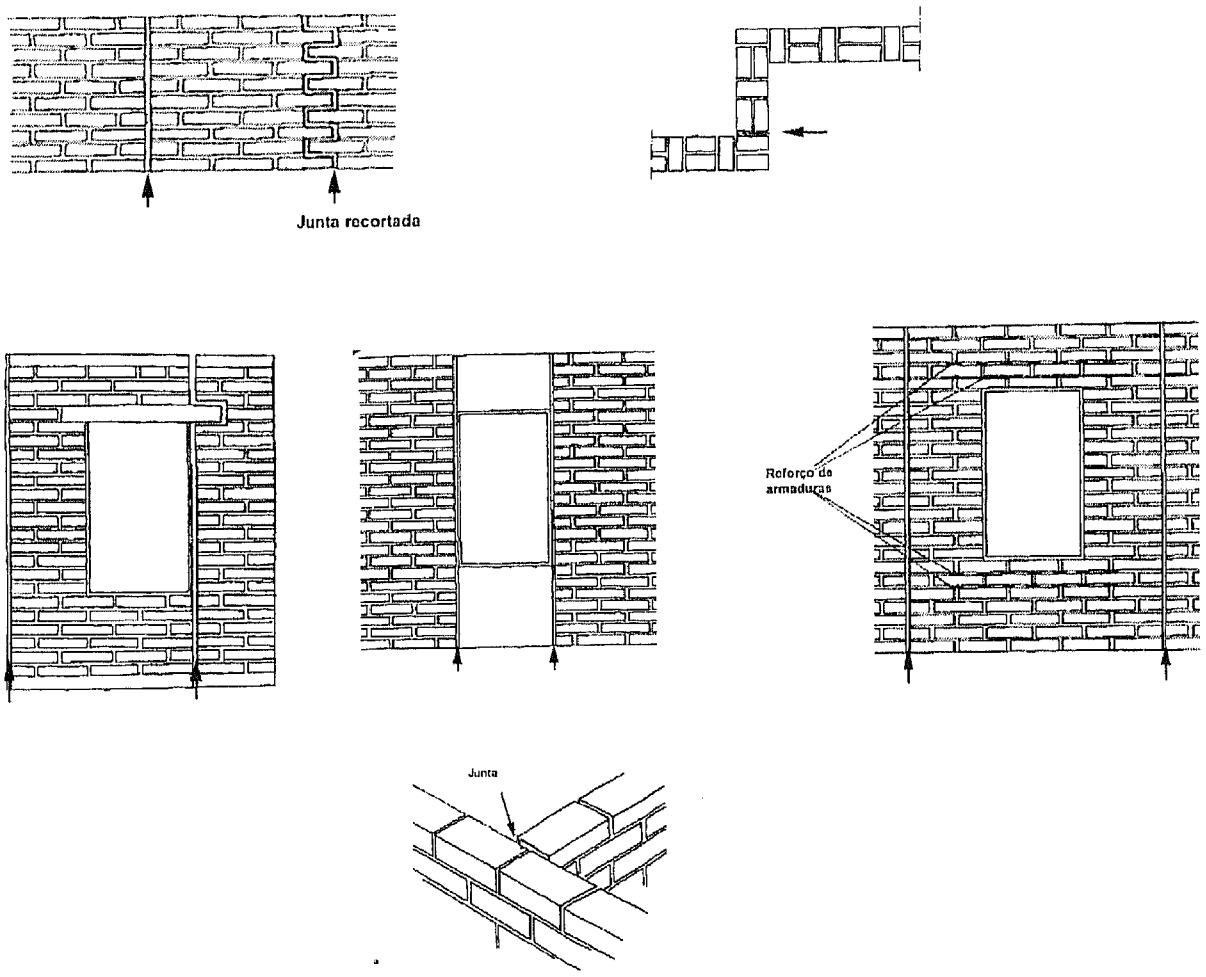


Fig. 2.5 – Exemplos de juntas de dilatação e de contracção em alvenarias de tijolo aparente [18]

2.2.6 Outras acções

Outras acções deverão ser tomadas em conta no dimensionamento das alvenarias.

O RSA [10] prevê que em guardas e parapeitos se deverá considerar, na sua parte superior, uma acção horizontal uniformemente distribuída de 0,5 kN/m e 1,0 kN/m respectivamente em locais privados e em locais públicos.

Normas Belgas [15], para além de proporem os valores do RSA, indicam também um valor de 0,5kN aplicados a 2m do solo para todo o tipo de paredes e uma força de 1,0 kN aplicado em parapeitos. Prevêem ainda as acções a considerar resultantes da fixação de louças sanitárias e de mobiliário suspenso das paredes.

2.3. CONFORTO HIGROTÉRMICO

2.3.1 Conforto térmico

A temperatura interna do corpo humano é constante e este não possui a capacidade de armazenamento de calor. A energia que produz é dissipada. A sensação de conforto térmico é óptima, quando a produção de calor interno é igual à perda térmica do corpo. O balanço entre as duas depende de sete parâmetros dos quais três relacionam-se directamente com o indivíduo (metabolismo, vestuário e temperatura da pele) e os restantes com o ambiente circundante (temperatura do compartimento, humidade relativa, temperatura superficial das paredes e de outras superfícies do compartimento, e velocidade de deslocamento do ar) [19].

De forma a que se mantenha o equilíbrio térmico entre um indivíduo e o meio que o circunda, o organismo pode ter necessidade de se socorrer de um mecanismo designado de termoregulação. Se ocorrer uma diminuição da temperatura da pele, dá-se uma diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos nas zonas superficiais, reduzindo assim a libertação de calor. Não sendo este mecanismo suficiente, o corpo necessita de aumentar a produção de calor (arrepios ou aumento da actividade). Se o corpo tiver necessidade de libertar calor em ambientes quentes, dá-se um aumento do diâmetro dos vasos sanguíneos superficiais acompanhado normalmente de transpiração (a evaporação consome calor, diminuindo assim a temperatura superficial do corpo).

O conforto térmico é atingido quando existe um estado de equilíbrio térmico, sem a necessidade de pôr em funcionamento os mecanismos de termoregulação. Para um indivíduo sem roupa, com uma temperatura ambiente de 28 °C, para uma temperatura média da pele de 33,5 °C e um coeficiente de transferência de calor por convexão e por radiação de 8 $W/m^2.C^{-1}$, a neutralidade térmica é atingida [20]. Para temperaturas diferentes de 28 °C, o mecanismo de termoregulação teria de intervir, quebrando-se assim, o conforto térmico.

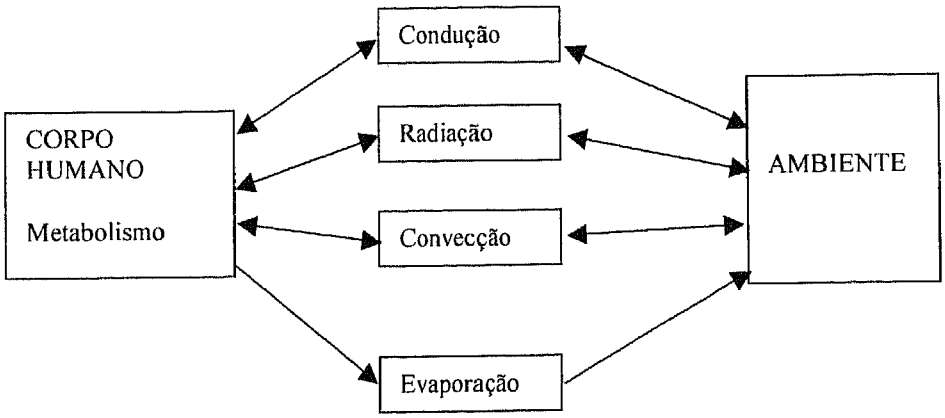


Fig. 2.6 – Trocas de calor do corpo humano com o ambiente [23].

As trocas por condução dão-se entre o corpo humano e os outros corpos, por contacto directo entre eles (paredes, pavimentos, etc.).

As trocas por radiação verificam-se entre dois corpos sem a existência de contacto físico. Estando o corpo humano a determinada temperatura dão-se trocas de calor com outros que se encontrem a temperaturas superficiais diferentes (paredes, envidraçados, aquecedores, etc.).

As trocas por convecção verificam-se entre um corpo sólido e um fluído. Assim, as trocas de calor entre o corpo humano e o ar que o rodeia, dão-se por este meio de transferência.

a) Metabolismo

O metabolismo corresponde à soma das reacções químicas que ocorrem no corpo humano. Para o manter a uma temperatura constante de 36,7 °C e uma vez que normalmente a temperatura do meio circundante é inferior, o metabolismo é constante de forma a compensar as perdas de calor para o ambiente.

O metabolismo depende do nível de actividade que o corpo humano desempenha. A unidade de medição do metabolismo é o met. Um met, corresponde a 58 watts por metro quadrado (a superfície do corpo humano corresponde em média a 1,8 m²).

Quadro 2.4 – Medição do metabolismo em diversas actividades [20; 21]

Actividade	*Produção de energia de metabolismo*	
	W/m²	met
Em repouso, deitado	46	0,8 – 1,0
Actividade sedentária	58 – 70	1,0 – 1,2
Trabalho leve	70 – 90	1,2 – 1,6
Trabalho médio	115	2,0
Trabalho oficinal pesado	170	3,0
Andar à velocidade de 2km/h	110	1,9
Andar à velocidade de 3km/h	140	2,4

b) Vestuário

O vestuário cria resistência térmica na troca de calor entre a superfície da pele e o ar circundante. A unidade de medida desta resistência térmica, é o clo. Corresponde a 0,55 °C. m² /W.

A resistência total do vestuário de um indivíduo, resulta da soma das resistências isoladas de cada peça.

c) Temperatura da pele

A temperatura superficial da pele é função do metabolismo, do vestuário, da temperatura no compartimento, etc. Ao contrário da temperatura interna do corpo humano, não é constante.

d) Temperatura do ar

A temperatura do ar dos compartimentos medida com termómetro de bolbo seco é muito importante para o conforto térmico, uma vez que mais de metade do calor perdido pelo corpo humano, é perdido para o ar por convecção.

Quadro 2.5 – Resistência térmica para diversas peças de vestuário [21]

Vestuário	*Resistência térmica do vestuário* (Clo)	*Vestuário*	*Resistência térmica do vestuário* (Clo)
HOMEM		MULHER	
Roupa interior leve	0,14	Roupa interior leve	0,05
Camisa: Leve, manga curta	0,14	Blusa: Leve	0,20
Leve, manga comprida	0,22	Pesada	0,29
Pesada, manga comprida	0,29	Vestido: Leve	0,22
c\ gravata	+ 5%	Pesado	0,70
Colete : Leve	0,15	Saia: Leve	0,10
Pesado	0,29	Pesada	0,22
Calças: Leves	0,26	Calças: Leves	0,26
Pesadas	0,32	Pesadas	0,44
Camisola: Leve	0,20	Camisola: Leve	0,17
Pesada	0,37	Pesada	0,37
Casaco: Leve	0,22	Casaco: Leve	0,17
Pesado	0,49	Pesado	0,37
Meias e sapatos	0,08	Meias e sapatos	0,05

e) Humidade relativa

A humidade relativa exprime a razão (em percentagem) entre a quantidade de humidade existente no ar e a quantidade de água que conteria se saturado, para uma mesma pressão e temperatura.

A influência da humidade relativa na sensação de conforto térmico é relativamente pequena. Em regiões cuja temperatura a humidade relativa suba dos 20% para 60%, a temperatura diminui menos de 1°C, mantendo o mesmo nível de conforto térmico. É usual a recomendação que a humidade relativa num compartimento se situe entre os 20% de forma a evitar a secagem das membranas mucosas e os 80%, para minorar a formação de bolores [19].

Se a humidade absoluta do ar for elevada em ambientes quentes, evita que a evaporação do suor se dê com a mesma intensidade do que com humidades mais baixas. Neste caso, o nível

de trocas de calor será inferior, provocando maior desconforto ao indivíduo. Em climas moderados, a influência da humidade absoluta é minorada.

f) Temperatura superficial dos compartimentos:

A temperatura média radiante corresponde à média das temperaturas superficiais das superfícies que delimitam um compartimento. A temperatura média radiante é uma medida da troca de calor por radiação entre o corpo humano e as superfícies envolventes (exprime-se em °C ou em Kelvin) [20]. Influencia o calor perdido pelo corpo humano para as superfícies e a perda de calor por condução quando em contacto com as mesmas.

A perda de calor por radiação é difícil de quantificar, uma vez que varia com o posicionamento do indivíduo no compartimento e também com o ângulo entre este e o das superfícies envolventes.

Se um edifício for devidamente isolado termicamente, a temperatura interna das paredes exteriores é próxima da temperatura do ar interior. Esta medida reduz as perdas de calor por radiação, incrementando o conforto térmico [19].

g) Velocidade do ar

A velocidade de deslocação do ar relativamente ao indivíduo, influencia as perdas de calor por convecção e por evaporação. Dentro dos edifícios, a velocidade é normalmente inferior a 0,2m/s. A velocidade do ar relativa à actividade do corpo humano pode variar entre 0,5 e 2m/s.

Quadro 2.6 – Velocidade relativa do ar em função de actividades [19]

Actividade	*Velocidade relativa do ar (m/s)*
Em repouso	0
Trabalho de escritório (sentado)	0,0-0,1
Limpeza doméstica	0,2-1,2
Ténis	0,5-2
Squash	0,5-2

h) Índices térmicos

Foram desenvolvidos vários índices térmicos de forma a estabelecerem as interacções entre os diversos parâmetros acima descritos, de forma a avaliar a sensação de conforto térmico que um ocupante poderá experimentar num determinado compartimento.

- Índice PMV (Predicted mean vote) [19] – O índice PMV é um índice de sensação térmica. Foi elaborado por intermédio da média das opiniões de um largo número de pessoas que exprimiram um voto de conforto térmico sob variadas condições térmicas.

Um valor de PMV igual a zero, significa uma sensação de conforto térmico óptimo. Valores positivos significam que a temperatura é superior à ideal e negativos, inferiores à mesma.

Quadro 2.7 – Escala do índice PMV [19]

Sensação térmica	PMV
Frio	-3
Fresco	-2
Relativamente fresco	-1
Óptimo (neutral)	0
Relativamente tépido	+1
Tépido	+2
Quente	+3

- Índice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) [19] – O Índice PPD indica a percentagem de pessoas susceptíveis de se sentirem com calor ou frio num determinado ambiente. Pode ser deduzido a partir do índice PMV. Se por exemplo o índice PMV se situar entre os valores –1 e +1, o índice PPD mostra que 25% da população se sentirá descontente. De forma a reduzir esta percentagem para 10%, o valor do índice PMV deverá situar-se entre os valores –0,5 e +0,5.

A norma ISO 7730 [19], recomenda que os valores do índice PMV se devem situar entre -0,5 e +0,5.

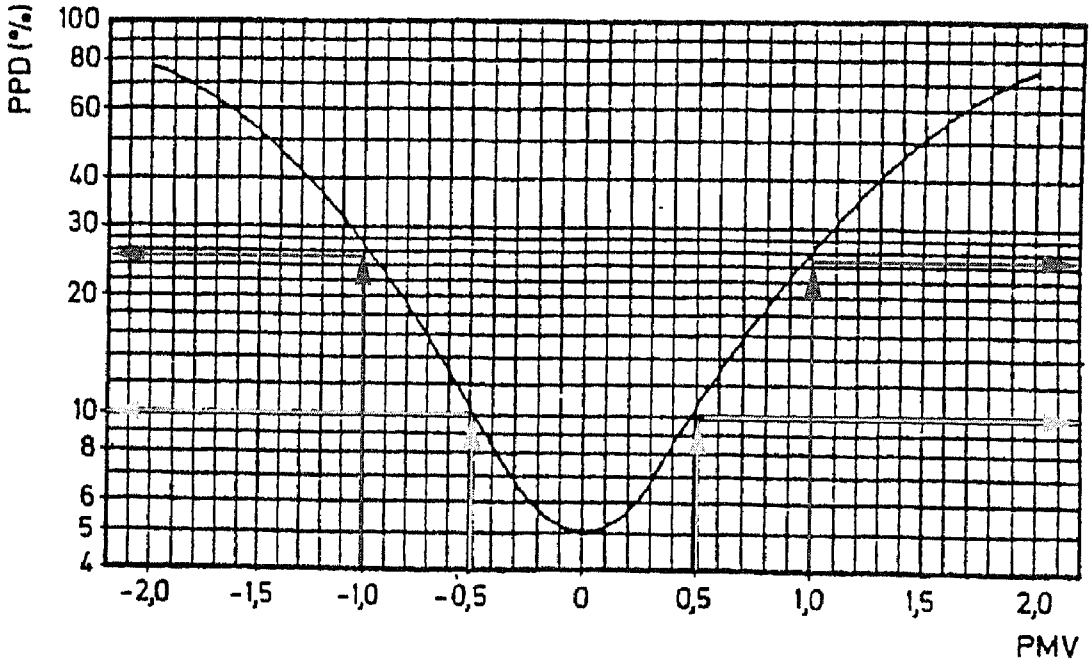


Fig. 2.7 – Índice PPD em função do índice PMV [20]

- Gráficos de Conforto

Um modo rápido e acessível de apresentar o relacionamento entre um parâmetro de conforto e os restantes, consiste na elaboração de gráficos de conforto. Existem vários tipos de gráficos que relacionam vários parâmetros.

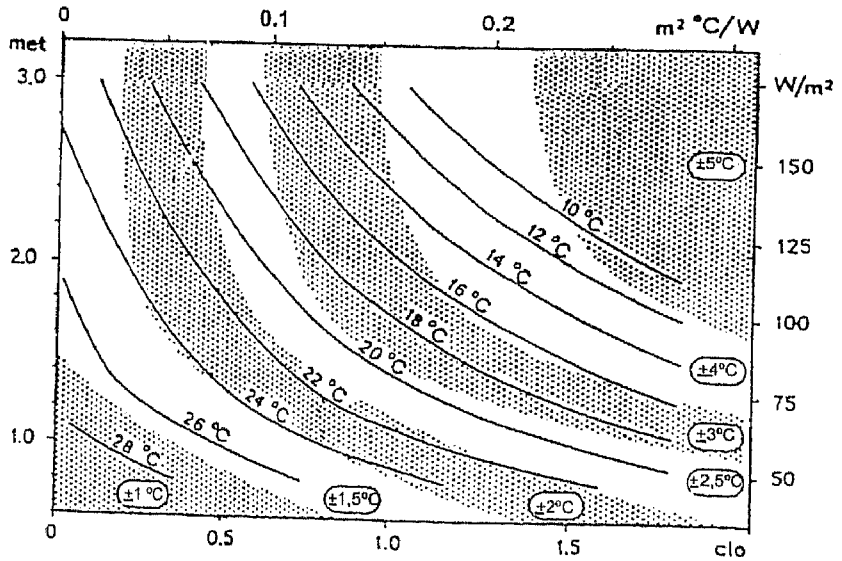


Fig. 2.8 – Exemplo de gráfico de conforto [19]

Um dos gráficos possíveis, é o que fornece a temperatura operativa óptima em função do metabolismo e do vestuário das pessoas, considerando um valor para o índice PMV e humidade relativa de 0 e 50%, respectivamente. O diagrama mostra áreas a sombreado e a não sombreado. Cada área é caracterizada por um determinado número de graus centígrados a somar ou a subtrair à temperatura óptima, de forma a considerar os limites da zona de conforto correspondente a $-0,5 < PMV < +0,5$ (10% de população insatisfeita).

Uma pessoa sentada (1,2 met) vestindo roupas de inverno (1 clo) tem uma temperatura de conforto de 21°C. O diagrama mostra que os limites aceites por 90% dos ocupantes varia entre 18,5 °C e 23,5°C (variação de 2,5°C em relação à temperatura óptima).

i) Desconforto local

Os parâmetros até agora descritos, referem-se ao conforto global do indivíduo. Contudo, existem algumas circunstâncias que podem provocar desconforto localizado apesar das condições globais serem consideradas óptimas. Os parâmetros que podem provocar desconforto local, são [20]:

- assimetria de temperatura radiante; a ISO 7730 recomenda que as assimetrias de temperatura radiantes de janelas ou de outras superfícies verticais devem ser inferiores a 10 °C. Este parâmetro permite que mais de 95% das pessoas se considerem satisfeitas. Em relação às superfícies horizontais, as assimetrias deverão ser inferiores a 5 °C;

- correntes de ar; as correntes de ar são provavelmente a situação mais comum (principalmente nos edifícios com mais idade) que provoca o desconforto localizado. Janelas, portas e caixas de estore que se encontrem degradadas, são em geral os responsáveis por essas correntes. A sensação de desconforto resulta das combinações entre a temperatura do ar, a velocidade média do ar e a intensidade de turbulência (razão entre o desvio da velocidade e a velocidade média). A norma ISO 7730 fixa para valor limite de risco de corrente de ar (DR – percentagem de pessoas incomodadas por uma corrente de ar), o valor de 15%;

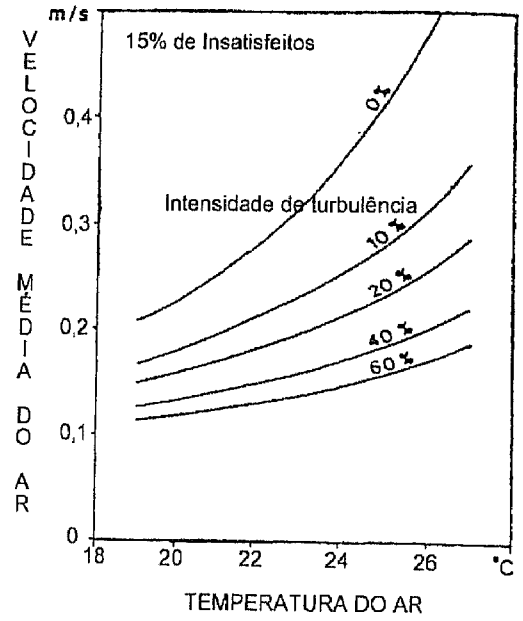


Fig. 2.9 - Relacionamento entre a velocidade média do ar, temperatura do ar e intensidade de turbulência, que satisfaz 85% dos indivíduos [19].

- temperatura do pavimento demasiado elevada ou baixa; de acordo com a norma ISO 7730, a temperatura dos pavimentos deverá estar situada entre os 19 °C e os 26 °C;

- diferenças de temperatura do ar na vertical; convém que a temperatura do ar seja o mais uniforme possível em altura, de forma a que um indivíduo na sua ocupação, não sinta diferenças de temperatura acentuadas ao longo do corpo. A diferença máxima deverá ser de 3 °C.

A ISO 7730 fixa algumas exigências de conforto de referência para habitações e escritórios. Para a situação de Inverno e para actividades leves, principalmente sedentárias, considerando um vestuário correspondente a 1 Clo [21]:

- a temperatura operativa deverá situar-se entre os 20 °C e 24 °C;

- a diferença de temperaturas na vertical entre 1,1m e 0,1m acima do pavimento (níveis da cabeça e do tornozelo) deverá ser inferior a 3 °C;

- a temperatura superficial do pavimento deverá situar-se entre os 19 °C e os 26 °C, mas os sistemas de aquecimento dos pavimentos deverão ser dimensionados para os 29 °C;

- a velocidade média do ar deverá ser inferior ao especificado na respectiva norma;

- a assimetria da temperatura radiante das janelas ou de outras superfícies verticais frias, deverá ser inferior a 10 °C (em relação a um pequeno plano vertical 0,6m acima do pavimento);

- a assimetria da temperatura radiante proveniente de um tecto aquecido deverá ser inferior a 5 °C (em relação a um pequeno plano horizontal 0,6m abaixo do tecto);

- a humidade relativa do ar deverá situar-se entre os 30% e 70%.

Para a situação de Verão e para actividades leves, principalmente sedentárias, considerando um vestuário correspondente a 0,5 Clo [21]:

- a temperatura operativa deverá situar-se entre os 23 °C e 25 °C;

- a diferença de temperaturas na vertical entre 1,1m e 0,1m acima do pavimento (níveis da cabeça e do tornozelo) deverá ser inferior a 3 °C;

- a velocidade média do ar deverá ser inferior ao especificado na respectiva norma;

- a humidade relativa do ar deverá situar-se entre os 30% e 70%.

2.3.2. Zonas opacas

2.3.2.1 Considerações gerais

A envolvente dos edifícios pode perder calor devido a fenómenos de transmissão de calor por condução, convexão ou por radiação. Estas perdas durante as estações mais frias devem ser minimizadas, de forma a que os ganhos solares e o aquecimento originado pelos sistemas auxiliares de aquecimento se mantenham o maior tempo possível retidos dentro do edifício.

Durante o Verão, o sentido do fluxo de calor por condução faz-se do exterior do edifício para o seu interior. Interessa minimizar este fluxo de forma a que o dispêndio com o arrefecimento seja também o menor possível.

O isolamento térmico serve de barreira ao fluxo de calor por condução. Os materiais escolhidos com esta finalidade, devem possuir uma condutividade térmica baixa. O melhor material isolador, é o ar quando mantido encerrado e seco.

O investimento no isolamento térmico das fachadas durante a construção deve ser tal, que minimize os custos de exploração ao longo da vida do edifício tendo em consideração as previsões com as futuras despesas de aquecimento e de arrefecimento. Normalmente, quanto maior for o investimento durante a construção do edifício, menores serão os futuros gastos com o aquecimento no interior do mesmo.

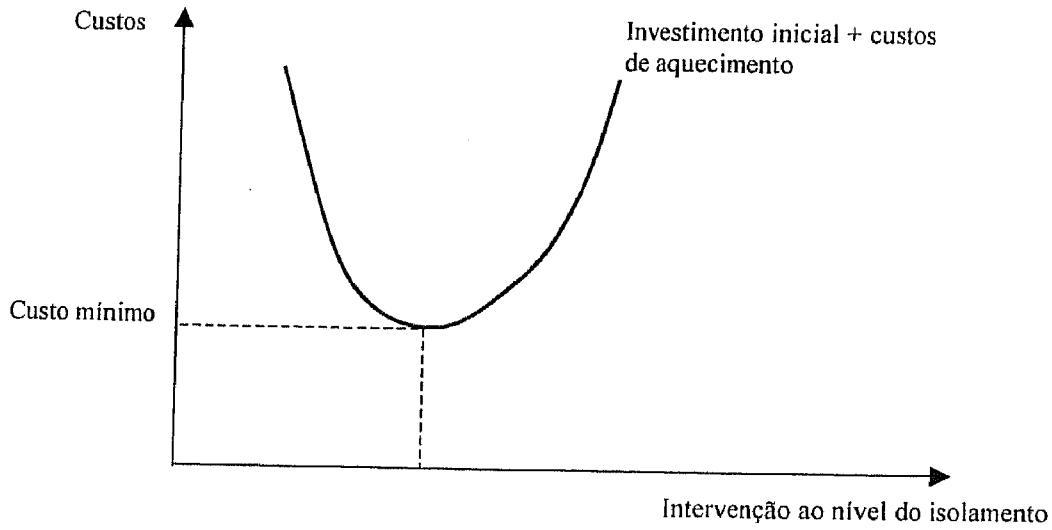


Fig. 2.10 – Custo global considerando as despesas com o isolamento térmico das fachadas e os custos de aquecimento [21].

O isolamento térmico pode ser colocado pelo exterior, pelo interior ou no meio das paredes, sem que se altere o isolamento total das mesmas. Contudo, a inércia térmica da parede e o risco de condensações no interior do edifício são afectados pelo posicionamento do isolamento. O isolamento colocado pelo exterior aumenta a inércia térmica do edifício e diminui substancialmente o risco de condensações no interior daquele, ou no interior do próprio elemento construtivo. Reduz ou elimina também o problema das pontes térmicas.

Em geral, as paredes de fachada devem ser construídas de forma a que possuam uma resistência térmica suficiente para garantir eficiência energética e conforto humano. Deve-se evitar o uso de materiais de isolamento térmico que possuam CFCs ou HCFCs, pois atacam a

camada de ozono. Dentro do possível, usar produtos resultantes de processos de reciclagem tais como a celulose ou a lã mineral. As pontes térmicas devem ser correctamente isoladas.

O grau de reflexividade da envolvente é muito importante pois permite diminuir o grau de aquecimento da mesma, com custos quase nulos. Ao escolher determinada cor para as fachadas, condiciona-se parte do comportamento térmico desses elementos e por consequência, a melhoria ou não do seu desempenho [22]. As cores claras possuem a propriedade de reflectirem as radiações solares de onda curta. É assim vulgar nos países quentes, as fachadas dos edifícios serem da cor branca.

2.3.2.2 Isolamento térmico

O Regulamento Geral de Edificações Urbanas [6] devido à sua antiguidade, não especifica quantitativamente os isolamentos térmicos das fachadas referindo apenas que as paredes das edificações deverão ser constituídas tendo também em atenção as variações de temperatura.

Em 1985, na publicação "Recomendações Técnicas para Habitação Social" [13] enunciam-se princípios gerais sobre o isolamento das fachadas em nome das necessidades de aquecimento durante o Inverno e de arrefecimento durante o Verão. Remete para posterior legislação que venha a ser aprovada e fornece a título de exemplo a constituição mínima a garantir para alguns tipos de fachadas consoante a sua localização territorial:

- em edifícios localizados na zona climática de Inverno HIII:

  - parede dupla com panos de alvenaria de tijolo furado 30x20x15 (pano interior) e 30x20x11 (pano exterior) e caixa de ar muito fracamente ventilada e convenientemente drenada, em fachadas;

  - parede dupla com panos de alvenaria de tijolo 30x20x11 ou 22x11x7 a meia vez e caixa de ar muito fracamente ventilada e convenientemente drenada, integrando uma camada termicamente isolante constituída por placas de poliestireno expandido ou de aglomerado negro de cortiça com 20mm de espessura, fixadas contra o pano interior, em empenas.

  Nesta zona climática indica-se ainda uma protecção térmica obrigatória para os elementos estruturais integrados nas paredes exteriores, constituída por forras de tijoleira cerâmica furada com pelo menos 3cm de espessura.

- em edifícios localizados na zona climática de Inverno HIV :

  - parede de alvenaria simples de tijolo furado dúplex 30x20x20, em fachadas;

  - parede dupla com constituição semelhante à preconizada para as paredes dos edifícios localizados na zona HIII, em empenas.

- em edifícios localizados na zona climática de Inverno HV :

  - paredes de alvenaria simples de tijolo furado dúplex 30x22x20, em fachadas e empenas.

Distritos	Zonas de Inverno			Zonas de Verão		
	Altitude (m)			Altitude (m)		
	< 200	200-500	> 500	< 200	200-500	> 500
Aveiro, Braga, Coimbra e Viana do Castelo	HV	HIV	HIII	EII	EII	EII
Beja	HV	HIV	—	EIV	EIV	—
Bragança, Castelo Branco, Guarda, Vila Real e Viseu	HIV	HIV	HIII	EIV	EIII	EII
Évora e Portalegre	HV	HIV	HIV	EIV	EIV	EIV
Faro	HV	HIV	HIV	EIV	EIV	EIII
Leiria e Porto	HV	HIV	HIV	EII	EII	EII
Lisboa	HV	HV	—	EIII	EII	—
Santarém	HV	HIV	—	EIII	EII	—
Setúbal	HV	HIV	—	EIII	EII	—
Regiões Autónomas (Açores e Madeira)	HV	HV	HV	EII	EII	EII

Fig. 2.11 – Divisão do território em zonas climáticas segundo as "Recomendações Técnicas para Habitação Social" [13].

É de referir que as indicações fornecidas para a zona de Inverno HIII se mostraram desajustadas face ao comportamento dos materiais ao longo das estações do ano. A colocação do tijolo de 11cm no pano exterior levantou problemas de demasiada deformabilidade do suporte dos revestimentos das fachadas e de insuficiente resistência ao choque térmico durante a época quente do ano. A colocação da tijoleira pelo exterior a forrar a estrutura, levantou também alguns problemas de execução e de comportamento em relação aos panos de tijolo confinantes.

Não se admite sequer para esta zona, a hipótese da construção das fachadas em pano simples.

Com a publicação em 1990 de regulamentação de comportamento térmico aplicável a edifícios [23], preencheu-se uma grande lacuna até aí existente de forma a tornar os edifícios mais confortáveis e energeticamente mais eficientes. Pelo facto de ser o primeiro regulamento de térmica os valores de isolamento preconizados são modestos, mas motivaram uma modificação nos hábitos construtivos usados até à data.

Neste Regulamento, o país é dividido em três zonas climáticas de Inverno e em três zonas climáticas de Verão. As regiões autónomas dos Açores e da Madeira pertencem às zonas I1-V1.

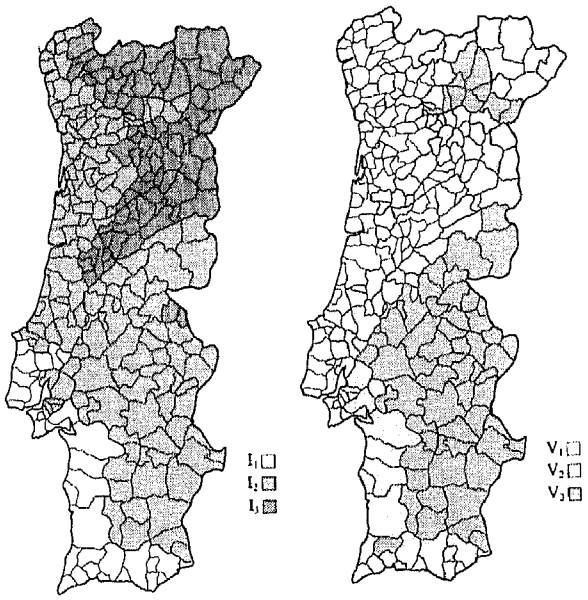


Fig. 2.12 – Zonamento climático do Continente segundo o RCCTE [24].

A aplicação do Regulamento a determinada zona independente de um edifício é verificada, desde que as necessidades nominais de aquecimento de energia útil por metro quadrado de área útil de pavimento e as necessidades nominais de arrefecimento por metro quadrado de área útil de pavimento não excedam valores máximos que terão de ser calculados.

Admite-se a dispensa de cálculo das necessidades nominais de aquecimento, desde que se cumpram os seguintes parâmetros:

- a área útil da zona independente seja inferior a 300m²;

- a área de envidraçados não ultrapasse 15% da área útil de pavimento;

- utilizar soluções de fachadas cujo factor de concentração de perdas térmicas seja igual ou inferior a 1,3;

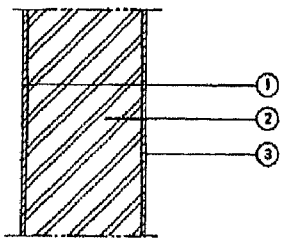
- utilizar soluções da envolvente cujos coeficientes de transmissão térmica (K) da envolvente opaca sejam iguais ou inferiores ao indicado no quadro 2.8.

Quadro 2.8 – Coeficientes máximos de transmissão térmica para a dispensa de cálculo das necessidades nominais de aquecimento, segundo o RCCTE [24].

Zona Climática		
I1	I2	I3
1,4	1,2	0,95

Apresentam-se de seguida exemplos de paredes exteriores simples que satisfazem os valores do quadro 2.8 [25].

- <u>sem isolamento térmico</u>:



1 – Revestimento exterior aderente (reboco, pedra, ...).

2 – Pano de alvenaria (de tijolo ou de blocos) ou de betão de inertes correntes.

3 – Revestimento interior (reboco, estuque, placa de gesso, madeira e derivados, pedra, ...).

a) zona climática I_1:

- paredes de tijolo dúplex com 22cm de espessura;

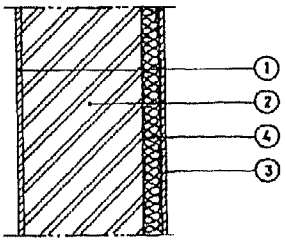
- paredes de blocos de betão leve com espessuras de 0,20m a 0,25m;

b) zonas climáticas I_2 e I_3:

Constata-se que o uso dos materiais correntes não satisfaz os valores máximos pretendidos. O uso de eventuais novos formatos de tijolos e de blocos com maior

espessura, poderão satisfazer os requisitos do RCCTE. Assim, segundo um estudo mandado elaborar pela Associação Portuguesa de Industriais da Cerâmica de Construção [26] é possível com tijolos cerâmicos furados com cerca de 30cm de espessura obter coeficientes de transmissão térmica (K) satisfazendo largamente as exigências do RCCTE.

- com isolamento térmico pelo interior:



1 – Revestimento exterior aderente (reboco, pedra, ...).

2 – Pano de alvenaria (de tijolo ou de blocos) ou de betão de inertes correntes.

3 – Revestimento interior (reboco, estuque, placa de gesso, madeira e derivados, pedra, ...).

4 – Isolante térmico.

a) zona climática I_1 e I_2:

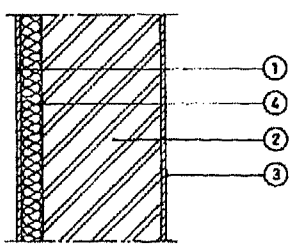
Verifica-se que 3cm de espessura de isolamento térmico de placas de poliestireno expandido moldado ou de placas de lã mineral é suficiente para garantir "K" inferiores ou semelhantes a 1,2 em: paredes de blocos de betão normal com espessuras de 0,20m a 0,25m; de betão leve com espessuras de 0,10m a 0,20m e de paredes de pedra com 40cm de espessura.

Se a parede for constituída por materiais com maior isolamento térmico, pode-se diminuir a espessura do isolamento.

b) zona climática I_3:

Para assegurar os requisitos exigidos por esta zona, para os materiais de alvenaria enunciados, bastará aumentar a espessura dos isolamentos acima mencionados, para 4cm.

- com isolamento térmico pelo exterior:



1 – Revestimento exterior aderente (reboco, pedra, ...).

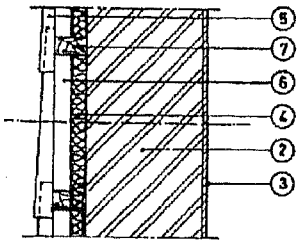
2 – Pano de alvenaria (de tijolo ou de blocos) ou de betão de inertes correntes.

3 – Revestimento interior (reboco, estuque, placa de gesso, madeira e derivados, pedra, ...).

4 – Isolante térmico

As necessidades de isolamento serão semelhantes às preconizadas para o isolamento térmico pelo interior das fachadas. Os coeficientes de transmissão térmica são ligeiramente mais elevados do que os obtidos isolando pelo interior. Porém, este sistema tem vantagens na eliminação das pontes térmicas, sendo mais empregue que a solução anterior.

- revestimento com caixa de ar pelo exterior, com ou sem isolamento térmico (contínuo ou descontínuo):



2 – Pano de alvenaria (de tijolo ou de blocos) ou de betão de inertes correntes.

3 – Revestimento interior corrente (reboco, estuque, pedra, ...).

4 – Isolante térmico.

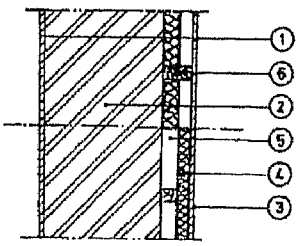
5 – Revestimento exterior independente (reboco armado, chapa de fibrocimento, metálica,...).

6 – Espaço de ar fortemente ventilado.

7 – Estrutura de suporte do revestimento exterior (madeira).

Verifica-se que a forte ventilação da caixa de ar retira quase na totalidade a contribuição da mesma no isolamento térmico da parede. Os valores dos coeficientes de transmissão térmica obtidos para várias soluções construtivas são semelhantes (ligeiramente inferiores) aos obtidos sem a existência do revestimento e da respectiva caixa de ar. São semelhantes aos da solução anterior.

- revestimento com caixa de ar pelo interior, com ou sem isolamento térmico (contínuo ou descontínuo):



1 – Revestimento exterior aderente (reboco, pedra, ...).

2 – Pano de alvenaria (de tijolo ou de blocos) ou de betão de inertes correntes.

3 – Revestimento interior (reboco, estuque, placa de gesso, madeira e derivados, pedra, ...).

4 – Isolante térmico.

5 – Espaço de ar.

6 – Estrutura de suporte do revestimento independente (madeira).

Na situação da não existência de isolamento térmico, os valores dos coeficientes de transmissão térmica são nalgumas situações substancialmente inferiores aos obtidos por uma parede semelhante simples (sobretudo se for em pedra ou em betão normal).

Considerando isolamento térmico contínuo ou não na caixa de ar, os valores dos "K" são apenas ligeiramente inferiores em todas as situações, aos obtidos por paredes simples com isolamento térmico pelo interior.

São também impostos pelo RCCTE alguns requisitos mínimos de qualidade térmica para as zonas opacas das fachadas. As condensações no paramento interior das fachadas ocorrem, quando a sua temperatura superficial é igual ou inferior à temperatura de ponto de orvalho. A fim de minimizar o aparecimento de condensações na face interior dos panos, os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis são os indicados no quadro 2.9.

Quadro 2.9 - Coeficientes máximos de transmissão térmica a fim de minimizar o aparecimento de condensações no pano interior das paredes exteriores, segundo o RCCTE [24].

Zona Climática		
I1	I2	I3
1,8	1,6	1,45

Para que estes valores sejam satisfeitos, bastará que:

- na zona I_1 e I_2 executar as fachadas em tijolo furado com 22cm de espessura, rebocado em ambas as faces;

- na zona I_3 empregar na execução das fachadas, blocos de betão leve com espessuras entre 20cm e 25cm.

Uma vez que as exigências de isolamento térmico definidas pelo RCCTE [23] são reconhecidas como modestas, Abrantes, V. e Freitas, V. [24], propõem quatro níveis distintos de qualidade térmica para a envolvente opaca. A partir do quociente entre o coeficiente de transmissão térmica de referência indicado pelo RCCTE para uma dada zona climática e o coeficiente de transmissão térmica de cálculo, resultam os quatro níveis indicados no quadro 2.10.

Quadro 2.10 – Níveis de qualidade de isolamento térmico das paredes exteriores de edifícios [24].

Níveis de qualidade	$X = K / K_{ref}$
N1	$X > 0,9$
N2	$0,7 < X \leq 0,9$
N3	$0,5 < X \leq 0,7$
N4	$X \leq 0,5$

Desta forma, os coeficientes de transmissão térmica em fachadas opacas consoante os níveis de qualidade, serão os indicados no quadro 2.11.

Quadro 2.11 – Níveis de qualidade dos coeficientes de isolamento térmico das paredes exteriores de edifícios, por zonas climáticas [24].

Zonas climáticas	*Níveis de qualidade*			
	N1	N2	N3	N4
I1	$1,26 < K \leq 1,4$	$0,98 < K \leq 1,26$	$0,7 < K \leq 0,98$	$\leq 0,7$
I2	$1,08 < K \leq 1,2$	$0,84 < K \leq 1,08$	$0,6 < K \leq 0,84$	$\leq 0,6$
I3	$0,86 < K \leq 0,95$	$0,67 < K \leq 0,86$	$0,48 < K \leq 0,67$	$\leq 0,48$

O coeficiente de transmissão térmica "K" de uma parede pode ser obtido de duas formas distintas. Ou por cálculo numérico, ou por ensaio em laboratório.

Por cálculo numérico, é usada a fórmula já conhecida:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{hi} + \sum_j R_j + R_{ar} + \frac{1}{he}$$

K – coeficiente de transmissão térmico da parede;

$R_j = e_j / \lambda_j$ – Resistência térmica da camada j ($m^2.°C/W$);

e_j – Espessura da camada j;

λ_j – condutibilidade térmica da camada j (W/m.°C);

1/hi; 1/he – resistências térmicas superficiais, respectivamente interior e exterior ($m^2.°C/W$);

Rar – resistência térmica de espaços de ar não ventilados ou fracamente ventilados ($m^2.°C/W$);

2.3.2.3. Pontes térmicas

Onde o isolamento térmico não é contínuo em toda a superfície da fachada ou a sua resistência térmica é altamente diminuída por razões de ordem estrutural ou de outra ordem, ou ainda por modificação da geometria da envolvente, o coeficiente de transmissão térmica aumenta nessas descontinuidades. Este fenómeno caracteriza-se pela descida da temperatura superficial da fachada nesses locais (quando a temperatura exterior é inferior à interior nos compartimentos). Dizemos nesta circunstância que estamos perante pontes térmicas.

A existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas ou ligações entre diferentes elementos construtivos são na maior parte das situações os responsáveis pelas patologias associadas às pontes térmicas.

O inconveniente das pontes térmicas reside nos seguintes factores [27]:

- acréscimo de perda térmica para o exterior

A perda de calor pelas pontes térmicas é na construção tradicional portuguesa, bastante considerável. Assume especial relevo quando, estando as fachadas tratadas existe interrupção do isolamento nos elementos estruturais. Pode esta situação comprometer a justificação do investimento no próprio isolamento das zonas correntes da envolvente (a um aumento de isolamento, corresponde um aumento da importância relativa das pontes térmicas) [28].

CORVACHO, [28] conclui que em paredes duplas de fachada, a interrupção da parede por vigas de betão armado ao nível dos pisos, representa na zona da viga um acréscimo de perda térmica em relação à zona corrente de 25% sem isolamento na caixa de ar, e de 56%, com 5cm de isolamento na caixa de ar.

- agravamento do risco de condensações superficiais

Como a temperatura superficial dos elementos correspondentes às pontes térmicas é no Inverno inferior à da zona corrente da parede, para determinadas temperaturas do interior e do exterior e para determinada humidade relativa do ar do compartimento, as condensações ocorrem mais rapidamente nas pontes térmicas.

CORVACHO [28] conclui que para a situação de ponte térmica acima descrita e para temperaturas exterior e interior respectivamente de 0°C e 18°C e de humidade relativa de 75%, as temperaturas superficiais dos elementos são as indicadas no quadro 2.12.

Quadro 2.12 – Temperaturas superficias de paredes considerando para temperaturas exterior e interior, respectivamente 0 °C e 18 °C [28]

Isolamento	*Temperatura superficial na zona corrente da parede*	*Temperatura superficial mínima na zona da ponte térmica*
Sem isolamento	15,6 °	10,3 °
Com isolamento de 5cm na caixa de ar	17,0 °	10,3 °

Na zona da ponte térmica a 10,3 °C ocorrem condensações, porque é uma temperatura abaixo do ponto de orvalho. Na restante parede, as condensações não se dão. Este exemplo é demonstrativo da necessidade da correcção das pontes térmicas.

Os sinais de condensações são visíveis numa primeira fase nos locais correspondentes às pontes térmicas, como sejam as ligações entre paredes, entre paredes e lajes, entre paredes e caixilharias de janelas etc.

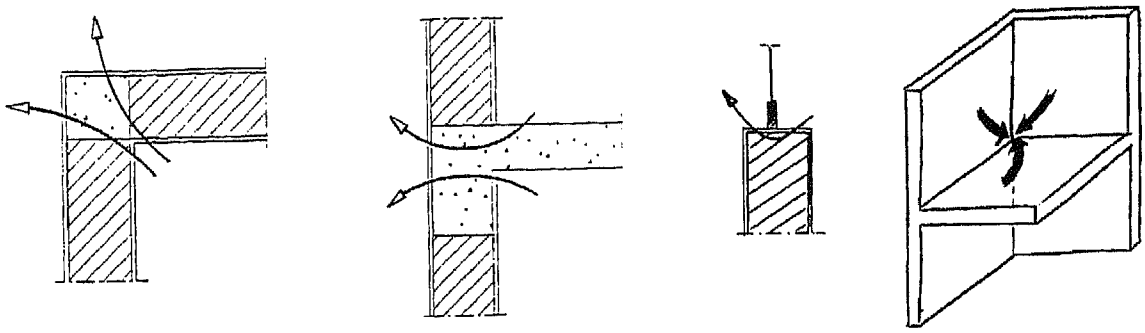


Fig. 2.13 – Exemplos de pontes térmicas [21]

- possibilidade de desenvolvimento de bolores

As condições necessárias para a formação de bolores são para além de outras, a presença de humidade. As patologias associadas ao desenvolvimento dos bolores são apresentadas em 2.3.2.5.1.3.

- heterogeneidade de temperaturas superficiais

A heterogeneidade das temperaturas superficiais provocadas pelas pontes térmicas, pode originar uma série de fenómenos, sendo de destacar:

- aparecimento de manchas resultantes da deposição desigual do pó nas várias zonas da superfície interior da envolvente (nas zonas mais frias, o pó é mais facilmente retido);

- alterações diferenciadas de tintas e revestimentos;

- eventual fissuração nas junções de materiais diferentes (como por exemplo, nas ligações entre as alvenarias e os elementos de betão armado como pilares e vigas). Dado que os materiais se comportam de formas diferentes face às solicitações térmicas, higrotérmicas e mecânicas, surgem muitas vezes fissuras nas juntas [30].

2.3.2.3.1 Quantificação das perdas térmicas

O RCCTE considera as pontes térmicas a partir dum coeficiente de concentração de perdas térmicas (fc). A multiplicação das perdas térmicas através dos elementos planos opacos por este factor, traduz a heterogeneidade destes e inclui as pontes térmicas [21]. O coeficiente é de

majoração e por isso, sempre superior ou igual a um. Esta forma de contabilização das pontes térmicas não será a mais correcta, uma vez que não as particulariza nem as avalia de uma forma concreta.

$$fc = \frac{\sum Ki.Ai}{Kcr.\sum Ai}$$

fc – factor de concentração de perdas térmicas

Ki – coeficientes de transmissão térmica de cada zona parcial homogénea

Ai – áreas de cada zona parcial homogénea

Kcr – coeficiente de transmissão térmica em superfície corrente

Segundo o RCCTE, os valores convencionais do factor de concentração de perdas em paredes de fachada em pano simples, são os indicados no quadro 2.13.

Quadro 2.13 – Factores de concentração de perdas térmicas em paredes exteriores simples, segundo o RCCTE [23].

Tipos de paredes	fc
Paredes sem isolante leve:	
- Com correcção simples nas zonas dos pilares e das vigas, incluindo o topo das lajes (1) (3);	1,3
- Com correcção dupla nas zonas dos pilares e das vigas, não incluindo necessariamente o topo das lajes (2) (3);	1,3
- Sem correcção.	1,5
Paredes com isolante leve pelo interior (interrompido na espessura das lajes e das divisórias interiores):	
- Com correcção simples pelo exterior nas zonas dos pilares e das vigas, incluindo o topo das lajes, e ainda com caixas de estores interiores, caso existam, isoladas (1) (3) (4);	1,3
- Sem correcção:	
Com 20mm de isolante leve	1,4
Com 50mm de isolante leve	1,6
Paredes com isolante leve pelo exterior (contínuo)	1

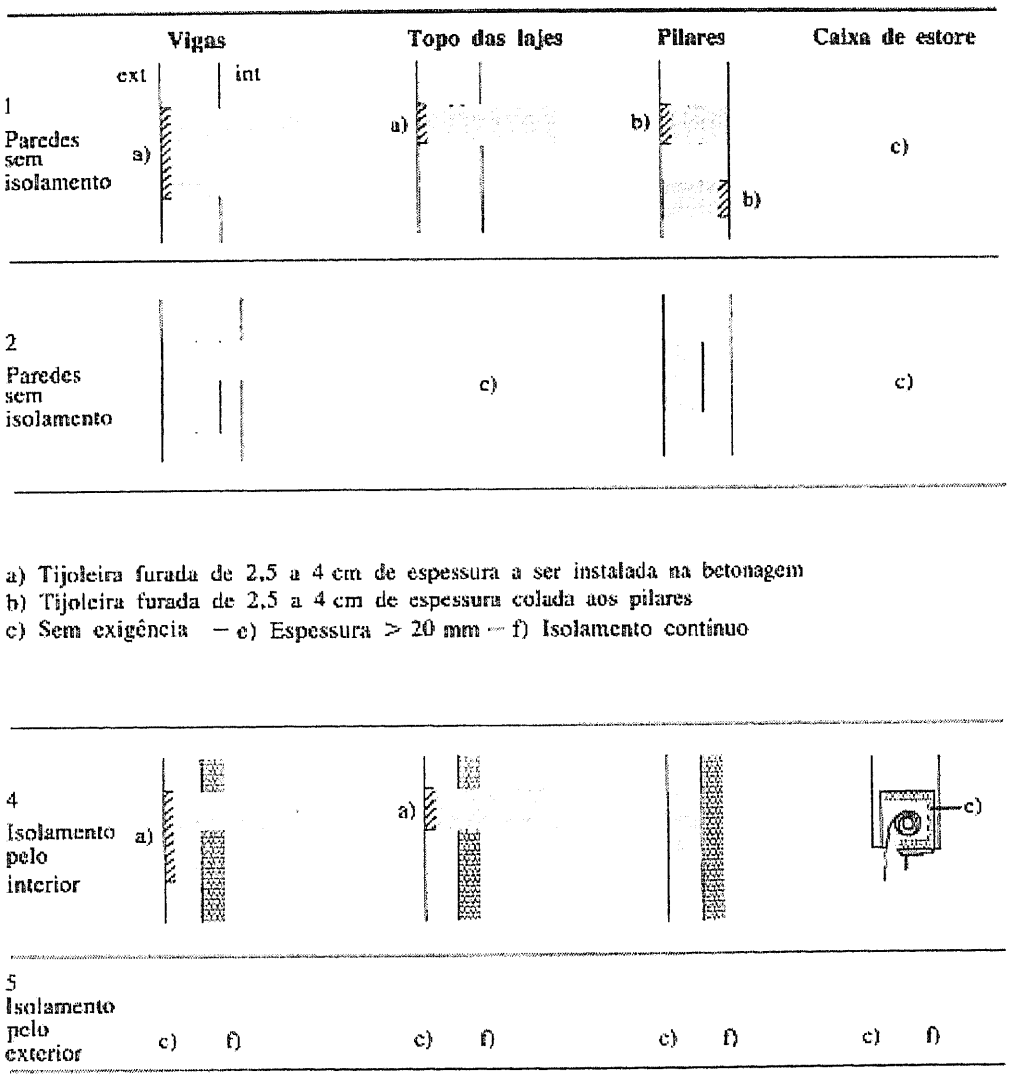
(1) Corresponde a uma resistência térmica adicional de 0,06 m².°C/W

(2) Corresponde a uma resistência térmica adicional de 0,12 m².°C/W

(3) Admite-se que um revestimento de tijoleira cerâmica furada (espessura da ordem dos 25mm a 40mm e uma única fiada de furos) assegura uma resistência térmica adicional de 0,06 m² °C/W e que um revestimento com tijolo furado de 0,07m assegura uma resistência térmica adicional de 0,12 m² °C/W.

(4) Considera-se que uma caixa de estore interior é isolada quando os elementos que a separam do ambiente interior apresentam uma resistência térmica não inferior a 0,44 m².°C/W (valor correspondente a 0,02m de isolante leve com λ=0,045 W/m°C).

Como já atrás foi mencionado, uma das condições que dispensam o cálculo das necessidades nominais de aquecimento, é a de que "fc" não ultrapasse o valor de 1,3. Para este efeito, deverão ser respeitadas as disposições construtivas apresentadas na figura 2.14 [24].



a) Tijoleira furada de 2,5 a 4 cm de espessura a ser instalada na betonagem
b) Tijoleira furada de 2,5 a 4 cm de espessura colada aos pilares
c) Sem exigência — e) Espessura ≥ 20 mm — f) Isolamento contínuo

Fig. 2.14 – Configuração de pontes térmicas com valores de factores de concentração de perdas inferiores ou iguais a 1,3 segundo o RCCTE [24]

O menor valor para o factor de concentração de perdas, regista-se para o isolamento térmico contínuo pelo exterior do edifício (fc = 1), eliminando por completo as pontes térmicas. Este valor fornecido pelo RCCTE é simplista, não correspondendo exactamente à realidade [28].

Segundo o conceito do RCCTE, é possível as paredes de fachada devido ao seu isolamento térmico compensarem as perdas suplementares de energia de aquecimento das pontes térmicas, satisfazendo assim o regulamento. Contudo, não contabiliza as possíveis condensações de humidade nessas pontes térmicas com os problemas que normalmente lhes estão associadas.

Quanto maior for a disparidade do isolamento térmico entre as paredes de fachada e as respectivas pontes térmicas, maior concentração de condensações se darão nas mesmas. Convém assim uniformizar a distribuição do isolamento nos paramentos, de forma a que a humidade absorvida pelas paredes seja distribuída pela maior superfície possível, a fim de minimizar o aparecimento de bolores.

A regulamentação francesa é mais rigorosa e quantifica as perdas térmicas através das pontes térmicas. Uma vez que estas são normalmente bidimensionais e se desenvolvem ao longo da 3ª dimensão (largura de viga, altura de pilar, etc.) são quantificadas como perdas térmicas lineares [21]. A expressão geral de cálculo é dada por (Règles TH-K77):

$$q = K \times l \times (t_i - t_e)$$

q: fluxo de calor através de uma ponte térmica (W);
K: coeficiente de perdas térmicas linear (W/m °C);
l: comprimento da ponte térmica (m);
t_i: temperatura interior (°C);
t_e: temperatura exterior (°C).

Os valores do coeficiente de perdas térmicas linear são, a título de exemplo, apresentados na figura 2.15.

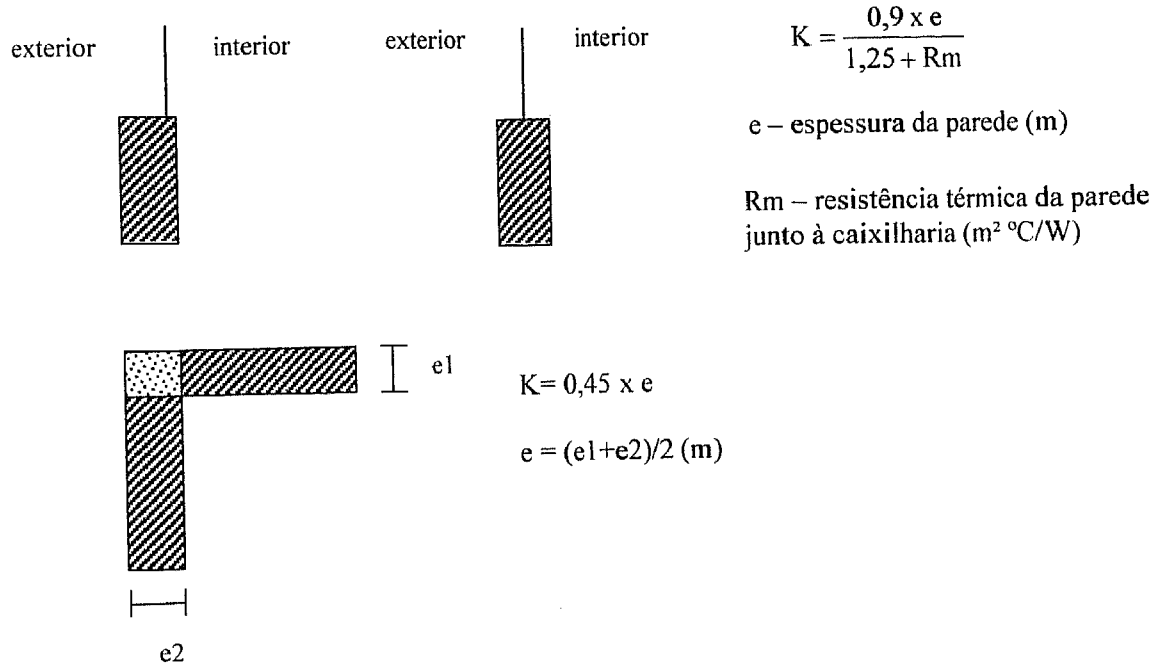


Fig. 2.15 – Exemplos de quantificação de perdas térmicas lineares [21].

Desta forma, é possível quantificar com maior exactidão as perdas térmicas para determinada fachada. Tomando como exemplo a seguinte situação:

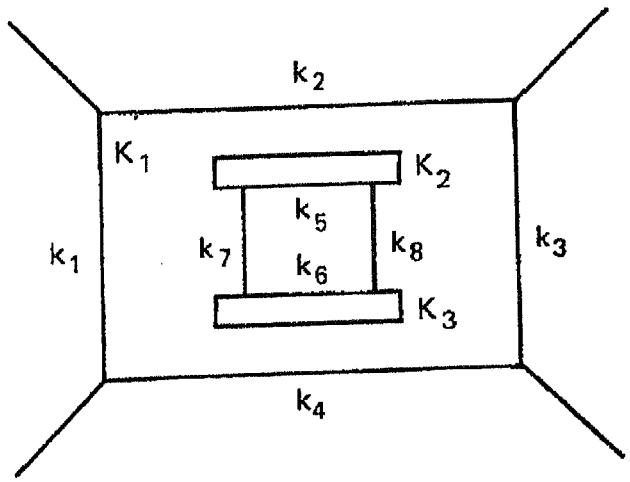


Fig. 2.16 – Fontes de perda de calor numa parede de fachada [29]

O fluxo de calor que atravessa a parede de fachada contabilizando de uma forma mais precisa a existência das pontes térmicas, será dado por [29]:

$$\varphi = \left[\sum_j K_j A_j + \sum_j k_j L_j \right] (t_i - t_e)$$

φ - fluxo de calor que atravessa uma parede exterior (W);
K_j – coeficiente de transmissão térmica das superfícies correntes (W/m².°C);
k_j – coeficiente de transmissão térmica das pontes térmicas (W/m.°C);
A_j – Área das superfícies correntes (m²);
L_j – Comprimento das ligações (m);
t_i – Temperatura no interior do compartimento (°C);
t_e – Temperatura no exterior do edifício (°C).

Pode-se estabelecer um coeficiente de transmissão térmica mais cómodo aplicado a toda a superfície, que integre os desperdícios pelas pontes térmicas:

$$Kg = \frac{\sum K_j A_j + \sum k_j L_j}{\sum A_j}$$

Verifica-se que este coeficiente global varia com o isolamento térmico, mas que a partir de determinado valor, deixa de compensar o reforço do mesmo. As pontes térmicas passam a desempenhar um papel cada vez mais importante no isolamento das fachadas. Esta situação encontra-se patente na figura 2.17.

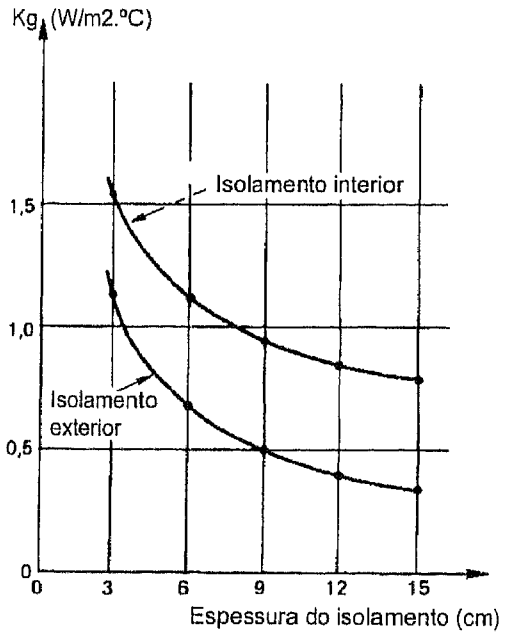


Fig. 2.17 – Influência das pontes térmicas no isolamento térmico de um muro em betão (4m x 2,5m) com isolamento em lã de vidro e um vão (2,45m²) [29]

Em consequência, a correcção das pontes térmicas é fundamental de forma a não comprometer o bom desempenho térmico das fachadas.

2.3.2.3.2 Correcção das pontes térmicas

Para a correcção das pontes térmicas, o RCCTE preconiza algumas soluções tecnológicas como acima foi referido.

CORVACHO [28], em publicação recente, caracteriza uma grande variedade de pontes térmicas, a partir de uma grandeza designada por Factor de Temperatura Superficial (τ).

$$\tau = \frac{t_i - t_{si}}{t_i - t_e}$$

τ - factor de temperatura superficial;
t_i – temperatura do ambiente interior;
t_e – temperatura do ambiente exterior;
t_{si} – temperatura do ponto da superfície interior da envolvente onde se pretende calcular τ.

Quanto maior for o valor de τ, pior será o comportamento térmico da ponte térmica, uma vez que a temperatura da superfície interior tende a aproximar-se da temperatura do ar exterior. A autora sugere para o Factor de Temperatura Superficial, os valores apresentados no quadro 2.14, em função da qualidade obtida.

Quadro 2.14 – Classificação dos factores de temperatura superficial de pontes térmicas [28]

τ máximo	*Classificação*
> 0,50	A rejeitar
0,45 – 0,50	Fraca qualidade
0,35 – 0,45	Média qualidade
0,30 – 0,45	Boa qualidade
< 0,30	Muito boa qualidade

Contudo, estes valores terão de ser analisados caso a caso uma vez que os efeitos das pontes térmicas se farão sentir com maior ou menor intensidade, em função da temperatura exterior e interior dos edifícios, do isolamento térmico, do teor de humidade relativa do ar no

interior, da ventilação preconizada para os compartimentos, da inércia hídrica dos revestimentos, etc.

Passa-se de seguida a descrever alguns exemplos construtivos de paredes simples em que os valores de τ serão segundo a classificação anterior considerados de aceitáveis, bons, ou muito bons [28]:

- 1° Caso: cunhais de edifícios

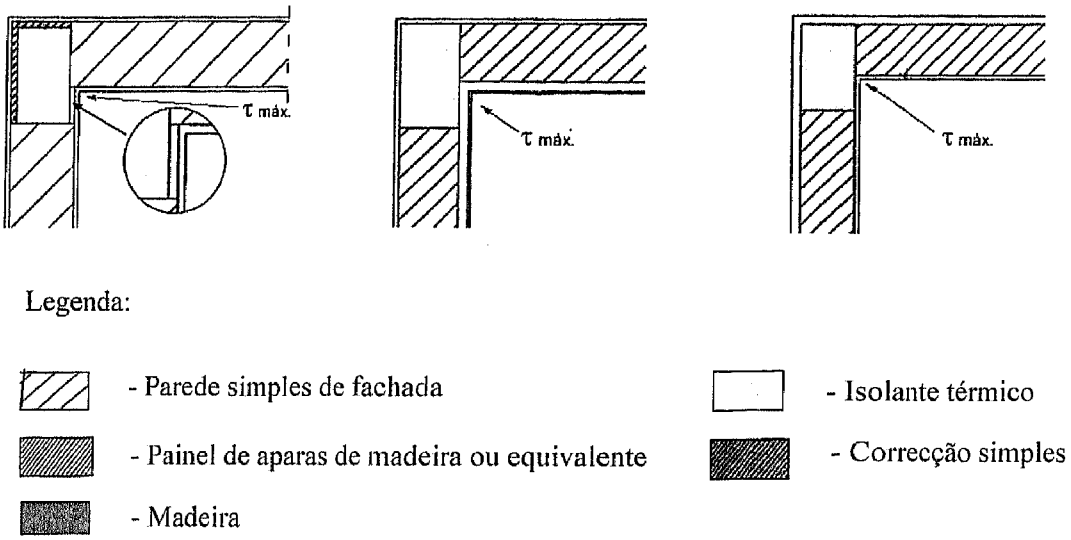


Fig. 2.18 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis em cunhais de betão [28]

Não estando previsto isolamento térmico específico para as paredes, constata-se que a correcção simples preconizada pelo RCCTE para o isolamento dos cunhais, não é suficiente. De facto, o uso corrente desta solução em grande parte das construções em que pretensiosamente se alude a um maior rigor nestas questões, pouco melhora em relação a uma ausência total de preocupação. Nesta situação, para uma maior eficácia de isolamento, deve-se colocar pelo interior dos pilares, uma banda de isolamento térmico.

O uso em situação semelhante de painéis de aparas de madeira, melhora substancialmente o desempenho da solução. Contudo, não é de uso corrente no nosso país, podendo por isso originar problemas de má aplicação e de deficiente funcionamento dos posteriores revestimentos.

As melhores situações de protecção destas pontes térmicas, corresponderão a um isolamento contínuo das fachadas quer pelo interior, quer pelo exterior (sendo esta solução vantajosa no que respeita a outros aspectos que mais adiante serão tratados).

A figura 2.18 representa algumas das soluções a adoptar.

- 2º Caso: ligação entre paredes exteriores e lajes de cobertura em terraço

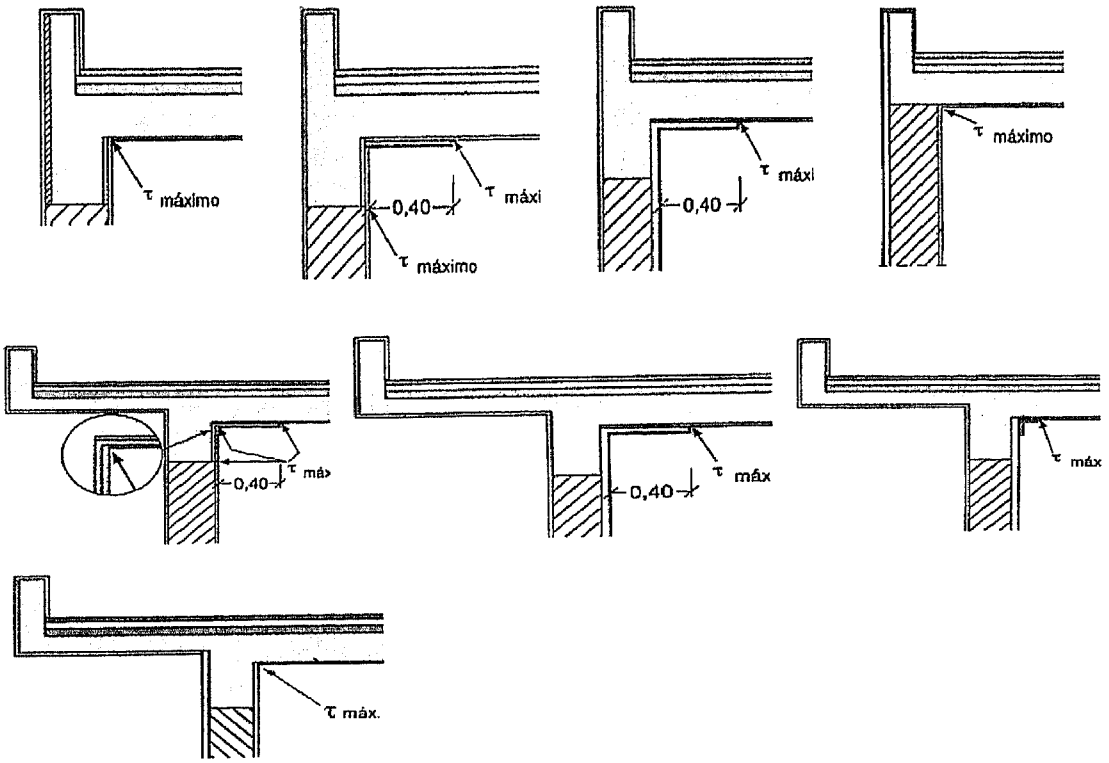


Fig. 2.19 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e lajes de cobertura em terraço [28]

No que respeita às ligações entre paredes de fachada e lajes de cobertura em terraço, verifica-se o que acima é dito relativamente aos pilares. O isolamento simples não é suficiente.

O isolamento pelo exterior com placas de fibras de madeira, deverá ser complementado com um isolamento pelo interior da viga. Este sistema poderá ser substituído com vantagem por um isolamento localizado, exclusivamente pelo interior, na zona de ligação da viga à laje. Construtivamente, a última hipótese torna-se mais simples.

Os isolamentos contínuos quer pelo exterior quer pelo interior, garantem uma boa protecção térmica.

A figura 2.19 representa algumas das soluções recomendáveis.

- 3° Caso: ligação entre paredes exteriores e pavimentos sobre espaços exteriores

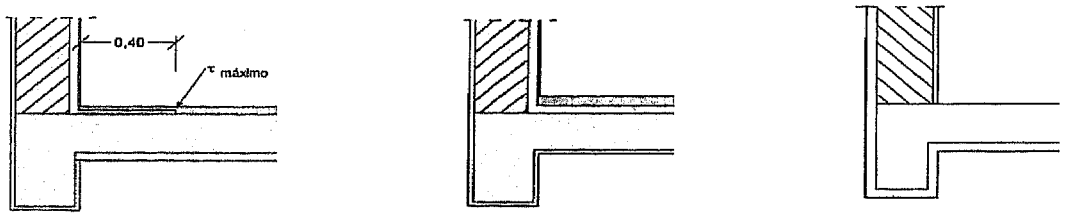


Fig. 2.20 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre fachadas e pavimentos sobre espaços exteriores [28]

Para que o isolamento da ponte térmica na ligação entre a fachada e a laje sobre espaço exterior seja substancial apresentam-se na figura 2.20, três alternativas.

No isolamento pelo interior da fachada, é fundamental que o material de isolamento se estenda para o pavimento numa largura razoável, de forma a diminuir as perdas de calor do interior para o exterior (nas estações mais frias).

- 4° Caso: topos de lajes e de vigas

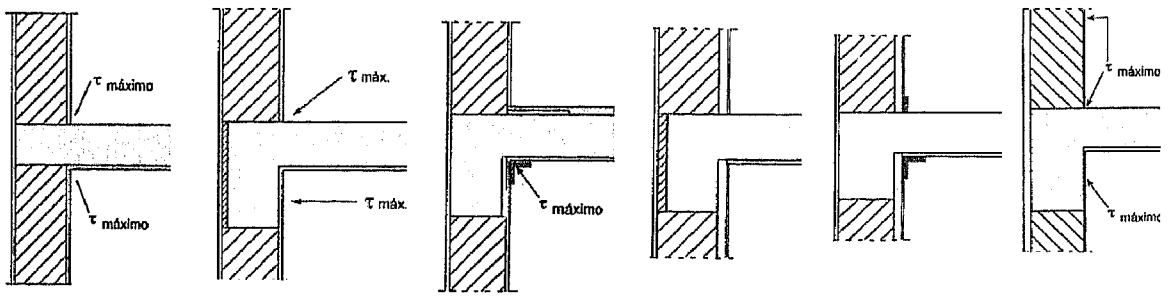


Fig. 2.21 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes e lajes ou vigas, de nível intermédio [28]

No que respeita ao isolamento de topos de lajes, verifica-se que para situações de espessuras mais vulgares, não se torna necessário a execução de correcções especiais. Mais uma vez se constata que as correcções simples, pouco melhoram o isolamento da laje.

No caso da existência de vigas no perímetro das lajes, aqui a correcção já se torna necessária, sendo suficiente para vigas de altura usual, a aplicação pelo exterior de painéis em fibra de madeira. Este isolamento pode ser melhorado e substituído por isolamento isolado aplicado no interior do edifício de acordo com a figura 2.21. O isolamento contínuo pelo interior ou pelo exterior, continua a ser uma opção vantajosa, principalmente a última. O emprego de rodapés e de sancas em madeira, ajuda a melhorar de forma não desprezável, o isolamento das paredes na zona das vigas.

- 5º Caso: pilares em zonas correntes

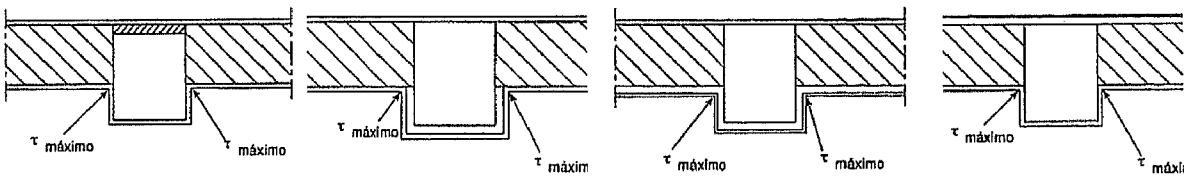


Fig. 2.22 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e pilares, em zonas correntes [28]

No que concerne ao isolamento de pilares situados em zonas correntes das paredes, verifica-se que o isolamento pelo exterior com placas de fibras de madeira é suficiente. Esse isolamento pode ser substituído isolando os pilares pelo interior do edifício. No que respeita apenas ao isolamento térmico, os revestimentos contínuos quer pelo interior quer pelo exterior continuam a ser uma boa opção, sendo o isolamento pelo exterior o que confere melhores resultados. Mais uma vez se verifica que também nestes casos o isolamento simples pelo exterior, não corresponde à escolha mais acertada. Ver exemplos da figura 2.22.

- 6° Caso: paredes divisórias

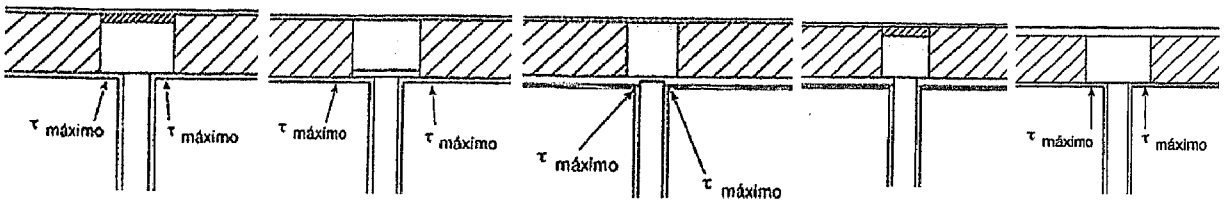


Fig. 2.23 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre paredes exteriores e paredes divisórias [28]

Na situação da correcção térmica de paredes interiores que confinem com pilares de fachadas, é conveniente no mínimo, o emprego de paineis de fibras de madeira colocados pelo exterior do edifício. Esta protecção poderá ser substituída pela colocação de um isolamento térmico pelo interior do pilar, conferindo um grau semelhante de isolamento térmico.

A situação óptima de isolamento, corresponderá à aplicação de um isolamento contínuo pelo interior da fachada (isolando assim a ligação à parede interior) ou contínuo pelo exterior da mesma (esta última possui vantagens de outra ordem como será visto mais adiante).

Ver exemplos da figura 2.23.

- 7° Caso: caixilharias

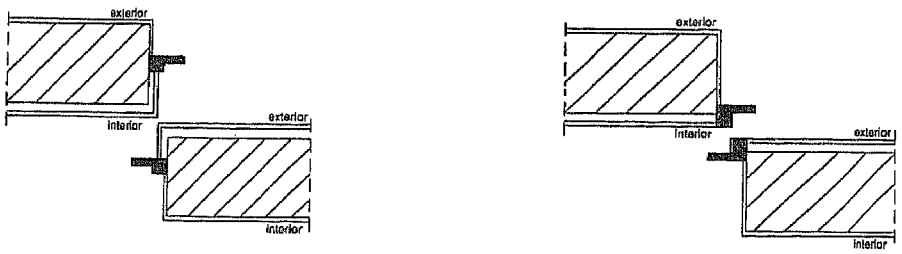


Fig. 2.24 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis entre fachadas e caixilharias [28]

O pormenor do isolamento das pontes térmicas junto às caixilharias, quer para o isolamento contínuo pelo exterior quer para o isolamento contínuo pelo interior, deverá ser executado de acordo com o indicado na figura 2.24. À figura do lado direito, corresponde o melhor desempenho.

A solução do isolamento terminar antes do caixilho não é aceitável, porque deixa de ter a influência desejada de corte térmico.

- 8º Caso: caixas de estores

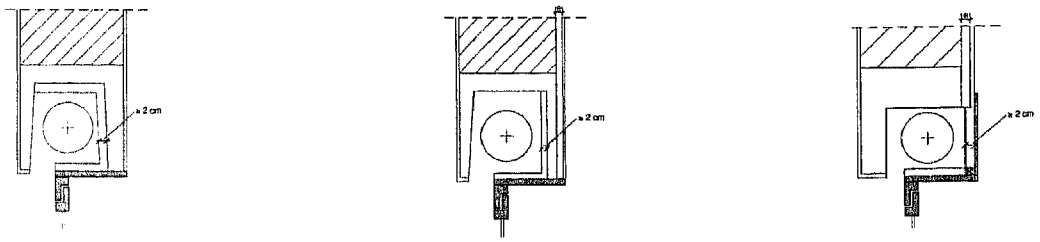


Fig. 2.25 – Exemplos de processos de correcções térmicas aceitáveis em caixas de estores [28]

Para que o isolamento térmico das caixas de estores seja feito de uma forma eficaz, as representações da figura 2.25 constituem um bom exemplo.

2.3.2.4. Inércia térmica

2.3.2.4.1 Conceitos gerais

Uma das principais causas de desconforto ambiental são as frequentes variações de temperatura a que o corpo humano tem continuamente de se adaptar. Estas variações podem ser fortemente atenuadas pela inércia térmica das fachadas dos edifícios.

O termo "inércia térmica" refere-se ao comportamento dos edifícios submetidos a um regime térmico variável. Esta variabilidade resulta das seguintes flutuações [30]:

- da temperatura exterior;
- da temperatura interior (devido por exemplo à abertura das janelas);
- da temperatura de conforto interior;
- dos ganhos de calor internos (por exemplo durante os períodos de utilização do fogão ou de outros equipamentos);
- da insolação (variação dia – noite, orientação do Sol, períodos de nebulosidade passageiros).

O regime estacionário não existe, a não ser em climas e em situações particulares. Torna-se assim necessário considerar o regime variável.

Para facilitar a aproximação ao regime estacionário, podem-se interpretar as flutuações dos fluxos de calor a que um imóvel está submetido, como sendo oscilações em torno de um estado médio mais ou menos estacionário (porque também existem variações de dia para dia).

A inércia térmica descreve a reacção do interior do edifício ás oscilações do fluxo de calor em torno da sua média diária. Quanto maior for a inércia térmica de um edifício, mais o seu interior se aproximará do estado estacionário desta média. Quanto mais fraca for, maior será a variação no interior do edifício em relação a essa média.

O conceito de inércia térmica passa pela decomposição em dois tipos de inércia: a inércia de transmissão e a inércia de absorção.

- Inércia de transmissão [30]

Este tipo de inércia descreve até que ponto a inércia de uma fachada é capaz de fazer diminuir a amplitude da oscilação da temperatura exterior e retarda (desfasa) a sua transmissão ao interior do edifício. Aumenta com a espessura da parede e diminui com a sua difusividade.

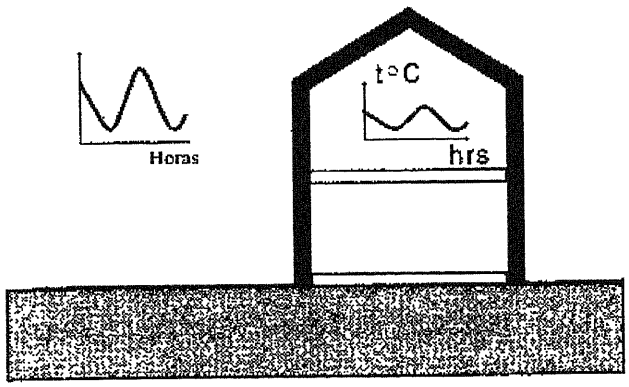


Fig. 2.26 – Inércia de transmissão. A envolvente opaca transmite uma oscilação da temperatura exterior com uma amplitude diminuída e com retardamento [30]

- Inércia de absorção [30]:

Este tipo de inércia descreve como a temperatura de um paramento interior em contacto com o ar do local reage a uma oscilação do fluxo do calor interior. Quanto maior for a inércia,

menor será a oscilação da temperatura do paramento. A inércia de absorção torna-se eficaz em paredes de betão e de alvenaria pesada de espessuras superiores a 5cm. A sua eficácia é máxima para valores na ordem dos 10cm.

Grande parte dos fluxos de calor afectam o interior dos compartimentos não pela envolvência opaca do edifício mas directamente pelas aberturas, bocas de ventilação e sobretudo, pelos envidraçados quando insolados. A este fluxo, há que adicionar os ganhos de calor internos. A atenuação das oscilações de todos estes fluxos deve-se principalmente à inércia de absorção.

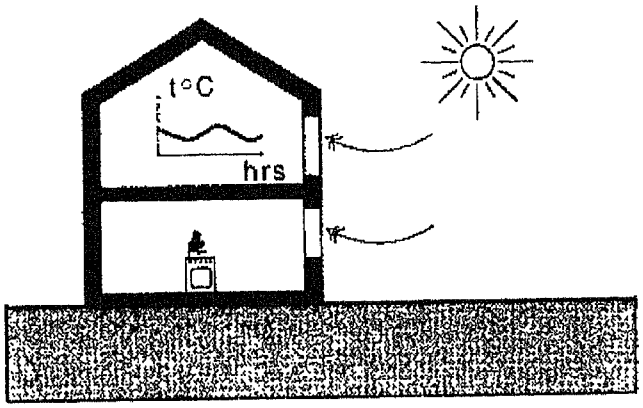


Fig. 2.27 – Inércia de absorção. Diminui e retarda a oscilação da temperatura interior resultante da oscilação de todos os fluxos do exterior e dos ganhos internos de calor [30]

A inércia térmica de um edifício é calculado segundo o indicado no RCCTE [23] que considera as classes indicadas no quadro 2.15.

Quadro 2.15 - Classes de inércia térmica segundo o RCCTE [23]

Classes de inércia	*Massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento (kg/m²)*
Fraca	$I < 150$
Média	$150 \leq I \leq 400$
Forte	$I > 400$

Em geral, a construção tradicional de edifícios no nosso país pode ser considerada de inércia forte.

Nas figuras seguintes, demonstram-se as vantagens dos edifícios com inércias fortes em França, cujo clima se aproxima do clima de certas zonas do nosso país.

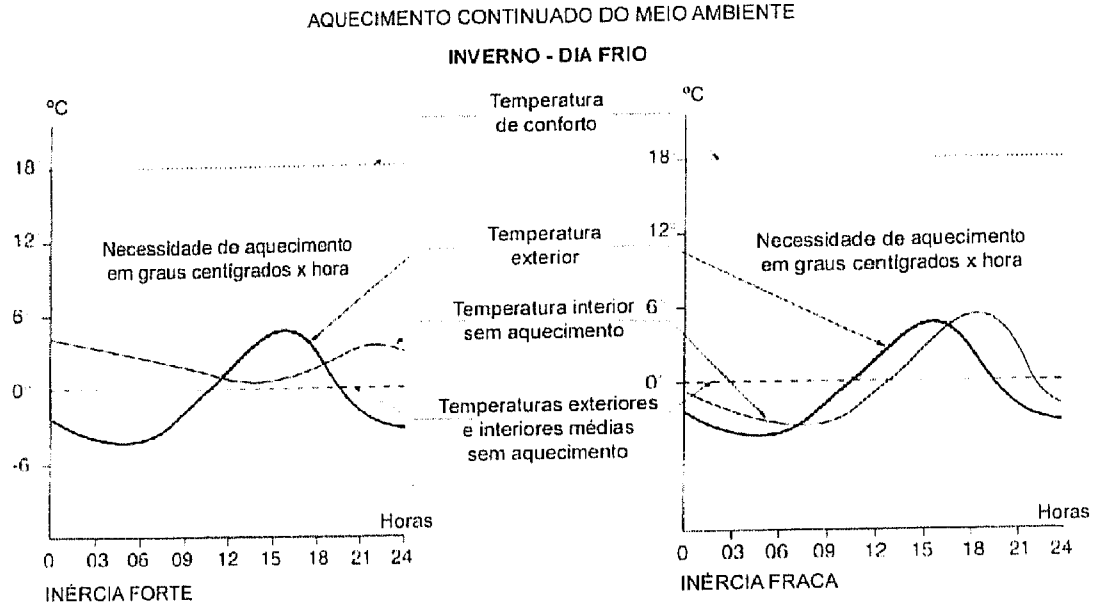


Fig. 2.28 - Efeito da inércia térmica em situação de dia frio no Inverno em edifícios sujeitos a aquecimento contínuo [30]

No Inverno em dias frios, a inércia forte faz com que a amplitude da curva das temperaturas interiores seja menor do que a da exterior assim como o desfasamento entre elas seja significativo. A temperatura interior aproxima-se da média das temperaturas exteriores. No caso de inércia fraca, a curva da temperatura interior aproxima-se da exterior quer em amplitude quer em desfasamento. Em ambos os casos considerando aquecimento contínuo, as necessidades de aquecimento são as mesmas. Contudo, o conforto dos ocupantes é substancialmente superior no primeiro caso, tal como é demonstrado na figura 2.28.

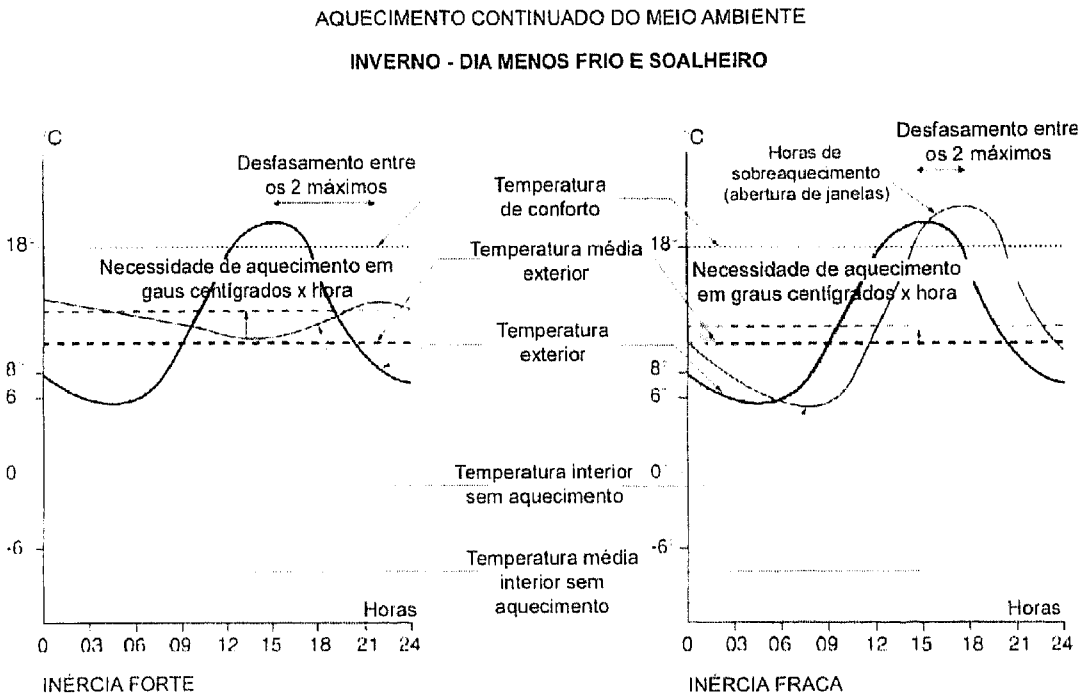


Fig. 2.29 - Efeito da inércia térmica em situação de dia menos frio e soalheiro no Inverno em edifícios sujeitos a aquecimento contínuo [30]

Nas meias estações ou no Inverno em dias menos frios, o calor das horas quentes e o calor produzido no interior é armazenado nas massas interiores da construção com inércia forte, para ser restituído durante a noite. A temperatura média interior é mais elevada que a exterior devido aos ganhos solares. Não existe sobreaquecimento e consequentemente não se procederá à abertura das janelas o que dissiparia os ganhos solares.

No caso de edifícios de inércia fraca, o sobreaquecimento nas horas quentes, poderá provocar a abertura das janelas não sendo o calor armazenado para a noite. Desta forma, a temperatura média interior será menor do que a do edifício com inércia forte. Neste contexto, as necessidades de aquecimento serão superiores (ver a figura 2.29).

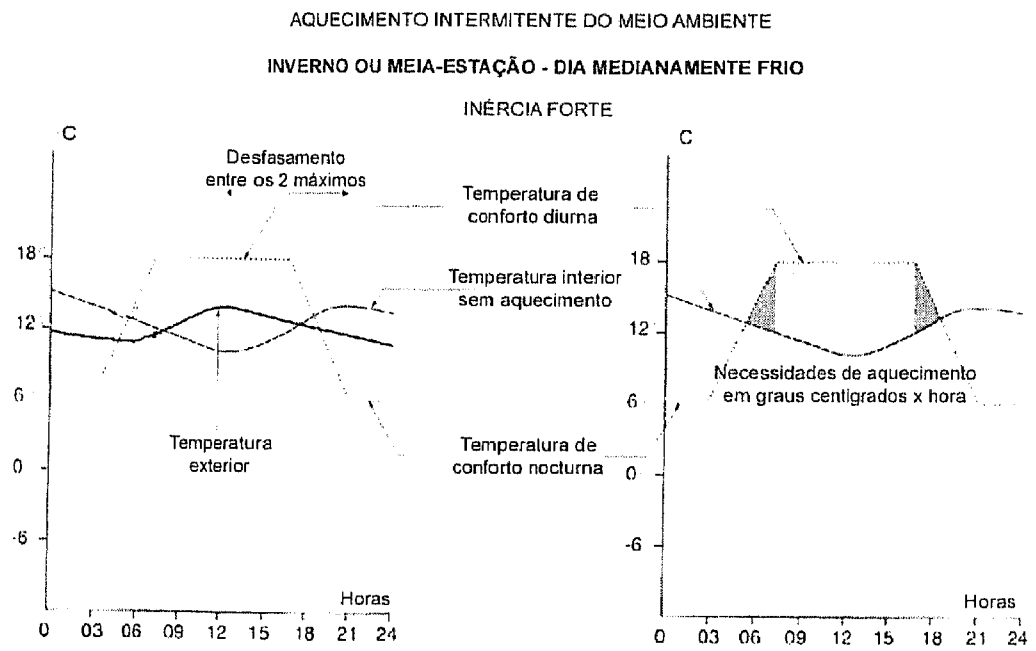


Fig. 2.30 – Efeito da inércia térmica em situação de edifícios de inércia forte sujeitos a aquecimento intermitente em dias medianamente frios [30]

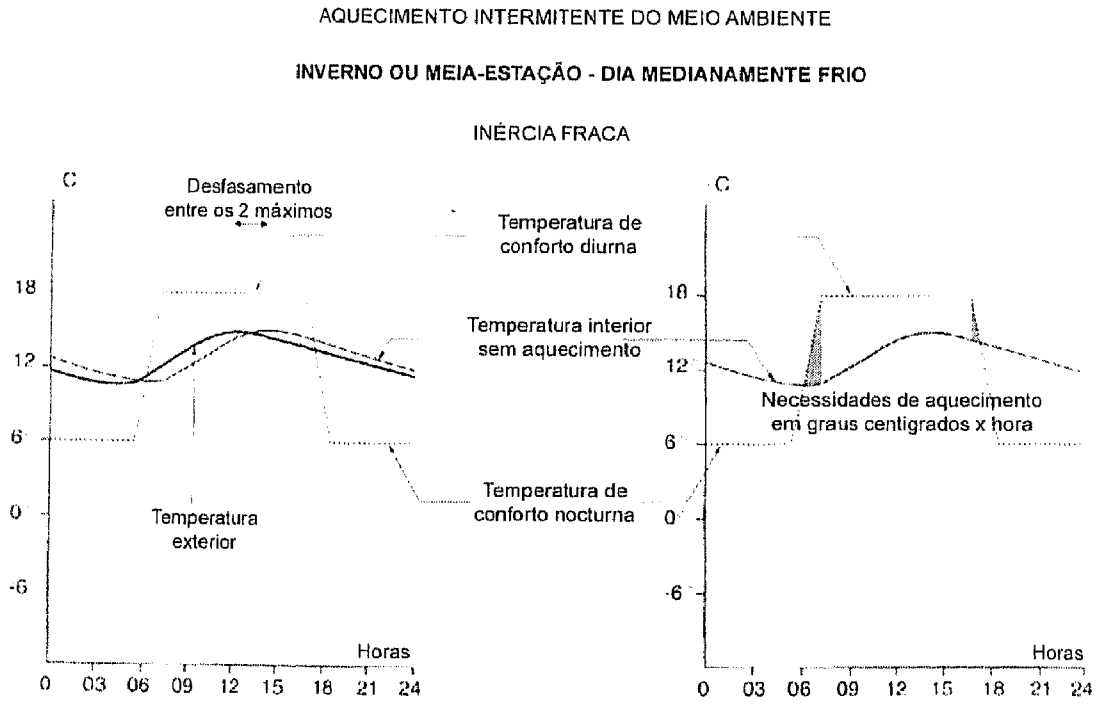


Fig. 2.31 – Efeito da inércia térmica em situação de edifícios de inércia fraca sujeitos a aquecimento intermitente em dias medianamente frios [30]

No caso do uso de aquecimento intermitente, verifica-se nas figuras 2.30 e 2.31, que a inércia forte é menos interessante uma vez que neste caso as necessidades de aquecimento serão superiores relativamente a edifícios de inércia fraca. O calor armazenado é restituído em períodos em que a temperatura de conforto é inferior.

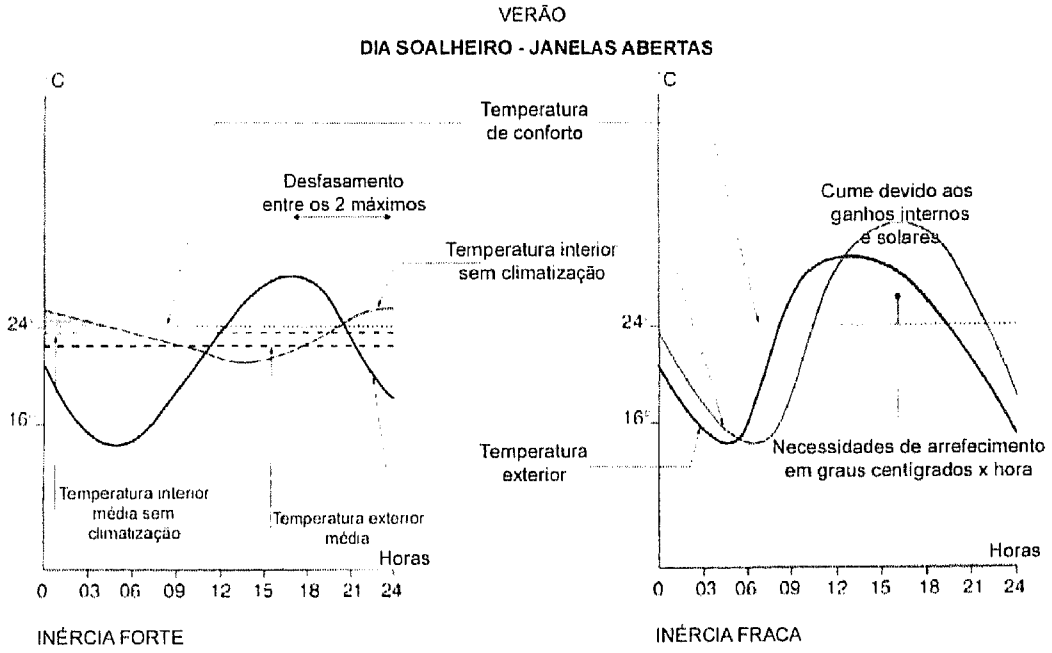


Fig. 2.32 - Efeito da inércia térmica em situação de Verão em edifícios com as janelas abertas [30]

No Verão, em edifícios de inércia forte cujas janelas estejam abertas, a média das temperaturas interiores é mais elevada do que a média das temperaturas exteriores, devido aos ganhos internos e solares. Em edifícios de inércia fraca, a necessidade de climatização, poderá ser uma realidade (ver figura 2.32).

Na mesma situação em que as janelas permaneçam fechadas, em edifícios de inércia forte a climatização poderá ser equacionada e em edifícios de inércia fraca, esta será obrigatória.

Pode-se sistematizar no quadro 2.16, as situações acima descritas.

Quadro 2.16 - Recapitulação das compatibilidades das diversas inércias em função das diferentes situações [30]

Situações típicas	*Inércia forte*	*Inércia fraca*
Aquecimento intermitente	Incompatível	Compatível
Aquecimento contínuo	Compatível	Incompatível
Ganhos de energia solar no Inverno	Compatível	Incompatível
Frescura durante o Verão	Compatível: evita-se com frequência a climatização.	Incompatível: necessária climatização

Em resumo, em edifícios com inércia forte é possível economizar energia durante o Verão assim como no Inverno e nas meias estações se o aquecimento for contínuo. A orientação dos envidraçados para o quadrante Sul, beneficia os ganhos de aquecimento durante o Inverno beneficiando assim este tipo de edifícios.

No caso do aquecimento intermitente, a inércia forte é menos interessante uma vez que a restituição de energia se dá em horas em que a temperatura de conforto é inferior.

2.3.2.4.2 A importância das fachadas na inércia térmica dos edifícios

A penetração de calor é mais rápida em materiais com elevado coeficiente de difusividade térmica. A difusão térmica nos materiais, evita que a temperatura superficial dos mesmos suba rapidamente quando sujeitos a radiação térmica, aumentando contudo a sua temperatura interna (massa).

A difusividade térmica de um material é definida pelo seguinte coeficiente [31]:

$$\frac{\lambda}{c.\gamma}$$

λ - condutibilidade térmica do material;

γ - peso próprio do material;

c - calor específico do material.

Quanto menor for a condutibilidade térmica de um material e maior for o seu peso próprio e calor específico, menor será a sua difusividade.

Quadro 2.17 - Coeficientes de difusividade térmica de alguns materiais [31]

Material	λ (kcal/h.m.°C)	c (kcal/kg.°C)	γ (kg/m³)	*Difusividade*
Lã de vidro	0,035	0,3	20	0,0058
Betão	1,7	0,2	2400	0,0035
Betão de argila expandida	0,16	0,25	750	0,0008
λ - condutibilidade térmica do material c – calor específico do material γ - peso próprio do material				

A capacidade de um material em acumular calor exprime-se pelo seu calor específico (quantidade de calor necessária para a elevação de 1°C da temperatura da unidade de massa de um material). Apesar de o betão ser mais pesado do que a argila expandida, tem um pior comportamento à difusividade, pois o seu calor específico é menor e a condutibilidade térmica é superior.

Os materiais densos com elevada capacidade de acumulação de calor tais como o betão, tijolo e água, aquecem e arrefecem de uma forma lenta, pelo que deverão ser empregues em locais em que há interesse na acumulação de calor. Os materiais leves usados como isolamentos térmicos tais como a fibra de vidro, lã de rocha, etc., devido à sua estrutura celular, acumulam e difundem mal o calor.

Quando a energia é acumulada numa parede de fachada, a difusão de calor será quase imediata na face que esteve sujeita à radiação. Na face oposta, até que o calor seja também liberto, existirá um desfasamento de tempo. Este desfasamento a que corresponde a diferença de tempo necessária para que ambas as faces atinjam a sua temperatura máxima, é influenciado pela inércia térmica da parede. As dimensões e as características da parede, definirão a grandeza do desfasamento. Assim, o coeficiente de transmissão térmico de uma parede não é só por si suficiente para caracterizar o seu comportamento térmico real. Dever-se-á ter em conta uma análise dinâmica que compreenda as variações térmicas diárias e sazonais.

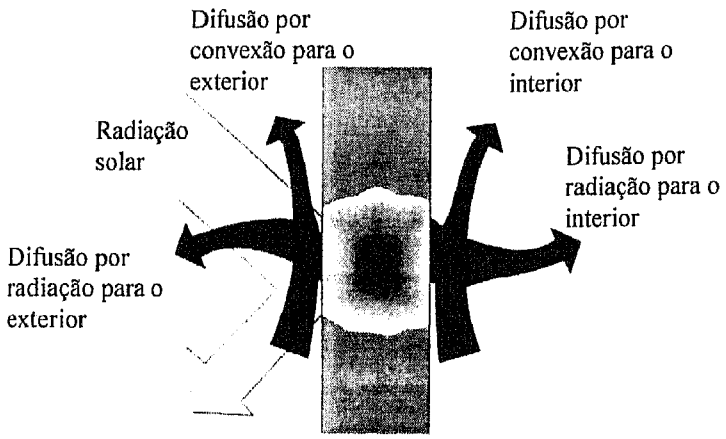


Fig. 2.33 – Difusão do calor acumulado numa parede de fachada [19]

A figura 2.34 demonstra que uma parede pesada, dada a sua inércia térmica, amortece de uma forma mais eficaz a oscilação da temperatura interna (mesmo que dotada de um isolamento térmico inferior ao de uma parede ligeira), dando lugar também a um maior desfasamento de fase.

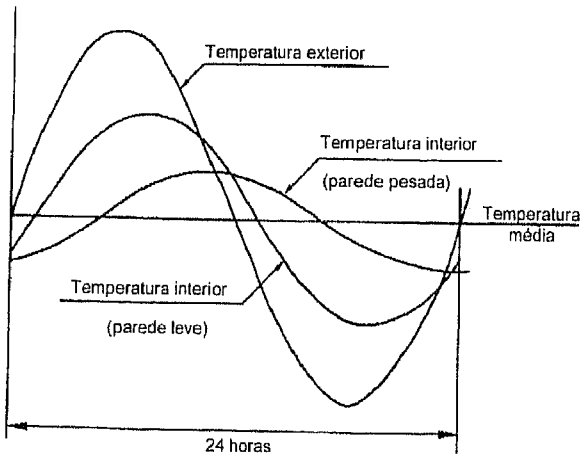


Fig. 2.34 – Amortecimento e desfasamento provocado por uma parede de fachada da onda de temperaturas exterior [18]

Nos Estados Unidos da América, o contributo da inércia térmica no melhoramento do isolamento térmico é avaliado numericamente, recorrendo a um factor de redução (M) do coeficiente de transmissão térmico (K) que depende da massa da fachada e da zona climática (graus-dia) em que se insere. Na figura 2.35, constata-se que para determinada zona, o comportamento da parede mais pesada é superior à de uma parede mais ligeira. O coeficiente

K a considerar nos cálculos, resultará da multiplicação do valor do K obtido em regime permanente pelo factor M que será tanto menor quanto mais pesada for a parede.

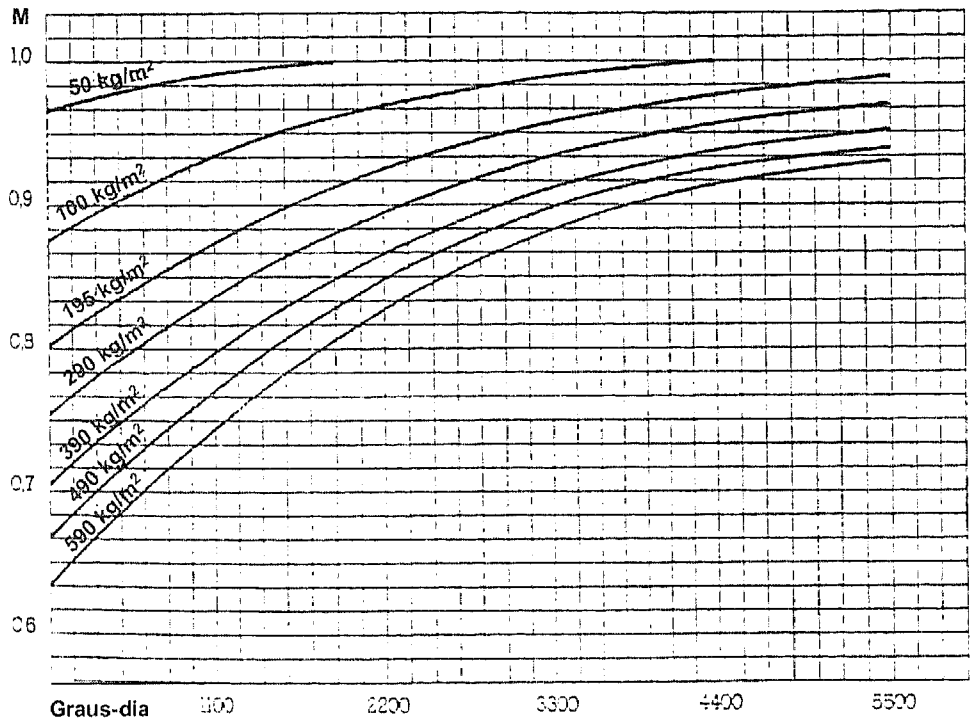


Fig. 2.35 – Factor de redução (M) a aplicar ao coeficiente de transmissão térmico das paredes (K) tendo em consideração a influência do factor massa e da zona climática [31]

A inércia térmica de uma fachada é traduzida pelo somatório do produto do calor específico de cada camada, pelo respectivo peso. Enquanto a superfície externa atinge a temperatura máxima, a onda térmica vai-se propagando pela parede e será tanto mais amortecida quanto maior for o seu isolamento e tanto mais retardada quanto maior for a sua inércia.

A inércia térmica será assim caracterizada medindo a atenuação da amplitude e a diferença de fase da variação de temperatura entre a superfície externa e interna. Os dois valores definirão até que ponto a face interior da fachada se encontra protegida das variações de temperatura da face exterior.

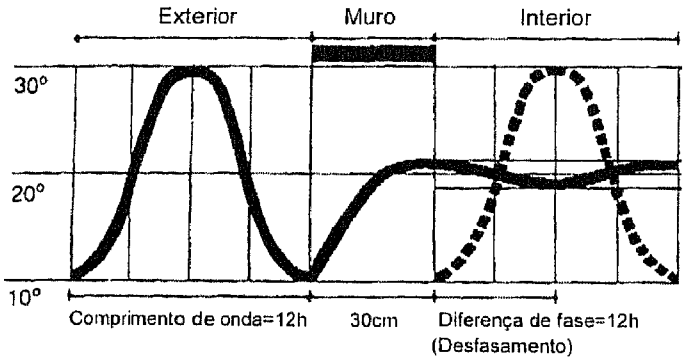


Fig. 2.36 – Exemplo do efeito da inércia térmica na temperatura interior dum compartimento [18]

Uma forma de traduzir a inércia térmica de uma parede, será a partir de um "Índice de inércia térmica" (G) que resulta do produto do amortecimento da onda de calor, pelo seu desfasamento. Quanto maior for o valor deste índice, maior será a inércia térmica da respectiva parede.

A situação óptima de desfasamento, deverá situar-se entre seis e dez horas. No Verão, um pequeno desfasamento fará aquecer o interior dos compartimentos, quando no exterior a temperatura se encontra ainda demasiado elevada. Um desfasamento demasiado elevado fará aquecer novamente o interior durante a noite, depois de os habitantes terem diminuído a temperatura interior ao abrir as janelas.

TUBI [18], propõe para o cálculo do amortecimento e desfasamento da temperatura exterior as seguintes expressões, partindo do pressuposto que a variação da temperatura na face externa da fachada se faz de uma forma sinusoidal em torno do seu valor médio:

Sendo:

$$\frac{t_i}{t_e} = \sigma = \mathrm{Exp}\left(-\sqrt{\frac{\pi}{\tau_0}}.\mathrm{R.C}\right)$$

$$\varphi = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau_0}{\pi}}.\mathrm{R.C}$$

t_e – temperatura na face exterior da parede;

t_i – temperatura na face interior da parede;

σ - Coeficiente de amortecimento (amortecimento da amplitude de oscilação da temperatura da face exterior, relativamente à que se repercute na face interior);

τ_0 – 24h (sistema S.T) ; 86,4 x 10^3 sec.(sistema S.I) [18]

R – Resistência térmica da parede;

φ - Desfasamento de tempo relativo à transmissão de calor duma face para a outra.

C – Capacidade térmica da parede;

Para paredes constituídas por várias camadas de elementos:

$$C = 1{,}1.\sum_{2}^{n} C_x + \lambda_1 C_1 \left(R_1 - 0{,}1.\sum_{2}^{n} R_x \right)$$

C_x – calor específico dos diversos materiais;

Para o cálculo de C, o estrato 1, corresponde ao estrato externo da parede. Se o valor entre parêntesis resultar negativo, o segundo termo da expressão é truncado.

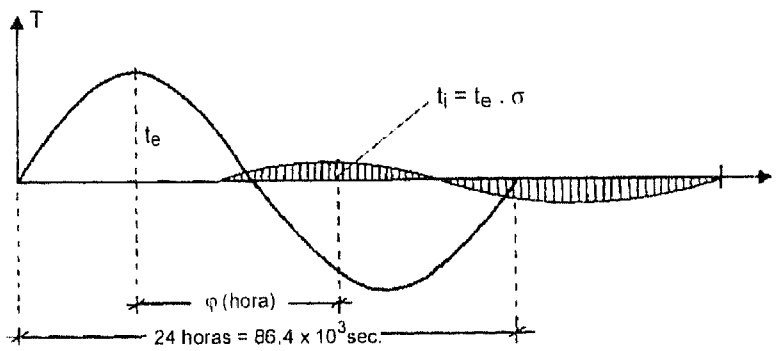


Fig. 2.37 – Variações da temperatura na face externa e interna de paredes exteriores, considerando a sua inércia térmica [18]

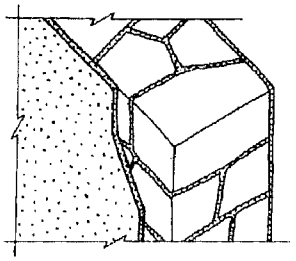
Os valores recomendados para os coeficientes de amortecimento e desfasamento da onda de calor externa em Itália [18], são:

Para fachadas: $\sigma \leq 0{,}07 \div 0{,}08$

φ = de 6h a 10h

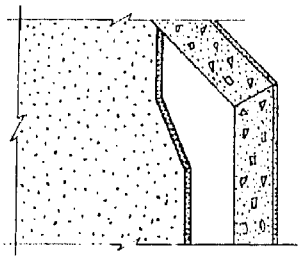
Face à realidade do nosso clima, a manutenção destes valores é razoável.

Alvenaria de Pedra:



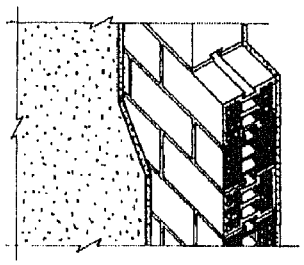
Reboco exterior = 0,02m — K = 1,97 W/(m².h.°C)
Alvenaria = 0,40m ⇒ σ = 0,04
Reboco interior = 0,015m — φ = 12 h

Parede de betão:



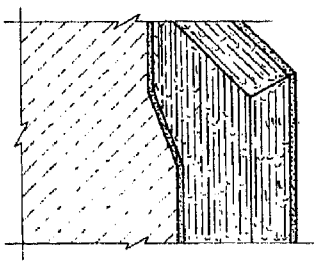
Reboco exterior = 0,02m — K = 3,13 W/(m².h.°C)
Betão = 0,15m ⇒ σ = 0,23
Reboco interior = 0,015m — φ = 5 h

Alvenaria de tijolo furado duplex:



Reboco exterior = 0,02m — K = 1,16 W/(m².h.°C)
Tijolo = 0,20m ⇒ σ = 0,08
Reboco interior = 0,015m — φ = 7 h

Painel tipo "sandwich" com forros exteriores em fibrocimento:



Forro exterior = 0,005m — K= 0,87 W/(m².h.°C)
Aglomerado de cortiça negro = 0,04m ⇒ σ = 0,11
Reboco interior = 0,005m — φ = 0,9 h

Fig. 2.38 - Exemplos de factores de amortecimento e de atraso na transmissão da onda de calor, para algumas soluções construtivas [32]

Dos exemplos ilustrados na figura 2.38, para o nosso clima, o primeiro e o terceiro são os que apresentam melhores resultados em termos de compromisso entre os factores de amortecimento e de desfasamento das ondas de calor. O último exemplo apesar de possuir um baixo coeficiente de transmissão térmico e por consequência um pequeno coeficiente de

amortecimento, possui um coeficiente de desfasamento demasiado pequeno. Este facto deve-se ao peso próprio da parede ser pequeno.

Paredes com coeficientes de amortecimento baixos, na ausência de grandes superfícies vidradas, têm como efeito manter no interior do edifício uma temperatura constante próxima da temperatura média de um dia inteiro. Este tipo de paredes é particularmente útil em regiões quentes e áridas em que as temperaturas exteriores variam de um calor muito forte durante o dia a uma frescura acentuada durante a noite, em que a média entre as duas, resulta numa temperatura confortável. Nestes climas é usual o uso de paredes espessas com pequenas aberturas [34]. A situação de Portugal durante o Verão é semelhante à agora descrita devendo haver um certo cuidado no dimensionamento das fachadas, particularmente nos quadrantes voltados a Sul, que estão sujeitas a uma maior incidência da radiação solar.

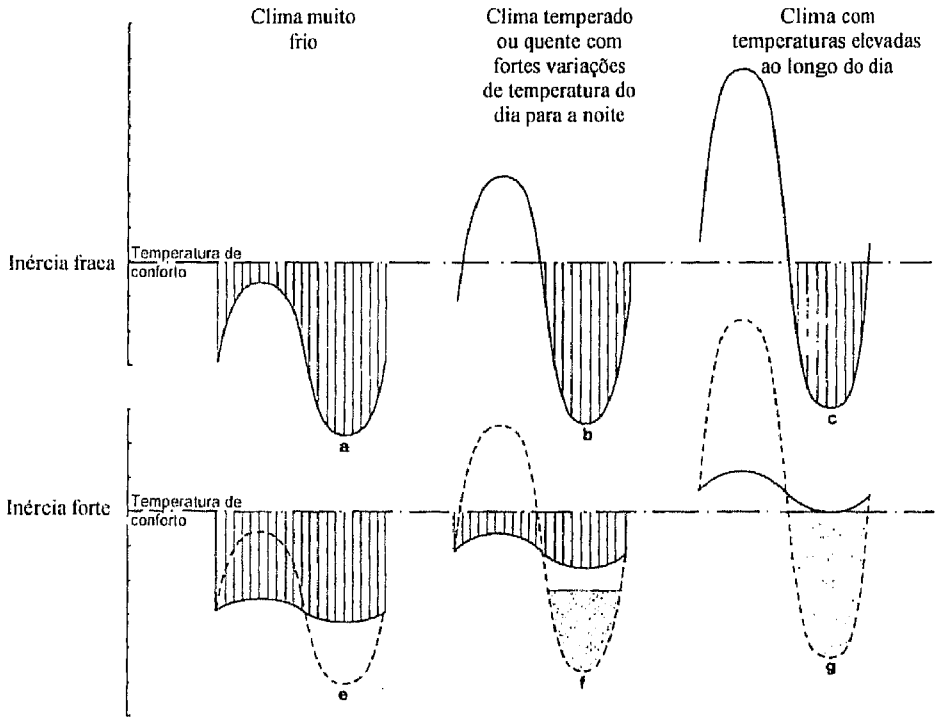
Mesmo nas regiões temperadas, para o conforto de Verão é conveniente o emprego de paredes com coeficientes de amortecimento baixos e superfícies envidraçadas sombreadas.

Uma forma de poupar energia resulta da dispensa de refrigeração durante o Verão. Porém, a capacidade de uma parede em fazer com que a temperatura interior se aproxime da média da temperatura exterior durante um dia, pode permitir também grandes poupanças energéticas durante o Inverno.

Da figura 2.39 constata-se que em climas muito frios (situações a e e) em que as temperaturas no exterior sejam sempre inferiores à temperatura de conforto, não há vantagem em que os coeficientes de amortecimento sejam muito baixos, uma vez que a temperatura média interior se encontrará sempre afastada da temperatura interior de conforto. Será necessário gastar energia de aquecimento que é semelhante em ambos os casos (ver tramas das figuras a e e). A vantagem de um coeficiente moderado, é a de diminuir as amplitudes da temperatura interior, mantendo uma certa uniformidade em torno da temperatura média.

Para climas temperados ou quentes com fortes variações de temperaturas do dia para a noite em torno da temperatura de conforto, tal como acontece no nosso país durante as estações da Primavera e do Outono, o coeficiente de amortecimento é importante, porque pode dispensar parcial ou totalmente, as despesas com o aquecimento no período nocturno. Na figura f verifica-se que comparativamente à figura b, o consumo com a energia de aquecimento é substancialmente inferior, diminuindo ao valor de σ. Na figura g constata-se que sendo as temperaturas máximas ao longo do dia elevadas, a temperatura média interior

poderá ser superior à temperatura de conforto, eliminando por completo as necessidades de aquecimento durante o dia e a noite.



Figuras a, b, c → σ = 1 ; Figuras e, f , g → σ = 0,1.

Fig. 2.39 – Importância dos coeficientes de amortecimento na poupança de energia de aquecimento [4]

O RCCTE [23] apenas considera a inércia térmica como um todo, sem discriminar o papel que cada parede exterior consoante a sua orientação, pode desempenhar na poupança energética de um edifício. Considera três classes de inércia que resultam de um cálculo que confere igual importância à massa de todos os elementos construtivos de um fogo, quer estes pertençam ou não às fachadas. Seria interessante que um futuro regulamento de térmica aprofundasse melhor esta questão impondo para as paredes da envolvente, para além dos coeficientes de transmissão térmica, outras características mínimas.

Uma camada de isolamento térmico inserida entre camadas de outros elementos com maior capacidade de difusão térmica minimiza as trocas de calor com as camadas sólidas adjacentes. Cada camada será considerada como tendo a sua própria capacidade de inércia térmica.

Na figura 2.40, constata-se que em ambas as paredes o calor acumulado às 14h é igual. Contudo, a parede com isolamento térmico pelo exterior, está sujeita a uma amplitude de temperatura menor.

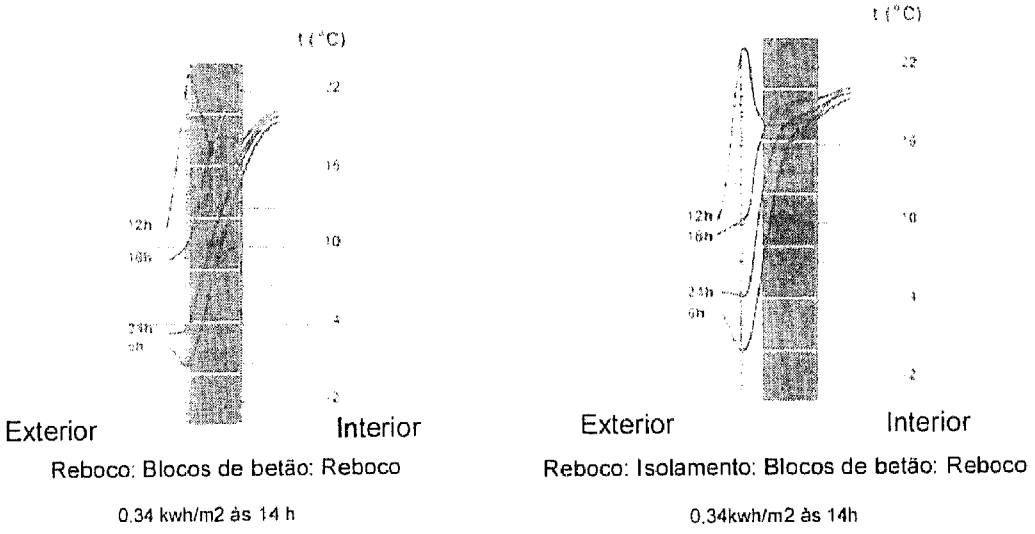


Fig. 2.40 – Variação de temperaturas exteriores com intervalos de seis horas e a quantidade de calor acumulado nas paredes às 14 horas, para uma temperatura interior constante de 20°C [19]

A parede sem isolamento aquecerá e arrefecerá mais rapidamente em determinados períodos do dia do que a parede com isolamento pelo exterior. Este aspecto poderá ser importante para salvaguardar a integridade física de paredes que se encontrem sujeitas a importantes choques térmicos e em que a estrutura se encontre já degradada ou seja de débil resistência.

- A importância da inércia térmica no arrefecimento dos edifícios em climas quentes com amplitudes térmicas importantes [19]

Para além do emprego do isolamento térmico, outra forma de reduzir o fluxo de calor através da envolvente dos edifícios resulta da mobilização da sua inércia térmica.

O atraso do fluxo de calor através da envolvente dos edifícios, pode ser explorado em favor do arrefecimento do interior dos edifícios. A exploração da inércia térmica é particularmente útil quando durante o dia ou durante as estações, existem variações significativas das temperaturas exteriores. Assim, o uso deste conceito em climas quentes e secos em que as variações da temperatura do dia para a noite sejam significativas, é bastante importante.

Quando a radiação solar incide sobre uma superfície opaca, a sua superfície exterior absorve parte da radiação e converte-a em calor. Enquanto que parte dessa radiação é reemitida para o exterior, a restante é conduzida através da fachada a um ritmo que depende das suas características de difusão térmica. Quando a temperatura da superfície exterior diminui devido à diminuição da temperatura do ambiente, parte do calor absorvido é emitido para o exterior.

À noite, a temperatura no interior do edifício é superior à do exterior. O fluxo de calor para o exterior continua, diminuindo a temperatura interna da parede e consequentemente arrefecendo o interior do edifício. Consegue-se desta forma uma regularização da temperatura no interior do edifício ao longo do dia, mesmo quando a temperatura no exterior for elevada.

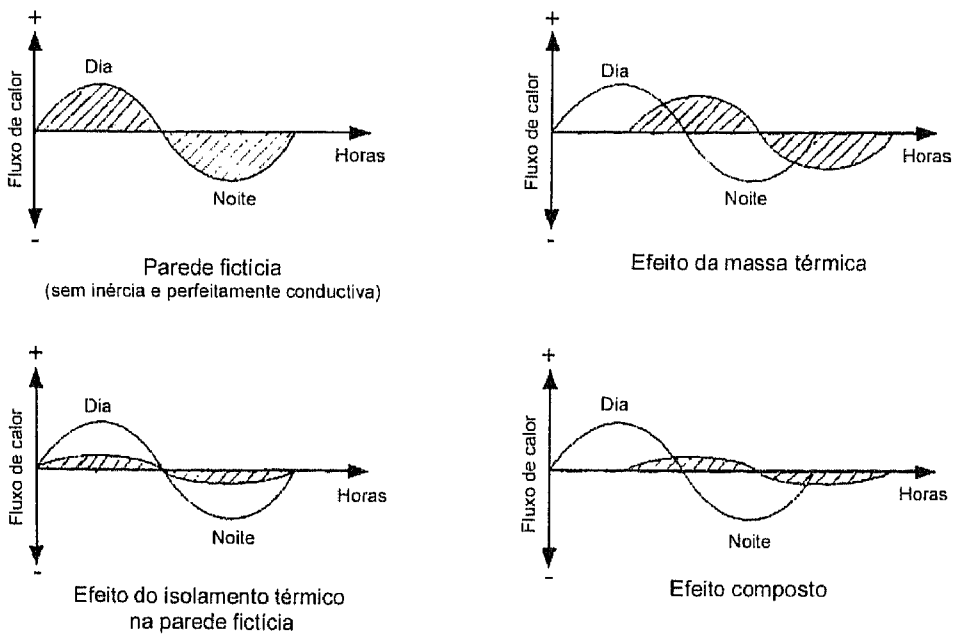


Fig. 2.41 – Efeito da inércia térmica em climas quentes e com grandes variações de temperatura do dia para a noite, no fluxo de calor do exterior para o interior dos edifícios [19]

- A importância da inércia térmica no aquecimento do ambiente interior dos edifícios [19]

Como a energia solar é emitida pelo Sol em ciclos diurnos e anuais, a sua disponibilidade não se encontra ajustada às necessidades de aquecimento dos edifícios. Interessa assim reter o calor acumulado nos elementos construtivos, de forma a restituí-lo mais tarde, quando for necessário.

Quando o paramento interior de uma fachada atinge uma temperatura apropriada, o ar confinante com a parede é aquecido por convecção e as superfícies que se encontrem perto, por radiação. Desta forma, compartimentos sobre os quais o Sol não incida directamente, poderão ser aquecidos em períodos em que a radiação solar já não se faz sentir. Fazendo uso desta técnica, pode-se diminuir substancialmente às necessidades de aquecimento desses compartimentos.

Uma parede com elevada capacidade de inércia térmica, poderá absorver calor durante o dia, para o libertar durante a noite. Uma parede deste género, sem isolamento térmico específico, será conveniente em climas mais amenos onde os compartimentos apenas são aquecidos durante a noite.

Fazendo uso do isolamento térmico, o seu posicionamento na fachada é fundamental em termos do aproveitamento do calor que se encontre armazenado na massa da parede.

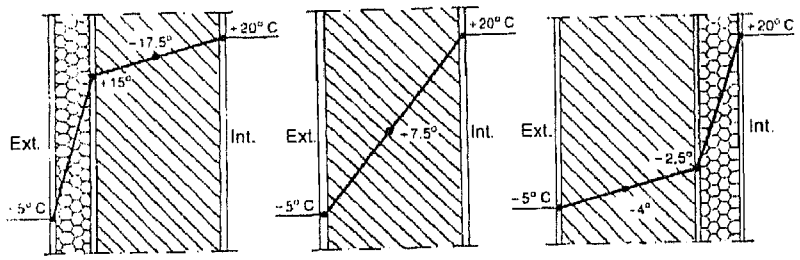


Fig. 2.42 – Variação da temperatura média no interior da fachada consoante o posicionamento do isolamento térmico [18]

Da figura 2.42, constata-se que por ordem decrescente as situações mais favoráveis são: isolamento térmico colocado pelo exterior da fachada; parede em que o isolamento é constituído apenas pelo material que a compõem e isolamento térmico pelo interior da fachada.

Fazendo o isolamento pelo interior da fachada, retira-se à parede grande parte da sua capacidade de funcionar como pilha de calor. Quanto mais para o exterior da fachada se aplicar o isolamento térmico, menor será o seu coeficiente de amortecimento.

O isolamento pelo exterior tem também a vantagem de que o calor criado dentro do edifício durante o dia (devido à penetração dos raios solares ou produzido pelos sistemas de

aquecimento ou devido ao funcionamento de aparelhos domésticos), se acumule por mais tempo nas fachadas e seja restituído durante a noite, quando a temperatura interior diminuir.

A capacidade que determinada parede terá para armazenar calor, pode-se exprimir pela razão entre a energia contida na mesma e a diferença térmica entre as faces interna e externa [18]

$$\frac{\sum S_i.Q_i.t_i.C_i}{\Delta t}$$

S_i – Espessura do estrato de parede i

Q_i –Massa específica do estrato de parede i

t_i – Temperatura média a que se encontra o estrato i

C_i – Calor específico do material constituinte do estrato i

Δt – Diferença térmica entre o interior e o exterior.

Nos sub-capítulos anteriores menciona-se que se pode obter para o isolamento térmico de uma fachada um desempenho semelhante quer o material isolante se encontre pelo interior ou pelo exterior da fachada (uma vez que a resistência térmica da parede é a mesma e se atende apenas a fluxos de calor em regime de temperaturas permanentes). Atendendo ao carácter variável da temperatura exterior, verifica-se neste sub-capítulo que para a estabilidade das temperaturas no interior dos edifícios e consequente poupança energética, é muito importante o posicionamento do isolamento dando-se preferência à sua aplicação pelo exterior.

Constata-se também que, no que respeita à inércia térmica, a colocação de isolamento pelo interior da fachada, é pior do que o não isolamento. Nesta situação, será preferível aumentar a resistência térmica da parede, à custa do aumento da espessura da alvenaria que constitui a fachada.

Conclusões:

- a indicação apenas do coeficiente de transmissão térmico de uma fachada, não é suficiente para caracterizar o seu desempenho térmico ao longo das estações do ano;

- em função das particularidades do clima do nosso país, é vantajoso que as fachadas possuam coeficientes de amortecimento baixos (o que normalmente se consegue com coeficientes de transmissão térmicos também baixos) e coeficientes de desfasamento da

onda de calor significativos (o que obriga a paredes com massa razoável). Estas disposições serão úteis para o controlo da temperatura interior e consequentemente para a minimização dos gastos de energia de aquecimento e de arrefecimento durante as quatro estações do ano;

- o posicionamento do isolamento térmico (se existir) é fundamental para o bom aproveitamento ou não, da inércia térmica de uma fachada;

- seria útil a existência de uma publicação de índole nacional, que indicasse os coeficientes de amortecimento e de desfasamento da onda de calor para as soluções construtivas mais correntes no nosso país;

- o RCCTE deveria impor para as várias regiões do país valores mínimos aplicáveis às fachadas, de coeficientes de amortecimento e de desfasamento das ondas de calor.

2.3.2.5. Condensações

2.3.2.5.1. Condensações superficiais

O excesso de humidade contido no ar no interior das habitações ou é transportado para o exterior (através da ventilação dos compartimentos e da difusão de vapor através das superfícies dos elementos), ou condensa-se nos paramentos interiores da envolvente exterior dos edifícios (primeiro nos envidraçados e posteriormente, nas zonas opacas). Não ocorrendo condensações, estima-se que 95% da humidade é extraída pela renovação de ar e os restantes 5%, por difusão de vapor através dos elementos construtivos. Ocorrendo condensações, as condensações nos envidraçados retirarão 50% da humidade em excesso sendo a restante retirada pela renovação de ar e pela difusão de vapor [33].

Existindo condensações, a água contida no ar, especialmente no Inverno, pode ser depositada nas superfícies mais frias de um edifício, por esse fenómeno. A sua presença é frequentemente indicada pelo desenvolvimento de fungos nas áreas mais afectadas. Esta característica é própria deste fenómeno, uma vez que estes organismos necessitam para o seu desenvolvimento de água pura. Ao contrário da humidade que contém sais provenientes do movimento ascensional da água do terreno ou da humidade resultante de infiltrações que possui substâncias dos próprios elementos construtivos, a água de condensação é pura. Em casos mais severos, a quantidade de água depositada pode ser muito elevada causando estragos nas madeiras e nos vestuários que se encontrem guardados dentro de armários [34].

Os dois principais parâmetros que relacionam o teor de humidade do ar com o fenómeno das condensações, são a humidade relativa e a temperatura de ponto de orvalho (temperatura abaixo da qual se verifica a condensação do vapor de água contido no ar).

Sempre que uma superfície de uma parede se encontre a uma temperatura inferior à temperatura do ponto de orvalho, dá-se uma condensação. A temperatura superficial de paramentos interiores de paredes exteriores que evitem ou isolem devidamente as pontes térmicas, deve ser suficientemente alta para prevenir condensações superficiais [9].

Superfícies frias e não absorventes são particularmente susceptíveis a condensações. Pelo contrário, os materiais absorventes disfarçam as condensações permitindo mais tarde, a libertação da água por evaporação.

2.3.2.5.1.1 Temperaturas das superfícies internas das fachadas e diagrama psicrométrico

As temperaturas superficiais dos elementos envolventes dos compartimentos em geral e das fachadas e empenas em particular, devem ser limitadas a fim de minimizar ou mesmo de suprimir as condensações superficiais e a beneficiar o conforto táctil dos ocupantes.

A temperatura superficial do paramento interior de uma parede de fachada, pode ser dada pela seguinte expressão [15]:

$$\theta_{si} = t_i - K.R_i.(t_i - t_e)$$

θsi – temperatura superficial interna da fachada;

K – coeficiente de transmissão térmico da parede;

$R_i = 1/h_i$ – resistência térmica superficial interna da parede (do lado a calcular);

t_i – temperatura do ar no interior do compartimento;

t_e – temperatura do ar no exterior

O ar é constituído por uma mistura de gases e por vapor de água. A quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter, designada limite de saturação, é limitada, variando na razão directa da temperatura. Quanto maior for a temperatura, maior será a quantidade de vapor de água que é capaz de conter. O diagrama psicrométrico traduz as relações existentes entre as humidades absoluta e relativa do ar e as temperaturas a que o mesmo se encontra.

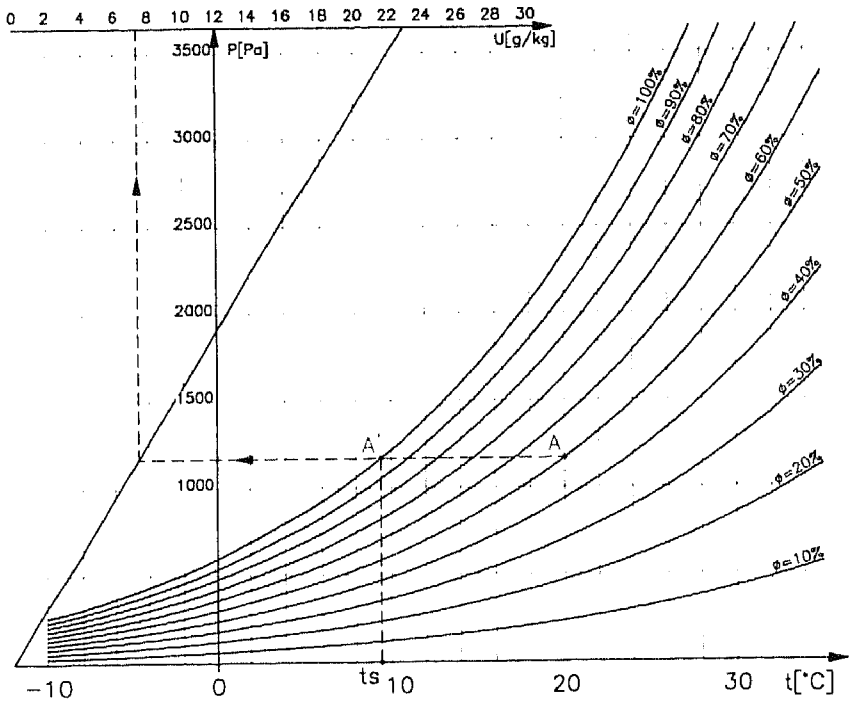


Fig. 2.43 – Diagrama psicrométrico [35]

No diagrama psicrométrico apresentado na figura 2.43 e para o exemplo referido, constata-se que a uma temperatura do ar de 20 °C e uma humidade relativa de 50% (ponto A), corresponderá uma saturação do ar a 9,3 °C (ponto A'). A esta temperatura corresponderá o ponto de orvalho. A pressão parcial do vapor de água, é de 1170 Pa [35]. A concentração de vapor de água, é de aproximadamente 7,5g/kg de ar seco.

Desta forma é possível, conhecendo as temperaturas interiores e exteriores de um compartimento, o coeficiente de transmissão térmico da fachada e o teor de humidade do ar interior, estimar a possibilidade de ocorrência de condensações no paramento interior da fachada.

Para uma parede de betão com 20cm de espessura (K = 3,5W/m².°C) e para temperaturas interiores e exteriores respectivamente de 18 °C e 0 °C, a temperatura superficial interior da parede, será de 11 °C. Se a humidade relativa do ar no interior do compartimento for de 70%, existirá condensação, uma vez que a temperatura de ponto de orvalho é de 12,5 °C [27].

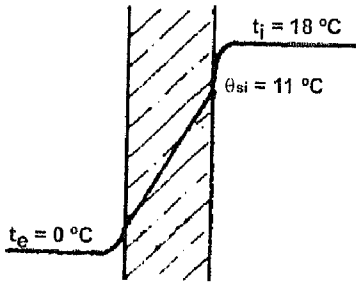


Fig. 2.44 – Temperatura superficial numa parede de betão com 20cm de espessura [27]

Frequentemente em fachadas frias, as condensações ocorrem na zona inferior da parede que se encontra mais fria. Iniciam-se junto aos cantos dos compartimentos e estendem-se eventualmente, ao longo da parede. No piso inferior de um edifício, esta progressão da humidade, pode numa primeira impressão levar a crer que se está perante um fenómeno de ascensão de humidade por capilaridade.

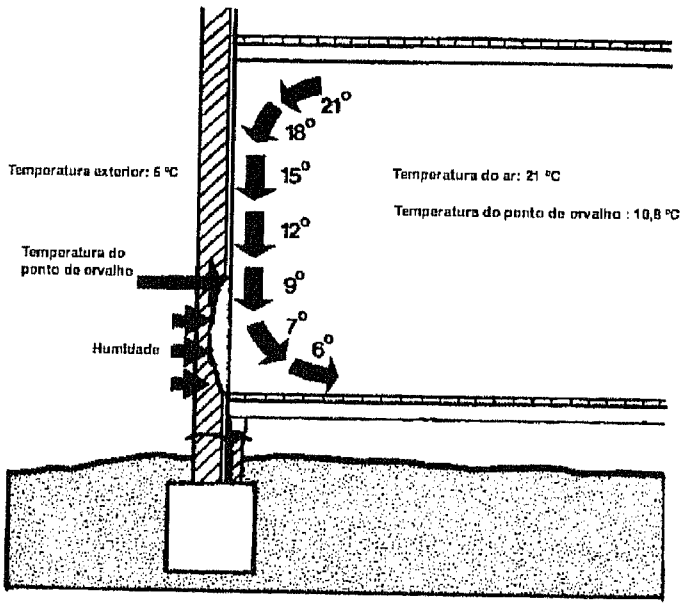


Fig. 2.45 – Condensação numa parede de fachada predominantemente na sua superfície inferior [34]

O ar quente é arrefecido à medida que vai circulando encostado à parede. Tornando-se mais pesado à medida que vai arrefecendo, tem tendência a descer ao longo da fachada. Se o ar neste movimento atingir a temperatura de ponto de orvalho, depositará o seu excesso de humidade predominantemente na superfície inferior da parede ou onde as condições forem mais desfavoráveis, tais como pontes térmicas, quadros ou mobílias encostados às paredes onde a circulação de ar se torna mais difícil, etc.

A forma de evitar que as condensações superficiais ocorram, reside na modificação dos seguintes parâmetros:

- aumento da temperatura interior dos compartimentos;

Se os ambientes habitados onde existe produção de humidade durante a noite não forem aquecidos no Inverno, dificilmente se evita a formação de condensações. Com a diminuição da temperatura interior durante a noite, a humidade relativa do ar aumenta fazendo com que as condensações aconteçam mais cedo. Como já foi referido em 2.3.1, recomenda-se que a temperatura interior mínima no Inverno seja de aproximadamente 20 °C. Como no nosso país não existe o hábito generalizado do uso do aquecimento durante o Inverno, pode-se considerar como limite razoável 18 °C.

O aquecimento intermitente dos espaços durante a noite principalmente nos quartos de dormir, deverá ser evitada. Com o aumento de produção do vapor de água e com a diminuição da temperatura do ar do compartimento, as condensações nas superfícies serão mais céleres. Ao aumento da temperatura interior do compartimento, corresponderá também um aumento da temperatura superficial dos paramentos;

- limitação do teor de humidade relativa do ar presente nos compartimentos;

A actividade diária dos ocupantes de uma habitação liberta elevadas quantidades de humidade. O quadro 2.18 é demonstrativo dessa situação.

Quadro 2.18 - Quantidade de humidade diária produzida numa habitação para cinco pessoas [33].

Fontes regulares de emissões diárias de humidade	*Quantidade de vapor de água emitido por dia, em kg ou litros*
Cinco pessoas a dormir durante 8 horas	1,5
Duas pessoas activas durante 16 horas	1,7
Cozinhar	3,0
Banhos, lavagem de louça, etc.	1,0
Fontes adicionais:	
Lavagem de roupas	0,5
Secagem de roupas	5,0
Aquecedores a gás (se usados)	1,7
Total	14,4

Como já foi mencionado em 2.3.1, um dos parâmetros que contribui para o conforto interior é o da humidade relativa. Considera-se que deverá situar-se entre 30% e 70% e eventualmente nas zonas de águas, 80%. De forma a que no Inverno estes valores não sejam ultrapassados, devemo-nos socorrer dos seguintes expedientes:

- promover a correcta ventilação dos compartimentos, de forma a extrair o excesso de humidade. No Inverno, apesar do ar frio do exterior poder possuir uma elevada humidade relativa, ao aquecer no interior do edifício, o teor de humidade relativa diminui drasticamente. Pode-se considerar como norma para a ventilação dos compartimentos, uma renovação por hora do ar do compartimento;

- diminuir a produção de vapor de água no interior dos compartimentos, providenciando uma correcta ventilação dos locais que gerem maiores quantidades de vapor de água (ex: cozinhas, lavandarias, W.C.). O uso de aquecedores a gás que descarregam os gases queimados para o interior dos compartimentos deve ser evitado, uma vez que produzem uma grande quantidade de vapor de água. Também a penetração de humidade exterior nos elementos construtivos, pode contribuir para que nos compartimentos mais aquecidos a quantidade de vapor de água presente no ar, aumente significativamente;

- limitação da temperatura superficial mínima das superfícies. Esta temperatura vem em função da temperatura interior e exterior dos compartimentos e do coeficiente de transmissão térmica da fachada. Quanto menor for o coeficiente, maior será a temperatura superficial.

Imaginando para o Inverno várias situações possíveis de temperaturas e humidades relativas interiores e de temperaturas exteriores, as necessidades para os coeficientes de transmissão térmica das fachadas para que não ocorram condensações são os indicados no quadro 2.19.

Quadro 2.19 - Coeficientes de transmissão térmico de fachadas, de forma a que não ocorram condensações no paramento interior

Te (°C)	Ti (°C)	HR (%)	θsi (°C)	K
0	20	70	14	2,50
0	17	70	11,5	2,70
0	15	70	10	2,78
-3	20	70	14	2,17
-3	17	70	11,5	2,29
-3	15	70	10	2,31
0	20	80	16,5	1,46
0	17	80	14	1,47
0	15	80	11,5	1,94
-3	20	80	16,5	1,27
-3	17	80	14	1,25
-3	15	80	11,5	1,62

Como se constata, o aumento do teor de humidade relativo do ar interior de 70% para 80%, é bastante penalizante para os coeficientes de transmissão térmicos das fachadas. Verifica-se assim, como atrás é dito, que é muito importante a redução do excesso de humidade do ar de forma a que preferencialmente os 70% não sejam ultrapassados. Constata-se também que para situações mais extremas com humidades relativas de 80% ou superiores, os valores máximos admissíveis dos "K" estipulados pelo RCCTE em função da zona climática, não são suficientes (1,45 para a zona I3).

Interessa assim, para condições ambientais invulgares, apesar de eventualmente se verificar o cumprimento do RCCTE, estudar se os paramentos de determinado edifício irão estar sujeitos ou não a condensações superficiais internas.

2.3.2.5.1.2 Inércia hígrica

A higroscopicidade dos materiais usados nos revestimentos das superfícies interiores, pode fazer a diferença entre a ocorrência ou não de condensações superficiais. Construções com grande inércia hígrica ao reduzirem o excesso de humidade do ar interior, comportam-se muito melhor no que respeita ao risco de condensações, do que edifícios de inércia reduzida [27]. Hoje em dia a aplicação indiscriminada nos revestimentos de materiais não higroscópicos (tintas "vitrificantes", vernizes, mosaicos, etc.) é bastante prejudicial no que respeita ao fenómeno das condensações.

Um material higroscópico é capaz de adsorver uma quantidade de água razoável quando o teor de humidade relativa do ar ambiente for elevado. Parte dessa humidade será mais tarde

restituída ao ar ambiente, quando a sua humidade relativa for menor. Desta forma, o material higroscópico funcionará como elemento regularizador da humidade relativa do ar interior de um edifício.

A existência de sais no seio dos materiais constituintes dos elementos construtivos, (resultantes de infiltrações de humidades exteriores ou devido à sua própria constituição) em resultado da rápida fixação da humidade, pode provocar o aparecimento de manchas que se assemelhem às resultantes das condensações. Neste caso, mesmo no Verão em períodos de elevadas humidades relativas do ar, essas manchas poderão ocorrer [27]. Porém, enquanto que as manchas derivadas do fenómeno das condensações tendem a desaparecer em tempo seco, aquelas que resultem da presença de sais, originam normalmente a cristalização superficial destes e a consequente degradação das superfícies.

2.3.2.5.1.3 Bolores

A infestação por fungos, incluindo os bolores inicia-se pela germinação de esporos que se encontram em elevado número e variedade na atmosfera. Para que a germinação se dê, é necessário a presença de humidade e a presença de materiais orgânicos que funcionem como fontes nutrientes tais como madeiras, tintas, papeis de parede, etc. Uma vez que os materiais orgânicos estão sempre presentes, a forma de limitar o desenvolvimento dos fungos, passa pelo controlo da humidade. A humidade que ocorre por condensação, é normalmente a primeira responsável pelo aparecimento desses organismos.

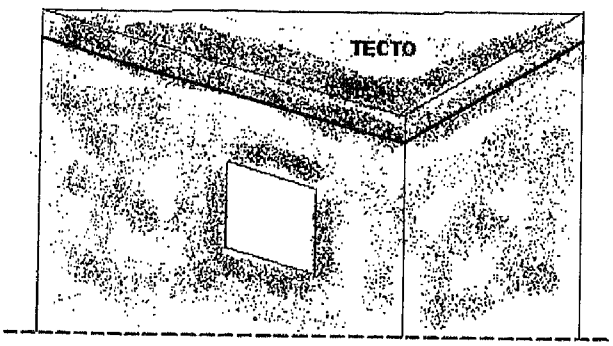


Fig. 2.46 – Representação de manchas de bolores.

O corpo de um fungo ou bolor é constituído por uma série de pequenos filamentos designados de "hyphae" que se encontram normalmente enterrados nos materiais afectados e portanto, invisíveis. Com a humidade, esses filamentos podem crescer para fora das

superfícies, formando uma massa parecida com o algodão em rama designada de "mycelium". Até que produzam esporos, os fungos e bolores são invisíveis ou passam despercebidos [34].

A germinação dos esporos dos fungos requer uma humidade relativa de 90% ou superior. Após a germinação se dar, bastará uma humidade relativa de 70% para a continuação do crescimento dos filamentos. Com teores de humidade tão baixos, os bolores podem facilmente proliferar em edifícios propensos a condensações [34].

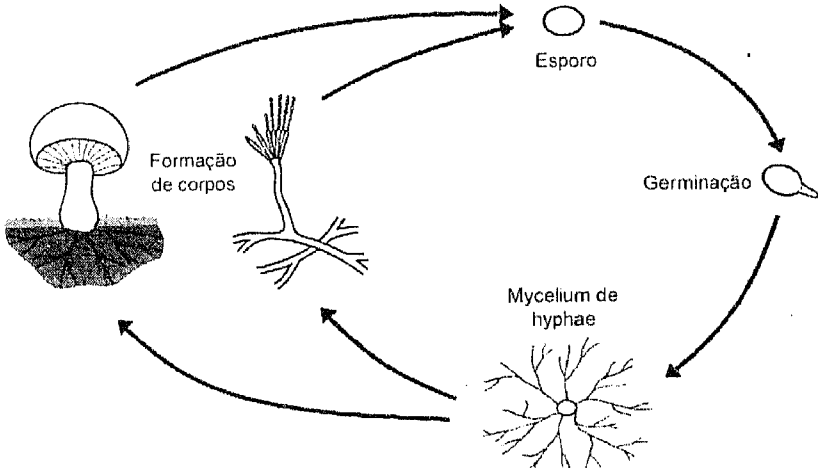


Fig. 2.47 – Ciclo de vida de um fungo [34]

Períodos intermitentes de elevado teor de humidade intercalados por outros mais secos, são particularmente favoráveis ao desenvolvimento desses organismos e ao aparecimento de esporos coloridos que formam as manchas características dos fungos.

A distribuição dessas manchas pode ser um indicativo das zonas onde ocorrem as condensações embora possam resultar doutras fontes de humidades sem ser aquelas. Os cantos das paredes de fachadas assim como as superfícies atrás de quadros ou armários são mais sujeitas à proliferação dos bolores essencialmente devido á falta de ventilação.

2.3.2.5.2 Condensações internas (intersticiais)

Este tipo de condensações refere-se a condensações que ocorrem na espessura das paredes exteriores. Qualquer fachada ou empena que seja porosa deve permitir que o vapor de água se difunda por ela, pois este é um dos processos pelo qual o excesso de vapor de água no interior de um edifício passa para o exterior. A existirem, estas condensações podem originar o

apodrecimento de materiais orgânicos, o destaque de materiais e a diminuição da resistência térmica da parede (eventualmente, formação de condensações superficiais).

Embora uma fachada seja porosa, impõe sempre uma certa resistência à difusão do vapor de água. A quantidade de vapor de água nos poros do material, diminui do elevado teor junto ao ambiente interior aquecido, para um teor inferior, junto às superfícies exteriores que se encontrem a uma temperatura menor. Assim, em situação de Inverno, a temperatura da parede e a temperatura do ponto de orvalho dentro da mesma, decaem no sentido do exterior da fachada. Normalmente em paredes executadas com materiais porosos como o tijolo, a diminuição da temperatura da parede é mais rápida do que a diminuição da temperatura de ponto de orvalho, podendo originar o seu cruzamento algures dentro da parede. Em consequência, surge a condensação interna.

Se a condensação ocorre perto do paramento exterior da fachada, o excesso de humidade evapora para o exterior quando as condições atmosféricas forem mais favoráveis, não ocorrendo normalmente nenhuma anomalia.

A higrometria traduz o aumento de pressão do vapor de água interior em relação ao exterior e, consequentemente, define o gradiente de pressão de vapor a que se encontra submetida a envolvente do local [35]. É representada pela razão entre a produção de água no interior dos compartimentos (ω) e o valor resultante do produto da taxa horária de renovação de ar (n) e o volume interior desses compartimentos (V).

O DTU 20.1 [7] classifica os locais em função da sua higrometria.

Quadro 2.20 - Classificação dos edifícios em função da sua higrometria [35]

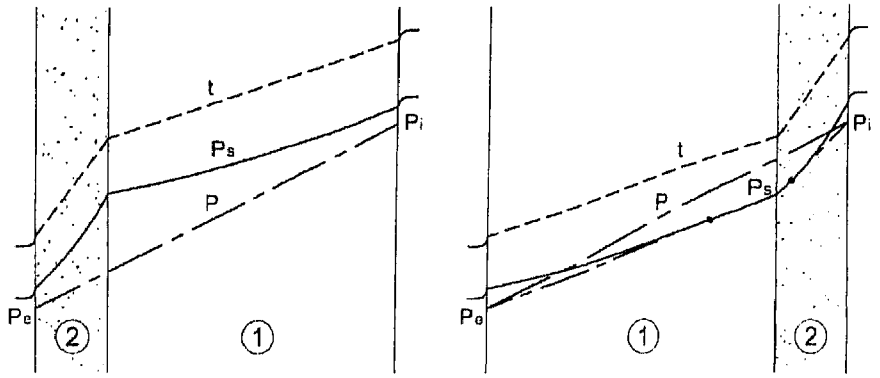
CLASSE	*HIGROMETRIA*	*TIPO DE EDIFÍCIOS*
I- Fraca higrometria	$\omega / (n.V) \leq 2{,}5$ g/m³	Escritórios; Escolas; Ginásios;
II- Média higrometria	$2{,}5 < \omega / (n.V) \leq 5$ g/m³	Edifícios de Habitação não sobre ocupados e correctamente ventilados.
III- Forte higrometria	$5 < \omega / (n.V) \leq 7{,}5$ g/m³	Edifícios de Habitação com ventilação deficiente, Indústrias.
IV- Muito forte higrometria	$\omega / (n.V) > 7{,}5$ g/m³	Piscinas cobertas, certos locais industriais com grande produção de vapor., etc.

Qualquer que seja a higrometria do edifício, as condensações internas nas fachadas devem ser desprezáveis (não originando assim desconforto ou a degradação dos materiais com formação de bolores, etc.). Se os materiais em presença da humidade não se degradarem, os coeficientes de transmissão térmico das paredes devem aumentar no máximo até 10% do seu valor em seco. Se degradarem, ao fim de um ano as condensações residuais internas não deverão existir e a condensação máxima anual deverá ser limitada [24].

Nos locais de fraca higrometria, não serão de tomar quaisquer precauções construtivas em particular, uma vez que o fluxo de vapor através das fachadas é diminuto. Os locais de média higrometria, devem satisfazer algumas regras de qualidade construtiva que dizem respeito à composição da fachada e ás características higrotérmicas das diversas camadas [24]. Para locais de forte e muito forte higrometria, será de realizar estudos que quantifiquem as eventuais condensações no interior das paredes e os locais onde as mesmas acontecem.

Se as resistências à difusão de vapor de água de cada camada que constitui a fachada forem conhecidas, é possível determinar em que local da parede a condensação ocorrerá. Esta situação varia consoante as condições ambientais interiores e exteriores do edifício, sendo por isso o cálculo normalmente efectuado para as condições mais desfavoráveis [34]. Um dos métodos que permite realizar o estudo das condensações internas e que por ser expedito é muito usado, é o método de Glaser. Aparece descrito em várias publicações nacionais [35].

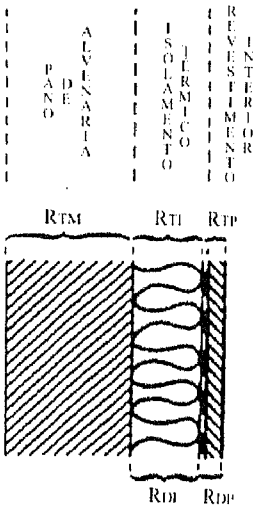
A redução do fluxo de vapor que atravessa uma parede é conseguida com o aumento da resistência à difusão do vapor dos materiais. Contudo, o posicionamento na fachada de elementos com características diferentes não deve ser arbitrária. Da sua localização, pode depender a formação ou não de condensações internas. A figura 2.48, é ilustrativa desta afirmação.



1 e 2 – Elementos com a mesma resistência térmica, tendo 1, uma maior resistência à pressão de vapor; Ps – curva das pressões de saturação; t – curva das temperaturas no interior da fachada; P- curva da pressão instalada

Fig.2.48 – Importância do posicionamento das várias camadas de uma parede exterior, nas condensações internas [35].

Em situações extremas em que interesse impedir a penetração do vapor de água nas paredes, será de colocar uma barreira pára-vapor (permeância máxima de $5{,}7\text{x}10^{-10}$kg/(m².s.Pa)) no paramento interior. O DTU 20.1 [7] não permite que se considere para o cálculo da resistência à difusão ao vapor de uma parede pára-vapores colocados à superfície dos elementos, uma vez que podem ser posteriormente removidos e serem facilmente danificáveis. Este documento prevê algumas regras para a minimização das condensações nas fachadas quando o isolamento térmico se encontra pelo interior:



R_{TM} – Resistência térmica do pano de alvenaria;

R_{TI} – Resistência térmica do isolante térmico;

R_{TP} – Resistência térmica do revestimento interior, excluindo o pára-vapor;

R_{DI} – Resistência à difusão do isolamento térmico, excluindo o eventual pára-vapor;

R_{DP} – Resistência à difusão do revestimento interior, incluindo o eventual pára-vapor.

Fig. 2.49 – Resistências térmica e à difusão de vapor de água de uma parede com isolamento térmico colocado no pano interior [7]

- para se evitar a condensação na face interior do isolamento,

$$R_{TI} > 3.\ R_{TP}$$

- para se evitar a condensação na espessura do isolamento térmico em locais de forte higrometria,

$$1/\ R_{DP} < 0{,}06\ g/m^2.h.mm.Hg$$

- para se evitarem os efeitos da condensação no pano exterior (quando $R_{TI} + R_{TP} > 3.\ R_{TM}$),

Se $R_{TM} < 0{,}086\ m^2.°C/W$, $\quad 1 / (R_{DP} + R_{DI}) < 0{,}06\ g/m^2.h.mm.Hg$

Em zonas muito frias, $\quad 1 / (R_{DP} + R_{DI}) < 0{,}015\ g/m^2.h.mm.Hg$

A publicação Belga "Guide des performances du Bâtiment" [15], indica alguns parâmetros a considerar. Sejam:

Q1 – quantidade de vapor condensado formado durante 60 dias (g/m^2), calculado nas seguintes condições:

Ambiente exterior: - temperatura seca, 0 °C;
- humidade relativa, 80%

Ambientes interiores – locais secos: - temperatura seca, 20 °C;
- humidade relativa, 40%

Ambientes interiores – locais húmidos: - temperatura seca, 20 °C;
(cozinhas, banhos, piscinas, locais climatizados) - humidade relativa, 70%

Q2– Quantidade de vapor condensado que se difunde durante 90 dias (g/m^2), da zona de condensação para o exterior nas seguintes condições:

Zona de condensação: - temperatura seca, 12 °C;
- humidade relativa, 100%

Ambiente exterior: - temperatura seca, 12 °C
- humidade relativa, 70%

- Se a água de condensação provocar deteriorações na parede:

  Q1 = 0 (a condensação não é permitida) ou,

  Q1 ≤ a um valor limite a definir em função do material deteriorável que corresponda a um aumento do coeficiente de transmissão térmico da parede (K) no máximo de 10% em 50 anos.

- Se a água de condensação não provocar deteriorações na parede:

  Q1 < Q2

Em função do que acima é descrito, é muito importante a ponderação dos tipos de acabamentos a aplicar nos paramentos exteriores das fachadas. Se por um lado devem obstar à penetração da água na sua forma líquida, pelo outro, a parede deve poder "respirar" permitindo o fluxo do vapor de água para o ambiente exterior. Por vezes esta recomendação não é tida em conta e assiste-se à aplicação indiscriminada em fachadas (principalmente nas de empena) de produtos betuminosos e de tintas de baixa permeância ao vapor de água. Estes revestimentos funcionarão como barreiras pára-vapor, podendo provocar condensações no interior das paredes com as consequentes degradações das mesmas. A serem usadas, as barreiras pára-vapores deverão ser sempre colocadas na face interior das paredes exteriores e nunca ao contrário.

Enquanto o RCCTE [23] impõem algumas características mínimas das paredes no que respeita às condensações superficiais, no que toca a este assunto, é omisso. Se para os edifícios correntes este aspecto não se põem com acuidade, noutros, com condições climatéricas interiores mais exigentes, esta preocupação poderá ser fundamental para o bom desempenho das paredes.

2.4. ESTANQUIDADE À ÁGUA NO ESTADO LÍQUIDO

2.4.1 Introdução

No início do século vinte, os materiais e métodos construtivos usados na execução das fachadas eram muito limitados. Os projectistas da altura usavam estilos de arquitectura preestabelecidos e métodos construtivos comprovados ao longo dos anos. O operário especializado era preparado por uma longa aprendizagem no uso das poucas ferramentas e materiais inerentes à sua arte. A tradição ditava os métodos fiáveis de montagem, fundamentados nas crenças de qualidade e de duração. A preocupação estética dos adornos das fachadas (protuberâncias, recortes, etc.) serviam essencialmente para providenciar a sua protecção à água assim como controlar o movimento desta ao longo das paredes.

Como resultado das novas tecnologias e das pressões económicas e sociais, as fachadas foram obrigadas a desempenhar papeis não tradicionais. Com o advento do aço e do betão armado, os edifícios tornaram-se mais altos e as paredes mais finas. Novos materiais foram desenvolvidos e o artífice transformou-se em operário "autómato" capaz de grande produtividade.

Os edifícios grandes, altos e de fachadas ligeiras, correspondendo às pressões ideológicas e económicas, introduziram uma série de factores que tiveram e continuam a ter um grande impacto nos desempenhos das fachadas ao tempo.

As fachadas modernas são mais susceptíveis à penetração da água da chuva do que as suas antecessoras. As paredes actuais, para além de muitas vezes estarem sujeitas às vibrações dos equipamentos internos que podem provocar a fissuração das juntas, possuem uma permeabilidade inferior às das fachadas dos edifícios antigos. Comparadas com as antigas, têm uma menor capacidade para "respirar" e consequentemente uma menor liberdade de perda por evaporação das quantidades de água absorvidas durante as tempestades.

As paredes actuais podem possuir os desempenhos desejados, desde que os mecanismos responsáveis pela penetração da água sejam bem compreendidos e os métodos construtivos a adoptar sejam simples e não potenciadores de problemas [36].

2.4.2 Mecanismos de penetração de água líquida nos materiais de construção

Existem quatro fenómenos físicos que agindo isolada ou simultaneamente, permitem que a água penetre e se difunda nos materiais usados na construção:

- a gravidade;
- a energia cinética das gotas da chuva;
- a pressão do vento;
- a capilaridade.

a) A gravidade

A força de gravidade da terra exerce-se sobre as gotas de água depostas nas superfícies dos elementos construtivos. Essa força fará com que em elementos construtivos cujas fissuras sejam superiores a 0,5mm, haja penetração de água. Para larguras inferiores, a tensão superficial das gotas não permite a penetração [37].



e < 0,5mm: a gota não penetra no material. e > 0,5mm: a gota penetra no material

Fig. 2.50 – Penetração da água em paredes, devido ao fenómeno da gravidade [37]

b) A energia cinética das gotas da chuva

Transportadas pelo vento, as gotas da chuva podem no seu trajecto armazenar energia suficiente para penetrarem no interior das paredes sobre as quais são projectadas. Contudo, este efeito não se produz se as larguras das fendas forem inferiores a uma gama de valores que se situa entre os 4mm a 5mm. Para aberturas inferiores, as gotas rolam sobre a superfície da parede sem que haja penetração da mesma [37] (ver Fig. 2.51).

c) A pressão do vento

Assim que a chuva atinge com abundância uma parede constituída por um material pouco permeável (por exemplo um revestimento com argamassa à base de ligantes hidráulicos),

acaba por rolar sobre a superfície dessa parede. Na ausência de vento, o filme de água desliza sobre as pequenas fissuras sem penetrar na parede.

Logo que esse filme de água seja sujeito à acção do vento, a água penetrará na parede mesmo que as fissuras à superfície sejam extremamente finas. Este fenómeno acontece para fissuras de largura superior a 0,1mm. Se a chuva animada pelo vento não encontra fissuras de largura suficiente, rola ao longo do paramento sobre o qual é projectada (ver Fig. 2.52).

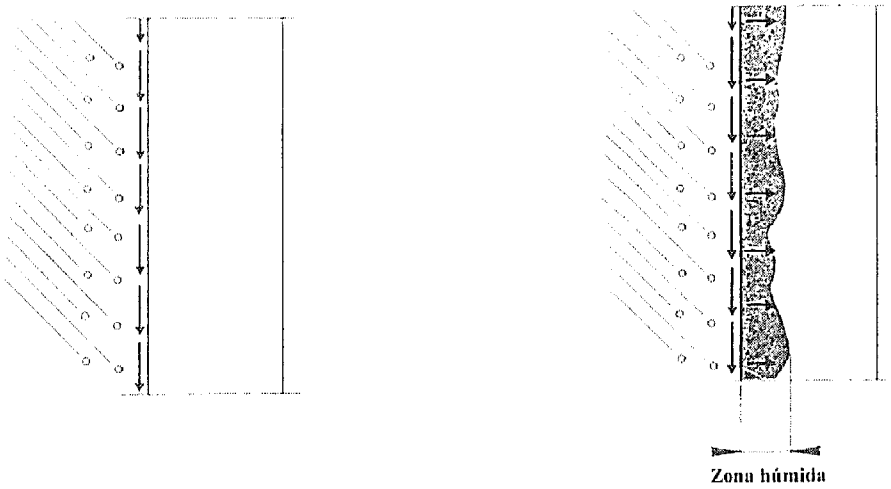


Fig. 2.51 - Penetração da água da chuva em paredes devido ao fenómeno da energia cinética [37]

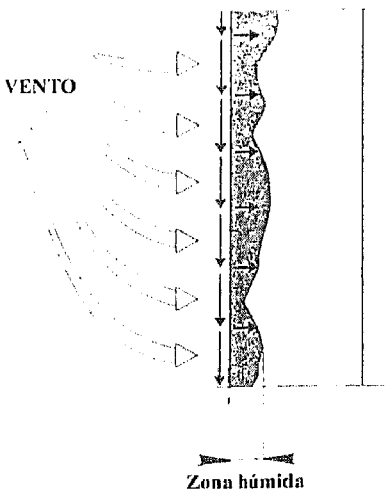


Fig. 2.52 – Penetração da água da chuva em paredes, sob o efeito do vento [37]

d) A capilaridade

Os materiais de construção comportam quase todos no sua massa vazios sob a forma de pequenos canais ou de poros fechados.

A movimentação da água no interior dos materiais é fortemente condicionada por três parâmetros que caracterizam a sua estrutura. A porosidade, a porometria e a capilaridade [37].

A porosidade que se exprime pela percentagem do volume de vazios do material em relação ao seu volume aparente, varia consoante os materiais.

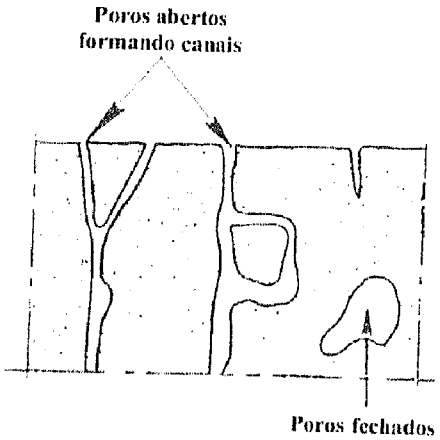


Fig. 2.53 – Porosidade de um material [37]

Existem dois tipos de porosidade: a aberta e a fechada.

No caso da porosidade fechada, os poros do material não comunicam entre eles, não permitindo assim a circulação de água. Os materiais de porosidade fechada são impermeáveis.

No caso de materiais de porosidade aberta, os poros comunicam entre si por capilares que favorecem a circulação de água.

Esta distinção de tipos de porosidade explica porque razão a faculdade de absorção de água dos materiais nem sempre está ligada à sua porosidade.

Quadro 2.21 - Porosidade de alguns materiais [38]

Porosidade de alguns materiais	
- Granito:	0,2% a 2%
- Tijolo:	18% a 26%
- Betão:	10% a 27% consoante sua composição e compactação.
- Argamassa para rebocos:	20% a 35% consoante a sua composição e potência de projecção sobre o paramento.
- Pedra calcária:	De 1% para os mármores duros e polidos, até 45% para as pedras calcárias moles.

Um material com porosidade superior a um outro, pode no entanto apresentar um tempo inferior para a penetração de água. Este facto explica-se pela porometria dos materiais ou seja, da repartição dos poros abertos dum material em função das suas dimensões.

A porometria de um material pode ser representada por um histograma em que o eixo das abcissas representa o diâmetro dos poros e o eixo das ordenadas a percentagem do volume de poros do diâmetro considerado, relativamente ao volume total aparente do provete do material [37].

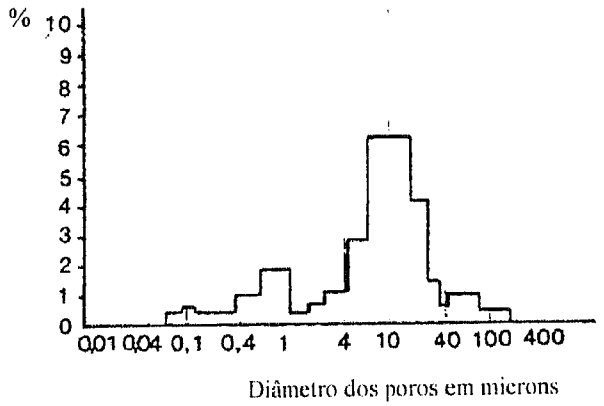


Fig. 2.54 – Histograma representando a porometria de um calcário brando [37]

Como o poder de absorção da água líquida depende da porosidade e da porometria dos materiais e como estas características são de difícil determinação, criou-se uma entidade numérica representativa do poder de absorção dos materiais designada por coeficiente de capilaridade.

BIBLIOTECA F.E. PORTO

O coeficiente de capilaridade é definido pela seguinte expressão [37]:

$$C = 100\frac{M}{S\sqrt{t}}$$

Em que:

M : representa a massa de água expressa em gramas, absorvida durante o período de imersão, t;

S : corresponde à secção da face inferior do provete, expressa em cm^2;

t : corresponde à duração da experiência em minutos.

A capilaridade consiste assim na faculdade que os materiais possuem de sob o efeito de pressões capilares, absorverem e reterem líquido nos seus vazios [38]. Os pequenos canais internos existentes no material passam a desempenhar a função de tubos capilares logo que estejam em contacto com a água. Desta forma, a água pode penetrar no material de uma forma mais ou menos extensa. Este fenómeno constata-se para os materiais que apresentem poros muito finos (de diâmetro inferior a 0,5mm) [37].

A figura 2.55 sintetiza os mecanismos de infiltração actuantes, em função da largura das fissuras.

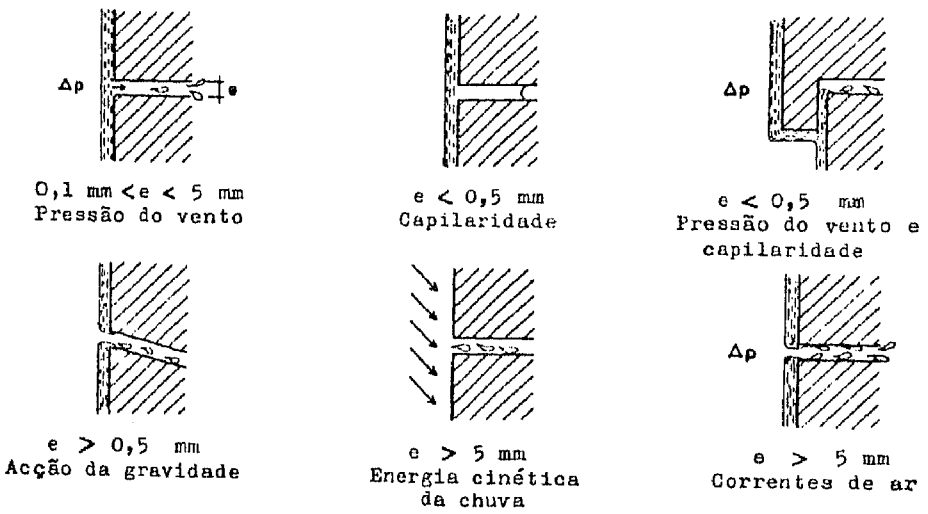


Fig. 2.55 – Agentes de penetração da água da chuva em paredes com fissuras, fendas, ou juntas [27]

2.4.3 Os efeitos do clima na humidificação e secagem das paredes

A acção da chuva sobre as fachadas faz-se sentir essencialmente quando acompanhada de vento. Quanto maior for a intensidade do vento, maior será a componente horizontal da chuva,

aumentando a acção de molhagem e aumentando o risco de humedecimento dos paramentos interiores. Outra consequência da humidificação das fachadas, consiste na diminuição da resistência térmica das mesmas, contribuindo para o agravamento dos fenómenos de condensações.

A humidade nos paramentos interiores resultante da acção da chuva, traduz-se no aparecimento de manchas na altura das chuvas desaparecendo normalmente nos períodos secos. Estas manchas são habitualmente acompanhadas pela formação de bolores, eflorescências e criptoflorescências (dependendo do teor de sais da parede) [33].

A quantificação da influência do clima na humidificação e secagem das paredes torna-se difícil, uma vez que depende de vários factores climáticos de variação aleatória [39]:

- humidade relativa e pressão de vapor - condicionam a humidificação e secagem dos materiais, em particular quando a origem da humidade é devida a fenómenos de condensação;

- temperatura - as grandes diferenças de temperatura entre os ambientes interior e exterior, podem originar condensações no interior da envolvente (podendo provocar a destruição da estrutura porosa quando os materiais estiverem saturados e sujeitos a temperaturas baixas);

- precipitação - a água líquida provoca a humidificação dos materiais;

- regime de ventos - a intensidade da incidência da chuva depende da orientação, velocidade e frequência dos ventos; Estes factores, por outro lado, contribuem também para a secagem das paredes;

- insolação - provoca o aumento da temperatura superficial exterior da envolvente, permitindo a sua secagem.

Para a satisfação das exigências de estanquidade das paredes, devem ser definidos os critérios que permitam quantificar as acções simultâneas da chuva e do vento, em função dos factores que condicionam essa acção, como sejam [39]:

- a intensidade e frequência da chuva;

- a intensidade, frequência e direcção do vento;

- simultaneidade de chuva e de vento;

- orientação da parede objecto do estudo.

A fim de avaliar o grau de severidade do local de construção do edifício e o de se permitir a comparação entre as condições reais de exposição das paredes dos edifícios com as dos ensaios de permeabilidade à água da chuva dos materiais, criou-se um índice designado de Índice de Chuva Incidente. Este índice é traduzido pela seguinte fórmula [39]:

$$I = \sum_{i=1}^{n} Pi.Vi.\cos \theta i$$

sendo:

I – índice de chuva incidente segundo dada direcção num determinado intervalo de tempo (m^2/s);

Pi – quantidade de precipitação em superfície horizontal (m);

Vi – velocidade do vento (m/s);

θi – ângulo entre a direcção do vento e a normal à parede.

Paiva, [40] divide o país em quatro zonas em termos de chuva incidente, tendo utilizado os valores médios mensais de precipitação e de vento por forma a caracterizar o país em termos de graus de severidade de exposição de paredes que recebam de frente a chuva.

$I < 3$ – exposição fraca;

$3 < I < 5$ – exposição moderada;

$5 < I < 7$ – exposição média;

$I > 7$ – exposição severa.

Constata-se também que para uma mesma zona de severidade de chuva incidente, a intensidade da chuva varia consoante os quadrantes. Paiva [40] constata que na região de Lisboa, no caso de chuvadas de forte intensidade e de curtos períodos, o vento com direcção do quadrante S–W é predominante. Assim, as fachadas voltadas a esse quadrante são mais solicitadas que as restantes.

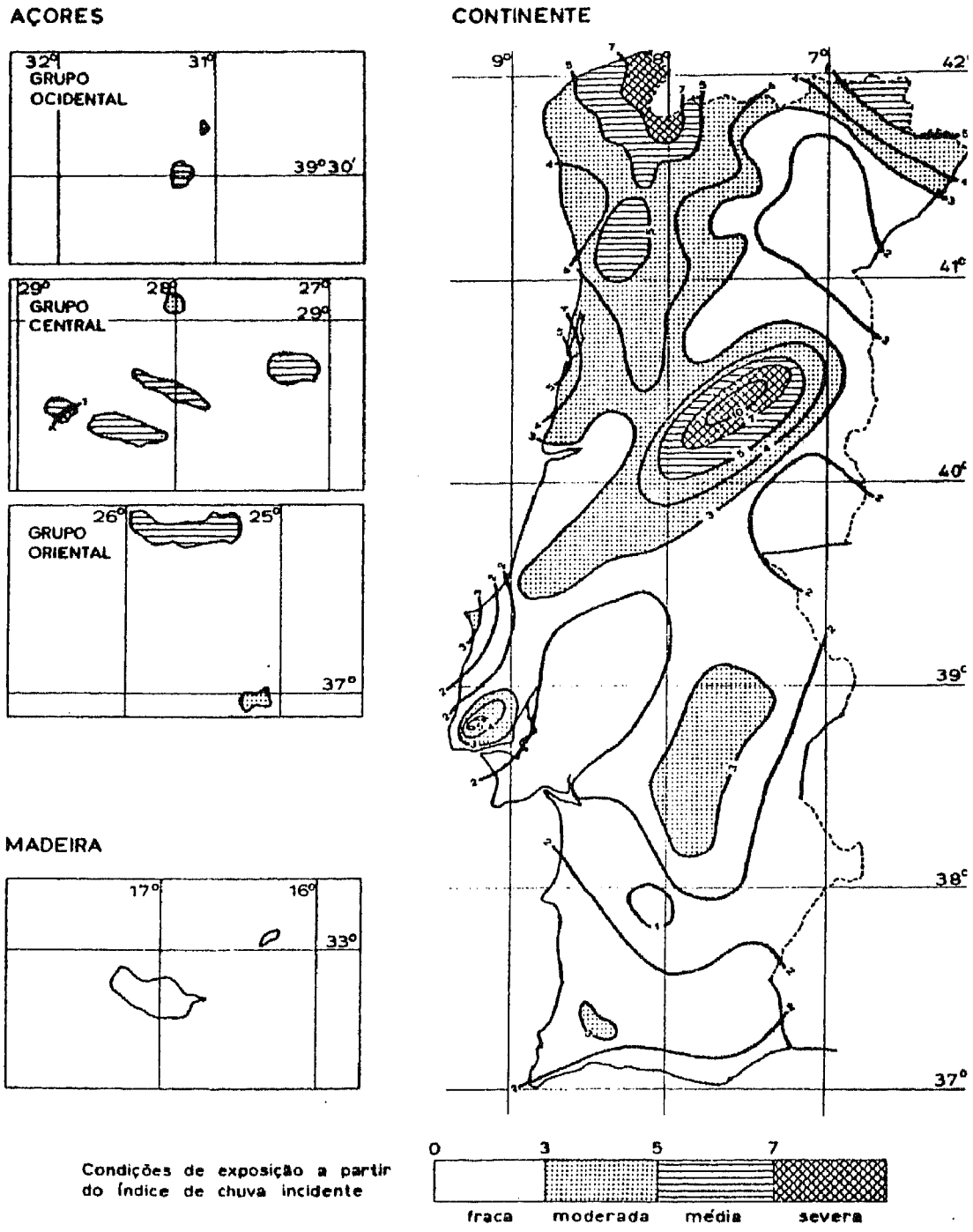


Fig. 2.56 – Graus de exposição de paredes normais à chuva incidente em Portugal [40]

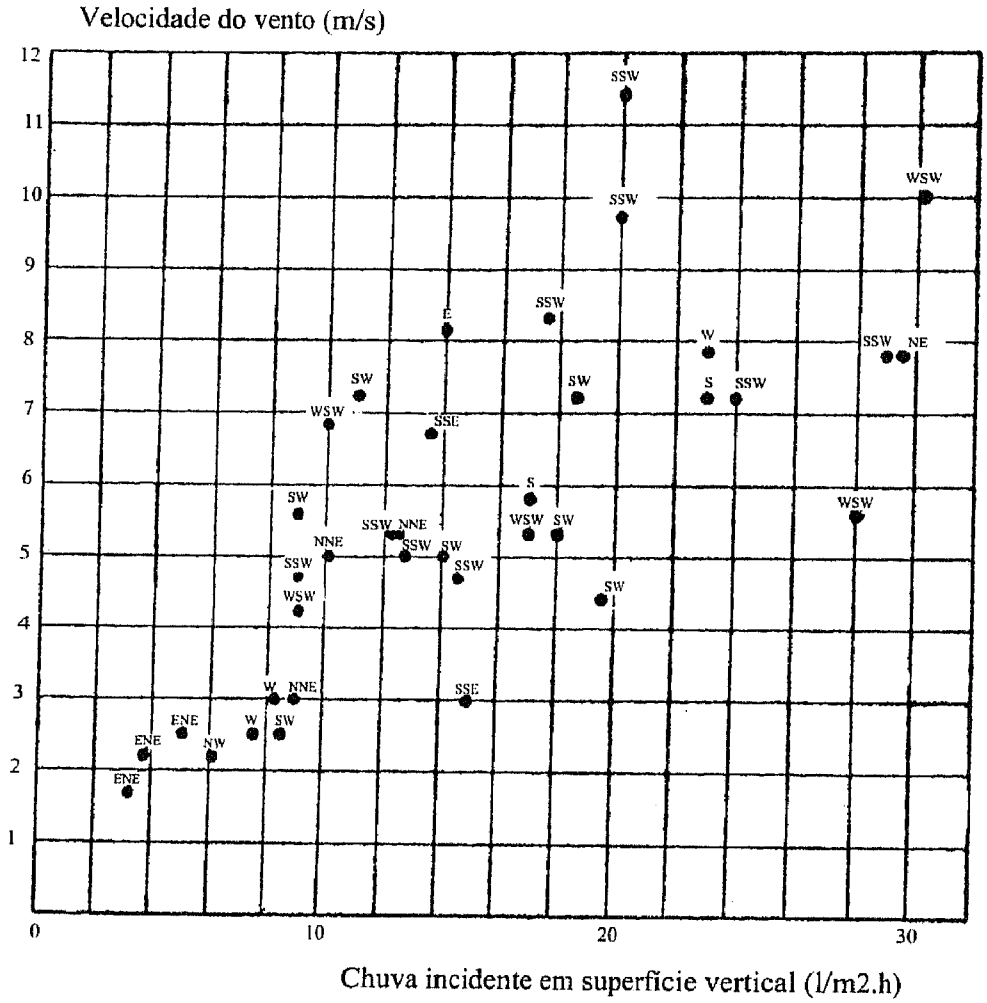


Fig. 2.57 – Valores máximos anuais de chuva incidente em superfície vertical no período de uma hora, e direcção e velocidade média do vento ocorrendo simultaneamente, em Lisboa [40]

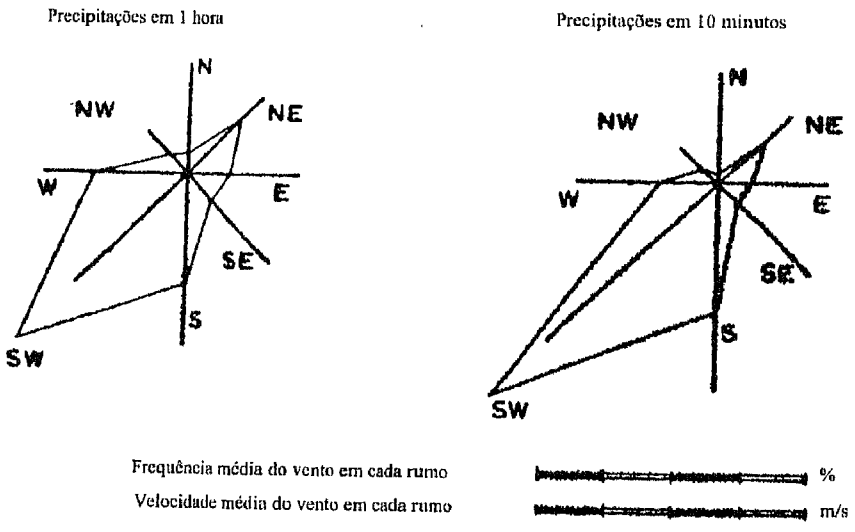


Fig. 2.58 – Frequências e velocidades médias do vento durante as máximas precipitações horárias e de dez minutos em cada ano, em Lisboa [40]

Da necessidade de melhor avaliar o risco de penetração da água da chuva através das paredes dos edifícios, considerando a quantidade máxima de chuva incidente que pode ocorrer de uma forma sequencial durante um determinado período de tempo, criou-se o Índice de Chuva Incidente Persistente. Para uma mesma quantidade de chuva a solicitação sobre uma parede é maior no caso dessa quantidade se distribuir por um período de tempo mais longo, em que não é significativa a evaporação da parede, e menor se essa quantidade for devida a uma única chuvada, em que a chuva em excesso escorre escoando-se para o solo, e após o período de molhagem, surge o período de secagem invertendo o sentido do fluxo [39].

A representação deste índice, poderá ser feito para cada região e para cada direcção, por rosetas utilizando-se uma escala logarítmica (semelhante ao usado para o índice de chuva incidente).

No nosso país, este índice não se encontra ainda caracterizado para as diversas regiões.

A rugosidade do terreno influencia também a quantidade de água a que uma parede está sujeita. Para a mesma precipitação verifica-se que a ordem de grandeza da chuva incidente relativamente a uma parede situada numa zona padrão é de 30% no centro de uma zona urbana e de 50% a 100% na periferia dessa zona. Na orla marítima, pode ser superior a 100% [41]. A existência de zonas arborizadas ou de edifícios próximos, pode alterar a quantidade de água recebida pela parede.

Se os mecanismos de absorção de água da chuva são fáceis de descrever, a secagem das paredes resulta de um processo iterativo que põe em jogo um conjunto de fenómenos ainda mal caracterizados e por isso de difícil representação matemática.

A secagem pode ser decomposta em duas fases principais: a primeira, ocorre a uma taxa de secagem constante e a outra, a uma taxa de secagem decrescente (para condições atmosféricas constantes). Uma terceira fase será definida para os materiais higroscópicos com a colocação do material em equilíbrio. Durante a primeira fase, as forças capilares permitem o transporte do interior da parede, de água em quantidade suficiente para alimentar a evaporação superficial sendo esta apenas dependente das condições exteriores. A partir do momento em que o conteúdo de água à superfície seja nulo (ou igual à humidade crítica para os materiais higroscópicos) a velocidade de secagem diminui, uma vez que a evaporação se produz no interior do material e a humidade é difundida em fase de vapor de água em direcção à superfície antes de ser evacuada para o ar por convecção [41].

Apesar de os mecanismos de absorção de água por capilaridade e de secagem por evaporação serem conhecidos, a sua modelização é delicada. Torna-se também difícil a obtenção de uma imagem correcta das transferências de humidade de uma parede sujeita ás condições climatéricas naturais. Interessaria definir uma expressão que explicitasse os fenómenos complexos postos em jogo durante a secagem, em função de parâmetros de clima a serem disponibilizados pelos organismos de meteorologia nacionais [41].

2.4.4 Resistência das fachadas à penetração da humidade de precipitação

As patologias associadas à infiltração de água são infelizmente bastante correntes na nossa construção. Interessa assim acautelar esta situação da melhor forma possível.

A resistência que uma fachada oferece à penetração da água deverá ser dimensionada não só em função da zona geográfica em que o edifício se situa, mas também segundo a sua orientação. As fachadas mais expostas à intempérie, deverão possuir uma resistência superior.

Constata-se também que a distribuição da chuva ao longo de uma fachada não é uniforme. Os cantos superiores dos edifícios são normalmente as zonas mais batidas pela chuva. A existência de determinados pormenores de arquitectura tais como os beirados, as reentrâncias nas fachadas, as cornijas, etc., fazem variar essa distribuição [41].

Nas paredes de alvenaria de blocos, as infiltrações dão-se usualmente nas juntas de argamassa de assentamento dos blocos, nas zonas inferiores das paredes com revestimentos impermeáveis, nas áreas de rebocos exteriores fissurados e nas zonas de ligação das paredes à estrutura ou à caixilharia.

A penetração da humidade ocorre nas seguintes situações [27]:

- pela fissuração que resulta dos movimentos diferenciais dos diversos materiais quando submetidos à acção do sol; do assentamento de apoios; da deformação da estrutura; de deficiente execução, etc;

- por absorção de água em superfícies porosas, quando a água da chuva forma um filme contínuo sobre o paramento exterior da fachada. A absorção continuada de água dará lugar à humidificação da parede e à formação de manchas no paramento interior.

A publicação BS5628 [9] considera como responsáveis pela resistência das paredes às chuvas persistentes conduzidas pelo vento, os seguintes factores:

- presença de elementos superficiais exteriores

Apenas considera como totalmente eficaz o revestimento com materiais estanques, como sejam chapas metálicas, de ardósia, de materiais plásticos, etc.

A aplicação de rebocos pode reduzir substancialmente a penetração da água. Contudo, a sua eficácia dependerá do tipo de mistura, da sua espessura, do número de camadas e da pormenorização de execução.

A aplicação de tintas e de repelentes de água (à base de silicones) pode melhorar substancialmente o desempenho da parede à penetração da água, mas pode também em condições mais severas ser prejudicial, uma vez que ao reduzir a taxa de evaporação da água contida na parede, pode fazer aumentar o teor de água contido na fachada.

- qualidade da mão de obra

A qualidade da mão de obra é muito importante no sentido em que por exemplo juntas de argamassa defeituosas ou traços de argamassa mal executados darão origem à infiltração de humidade.

- composição da argamassa de assentamento

A composição da argamassa de assentamento dependerá do tipo de alvenaria a executar. Para materiais porosos, a argamassa deverá ser também porosa. Para materiais de grande resistência mecânica, a argamassa devera possuir características semelhantes.

- acabamento a conferir às juntas de argamassa

O bom preenchimento das juntas de argamassa das alvenarias, é essencial para minimizar o risco de penetração de água. Juntas bem apertadas com ferramentas apropriadas, são mais resistentes à penetração.

- espessura do pano de parede

Enquanto que a resistência à penetração de água em alvenarias não revestidas de blocos de silicato de cálcio ou de tijolo, depende da espessura e da capacidade de absorção dos elementos, para o betão denso depende mais da espessura.

As normas inglesas estipulam as espessuras mínimas em função da categoria de exposição das paredes à intempérie. Essas espessuras são apresentadas no quadro 2.22.

Quadro 2.22 - Espessuras mínimas (no tosco) das fachadas, de forma a garantirem a resistência à penetração da água da chuva [9]

Categorias de exposição	*Espessura mínima das alvenarias (excluindo acabamentos e rebocos)*				
	Alvenarias de tijolo e de blocos de silicato de cálcio		Alvenarias de blocos de betão		
	Rebocadas	Não rebocadas	Rebocadas (betão denso)	Rebocadas (betão de agregados leves ou betão celular autoclavado)	Não rebocadas
Muito severa	Não recomendado. Deverão ser usados revestimentos de estanquidade				
Severa	328 mm	Não recomendado	250 mm	215 mm	Não recomendado
Moderada / Severa	215 mm	Não recomendado	215 mm	190 mm	Não recomendado
Abrigada / Moderada	190 mm	440 mm	190 mm	140 mm	440 mm
Abrigada	90 mm	328 mm	90 mm	90 mm	328 mm
Muito abrigada	90 mm	190 mm	90mm	90 mm	190 mm
- As espessuras são baseadas nas dimensões normalizadas dos blocos no Reino Unido.					
- As espessuras das paredes não rebocadas consideram que as juntas de argamassa são apertadas com ferramenta apropriada e que são totalmente preenchidas com argamassa de cimento, cal e areia.					

As classes de exposição referidas nesse quadro, baseiam-se em mapas britânicos que referem a quantidade de chuva batida a vento que cai em superfícies verticais, durante a pior época de chuvas num período de três anos.

Quadro 2.23 - Índices de chuva incidente persistente que caracterizam as classes de exposição, segundo as normas inglesas DD93 [9]

Categoria de exposição	*Índice de chuva incidente persistente*
Muito severa	98 l/m² ou superior
Severa	68 – 123
Moderada / Severa	46 – 85
Abrigada / Moderada	29 – 58
Abrigada	19 – 37
Muito abrigada	24 ou menos

- concepção arquitectónica

Grandes superfícies de fachadas onde a água escorre livremente potencia os riscos de humedecimento das paredes. A disposição de goteiras e de saliências que afastem parte das águas das superfícies das fachadas, fazem diminuir esses riscos.

As normas francesas (DTU 20.1 [7]) fazem recomendações quanto à espessura das paredes, dividindo-as por grupos consoante a sua tipologia:

paredes da classe I – paredes que não contêm revestimentos estanques nos seus paramentos exteriores, nem qualquer corte de capilaridade ao longo da sua espessura. São paredes que não contêm qualquer componente que se oponha ao encaminhamento da água da chuva. Esta classe corresponde a paredes simples não rebocadas ou revestidas pelo exterior com produtos não estanques e, com ou sem isolamento térmico hidrófilo pelo interior;

paredes da classe II – paredes que não possuindo um revestimento estanque pelo exterior, apresentam um corte de capilaridade ao longo da sua espessura. Dividem-se em paredes da classe IIa) e em paredes da classe II b). O corte de capilaridade evita que em paredes danificadas sujeitas a chuvadas de pouca intensidade, a água atinja os paramentos interiores;

paredes da classe IIa) - o corte de capilaridade é efectuado por painéis isolantes térmicos não hidrófilos (ex.: poliestireno expandido, espuma de poliuretano expandido, etc.) apostos sobre o paramento interior da fachada;

Paredes da classe IIb) – o corte de capilaridade é efectuado por uma caixa de ar colocada no paramento interior ou exterior da alvenaria;

Paredes da classe III – paredes duplas tradicionais ou paredes simples revestidas pelo exterior com elementos descontínuos existindo uma caixa de ar entre estes e a alvenaria. O primeiro tipo construtivo não se situa no âmbito deste trabalho;

Paredes da classe IV – paredes nas quais são aplicados revestimentos estanques no paramento exterior. Neste tipo de fachada, a água não pode atingir a alvenaria.

Para fachadas em pedra tosca ou em pedra talhada, as espessuras mínimas a considerar são as indicadas no quadro 2.24.

Quadro 2.24 - Espessuras mínimas das paredes em pedra que salvaguardem as infiltrações da água da chuva segundo as normas francesas [7]

Espessura mínima de paredes em pedra tosca, rebocadas em ambas as faces		35cm (cota de toscos)
Alvenarias aparentes em pedra talhada ou em cantarias:		
Coeficiente C de capilaridade	Tipo I	Tipo IIa)
C ≤ 20	30 cm	20 cm
C = 40	30 cm	22,5 cm
C = 60	30 cm	25 cm
C = 80	35 cm	30 cm
C ≥ 100	40 cm	30 cm
Estes valores são válidos, desde que a argamassa das juntas tenha um coeficiente de capilaridade do mesmo teor ou inferior ao da alvenaria.		
Alvenarias aparentes em pedra tosca: Igual à tabela anterior, acrescido de 5 cm.		

Para paredes em tijolo ou em blocos, recomenda-se uma espessura mínima de 20cm. Porém, para as paredes do tipo I, recomenda-se as espessuras indicadas no quadro 2.25, considerando um revestimento com reboco tradicional, no paramento exterior.

Quadro 2.25 - Espessuras mínimas das paredes do tipo I em blocos ou em tijolo, rebocadas exteriormente, que salvaguardem as infiltrações da água da chuva segundo as normas francesas [7]

Tipos de materiais	*Espessura (cm)*
Tijolo prensado maciço ou perfurado	22
Blocos de betão maciços ou aligeirados	20 (a) 27,5 (b) 32,5 (c)
Blocos de betão leve maciços ou aligeirados	22,5 27,5 (d)
Tijolo furado (horizontal)	22,5 (a) 27,5 (b)
Tijolo com furação vertical	20 (a) 27,5 (b) 32,5 (c) 37,5 (d)
Blocos maciços de betão celular autoclavado	20 (a) 27,5 (b) (d)

(a) – As espessuras mínimas de 20 ou 22,5cm, aplicam-se às fachadas do tipo I nas seguintes condições: Em fachadas abrigadas e em fachadas não abrigadas, cuja altura acima do solo não ultrapasse os 6m.

(b) – A espessura mínima de 27,5cm aplica-se a muros do tipo I em fachadas não abrigadas cuja altura acima do solo se situe entre os 6 e os 18m.

(c) – A espessura mínima de 32,5 cm aplica-se a muros do tipo I em fachadas não abrigadas cuja altura acima do solo se situe entre os 18m e os 28m.

(d) – As espessuras mínimas de 37,5 ou de 27,5 cm (consoante os materiais) aplicam-se em muros do tipo I devendo o seu emprego ser comprovado pela experiencia, em fachadas não abrigadas no litoral e com alturas acima do solo inferiores a 6m.

Em paredes do tipo IIa) bastará que se respeite em todas as situações, uma espessura mínima no tosco de 20cm.

No caso particular de paredes revestidas exteriormente com produtos totalmente impermeáveis à água (paredes do tipo IV), as espessuras mínimas serão de 15cm para alvenarias resistentes e de 10 cm para panos de enchimento.

Para as alvenarias com isolamento térmico pelo exterior, a normativa francesa [42] estabelece também as classes de estanquidade à água destes sistemas. Os documentos de

homologação dos diversos produtos (visto tratarem-se de revestimentos não tradicionais) deverão fixar as classes a que pertencem. Assim, Prevêem-se as classes XI, XII, XIII e XIV.

Paredes da classe XI: Correspondem a paredes permeáveis, em que quer o suporte como o revestimento exterior não asseguram a estanquidade do sistema. Não existe qualquer tipo de corte de capilaridade ao longo da espessura da fachada.

Paredes da classe XII: Paredes em que a impermeabilidade é assegurada pelo isolante térmico (suficientemente estanque para chuvas de severidade média) ou pelo sistema constituído pelo suporte e isolamento que se complementam entre si na estanquidade da fachada.

Paredes da classe XIII: Paredes em que o revestimento do isolamento térmico não é estanque, mas em que por detrás dele existe uma lâmina de ar contínua que permite a recolha e a evacuação para o exterior da água infiltrada (ex.: sistema de placagem de pedra com caixa de ar entre a placagem e o isolamento);

Paredes da classe XIV: Paredes em que o sistema de isolamento térmico se opõem à penetração da água e em que o suporte é também suficientemente impermeável para impedir a progressão da água que eventualmente o atinja.

Quadro 2.26 - Classes mínimas de paredes de alvenaria ou de betão com isolamento térmico pelo exterior em função das condições de exposição à chuva [42]

Altura da parede acima do solo (m)	*Situação a, b, c*		*Situação d*		
	Paredes abrigadas	Paredes não abrigadas	Paredes abrigadas	Paredes não abrigadas	
				Litoral excepto orla marítima	Orla marítima
< 6	XI	XI	XI	XII	XII
6 a 18	XI	XII	XI	XII	XII
18 a 28	XI	XII	XI	XII	XIII
28 a 50		XIII		XIII	XIII
50 a 100		XIII		XIV	XIV

Situação a: Construções situadas no interior de grandes centros urbanos;
Situação b: Construções situadas em pequenas localidades ou na periferia das grandes cidades;
Situação c: Construções isoladas em zona rural;
Situação d: Construções isoladas na orla marítima ou localizadas nas localidades costeiras, desde que se situem a uma distância relativa ao litoral inferior a 15 vezes a sua altura e as fachadas sejam não abrigadas.

Bibliografia Belga [15] prevê três classes de paredes consoante o seu comportamento experimental às pressões limites de estanquidade à água (valor da sobrepressão estática de ar para a qual se assegure a estanquidade à água), à presença ou não de infiltrações sob o efeito da chuva batida acompanhada de variações do vento, e à estagnação da água. Os valores recomendados, são os indicados no quadro 2.27.

Quadro 2.27 - Classes das fachadas segundo a pressão limite de estanquidade à água [15]

Classes	*Pressão limite de estanquidade à água (N/m²)*
PE1	150
PE2	300
PE3 (não admite infiltrações sob o efeito de variações de pressão)	500

Consoante a situação da fachada, no quadro 2.28 recomenda-se o tipo de parede a usar.

Quadro 2.28 - Recomendações do tipo de paredes a usar segundo a sua localização [15]

Altura do edifício	*Situação da parede*	
	Fachada protegida	Fachada não protegida
0 a 10 m	PE1	PE2
10 a 25m	PE2	PE2
> 25m ou na costa	PE3	PE3

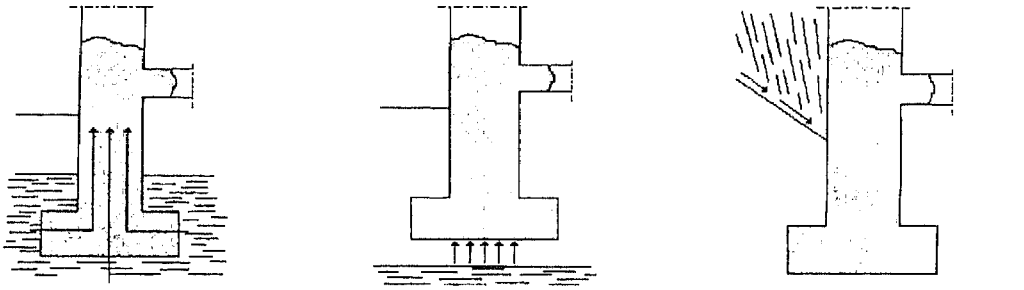
As janelas quaisquer que sejam as suas classes e os materiais que as constituem deverão impedir completamente, dentro de certos limites, que sob a acção do vento, a água da chuva penetre para o interior dos compartimentos de forma tal que possa prejudicar as condições de habitabilidade e durabilidade destes. Para janelas de concepção diferente ou executadas com novos materiais, pode ainda ser conveniente verificar, se essas exigências são satisfeitas quando a janela separa dois ambientes de condições higrotérmicas diferentes, em conformidade com as condições reais de utilização.

A janela é considerada estanque se nas condições dos ensaios não se verificar a penetração da água para o interior do compartimento.

As janelas são classificadas em **E1**, **E2**, **E3** e **E4** por ordem crescente de estanquidade à água. VIEGAS, J. C. e BRÁS, A. J [50], tratam devidamente esta questão propondo consoante a localização do edifício, a classe de caixilharia a usar.

2.4.5 Humidade do terreno

O contacto directo entre a água ou humidade existentes no solo e as paredes ou respectivas fundações, podem provocar a humidificação desses elementos construtivos.



Parede fundada abaixo do nível freático | *Ascensão capilar através do terreno* | *Escorrência de água sobre a parede*

Fig. 2.59 – Exemplos de processos de infiltração da humidade do terreno nas paredes, em geral [27]

A humidade ascensional depende dos seguintes factores [27]:

- das condições climáticas das ambiências (temperatura e humidade relativa);
- da insolação;
- da espessura da parede;
- da capilaridade do material.

Quanto menor for o diâmetro dos poros do material e maior a espessura da parede, maior será a altura atingida pela humidade no interior da mesma.

A ascensão de água numa parede verifica-se até ao nível em que a quantidade de água evaporada compense aquela que é absorvida por capilaridade. Deste modo, o revestimento de uma parede com um material impermeável, pode provocar o aumento da altura atingida pela água.

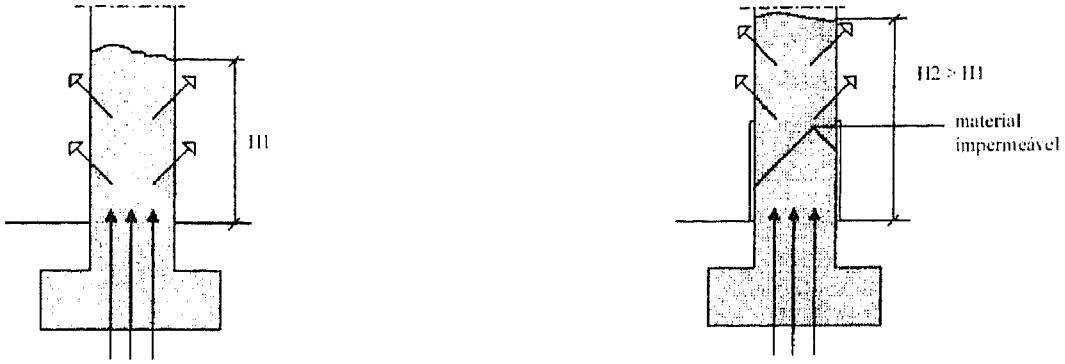


Fig. 2.60 – Influência da colocação de material impermeável no nível de equilíbrio da humidade ascensional [27]

Os sais existentes no terreno e nos próprios materiais de construção, após serem dissolvidos pela água são transportados para níveis superiores. Com a evaporação da água, os mesmos cristalizam dando origem às seguintes situações [27; 33]:

- formação de eflorescências e de criptoflorescências;
- aumento das ascensão capilar por colmatação dos poros superficiais do elemento construtivo;
- fenómenos de higroscopicidade;
- erosão dos revestimentos.

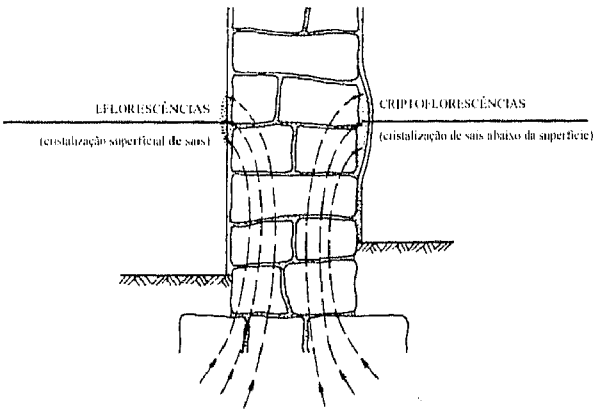
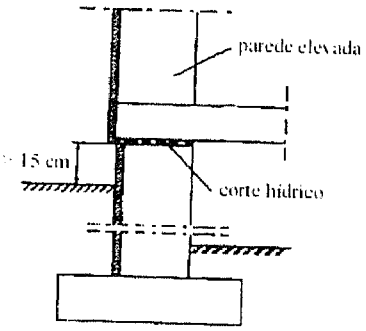


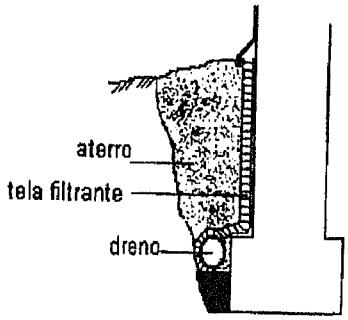
Fig. 2.61 – Eflorescências e criptoflorescências em paredes provocadas pela humidade ascensional [33]

Este tipo de humidade caracteriza-se assim por apresentar manchas de humidade nas zonas das paredes junto ao solo, apresentando muitas vezes zonas erodidas na parte superior dessas manchas e acompanhadas em certos casos pela formação de eflorescências ou criptoflorescências e de manchas de bolor ou vegetação parasitária, especialmente em locais com pouca ventilação [33].

De forma a se evitar o aparecimento deste tipo de humidade, devemo-nos socorrer do corte hídrico, das drenagens periféricas e das drenagens superficiais.



Corte hídrico



DRENAGEM PERIFÉRICA

Fig. 2.62 – Exemplos de processos de evitar o fenómeno das humidades ascensionais [27]

2.5. ISOLAMENTO AO RUÍDO

2.5.1 Introdução

O ruído constitui um dos males da vida moderna e do quotidiano das pessoas que vivem nos grandes centro urbanos. Estima-se que cerca de 20% da população da União Europeia se considera muito afectada pelo ruído e que 40% se sinta incomodada pelo mesmo. Em Portugal, 19% da população está sujeita a um nível de ruído superior a 65 dB (A), sendo as percentagens relativas às cidades do Porto e de Lisboa, respectivamente de 24% e 50%. [43].

Está comprovado que as pessoas sistematicamente expostas a níveis de ruído demasiado elevados, sofrem de "stress" e de outras manifestações que lhes fazem diminuir a sua qualidade de vida. Assim, importa criar medidas que salvaguardem o mais possível a saúde e os interesses a que o cidadão tem direito numa sociedade mais voltada para o colectivo.

Neste contexto, surge em 1987 o Regulamento Geral Sobre o Ruído (R.G.R) [44] que apesar de aparecer tardiamente, veio colmatar uma lacuna técnica muito importante na concepção dos projectos dos edifícios. Até esta data, os isolamentos acústicos eram em geral feitos a sentimento sem que existisse uma noção correcta das medidas a implementar. Contudo, apesar desta legislação já possuir mais de uma dezena de anos e ser de aplicação obrigatória, continua-se na grande maioria das autarquias a não se exigir o projecto de acústica relativo aos edifícios sujeitos a licenciamento camarário.

Muito recentemente (Junho de 2001) entrou em vigor um novo regulamento, designado de "Regulamento Geral do Ruído". Este regulamento ao substituir o anterior, mantém contudo de uma forma transitória as disposições do regulamento anterior relativas às paredes exteriores dos edifícios.

2.5.2 Isolamento das fachadas aos sons aéreos

O som é transmitido da sua fonte emissora para os espaços adjacentes por múltiplos caminhos, envolvendo a transmissão por via aérea e a transmissão pelos elementos estruturais. Normalmente no dimensionamento das paredes considera-se como principal característica, o isolamento das mesmas à transmissão dos sons aéreos. O isolamento aos sons de percussão é normalmente tido mais em conta no isolamento dos pavimentos.

No processo de transmissão sonora entre dois locais há que distinguir entre a que se verifica directamente através do elemento separador entre eles, e a que ocorre pelo contorno através de outros elementos que lhes estejam interligados. A primeira designa-se de transmissão directa e a segunda, de transmissão marginal. As diferenças entre valores do isolamento sonoro de um mesmo elemento quando a sua determinação é feita em laboratório ou em obra, normalmente devem-se à transmissão marginal em obra [45].

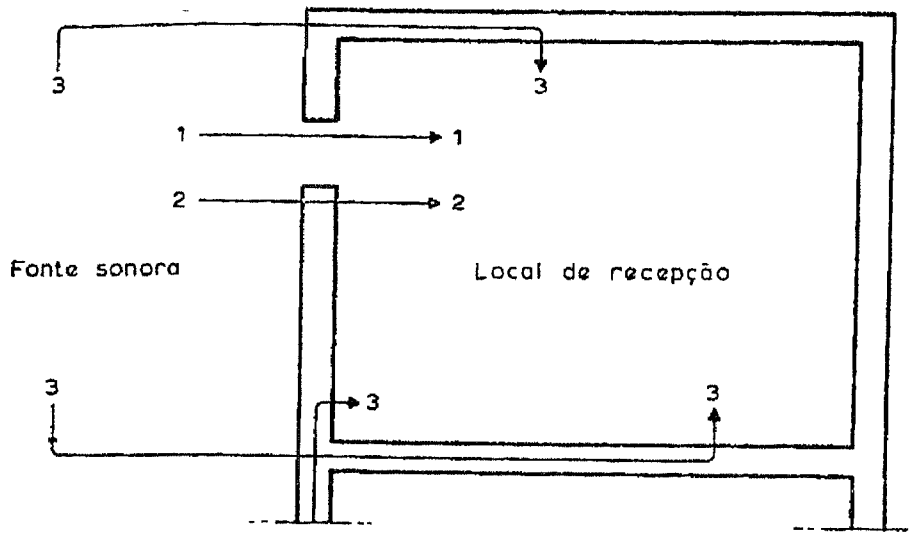


Fig. 2.63 – Processos de transmissão dos sons aéreos [45]

Quadro 2.29 - Exemplos de índices de isolamento sonoro para os sons de condução aérea (Ia) em alguns tipos de alvenarias [45]

Tipo de parede	*Espessura (cm)*	*Ia (dB)*
Simples, em blocos de betão de argila expandida, rebocados.	14	40
Simples, de alvenaria de tijolo.	9	40
Simples, de alvenaria de tijolo.	13	46
Simples, de alvenaria em blocos de betão normal.	9	45
Simples, de betão armado.	10	48

A capacidade de isolamento aos sons aéreos dos materiais, depende fundamentalmente da sua massa. Para um dado material, a duplicação da sua massa, resulta num acréscimo de isolamento de 6 dB. Desta forma, quanto mais pesado for um material, maior será a sua capacidade de isolamento.

Constata-se que para a generalidade dos materiais usados na construção de paredes exteriores em panos simples e para as espessuras habituais, as paredes por si só têm capacidade de isolamento aos sons aéreos suficiente para que se cumpra o Regulamento Geral Sobre o Ruído. Porém, a inserção nas fachadas de portas e janelas, dependendo do seu tipo e

da sua qualidade, podem comprometer o bom desempenho daquelas. As frinchas nestes elementos são responsáveis por grandes perdas de isolamento. Para uma porta pesada com área de $2m^2$, constata-se que o seu isolamento sonoro varia desde 36 dB até 26 dB consoante as larguras das frinchas variem entre 0,5mm e 5,0mm.

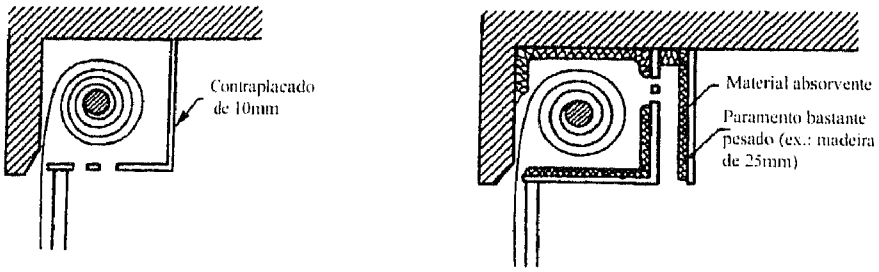
Não faz sentido pensar na capacidade de isolamento de uma parede, sem pensar na da(s) respectiva(s) caixilharia(s). A título de exemplo, uma parede que possua um isolamento acústico de 35 dB e em que 7% da área da mesma seja preenchida por uma porta, para que se consiga manter esse isolamento a porta deverá ser pesada e possuir vedante de frincha no contorno. As janelas são um elemento particularmente fragilizante da fachada uma vez que para vidros de espessura vulgar e caixilhos normais, o índice de isolamento sonoro é baixo.

Quadro 2.30 - Índice de isolamento sonoro de elementos envidraçados [45]

DESCRIÇÃO	*Índice de isolamento sonoro (dB)*
Qualquer tipo de janela quando aberta.	≅ 10
Janelas comuns (qualquer tipo de vidro), sem vedação de frincha no contorno.	até 20
Janelas com vedação de frincha e vidro de 6mm de espessura.	até 25
Janela fixa, com vidro de 12mm de espessura.	até 30
Janela fixa, com vidro de 24mm de espessura.	até 35
Janela dupla (caixa de 15 a 20cm, tratada, com vedação de frincha e qualquer vidro)	até 40

A eventual existência de fissuras nas alvenarias ou de juntas de argamassa mal executadas em alvenarias aparentes, serão responsáveis pela diminuição do isolamento acústico da fachada [9].

As caixas de estores podem ser responsáveis por uma grande perda do isolamento acústico das fachadas. Caixas mal concebidas, podem provocar uma diminuição entre 4 a 5 dB (A) do índice acústico da fachada aos sons aéreos. De preferência, devem ser colocadas pelo exterior das fachadas sendo estas apenas atravessadas pelo respectivos comandos [29].



Mau isolamento

Bom isolamento

Fig. 2.64 – Exemplos de caixas de estores interiores mal e bem concebidas [29]

Outro tipo de elementos a considerar no isolamento acústico das fachadas, são os dispositivos de ventilação. Devem-se usar dispositivos existentes no mercado cujas características de isolamento sonoro aos sons aéreos sejam conhecidas. De preferência, o respectivo índice de isolamento deverá ser igual ou superior ao da fachada, antes da sua aplicação.

2.5.3 Legislação

A anterior legislação portuguesa sobre o ruído (Regulamento Geral Sobre o Ruído) considerava os locais para implantação dos edifícios como pouco ruidosos, ruidosos e muito ruidosos. Se por um lado esta classificação existia e se as fachadas deviam ter uma constituição que satisfizesse as exigências em função da sua localização, por outro lado ainda falta classificar ao nível das autarquias, o território nacional [43]. Desta forma, a aplicação do actual regulamento fica restringida a não ser que se façam medições nos locais interessados ou se opte por utilizar os factores mais penalizantes.

As características de isolamento sonoro a que as paredes exteriores dos edifícios terão actualmente de obedecer, são as indicadas no quadro 2.32.

Quadro 2.31 - Classificação dos locais para implantação de edifícios, segundo o Regulamento Geral sobre o Ruído [44]

Locais pouco ruidosos	Locais que satisfaçam os seguintes níveis sonoros: $L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 7 horas e as 22 horas; e $L_{50} \leq 55$ dB (A) entre as 22 horas e as 7 horas.
Locais ruidosos	Locais que não estão contemplados na definição de locais pouco ruidosos e que satisfaçam a: $L_{50} \leq 75$ dB (A) entre as 7 horas e as 22 horas; e $L_{50} \leq 65$ dB (A) entre as 22 horas e as 7 horas.
Locais muito ruidosos	Locais que não estão contemplados nas definições de locais pouco ruidosos e de locais ruidosos
L_{50} – Nível sonoro do ruído que é excedido num período de referência em 50% da duração deste.	

Quadro 2.32 - Características de isolamento sonoro a que terão de obedecer as paredes exteriores dos edifícios [44]

	Habitação R_{45}	*Escolas* R_{45}	*Ensino de deficientes auditivos* R_{45}	*Hospitais ou similares* R_{45}	*Ruído no interior dos edifícios para actividades que requeiram concentração e sossego*	*Indústria, Comércio e Serviços*
Locais pouco ruidosos	≥ 25 dB	≥ 25 dB	≥ 35 dB	≥ 30 dB	$L_{50} \leq 60$ dB (A)	Leq – L_{95} ≤ 10 dB (A)
Locais ruidosos	≥ 30 dB	Não admissível	Não admissível	Não admissível		
Locais muito ruidosos	≥ 35 dB	Não admissível	Não admissível	Não admissível		
R_{45} – Isolamento sonoro das paredes exteriores dos edifícios; L_{50} – Nível sonoro do ruído que é excedido num período de referência em 50% da duração deste; L_{95} – Nível sonoro do ruído que é excedido num período de referência em 95% da duração deste; Leq – Nível sonoro contínuo equivalente corrigido dos ruídos proveniente dos edifícios em causa.						

As normas Belgas são mais selectivas, ao proporem o isolamento mínimo das fachadas em função do tipo de compartimentação exposta ao ruído. Ao contrário da legislação nacional,

são indicados não só valores mínimos para o isolamento acústico das fachadas como valores considerados de conforto.

Quadro 2.33 – Categorias de isolamento acústico recomendadas pela legislação Belga [15]

Categorias de isolamento acústico recomendados					
Habitação		*Quarto*	*Sala de estar; Sala de jantar*	*Cozinha; Quarto de banho*	
Escolas		*Biblioteca Sala de estudo*	*Salas para o ensino superior*		*Salas de aula correntes*
Escritórios		*Locais com poucas pessoas: direcção*	*Locais com poucas pessoas: quadros técnicos*		*Locais com muitas pessoas*
Categorias de ruídos exteriores	1	-	-	-	-
	2	V_c^b	V_d^c	V^d	V^d
	3	V_b^a	V_c^b	V_d^c	V_d^c
	4	V_a^a	V_b^a	V_d^c	V_c^b
As categorias de isolamento acústico variam desde um mínimo (evitando uma situação em geral considerada inconfortável) do índice inferior, até um valor de conforto (satisfazendo a maior parte das pessoas) representado pelo índice superior.					

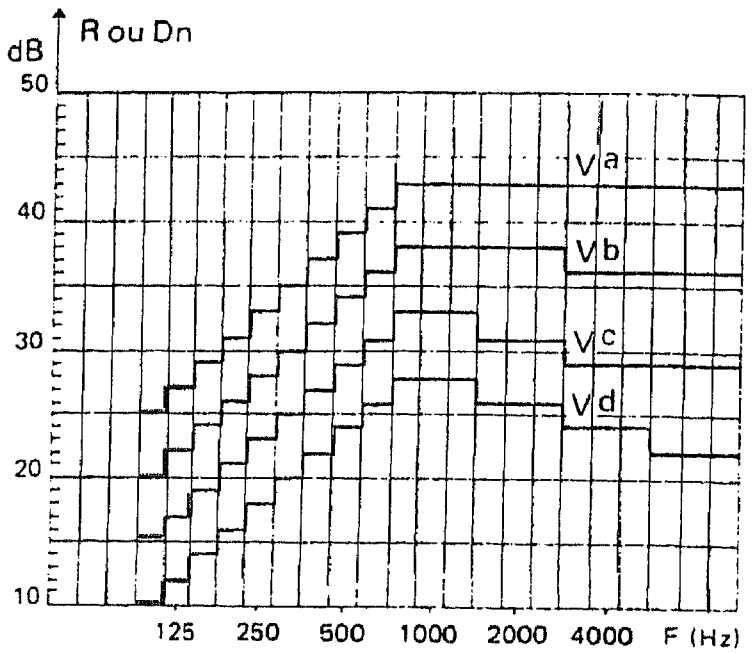


Fig. 2.65 – Categorias de isolamento térmico, segundo a legislação Belga [15]

Quadro 2.34 - Categorias de ruído exterior, segundo a legislação Belga [15]

Categoria 1: Leq ≤ 55 dB(A)	Bairros residenciais rurais ou suburbanos situados a mais de 500m de todas as vias de circulação importantes.
Categoria 2: 55 dB(A) < Leq ≤ 65 dB(A)	Bairros residenciais urbanos; bairros residenciais rurais ou suburbanos situados a menos de 500m de uma via de circulação importante.
Categoria 3: 65 dB(A) < Leq ≤ 75 dB(A)	Zona afecta a indústrias ligeiras; bairros destinados à habitação e ao comércio; bairros situados a mais de 5 km e a menos de 10 km de um aeródromo.
Categoria 4: 75 dB(A) < Leq	Centro de cidades; bairros situados perto de estradas com muito tráfego ou de auto-estradas; bairros situados a menos de 5km de um aeródromo; zona afecta a industrias pesadas.

Publicações francesas [29] recomendam algumas soluções construtivas, em função do ruído exterior que envolve a construção. Essas recomendações são apresentadas no quadro 2.35.

Quadro 2.35 - Soluções construtivas de fachadas segundo as normas francesas, de acordo com as zonas [29]

Zonas particularmente barulhentas Leq > 78 dB(A)	- Janelas duplas com vidros espessos e com grandes intervalos entre eles. Ex: Caixilharia em madeira ou em PVC com vidros de 8mm e espaço de 135mm entre janelas, com material absorvente disposto no enquadramento entre elas; - No máximo, 20% de superfície envidraçada; - Exclusão de janelas com folhas de correr; - Entradas de ar muito estudadas; - Superfícies opacas, R > 62 dB(A)
Zonas muito barulhentas 73 dB(A) < Leq < 78 dB(A)	- Janelas duplas (ex: vidros de 6 e 8mm estando as janelas afastadas entre si de 120mm. Ou,: vidros de 4 e 8mm estando as janelas afastadas de 200mm); - No máximo, 25% de superfície envidraçada; - Evitar janelas com folhas de correr; - Entradas de ar muito estudadas; - Superfícies opacas, R > 54 dB(A)
Zonas barulhentas 68 dB(A) < Leq < 73 dB(A)	- Janelas simples com juntas tratadas mas com vidro duplo do tipo 10-6-4 e boa caixilharia; - No máximo, 40% de superfície envidraçada; - Se existirem janelas com folhas de correr, o caixilho deverá ser tratado; - Entradas de ar estudadas; - Superfícies opacas, R > 49 dB(A)
Zonas menos barulhentas 63 dB(A) < Leq < 68 dB(A)	- Janelas simples de vidro espesso ou de vidro duplo do tipo 4-6-4 se a percentagem de zona envidraçada for grande. As juntas das janelas devem ser de boa qualidade; - Entradas de ar estudadas; - Superfícies opacas, R ≥ 43 dB(A)

2.6. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

2.6.1 Introdução

A finalidade da segurança contra incêndios é não só o de garantir aos ocupantes dos edifícios segurança em caso de incêndio, como também limitar os danos causados quer aos próprios edifícios, quer aos edifícios adjacentes.

Assim, os elementos construtivos devem ser concebidos de forma a impedir a propagação do incêndio durante o maior período de tempo possível, que não poderá ser inferior aos limites fixados pela legislação.

Até à data da publicação em 1990 dos Regulamentos de Segurança contra Incêndios em Edifícios para Habitação e de Estabelecimentos Comerciais, apenas o RGEU [6] nalguns artigos previa a segurança contra incêndios dos edifícios.

No RGEU, as indicações sobre a segurança contra incêndios era genérica, não caracterizando de uma forma precisa as qualidades e resistências mínimas dos materiais ao fogo. Essas indicações manifestamente insuficientes, aplicavam-se a todo o tipo de edifícios não individualizando as particularidades de cada um.

Neste contexto e com a adopção das Directivas do Conselho das Comunidades Europeias em 1989, surgem os actuais regulamentos de segurança contra incêndio que se aplicam a variados tipos de edifícios tendo todos, os seguintes objectivos [46]:

- assegurar a estabilidade dos edifícios por período de tempo determinado;
- dificultar a propagação do fogo e do fumo no interior dos edifícios;
- limitar a transmissão do fogo para os edifícios vizinhos;
- possibilitar a evacuação dos edifícios em condições de segurança;
- facilitar a intervenção dos serviços de socorro.

2.6.2 Reacção ao fogo dos materiais de construção

Os materiais a serem sujeitos a ensaios para a determinação a sua reacção ao fogo, dividem-se em quatro grupos:

- Grupo A – Materiais flexíveis de espessura não superior a 5mm aplicados sem ligação superficial directa sobre um elemento de suporte (Ex: cortinados, reposteiros, coberturas de lona, etc.);

- Grupo B – Materiais flexíveis de espessura superior a 5mm ou materiais rígidos aplicados sem ligação superficial directa sobre um elemento de suporte (ex: forros de tectos, tectos falsos, apainelados confinando espaços de ar, etc.);

- Grupo C – Pinturas e revestimentos de paredes ou de tectos assentes em toda a sua extensão sobre o elemento de suporte;

- Grupo D – Revestimentos de piso assentes, em toda a sua extensão, sobre o elemento de suporte.

Consoante os grupos a que os materiais pertençam, serão sujeitos a determinados tipos de ensaios a executar de acordo com a especificação do LNEC E365-1990. Esses ensaios e a forma de os realizar, são iguais aos previstos pelas normas Francesas.

Consoante o comportamento dos materiais durante esses ensaios, serão classificados da seguinte forma:

- M0 – Materiais não combustíveis (não ardem);

- M1 – Materiais não inflamáveis (ardem sem chama) ;

- M2 – Materiais dificilmente inflamáveis (ardem com chama);

- M3 – Materiais moderadamente inflamáveis;

- M4 – Materiais facilmente inflamáveis.

Classificação de reacção ao fogo de alguns materiais:

Betões, fibrocimento, vermiculite e argila expandida	- M0
Pedras naturais	- M0
Vidro	- M0
Metais e ligas metálicas	- M0
Produtos cerâmicos	- M0
Madeiras e derivados de madeira	- M3 – M4
Argamassas, Betonilhas e Estuques sem pinturas	- M0
Pedras ou produtos cerâmicos	- M0
Tacos de madeira (e < 6mm)	- M4

Tacos de madeira (e ≥ 6mm)	- M3
Alcatifas	- M4 – M3
Aglomerados de cortiça	- M4 – M3
Tecidos ignifugados	- M2 – M1
Tecidos	- Superior a M4
PVC rígidos	- M2 – M1
PVC deformáveis	- M4 – M2
Poliuretanos	- M4 – M1
Polisterenos	-M4

Para além da reacção ao fogo dos materiais, existem também outros parâmetros muito importantes de forma a determinar até que ponto em caso de incêndio um material se vai comportar de uma forma mais ou menos inócua. Esses parâmetros são:

- produção de fumo

O incêndio provoca o desenvolvimento de fumo que contribui para parte da sinistralidade entre os residentes de um edifício. O fumo ao provocar a desorientação das pessoas pode em situações extremas, impossibilitar a fuga para o exterior.

Existem vários indicadores que para determinado material e determinado local, traduzem o seu potencial desenvolvimento de fumo, tais como:

- obscurecimento da luz;
- densidade óptica do fumo;
- densidade unitária de fumo;
- visibilidade;
- potencial de fumo.

- produção de gases (toxicidade de um material)

Os incêndios possuem como característica principal, o grande desenvolvimento de produtos gasosos tóxicos ou asfixiantes provenientes da combustão dos materiais utilizados no ambiente em que ocorre o fogo, causando a maioria das eventuais vítimas fatais do sinistro [47]. É então importante que existam indicadores que quantifiquem a perigosidade de um material em caso de incêndio, tais como:

- toxicidade de um ambiente;
- índice de toxicidade de um material.

Estes parâmetros que são tão importantes em caso de incêndio (o fumo e os gases tóxicos são responsáveis por 80% das mortes), ainda não se encontram devidamente regulamentados e quantificados na generalidade dos actuais regulamentos nacionais contra incêndios.

2.6.3 Resistência ao fogo de elementos de construção

A especificação do LNEC E364 [48], fixa os métodos de ensaio que permite determinar a resistência ao fogo dos elementos de construção, e define os correspondentes critérios de classificação.

A resistência ao fogo dos elementos de construção, é enquadrada numa classificação que compreende três classes associadas à atribuição de resistência e dentro de cada classe, dez escalões de tempo. As classes de resistência ao fogo, são [48]:

- classe EF (estável ao fogo) - aplicável a elementos a que se exigem somente funções de suporte (inclui também a exigência de estabilidade ao fogo). Considera-se que se dá o esgotamento da capacidade resistente de um elemento construtivo, quando as flechas ou extensões de encurtamento desse elemento sujeito a determinadas temperaturas, excedem valores limites descritos na especificação do LNEC;

- classe PC (pára-chamas) - aplicável a elementos a que se exigem funções de compartimentação no que respeita apenas à estanquidade às chamas. Considera-se a perda de estanquidade dos elementos pára-chamas, quando a perda de estanquidade ao fogo, à emissão de gases quentes e de gases combustíveis se verificam de acordo com os procedimentos da especificação do LNEC;

- classe CF (corta-fogo) - aplicável a elementos a que se exigem funções de compartimentação tanto no que respeita a estanquidade às chamas como ao isolamento térmico (inclui também a exigência de estabilidade ao fogo). A perda de isolamento térmico dá-se quando a temperatura do elemento na face oposta ao fogo, excede os valores descritos na especificação acima mencionada.

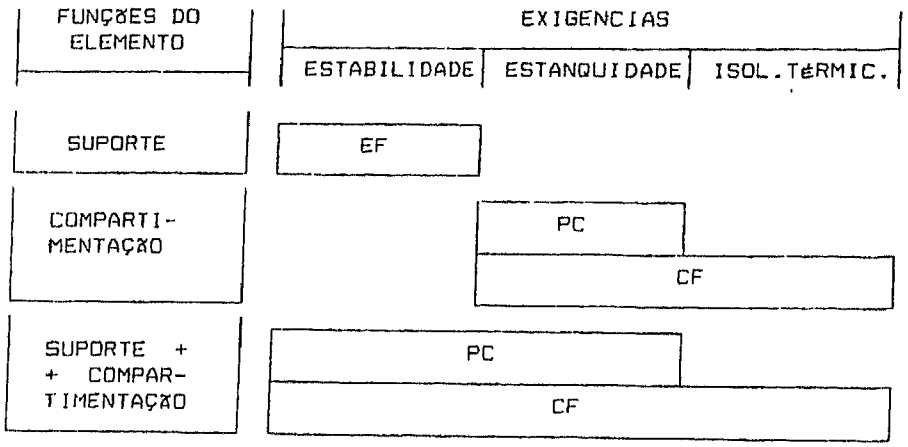


Fig. 2.66 – Resistência ao fogo de elementos de construção [47]

Os escalões de tempo associados a cada classe de resistência ao fogo, são:

0 (Inferior a 15 min)	90 (90 a 119 min)
15 (15 a 29 min)	120 (120 a 179 min)
30 (30 a 44 min)	180 (180 a 239 min)
45 (45 a 59 min)	240 (240 a 359 min)
60 (60 a 89 min)	360 (igual ou superior a 360 min)

Os escalões são definidos pelo seus limites inferiores.

Elementos construtivos que abranjam mais do que uma classe de resistência ao fogo com vários escalões de tempo para cada classe, são classificados pela classe mais abrangente e pelo menor escalão de tempo. Exemplo [48]:

- um pavimento de resistência ao fogo igual a 65 min por perda de estanquidade, igual a 100 min por perda de isolamento térmico e igual a 132 min por esgotamento da capacidade resistente, é da classe CF 60;

A resistência ao fogo de algumas soluções construtivas de paredes é referida nos quadros 2.36 e 2.37.

Quadro 2.36 - Resistência ao fogo de alguns tipos de paredes [47]

PAREDES DIVISÓRIAS DE TIJOLO DE BARRO VERMELHO				
RESISTÊNCIA AO FOGO	ESPESSURA DA PAREDE SEM REVESTIMENTOS (cm)			
	TIJOLOS FURADOS		TIJOLOS MACIÇOS OU PERFURADOS	
	S/ Reves.	C/ Reves.	S/ Reves.	C/ Reves.
CF 30	7	-	-	-
CF 60	11	7	7	-
CF 90	15	11	-	7
CF 120	-	15	11	-
CF 180	22	-	-	11
≥ CF 240	-	22	22	22
Revestimentos – argamassa de cimento ou de gesso de 1,5cm de espessura em cada face.				

PAREDES DIVISÓRIAS DE BLOCOS DE BETÃO NORMAL				
RESISTÊNCIA AO FOGO	ESPESSURA DA PAREDE SEM REVESTIMENTOS (cm)			
	BLOCOS FURADOS		BLOCOS MACIÇOS	
	S/ Reves.	C/ Reves.	S/ Reves.	C/ Reves.
CF 30	10	8	-	-
CF 60	12	-	8	-
CF 90	-	10	10	8
CF 120	15	12	-	10
CF 180	-	15	15	-
≥ CF 240	20-25-30	20-25-30	20-25	15-20-25
Revestimentos – argamassa de cimento ou de gesso de 1,5cm de espessura em cada face.				

PAREDES DIVISÓRIAS DE BLOCOS DE BETÃO DE ARGILA EXPANDIDA				
RESISTÊNCIA AO FOGO	ESPESSURA DA PAREDE SEM REVESTIMENTOS (cm)			
	BLOCOS FURADOS		BLOCOS MACIÇOS	
	S/ Reves.	C/ Reves.	S/ Reves.	C/ Reves.
CF 30	8	-	5	-
CF 60	-	-	-	5
CF 90	10	8	-	-
CF 120	12	10	10	-
CF 180	-	12	-	10
≥ CF 240	15-20-25	15-20-25	15	15
Revestimentos – argamassa de cimento ou de gesso de 1,5cm de espessura em cada face.				

Quadro 2.37 - Resistência ao fogo de alguns tipos de paredes [47]

PAREDES DIVISÓRIAS DE BLOCOS DE BETÃO CELULAR (de 500Kg/m³)		
RESISTÊNCIA AO FOGO	ESPESSURA DA PAREDE SEM REVESTIMENTOS (cm)	
	BLOCOS MACIÇOS	
	S/ Reves.	C/ Reves.
CF 30	-	-
CF 60	5	5
CF 90	-	-
CF 120	7	7
CF 180	10	10
≥ CF 240	15-20-24	15-20-24
Revestimentos – argamassa de cimento ou de gesso de 1,5cm de espessura em cada face.		

PAREDES RESISTENTES DE ALVENARIA				
RESISTÊNCIA AO FOGO	ESPESSURA DA PAREDE SEM REVESTIMENTOS (cm)			
	Tijolo maciço ou perfurado de barro vermelho.	Bloco maciço de betão normal.	Bloco maciço de betão celular	Bloco maciço de betão de argila expandida
CF 30	-	-	-	-
CF 60	11	-	10	10
CF 90	-	15	-	-
CF 120	-	20	-	12
CF 180	-	25	15	-
≥ CF 240	22	-	20-24	15
Revestimentos – os valores não se alteram por aplicação dos revestimentos tradicionais				

2.6.4 Legislação

Da consulta da diversa legislação em vigor de segurança contra incêndio nomeadamente o Regulamento de Segurança Contra Incêndio [49], sintetiza-se nos quadros 2.38 a 2.45 as exigências mínimas a que as paredes exteriores dos edifícios deverão obedecer.

Constata-se, comparando os quadros do ponto 2.6.3 (resistência ao fogo de alguns elementos construtivos) e os quadros agora referidos, que para que se cumpram as exigências mais severas da legislação aplicável, a segurança contra incêndio não é para os materiais tradicionais o factor mais importante na definição das espessuras das paredes exteriores dos edifícios.

Quadro 2.38 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de habitação deverão obedecer

EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO				
	Unifamiliares	*Multifamiliares*		
		Altura ≤ 9m	9m < Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	EF 30	EF 30	EF 60	EF 90
Revestimento exterior	M3	M3	M2	M1
Caixilharias e estores	M3	M3	M3	M2
Empenas	CF 60	CF 60	CF60	CF 90
(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.				

Quadro 2.39 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos estabelecimentos comerciais deverão obedecer

ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS				
	Só R/C sem Cave	Altura ≤ 9m	9m ≤ Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	-	EF 30	EF 60	EF 90
Revestimentos interiores	Devem possuir características que não constituam risco particular relativamente à propagação de um incêndio e à propagação de fumos e gases tóxicos.			
Revestimentos interiores - Caminhos de evacuação (2)	M2	M2	M2	M2
(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente (2) – Apenas no caso da fachada fazer parte do caminho de evacuação. Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.				

Quadro 2.40 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de serviços públicos deverão obedecer

EDIFÍCIOS DE SERVIÇOS PÚBLICOS
Se as fachadas fizerem parte de caminhos de evacuação, os revestimentos interiores deverão ser no mínimo da classe M2.

Quadro 2.41 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos parques de estacionamento cobertos deverão obedecer.

PARQUES DE ESTACIONAMENTO COBERTOS			
	Menos de dois pisos acima ou abaixo do nível de referência	Dois pisos acima ou abaixo do nível de referência	Mais de dois pisos acima ou abaixo do nível de referência
Função suporte (1)	EF 30	EF 60	EF 90
Fachadas sem aberturas	Não sujeitas à satisfação de exigências de resistência ao fogo		
	CF 60 - Distem menos de 8m de paredes de edifícios fronteiros		
Fachadas com aberturas	CF 60 - Distem menos de 8m de paredes de edifícios fronteiros ou formem um diedro de abertura inferior a 135° com paredes de edifícios confinantes.		
Paredes que separam os parques de outros edifícios	CF 90 – Se a altura da parte do edifício não ocupada pelo parque, expressa pela diferença entre as cotas dos seus pisos extremos susceptíveis de ocupação permanente, for inferior a 9m.		
	CF 120 – Se a altura da parte do edifício não ocupada pelo parque, expressa pela diferença entre as cotas dos seus pisos extremos susceptíveis de ocupação permanente, estiver compreendida entre 9m e 28m.		
	CF 180 – Se a altura da parte do edifício não ocupada pelo parque, expressa pela diferença entre as cotas dos seus pisos extremos susceptíveis de ocupação permanente, ser superior a 28m e inferior a 60m.		
Revestimentos interiores	M0		
Revestimentos interiores - Caminhos de evacuação	M2	M2	M2	M2
(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.				

Quadro 2.42 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de empreendimentos turísticos deverão obedecer.

EDIFÍCIOS DE EMPREENDIMENTOS TURÍSTICOS E ESTABELECIMENTOS DE RESTAURAÇÃO E DE BEBIDAS				
	Só R/C sem Cave	Altura ≤ 9m	9m < Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	Sem exigência	EF 30	EF 60	EF 90
Revestimento interior (se pertencentes a caminhos de evacuação)	M2	M2	M2	M2
(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.				

Quadro 2.43 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de tipo hospitalar deverão obedecer.

EDIFÍCIOS DE TIPO HOSPITALAR			
	Altura ≤ 9m	9m < Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	EF 30	EF 60	EF 90
Diedros de abertura inferior a 135° (2)	PC 30	PC 30	PC 60
Zonas côncavas de fachadas curvas com raio de curvatura inferior a 3m	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja < 8m de edifícios vizinhos	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja ≥ 4m de edifícios vizinhos e < 8m	-	PC 60	PC 60
Revestimento exterior	M3	M3	M1
Caixilharias, estores e elementos transparentes	M3	M3	M2
Empenas	CF 60	CF90	CF 90
(1) - Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente. Em edifícios com altura inferior a 9m, a indicação é dispensável desde que se verifiquem certas condições previstas na legislação aplicável. Para alturas superiores a 60m no mínimo, EF120. (2) – Numa faixa definida na legislação. Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.			

Quadro 2.44 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios de tipo administrativo deverão obedecer.

EDIFÍCIOS DE TIPO ADMINISTRATIVO			
	Altura ≤ 9m	9m < Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	EF 30	EF 60	EF 90
Diedros de abertura inferior a 135° (2)	PC 30	PC 30	PC 60
Zonas côncavas de fachadas curvas com raio de curvatura inferior a 3m	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja < 8m de edifícios vizinhos	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja ≥ 4m de edifícios vizinhos e < 8m	-	PC 60	PC 60
Revestimento exterior	M3	M3	M1
Caixilharias e estores	M3	M3	M2
Empenas	CF 60	CF90	CF 90
(1)- Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente. Em edifícios com altura inferior a 9m, a indicação é dispensável desde que se verifiquem certas condições previstas na legislação aplicável. Para alturas superiores a 60m no mínimo, EF120. (2)– Numa faixa definida na legislação. Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.			

Quadro 2.45 – Exigências mínimas de segurança contra incêndio a que as paredes exteriores dos edifícios escolares deverão obedecer.

EDIFÍCIOS ESCOLARES			
	Altura ≤ 9m	9m < Altura ≤ 28m	Altura > 28m
Função suporte (1)	EF 30	EF 60	EF 90
Diedros de abertura inferior a 135° (2)	PC 30	PC 30	PC 60
Zonas côncavas de fachadas curvas com raio de curvatura inferior a 3m	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja < 8m de edifícios vizinhos	PC 60	PC 60	PC 60
Fachadas cuja distância seja ≥ 4m de edifícios vizinhos e < 8m	-	PC 60	PC 60
Revestimento exterior	M3	M3	M1
Caixilharias e estores	M3	M3	M2
Empenas	CF 60	CF90	CF 90
(1)- Apenas considerar esta indicação se as fachadas forem em alvenaria resistente. Em edifícios com altura inferior a 9m, a indicação é dispensável desde que se verifiquem certas condições previstas na legislação aplicável. Para alturas superiores a 60m no mínimo, EF120.			
(2)– Numa faixa definida na legislação.			
Nota: Embora estes sejam os condicionalismos principais na escolha dos materiais constituintes das fachadas, a legislação prevê outras situações que devem ser verificadas.			

2.7 A SUSTENTABILIDADE DOS EDIFÍCIOS E A ESCOLHA DOS MATERIAIS

Os materiais a usar na construção devem ser amigos do ambiente, promover o bem estar no interior dos edifícios e não serem prejudiciais a saúde humana [22].

Os materiais usados na construção não só consomem recursos e energia como promovem a poluição do ar e das águas e produzem resíduos sólidos. Depois de assentes requerem manutenção ou substituição ao longo da vida da construção. Quando os edifícios são demolidos, os resíduos são dispostos nos terrenos. Desta forma, os materiais que minimizem o uso de recursos naturais e que sejam duráveis ou reusáveis, contribuem para a prática da sustentabilidade dos edifícios.

Para a selecção dos materiais devemos ter em conta os seguintes factores:

- quantidade gasta - quanto menor for a quantidade de material empregue, mais o edifício se torna eficiente no que respeita ao uso dos recursos. Quanto menos produto se adquirir ou se usar de forma mais eficiente, melhor;

- reutilização dos materiais - na reabilitação de edifícios por vezes é fácil a recuperação de alguns dos materiais existentes, de forma a usá-los novamente. O gasto com a mão-de-obra pode ser compensado com a poupança na aquisição de novos materiais;

- materiais reciclados - dentro do possível, deveriam ser empregues materiais reciclados;

- renovação dos recursos - determinados materiais tais como a madeira, fibras de plantas, etc. são renováveis ao fim de determinado número de anos. O uso deste tipo de produtos deve ser feito tendo em atenção o princípio da sustentabilidade de renovação dos recursos naturais;

- vida útil e necessidade de manutenção - durante a vida útil de um edifício parte dos materiais terão de ser substituídos ou reparados. Estes custos devem ser contabilizados aquando da simulação do custo global do edifício. O custo inicial suplementar de se usarem materiais mais duráveis pode ser largamente recompensado a longo prazo, não só monetariamente, mas também ecologicamente ao produzir-se menos quantidade de desperdícios;

- recuperação e reciclagem - depois de um determinado material ter desempenhado o papel para o qual foi concebido, tem potencialidades como recurso para mais tarde ser recuperado ou reciclado. Os metais são recicláveis se forem separados de acordo com o tipo de metal. 50% a 70% da energia e da poluição resultante da produção do aço pode ser evitada se for usada a recente tecnologia de reciclagem. No que respeita ao alumínio, 85% pode ser evitado por fusão do material. A maior parte dos plásticos é reciclável. Contudo, devido à dificuldade de separação da grande variedade de plásticos existentes e aos processos de protecção e colagem destes materiais, a reciclagem torna-se difícil. Os vidros são recicláveis se separados e não contaminados. A fusão do vidro em pouco reduz a poluição e o consumo de energia no seu reaproveitamento. Os grandes maciços de madeira são na serração facilmente recicláveis. Madeiras usadas em estruturas e em painéis são propícias a serem recuperadas e usadas novamente, particularmente se forem facilmente desmontáveis. O betão, tijolo, e outros produtos usados nas alvenarias tais como cerâmicos, muito dificilmente são recuperados e reusados. Normalmente são empregues nos pavimentos das estradas, depois de serem triturados.

2.8. OUTRAS EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

2.8.1 Permeabilidade ao ar

Esta questão relaciona-se exclusivamente com o dimensionamento das caixilharias. A permeabilidade ao ar de uma janela é caracterizada pela curva que indica o caudal de ar que atravessa a janela, expresso em m3/h, em função da diferença de pressão entre as duas faces.

As janelas, segundo esta característica de permeabilidade ao ar, podem ser classificadas em três categorias, **A1**, **A2**, e **A3**, por ordem crescente de estanquidade. As janelas cuja permeabilidade ao ar seja inferior ao máximo especificado para a classe A1 não são classificadas. Por outro lado as directivas da UEAtc (Union Européenne pour l'Agrément Technique dans la Construction) sugerem que a permeabilidade ao ar seja limitada, especialmente com vento forte, a fim de não haver perdas térmicas excessivas e de não se verificarem correntes de ar incómodas para os ocupantes.

Particularmente no caso de janelas de concepção recente ou realizadas com novos materiais, é conveniente medir a permeabilidade ao ar quando a janela separa dois ambientes cujas condições higrotérmicas sejam diferentes.

De um modo geral, as características que correspondem às classes A2 e A3 só poderão ser obtidas de forma segura e permanente por meio de dispositivos complementares de estanquidade. VIEGAS, J. C. e BRÁS, A. J [50], tratam devidamente esta questão propondo consoante a localização do edifício, a classe de caixilharia a usar.

2.8.2 Segurança ao contacto

O contacto entre os utentes de um edifício e as superfícies das paredes, não devem originar ferimentos naqueles. Desta forma a existência de arestas cortantes, de rebarbas e de saliências perigosas, deve ser banida. A rugosidade das superfícies não pode provocar lesões por atrito.

2.8.3 Segurança contra a intrusão

Embora esta questão se prenda mais com os vãos, a dificuldade de desmontagem ou de corte das alvenarias deve ser tal, que dificulte a intrusão humana ou animal.

2.8.4 Estanquidade à neve e a matérias em suspensão no ar

Para uma determinada pressão limite de estanquidade (a definir), a fachada não deve permitir a passagem para o interior do edifício, de elementos em suspensão.

2.8.5 Emissão de odores

Os materiais que constituem as paredes devem evitar que se formem odores transmissíveis ao interior dos edifícios. A normalização Belga [15] considera uma escala de apreciação dos odores de 0 a 4, segundo a seguinte classificação:

Indetectável – 0 ; Dificilmente detectável – 1 ; Facilmente detectável – 2 ; Incomodativo – 3 ; Irritante - 4

Recomenda-se que para uma opinião média de dez pessoas, o valor seja igual ou inferior a 1,5.

2.8.6. Aspecto das fachadas [15]

2.8.6.1 Tolerâncias locais [17]

Os desvios das distâncias entre dois elementos construtivos vizinhos (como por exemplo a distância entre dois muros) antes dos revestimentos, não devem ser superiores a 2cm (para mais ou para menos).

Os desvios em relação às cotas de dimensionamento de um elemento construtivo antes da aplicação dos revestimentos (como por exemplo a espessura de uma parede) devem ser inferiores a 1cm (para mais ou para menos).

Os desvios de verticalidade de uma fachada correspondentes à altura de um piso, devem ser inferiores a 1,5cm (quer para as alvenarias rebocadas, quer para as alvenarias aparentes).

2.8.6.2 Rectidão das arestas e planeza das superfícies

- Rectidão das arestas [15]:

A medição dos desvios de posicionamento relativamente ao alinhamento médio da aresta, deve ser igual ou inferior a 5mm.

- Planeza da superfície [15]:

Medem-se os desvios de posicionamento em relação a um plano definido por três vértices da superfície. Os desvios devem ser inferiores aos indicados no quadro 2.46.

Quadro 2.46 – Desvios máximos de planeza de superfície admissíveis [15]

Dimensões	≤ 4m	5m	6m	≥ 7m
Desvios máximos	8mm	10mm	12mm	14mm

- Planeza local [15]:

Os desvios de planeza local medem-se por intermédio de uma régua de 1m de comprimento. No seu movimento ao longo da fachada, os desvios devem ser inferiores a 4mm.

O DTU 20.1 [17], consoante os materiais que constituem as alvenarias, indica os desvios máximos admissíveis.

2.8.6.3 Defeitos das superfícies

A existência de bossas, de covas, de descolamentos e de fissuras, deve ser devidamente equacionada. Estas irregularidades devem ser imperceptíveis e a textura da superfície deve ser regular e uniforme. A sua avaliação deve ser feita por exame visual, recorrendo-se a iluminação rasante.

As fissuras visíveis em panos correntes, devem ter uma largura igual ou inferior a 0,2mm.

2.8.6.4 Homogeneidade da cor e do brilho

Existem ensaios laboratoriais que permitem controlar as diferenças de cor e de brilho em vários pontos das paredes. Em função dos resultados, impõem-se limites que resultam da percepção do olho humano [15].

2.8.6.5 Homogeneidade da sujidade

De forma a que a sujidade se distribua de uma forma uniforme no interior das paredes, interessa que as temperaturas superficiais no interior sejam o mais uniformes possível, limitando-se a respectiva heterogeneidade a 1,5. Significa assim que a razão entre os

coeficientes máximo e mínimo de transmissão térmico das paredes deve ser limitada a esse valor [15].

2.8.7 Emissão de substâncias nocivas ou insalubres

Os materiais de construção podem emitir odores, partículas, compostos orgânicos voláteis, adsorver e desadsorver esses compostos. Compostos orgânicos voláteis individualizados podem-se combinar entre si, formando outros químicos. Os compostos orgânicos voláteis misturados com partículas, podem originar problemas de saúde aos ocupantes apenas por exposição ou por inalação. Na presença das quantidades certas de calor e de humidade, alguns materiais fornecem nutrientes que favorecem o desenvolvimento de bolores e de bactérias que produzem compostos orgânicos voláteis microbianos. Estes organismos podem afectar os ocupantes de uma forma adversa, se inalados.

Existe ainda neste campo muita investigação a fazer para a identificação dos gases metabólicos, os seus odores, os micróbios que os produzem e os efeitos dos bolores e fungos sobre o ser humano.

Serão de rejeitar todos os materiais que libertem ou originem substâncias que sejam prejudiciais à saúde humana.

2.8.8. Durabilidade

A durabilidade de uma parede depende da sua resistência aos agentes que usualmente a solicitam. Do seu comportamento, resultará a determinação da sua duração de vida e da programação da execução das manutenções.

2.8.8.1 Resistência aos agentes climatéricos

Deve ser verificada a resistência às variações de temperatura, de humidade, à incidência dos raios solares e do vento. Documentação Belga [15], exprime a resistência das paredes exteriores em função da duração ou dos ciclos de exposição sem que haja deterioração das mesmas. Devem ser feitos ensaios de:

- simulação de combinações de acções climatéricas (períodos de Verão e de Inverno);

- simulação de acções climatéricas isoladas (ciclos de gelo – degelo; humidificação; reaquecimento; raios ultra-violetas; choque térmico).

O ataque dos sulfatos (proveniente das águas do terreno ou do próprio tijolo cerâmico) às argamassas de cimento, deve ser tomado em conta. No caso de alvenarias que permaneçam húmidas durante muito tempo, deverá eventualmente ser usado cimento Portland resistente aos sulfatos [9].

2.8.8.2 Resistência das juntas aos movimentos das fachadas [15]

Pretende-se a existência de um número mínimo de ciclos de movimento das juntas sem que se produzam degradações tais como perdas de aderência, fragilização, rasgos, ou formação de vincos ao longo das mesmas.

2.8.8.3 Resistência à erosão por partículas em suspensão no ar [15]

A resistência à abrasão traduz-se por um coeficiente que resulta da diferença de espessura do revestimento, antes e depois de um ensaio normalizado.

2.8.8.4 Resistência aos agentes químicos presentes no ar [15]

Trata-se de determinar a duração de resistência dos elementos das paredes quando sujeitos à acção dos químicos a que a parede estará sujeita no local da edificação.

2.8.8.5 Resistência a agentes biológicos [15]

Trata-se de determinar o efeito e a resistência dos elementos construtivos ao ataque de fungos, insectos, microorganismos, musgos, raízes e roedores.

2.8.9 Facilidade de execução

O custo de execução das paredes, nomeadamente o das fachadas e empenas, não pode de forma alguma ser menosprezado em relação aos restantes elementos construtivos do edifício. A exigência de produtividade na execução das paredes, passa pela simplificação dos processos construtivos conduzindo assim a um menor dispêndio de mão de obra e a um aperfeiçoamento dos materiais de construção.

Os elementos das paredes devem apresentar uma geometria e massa que facilitem a preensão e o manuseio por um único homem, com uma ou duas mãos, visando a melhoria do rendimento e do assentamento.

A integração na parede de elementos estruturais como pilares, vigas, padieiras, etc., bem como de instalações embutidas, deve ser facilitada durante o estudo das soluções construtivas aplicáveis à execução de paredes [5].

O emprego ou não de argamassa nas juntas horizontais e verticais das alvenarias tem sido discutido. O emprego das argamassas tem a vantagem de suprir algumas carências dos blocos actualmente usados na construção, como sejam:

- a atenuação dos pontos duros de contacto entre as superfícies, locais de concentração de tensões e de origem de fissuração;
- permitirem uma correcção fiada a fiada, da horizontalidade e da verticalidade;
- permitirem uma adaptação à altura exacta da construção;
- contribuírem para a estanquidade ao ar e para o isolamento acústico;
- contribuírem para a estanquidade à água da chuva e reduzirem a possibilidade de infiltrações;
- assegurarem durante a construção a estabilidade da parede.

O futuro aperfeiçoamento quer do sistema de encaixe dos blocos quer da estabilidade dimensional dos elementos durante o fabrico, poderá suprir a utilização da argamassa, podendo-se assistir assim, a uma generalização do assentamento ao traço seco.

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E PORMENORIZAÇÕES DE EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

3.1 INTRODUÇÃO

3.2. MATERIAIS

3.2.1 Pedra natural

3.2.2 Tijolo cerâmico de barro vermelho

3.2.3 Blocos de betão normal

3.2.4 Blocos de betão de agregados leves (grânulos de argila expandida)

3.2.5 Blocos de betão celular autoclavado

3.2.6 Materiais de isolamento térmico

3.2.7 Acessórios para fixação das alvenarias à estrutura

3.3. PORMENORIZAÇÕES DA EXECUÇÃO

3.3.1. Pormenorização comum a todos os tipos de alvenarias

3.3.1.1 Protecção contra a ascensão de humidade por capilaridade proveniente do solo

3.2.1.2. Juntas de assentamento

3.2.1.2.1 Alvenarias revestidas

3.3.1.2.2 Alvenarias aparentes

3.3.1.2.3 Tipos de argamassas

3.3.1.3. Execução dos pontos singulares das alvenarias

3.3.1.3.1 Fundação das paredes

3.3.1.3.2 Ligação das alvenarias a vigas e a lajes

3.3.1.3.3 Montantes em alvenarias resistentes

3.3.1.3.4 Ligação das alvenarias a pilares em betão armado

3.3.1.3.5 Lintéis de vãos (padieiras)

3.3.1.3.6 Peitoris

3.3.1.3.7. Vãos

3.3.1.3.7.1 Tipos de posicionamento das caixilharias nas alvenarias

3.3.1.3.7.2 Tolerâncias no assentamento da caixilharia

3.3.1.3.7.3 Características dimensionais dos vãos na obra de trolha, para receberem caixilharias

3.3.1.3.7.4 Métodos de calafetagem entre o vão e a caixilharia (ou entre o vão e um pré aro)

3.3.1.3.7.5 Condições a respeitar na colocação das calafetagens entre as caixilharias e os vãos

3.3.1.3.7.6 Reforços da alvenaria na zona dos vãos

3.3.1.3.8 Zonas de descarga de acções concentradas

3.3.1.3.9 Uniões em T das alvenarias

3.3.1.3.10 Juntas de dilatação e contracção

3.3.1.3.11 Coberturas em terraço

3.3.2. Pormenorizações específicas de alguns tipos de alvenarias

3.3.2.1 Alvenarias de pedra natural

3.3.2.2 Alvenarias de tijolo

3.3.2.3 Alvenarias em blocos de betão

3.3.2.4 Alvenarias em blocos de betão celular autoclavado

3.3.3. Exemplos de realização de fachadas em alvenaria simples

3.3.3.1 Com isolamento térmico pelo interior

3.3.3.2 Com isolamento térmico pelo exterior

3.3.3.3 Sem isolamento térmico específico

3.3.3.4 Alvenarias armadas

3. MATERIAIS E PORMENORIZAÇÕES DE EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo destina-se a prestar uma informação tecnológica acerca das características e do modo de execução das alvenarias exteriores de edifícios em pano simples. Neste sentido, subdivide-se essencialmente em duas partes.

A primeira parte trata dos materiais existentes no mercado que mais se apropriam à execução de paredes exteriores de alvenaria em pano simples, salientando as suas principais características de desempenho, quando inseridos em paredes. Os aspectos aqui focados são importantes, pois permitem uma selecção exigêncial dos materiais de construção, em função da realidade de exposição das paredes exteriores dos edifícios.

Na segunda parte pretende-se dar um contributo acerca do modo como as paredes exteriores devem ser executadas. Este assunto é muito pertinente uma vez que grande parte das patologias constatadas nas alvenarias exteriores poderiam ser evitadas, se determinados procedimentos de execução fossem seguidos.

3.2. MATERIAIS

3.2.1 Pedra natural

As pedras naturais podem ser classificadas pelo seu formato e origem geológica. As rochas ígneas originam-se pelo arrefecimento e solidificação do magma existente no interior da Terra, sendo a rocha ígnea de emprego mais significativo na construção civil, o granito. As rochas sedimentares como o grés, o xisto e o calcário, resultam do depósito de minerais transportados pela água, provenientes da decomposição das rochas ígneas. Estas rochas, devido à sua estratificação, são menos resistentes do que as ígneas. As rochas metamórficas são de origem sedimentar ou ígnea. Resultam da modificação da sua estrutura após a submissão a elevadas temperaturas ou pressões. O mármore é um exemplo de rocha metamórfica.

Apesar da grande abundância de pedra de natureza diferente, apenas alguns tipos são passíveis de serem usados na construção civil. Para além da facilidade de obtenção, a pedra

usada na construção deve obedecer a requisitos mínimos de resistência mecânica, de dureza, de trabalhabilidade, de porosidade, de durabilidade e de aparência [2].

A resistência mecânica das pedras depende da sua estrutura e da resistência das partículas que as constituem. Em geral quanto mais densas e duráveis foram as rochas, mais resistentes são. Contudo, este critério nem sempre é verdadeiro.

A dureza é uma característica importante uma vez que se relaciona directamente com a trabalhabilidade e a manutenção de aspecto da pedra. Em geral, quanto maior for a dureza menor é a trabalhabilidade e maior será a durabilidade de aspecto. O calcário, sendo uma rocha branda, torna-se muito mais fácil de trabalhar do que o granito que é extremamente duro (o que implica custos diferentes de produção).

A porosidade é uma das principais propriedades a considerar uma vez que influencia a resistência da pedra à acção do gelo e aos ciclos de gelo – degelo. O método de formação das rochas influencia o grau de porosidade das mesmas. As rochas sedimentares formadas por camadas sujeitas a pressões relativamente baixas são mais porosas do que as rochas de origem ígnea ou metamórfica [2].

A durabilidade da pedra, a sua resistência ao desgaste e à exposição ao tempo, dependem do teor de sílica e consequentemente da sua dureza. Esta é talvez a propriedade mais importante da pedra, uma vez que faz depender dela a durabilidade das estruturas (paredes resistentes). Em relação a outros tipos de materiais, a pedra tem em geral um tempo de vida muito superior.

Os blocos de pedra extraídos das pedreiras têm de ser submetidos a várias transformações de forma a obterem-se as pedras com dimensões e formatos propícios à execução das alvenarias. Em alvenaria ordinária para rebocar, as transformações resultam em adaptações de dimensões e na correcção de irregularidades que prejudiquem a formação de planos horizontais e assegurem a regularidade das faces aparentes. Em alvenarias que se destinem a ficar à vista, há que cuidar da regularidade das quatro arestas que ficam à vista. Para a execução de alvenarias aparelhadas, às operações de adaptação há que acrescentar as operações de aparelho das faces aparentes a picão, a ponteiro ou simplesmente escacilhando as arestas [1].

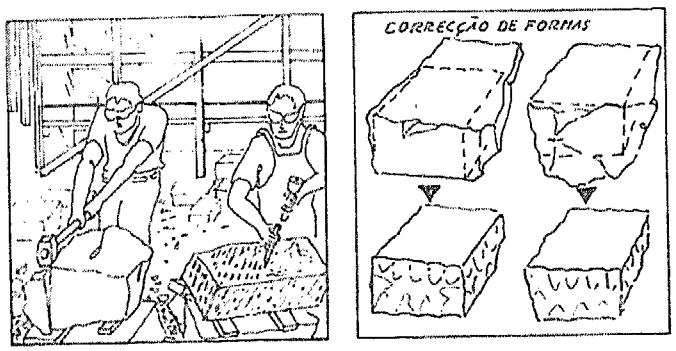


Fig. 3.1 – Adaptação dos blocos de pedra para a execução de alvenarias [1]

Nos quadros 3.1, 3.2 e 3.3, apresentam-se algumas das características das pedras naturais.

Quadro 3.1 - Classificação das rochas, segundo Paz Branco [1]

		Densidade	*Rompe a MPa*	*Aderência, massas*
Ígneas (profundas)	Granitos	2,5 a 3,0	147 a 265	muito boa
	Sienito	2,8	177	boa
	Diorito	2,8 a 3,0	196 a 265	boa
	Gabro	2,7 a 3,0	196 a 265	boa
Eruptivas (superficiais)	Pórfiro	2,7	245	muito boa
	Diabase	3,0	265	muito boa
	Basalto	2,8 a 3,3	294	má
	Meláfiro	2,8 a 3,0	176	aceitável
	Tufos-lava	0,6 a 1,7	3,5 a 59	—
Sedimentares (coerentes)	Alabastro-gesso	2,2 a 2,4	50 a 12	—
	Calcários	1,8 a 2,6	59 a 147	variável*
	Dolomite	2,9	128 a177	instável
	Margas	1,6 a 2,4	—	—
	Conglomerados	1,8 a 2,7	79 a 167	variável
	Brechas	1,8 a 2,7	79 a 167	variável
	Arenites		250a 265	variável
Metamórficas	Mármores	2,4 a 2,8	108 a 176	boa
	Quartzite	2,7 a 3,0	147 a 265	má
	Grés	2,5	30 a 245	boa
	Gnaisse	2,4 a 2,9	147 a 294	aceitável
	Xisto	2,5 a 3,0	78 a 127	má
	Serpentina	2,6	59 a 79	boa

*- de muito boa a instável

Quadro 3.2 - Trabalhabilidade das pedras correntes, segundo Paz Branco [1]

Granitos	Variável agravando-se com o tempo;
Basalto	Muito difícil;
Meláfiro	Idêntico ao granito;
Tufos	Desde muito frágil a muito abrasivo;
Calcários	Variável, predominando os bons calcários;
Brechas	Como os calcários, por vezes frágeis;
Mármore	Boa trabalhabilidade, com raras excepções;
Grés	Muito variáveis e abrasivos.

Quadro 3.3 - Características a que as pedras naturais devem obedecer, segundo as normas americanas ASTM [2]

Tipo de pedra	*Coeficiente de absorção, max. (%) ASTMC97*	*Densidade, min. (lb/cu ft) ASTMC97*	*Resistência à ruptura por compressão min. (psi) ASTM C170*	*Módulo de ruptura. min. (psi) ASTM C99*	*Resistência à abrasão, dureza min. ASTM C241*	*Resistência à flexão, min. (psi) ASTM C880*	*Coeficiente de dilatação térmica (10^{-6}/°F)*	*Módulo de elasticidade (psi)*	*Resistência ao corte (psi)*	*Resistência à ruptura por tracção (psi)*
Mármore										
ASTM C503										
I. Calcite	0.75	162	7,500	1000	10	1000	3.69-12.30	1,970,000-	1638-4812	50-2300
II. Dolomite	0.75	175	7,500	1000	10	1000		14,850,000		
III. Serpentino	0.75	168	7,500	1000	10	1000				
IV. Travertino	0.75	144	7,500	1000	10	1000				
Calcário										
ASTM C568										
I. Baixa densidade	12	110	1,800	400	10	—	2.4-3.0	3,300,000-	900-1800	300-715
II. Média densidade	7.5	135	4,000	500	10	—		5,400,000		
III. Alta densidade	3	160	8,000	1000	10	—				
Granito										
ASTM C615	0.40	160	19,000	1500	—	—	6.3-9.0	5,700,000-	2000-4800	600-1000
								8,200,000		
Arenito (Grés)										
ASTM C616										
I. Grés	20	140	2,000	300	8	—	5.0-12.0	1,900,000-	300-3000	280-500
II. Arenito Quartzito	3	150	10,000	1000	8	—		7,700,000		
III. Quartzito (Azul)	1	160	20,000	2000	8	—				
Ardósia										
ASTM C629	ASTM C121			ASTM C120						
I.Exterior	0.25	—	—	Perpend. ao plano, 9000	8	—	9.4-12.0	9,800,000-	2000-3600	3000-4300
II. Interior	0.24	—	—	No plano, 7200	8	—		18,000,000		

1lb = 0,4536kg ; 1ft = 0,3048m ; 1lb/cu ft = 16,0kg/m³ ; 1 psi = 6,895 kPa ; 1°F = -17,2(2) °C

As características de quatro tipos de paredes em pedra relativamente ao isolamento térmico, à estanquidade à água, ao isolamento ao ruído, e à resistência ao fogo, são as apresentadas no quadro 3.4. Este quadro é organizado conciliando as informações do capítulo 2, com as características dos materiais aí descritos.

Para os materiais apresentados nos pontos seguintes (tijolo cerâmico, blocos de betão, etc.), elaboram-se quadros semelhantes baseados nas mesmas premissas.

Quadro 3.4 - Algumas das características principais de algumas paredes de pedra.

Tipo de parede	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3) [45]	Resistência ao fogo (ver 2.6.4) [47]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [7]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) [51]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [32]	Factor de atraso φ (horas) (ver 2.3.2.4.2) [32]			
Granito com 20cm de espessura sem isolamento térmico específico, sem aberturas e de faces aparentes talhadas	4,4 Demasiado elevado. Necessita de correcção térmica	Dado não disponível	Dado não disponível	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Não possui a espessura mínima necessária. Será necessária a colocação de um isolamento não hidrófilo pelo interior.
Granito com 40cm de espessura sem isolamento térmico específico, sem aberturas e de faces aparentes talhadas	3,4 Demasiado elevado. Necessita de correcção térmica	0,04 Bom factor de amortecimento	12 Ultrapassa o tempo ideal	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Possui a espessura necessária
Granito com 35cm de espessura com aparelho tosco, sem isolamento térmico específico , sem aberturas e rebocado em ambas as faces	3,2 Demasiado elevado. Necessita de correcção térmica	Dado não disponível	Dado não disponível	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Possui a espessura necessária
Granito com 30cm de espessura com aparelho tosco, sem isolamento térmico específico , sem aberturas e rebocado em ambas as faces	3,4 Demasiado elevado. Necessita de correcção térmica	Dado não disponível	Dado não disponível	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Não possui a espessura mínima necessária. Será necessária a colocação de um isolamento não hidrófilo pelo interior

3.2.2 Tijolo cerâmico de barro vermelho

O tijolo cerâmico é o material que maior emprego continua a ter no nosso país na execução quer das alvenarias resistentes, quer nas alvenarias de preenchimento entre elementos estruturais.

No fabrico dos tijolos de barro vermelho são normalmente usados dois tipos de argilas, uma mais plástica ("gorda") e outra menos plástica ("magra"). Desta forma é possível manter uma certa constância nas características do material. Após uma séria de operações preparatórias, a massa passa pelas fieiras que conferem o formato desejado ao tijolo e vai mais tarde a cozer em fornos contínuos a uma temperatura entre 800 e 1000 °C. A qualidade do tijolo depende de todos os passos do fabrico, desde o tipo de argila obtido até à paletização dos elementos [52].

Os tipos de tijolos produzidos no nosso país encontram-se normalizados pelas normas portuguesas NP 80 e NP 834. Em breve entrarão em vigor normas europeias, que regulamentarão as características e os ensaios a que os tijolos serão submetidos (EN 771-1) substituindo as actuais normas em vigor [52].

A norma NP80 define os ensaios e as características a que os tijolos devem obedecer. Os tijolos são classificados da seguinte forma:

- tijolo maciço - Tijolo cujo volume de argila cozida não é inferior a 85% do seu volume total aparente. No caso do tijolo prensado, o leito e o sobreleito podem apresentar rebaixos de fabrico cuja profundidade total não deverá exceder 10% da altura do tijolo, nem a sua área 50% da face correspondente.

- tijolo furado - Tijolo com furos ou canais de qualquer forma e dimensões, paralelos às suas maiores arestas, e tais que a sua área não é inferior a 30% da área da face correspondente nem superior a 75% da mesma área.

- tijolo perfurado - Tijolo com furos perpendiculares ao seu leito e tais que a sua área não é inferior a 15% da área da face correspondente nem superior a 50% da mesma área.

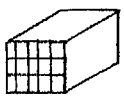
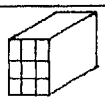
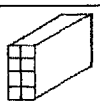
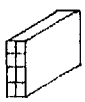
A norma NP 834 normaliza as dimensões do tijolo produzido no nosso país e as respectivas tolerâncias de fabrico.

O assentamento do tijolo a ¼ vez, a ½ vez, a 1 vez, etc., permite obter na execução das paredes, várias espessuras.

Em certos países, designadamente europeus, têm-se desenvolvido pastas cerâmicas e formatos de tijolos diferentes dos tradicionalmente usados em Portugal que permitem de uma forma racional e optimizada a construção de alvenarias resistentes ou não resistentes. Estes elementos são também executados a partir do barro vermelho, mas incorporam geralmente outros elementos que permitem melhorar o seu desempenho térmico. Assim, a mistura na argila de componentes granulares que se gaseificam durante a cozedura do tijolo sem deixar resíduos, permite diminuir a densidade dos elementos. Deste processo, aliado a um estudo aprofundado da geometria do tijolo de forma a melhorar a sua resistência mecânica, resulta um material com bom isolamento térmico e de capacidade resistente elevada.

Alguns sistemas de tijolos importados incorporam uniões tipo macho – fêmea que permitem diminuir os gastos de argamassa e fazem aumentar os rendimentos da mão de obra.

Quadro 3.5 – Dimensões normalizadas do tijolo cerâmico vermelho segundo a norma NP 834 [11]

Designação	*Conformação*	*Dimensões nominais (mm)*		
		Comprimento	Largura	Altura
30 x 20 x 22		295	220	190
30 x 20 x 15		295	150	190
30 x 20 x 11		295	110	190
30 x 20 x 7		295	70	190
22 x 11 x 7		220	107	70

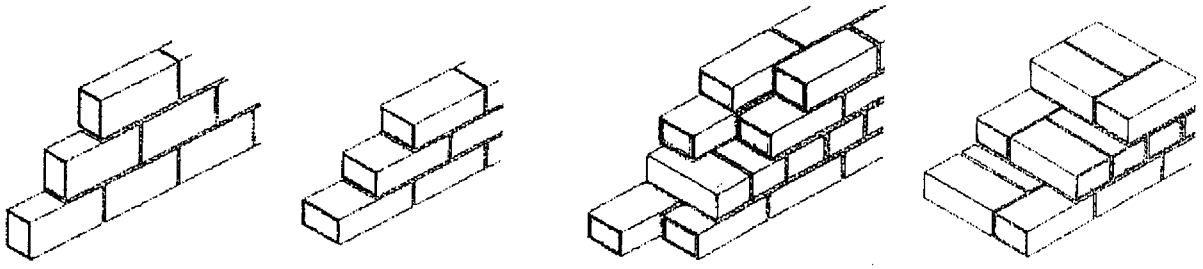


Fig. 3.2 – Assentamento de tijolo tradicional 22x11x7 respectivamente a ¼ vez, a ½ vez, a 1 vez e a 1 ½ vez [11]

Em função do desenvolvimento tecnológico que a indústria da cerâmica tem sofrido nos últimos anos nos países vizinhos, torna-se urgente que a nossa indústria se adapte e inove os seus produtos sob pena de rapidamente perder o mercado nacional de tijolo cerâmico. Neste sentido algumas entidades têm promovido o desenvolvimento do tijolo nacional. Na publicação "Estudo do Redesenho do Tijolo" [26], ensaios efectuados em tijolos com diversas geometrias, provam que se consegue a substituição da tradicional parede dupla de fachada por tijolos simples, mantendo ou melhorando nalguns casos as características mecânicas e higrotérmicas da parede.

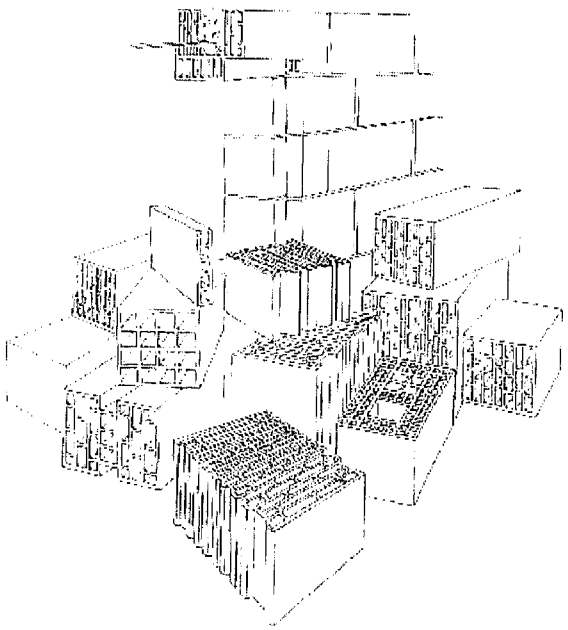


Fig. 3.3 – Exemplos de alguns tipos de tijolos cerâmicos de origem estrangeira [18]

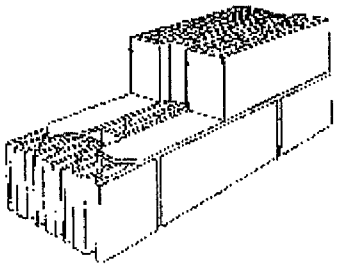


Fig. 3.4 –Junta horizontal de assentamento de tijolo cerâmico com interrupção de junta, eventualmente preenchida com isolamento térmico [18]

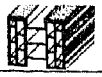
Da comparação das características dos diversos tipos de tijolos apresentados no quadro 3.6, constata-se que para a execução de fachadas simples (rebocadas em ambas as faces com rebocos de ligantes hidráulicos) os tipos de tijolos de produção nacional mais indicados, são os do tipo duplex a partir de 22cm de espessura, necessitando contudo em geral de um isolamento térmico complementar. Por outro lado é notório que a partir de 24cm de espessura, o tijolo perfurado de origem estrangeira com características melhoradas, pode ser aplicado em todas as zonas climáticas de Inverno sem que exista a necessidade de se adicionar um isolamento térmico complementar. O único valor demasiado elevado é o do factor de atraso da transmissão de calor, mas para o nosso clima, não assume um significado preponderante.

Num estudo elaborado pelo LNEC [53], constata-se que uma parede executada com tijolos com furação vertical de 29cm de espessura semelhantes aos apresentados no quadro 3.6, e rebocados em ambas as faces com rebocos hidraulicos, apresenta uma resistência à penetração da água da chuva boa.

Em complementaridade da produção dos tijolos cerâmicos correntes, existe a produção de uma série de acessórios mais ou menos extensa consoante as fábricas dos produtos. A nível do tijolo nacional, fabricam-se mais correntemente os meios tijolos (para a execução de remates), as "capas" (para forrar elementos da estrutura) e remates de cunhal para o tijolo "Duplex". A nível do tijolo importado existe uma gama de acessórios muito maior, tais como tijolos mais estreitos para forrar exteriormente a estrutura ("plaquetas"), lintéis, meios tijolos, tijolos de remate nos cunhais e nos vãos, peças de ajuste de modulação, etc.

Em conclusão, pode-se afirmar que se a indústria da construção de edifícios apostar na execução de fachadas em paredes simples, a indústria cerâmica terá de se adaptar e terá de seguir os passos da indústria estrangeira concorrente.

Quadro 3.6 - Algumas das características principais de algumas paredes em tijolo cerâmico

Tipos de paredes: De tijolo cerâmico rebocadas em ambas as faces, sem aberturas	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3) [45]	Resistência ao fogo (ver 2.6.3 e 2.6.4) [47]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [7]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) [51]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [51]	Factor de atraso φ (horas) (ver2.3.2.4.2) [51]			
Tijolo 30x20x11 Parede com 11cm de espessura no tosco 	2,4 Necessita de isolamento térmico complementar	0,26 Demasiado elevado, face aos valores de referência	2,8 Demasiado pequeno, face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas excepto na situação particular dos parques cobertos	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 30x20x15 Parede com 15cm de espessura no tosco 	2,0 Necessita de isolamento térmico complementar	0,19 Demasiado elevado face aos valores de referência	3,8 Demasiado pequeno face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 30x20x22 Parede com 22cm de espessura no tosco 	1,60 Necessita de isolamento térmico complementar	0,12 Demasiado elevado face aos valores de referência	5,5 Aproxima-se dos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente para fachadas abrigadas ou não abrigadas com altura inferior a 6m.
Tijolo duplex 30x20x17 Parede com 17cm de espessura no tosco 	1,3 Necessita de isolamento térmico complementar	0,10 Aproxima-se dos valores de referência	5,5 Aproxima-se dos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo duplex 30x20x22 Parede com 22cm de espessura no tosco 	1,25 Necessita de isolamento térmico complementar	0,09 Aproxima-se dos valores de referência	6,2 Satisfaz os valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente para fachadas abrigadas ou não abrigadas com altura inferior a 6m.
Tijolo duplex 30x20x27 Parede com 27cm de espessura no tosco 	1,25 Necessita de isolamento térmico complementar	0,08 Satisfaz os valores de referência	6,6 Satisfaz os valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente para fachadas não abrigadas com altura inferior a 18m.
Tijolo duplex 30x20x32 Parede com 32cm de espessura no tosco 	1,0 Aplicável ás zonas I1 e I2 para níveis de qualidade baixos	0,05 Satisfaz os valores de referência	8,8 Satisfaz os valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 22x11x7 Maciço Parede com 11cm de espessura no tosco 	3,0 Necessita de isolamento térmico complementar	0,30 Demasiado elevado	3,4 Demasiado pequeno	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1

Quadro 3.6 - Algumas das características principais de algumas paredes em tijolo cerâmico (continuação)

Tipos de paredes: De tijolo cerâmico rebocadas em ambas as faces, sem aberturas	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3) [45;51]	Resistência ao fogo (ver 2.6.3 e 2.6.4) [47;51]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [7]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) [51;58]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [51;58]	Factor de atraso φ (horas) (ver 2.3.2.4.2) [51;58]			
Tijolo 22x11x7 Perfurado Parede com 11cm de espessura no tosco 	3,0 Necessita de isolamento térmico complementar	0,29 Demasiado elevado face aos valores de referência	3,4 Demasiado pequeno face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 30x19x14 Perfurado Parede com 14cm de espessura no tosco (solução importada) 	1,43 Necessita de isolamento térmico complementar	0,11 Demasiado elevado face aos valores de referência	8,6 Satisfaz os valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 30x19x19 Perfurado Parede com 19cm de espessura no tosco (solução importada) 	0,97 Aplicável ás zonas I1 e I2 para bons e razoáveis níveis de conforto	0,05 Satisfaz os valores de referência	11,7 Um pouco elevado face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Tijolo 30x19x24 Perfurado Parede com 24cm de espessura no tosco (solução importada) 	0,73 Aplicável às zonas I1, I2 e I3 para muito bons, bons e razoáveis níveis de conforto	0,03 Satisfaz os valores de referência	13,6 Demasiado elevado face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente para fachadas abrigadas ou não abrigadas com altura inferior a 6m (DTU 20.1)
Tijolo 30x19x29 Perfurado Parede com 29cm de espessura no tosco (solução importada) 	0,60 Aplicável às zonas I1, I2 e I3 para muito bons níveis de conforto.	0,02 Satisfaz os valores de referência	16,4 Demasiado elevado face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente em fachadas não abrigadas cuja altura se situe entre os 18m e os 28m (DTU 20.1)

3.2.3 Blocos de betão normal

Os blocos de betão normal são pouco usados na construção de paredes exteriores. O seu mau comportamento térmico, o poder de absorção de humidade demasiado elevado, o seu peso e a dificuldade de abertura de roços, inibem o seu emprego. São apenas usados em situações pontuais quando interessa mobilizar a sua elevada capacidade de resistência mecânica (designadamente em alvenarias resistentes), de isolamento acústico aos sons aéreos e de resistência ao fogo [32].

Os blocos de betão são fabricados por moldagem nos formatos desejados, utilizando-se mesas vibratórias e betão de inertes correntes com reduzida dosagem de água.

As dimensões, ao contrário do que se passa com os tijolos, não se encontram normalizadas.

Às dimensões nominais, correspondem dimensões reais inferiores de forma a permitir a realização das juntas de assentamento com cerca de 1cm de espessura. Os blocos são comercializados em formato maciço ou com furação vertical (variando a percentagem de furação entre 30 e 60%) e ainda com ou sem sistemas de encaixe [11].

São em geral também produzidas peças especiais tais como blocos em "U" para o fabrico de lintéis, meios blocos para o remate de fiadas, etc.

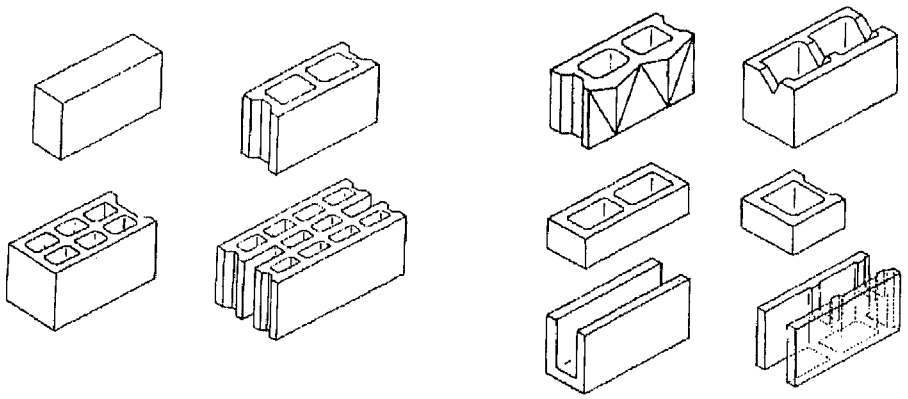


Fig. 3.5 – Vários tipos de peças e de blocos de betão normal [11]

Verifica-se pelos dados do quadro 3.7, que o isolamento térmico das paredes em blocos de betão é demasiado baixo, exigindo sempre um material de isolamento térmico complementar. Na execução de fachadas em blocos de betão perfurados rebocados em ambas as faces com

rebocos de ligantes hidráulicos, devem der usados blocos com pelo menos 20cm de espessura para a situação menos gravosa de exposição à chuva.

Quadro 3.7 - Algumas das características principais de algumas paredes em blocos de betão normal

Tipos de paredes: De blocos de betão rebocadas em ambas as faces, sem aberturas	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3) [45]	Resistência ao fogo (ver 2.6.3 e 2.6.4) [47]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [7]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) [51]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [51]	Factor de atraso φ (horas) (ver 2.3.2.4.2) [51]			
Bloco 40x20x15 perfurado Parede com 15cm de espessura no tosco	2,6 Necessita de isolamento térmico complementar	0,25 Demasiado elevado face aos valores de referência	3,7 Demasiado baixo face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Insuficiente segundo o DTU 20.1
Bloco 40x20x20 perfurado Parede com 20cm de espessura no tosco	2,5 Necessita de isolamento térmico complementar	0,21 Demasiado elevado face aos valores de referência	4,7 Demasiado baixo face aos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente em fachadas abrigadas ou não abrigadas com altura inferior a 6m
Bloco 40x20x25 perfurado Parede com 25cm no tosco	2,4 Necessita de isolamento térmico complementar	0,18 Demasiado elevado face aos valores de referência	5,3 Aproxima-se dos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente em fachadas abrigadas ou não abrigadas com altura inferior a 6m
Bloco 40x20x30 perfurado Parede com 30cm no tosco	2,3 Necessita de isolamento térmico complementar	0,17 Demasiado elevado face aos valores de referência	5,7 Aproxima-se dos valores de referência	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Suficiente em fachadas não abrigadas com altura inferior a 18m

3.2.4 Blocos de betão de agregados leves (grânulos de argila expandida)

Os agregados dos blocos de betão leve comercializados no nosso país são em geral grânulos de argila expandida. Contudo, nos Açores, devido à facilidade de obtenção de pedra pomes, este material é por vezes empregue no fabrico de blocos de betão aligeirado.

A argila expandida como agregado, apresenta-se sob a forma de grânulos de variados diâmetros formando uma estrutura interna celular, composta por uma capa exterior dura e resistente. Este produto é conhecido no mercado como "Leca" (Light Expanded Clay Aggregate). Esta designação advém do facto da marca do maior produtor europeu de argila expandida ter essa denominação.

Os blocos são produzidos em equipamentos específicos com vibrocompressão o que optimiza as características dos produtos. Pelo facto deste tipo de material ser considerado não tradicional, obrigatoriamente os produtos deverão possuir documentos de homologação que certifiquem a qualidade dos mesmos.

Estes blocos têm vindo a ser usados frequentemente na execução de fachadas em panos simples de edifícios de habitação, de escritórios e de escolas.

Os blocos de betão de grânulos de argila expandida possuem várias vantagens relativamente a outros materiais alternativos [32]:

- conferem maior isolamento térmico, devido à sua estrutura celular interna;
- são mais leves, diminuindo as acções verticais sobre a estrutura de suporte;
- possuem elevada resistência ao fogo e aos produtos ácidos e alcalinos;
- possuem faces uniformes e desempenadas economizando-se na mão de obra de assentamento.

Os blocos de argila expandida foram inicialmente empregues em Itália tendo começado a ser aplicados em série nesse país no início dos anos sessenta. Actualmente o seu uso encontra-se bastante difundido. Entre nós, como já foi acima afirmado, este tipo de bloco começou já a ser empregue em algumas construções vindo o volume de material empregue a crescer ano após ano. A maior empresa produtora de blocos do tipo "Leca" no nosso país, para além de uma política comercial de informação acerca das qualidades que o produto possui, tem investido na investigação de forma a produzir blocos com características melhoradas.

HIPÓLITO [5], na sua investigação sobre a melhoria do comportamento térmico e mecânico das alvenarias actuando na geometria dos blocos, conclui que estudando e ensaiando as características geométricas dos blocos é possível, usando a mesma matéria prima, melhorar substancialmente as características dos produtos rentabilizando as suas características mecânicas e higrotérmicas. Só investindo no desenvolvimento das características dos produtos a indústria nacional será capaz de enfrentar os desafios lançados pelos produtos concorrentes de outras nacionalidades.

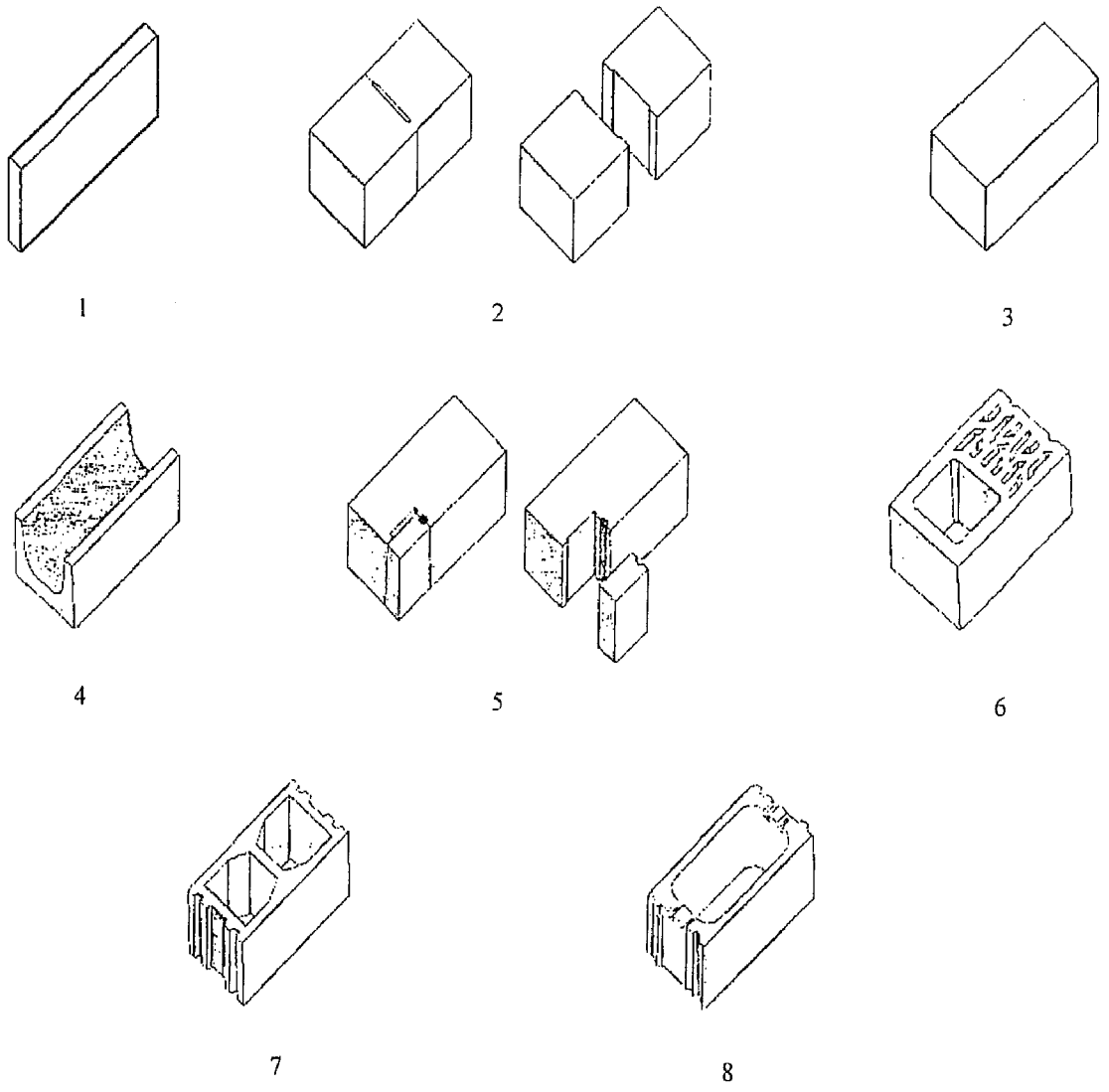
Os blocos de betão de argila expandida consoante a sua constituição podem ser rebocados ou ficar aparentes.

Os blocos para serem revestidos são constituídos por um conglomerado de cimento, agregados naturais e "Leca" variando a curva granulométrica de 0,5 a 8mm. A densidade do produto situa-se entre 650kg/m³ e 1400kg/m³. Este tipo de blocos deve ser sempre revestido quando sujeito à intempérie.

Os blocos "face à vista" são fabricados com um conglomerado de estrutura mais fechada à base de inertes naturais e "Leca" cuja granulometria varia entre 0,5 a 4mm. A densidade do produto, varia entre 1200 kg/m³ e 1600 kg/m³. Nestes blocos são incorporados hidrorepelentes que melhoram a sua estanquidade à água da chuva mantendo a permeabilidade ao vapor de água (neste caso, a argamassa de assentamento deve ser aditivada com o mesmo produto). Os blocos de "face à vista" normalmente possuem uma face rugosa de forma a melhorar o seu efeito estético quando colocado nas fachadas. Estes blocos podem possuir também diversas colorações consoante o tipo de aditivo colocado na altura da execução do betão [31].

Em Itália são comercializados vários tipos de blocos com diversos tipos de estrutura interna, assim como peças especiais para a execução de remates diversos e reforços estruturais. As peças especiais são constituídas por blocos divisíveis em dois meios blocos, por blocos com marcações que facilitam o corte em determinadas zonas (para execução de rebaixos para a fixação de caixilharias,etc.), por blocos de superfícies planas, por blocos para a execução de montantes e cintas em betão armado, lintéis, etc. Os blocos normais consoante o seu emprego, possuem estrutura apropriada de forma a que sejam obtidas as resistências mecânicas e hgrotérmicas pretendidas [31].

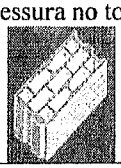
A gama de blocos e respectivos acessórios produzidos no nosso país é muito menos vasta do que a existente noutros países. Este facto é justificado por só muito recentemente ser significativo o emprego destes materiais na construção das paredes exteriores. No quadro 3.8 apresenta-se a gama de produtos fabricada pela firma "Pavileca" (que é a nível nacional a maior produtora destes blocos), que mais se adequa à execução de paredes exteriores de edifícios de habitação. Neste quadro para a avaliação da estanquidade à água das paredes, segue-se o preconizado pelas normas inglesas BS5628 [14] uma vez que os dados fornecidos por esta norma, são mais detalhados do que os fornecidos pelo DTU 20.1 [7] francês.



1 – Forra de espessura delgada para a redução das pontes térmicas;
2 – Blocos divisíveis em dois meios blocos;
3 – Blocos de faces lisas para a execução de remates em vãos, etc.
4 – Peças para a execução de lintéis armados, para a execução de vigas cinta ou para descarga de cargas concentradas;
5 – Blocos divisíveis para a execução de rebaixos, para o assentamento de caixilharias, para facilitar o encastramento de canalizações, etc.
6 – Blocos específicos para a execução de montantes armados;
7 e 8 – Blocos específicos para a execução de alvenarias reforçadas com betão armado (alvenarias armadas).

Fig. 3.6 – Peças especiais para a formação de um sistema construtivo em blocos de betão de inertes de grânulos de argila expandida ("Leca") [31]

Quadro 3.8 - Algumas das características principais de alvenarias em blocos de betão de grânulos de argila expandida "Pavileca"

Tipos de paredes: De blocos de betão tipo "Leca" rebocadas em ambas as faces, sem aberturas	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3) Dados fornecidos pelo fabricante [54]	Resistência ao fogo (ver 2.6.3 e 2.6.4) Dados fornecidos pelo fabricante [54]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [9]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) Dados fornecidos pelo fabricante [54]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [51]	Factor de atraso φ (horas) (ver 2.3.2.4.2) [51]			
Forra térmica 49x5x19 maciça com 5cm de espessura no tosco 	3,5 Serve para a execução das correcções duplas das pontes térmicas previstas no RCCTE	Dado não disponível	Dado não disponível	Dado não disponível	CF 90 Juntamente com os elementos estruturais associados, cumpre as exigências dos regulamentos	Insuficiente como elemento isolado
Bloco 49x15x19 Perfurado Parede com 15cm de espessura no tosco 	1,7 Necessita de isolamento térmico complementar. Recomendado para paredes interiores ou duplas	0,19 Valor demasiado elevado relativamente aos valores de referência	5,2 Encontra-se perto do limite inferior mínimo aceitável	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas abrigadas ou de exposição moderada segundo a BS5628
Bloco 49x20x19 Perfurado Parede com 20cm de espessura no tosco 	1,3 Satisfaz na zona de Inverno I1 para nível de qualidade fraco	0,11 Um pouco elevado relativamente aos valores de referência	5,2 Encontra-se perto do limite inferior mínimo aceitável	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas com exposição moderada/ severa ou inferior (BS5628)
Bloco 49x25x19 Perfurado Parede com 25cm de espessura no tosco 	1,15 Satisfaz para as zonas de Inverno I1 e I2 para níveis de qualidade respectivamente razoável e fraco.	0,11 Um pouco elevado relativamente aos valores de referência	5,5 Encontra-se perto do limite inferior mínimo aceitável	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas com exposição severa ou inferior (BS5628)
Bloco 49x30x19 Perfurado Parede com 30cm de espessura no tosco 	1,0 Satisfaz para as zonas de Inverno I1 e I2 para níveis de qualidade razoáveis.	Dado não disponível	Dado não disponível	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas com exposição severa ou inferior. Para exposição muito severa, o revestimento deve ser estanque.
Peças para a execução de lintéis	Dado não disponível	Dado não disponível	Dado não disponível	Dado não disponível	Dado não disponível	Dado não disponível

Do quadro 3.8 constata-se que para a zona I3 e para níveis de qualidade bons ou muito bons para as zonas I1 e I2, os blocos só por si não são suficientes. Há que adicionar um isolamento térmico específico que faça baixar os coeficientes de isolamento térmico das paredes executadas com estes blocos.

Estudos recentes desenvolvidos acerca de um novo modelo de blocos de grânulos de argila expandida com 32 cm de espessura, situam a resistência térmica de uma parede rebocada em ambas as faces numa gama de valores entre 0,75 e 1,07 [55] . Num outro estudo acerca do mesmo bloco, mas respeitante à sua resistência à penetração da água da chuva [53], conclui-se que o comportamento de uma parede executada com este tipo de bloco e rebocada em ambas as faces com rebocos de ligantes hidráulicos (sendo o reboco exterior hidrofugado), é bom, sendo inclusive idêntico ao de uma parede em tijolo cerâmico aligeirado de 29cm de espessura. O murete ensaiado não foi atravessado pela água durante os cerca de dez dias de duração do ensaio, sendo a zona húmida após este período, uma percentagem reduzida da espessura do bloco.

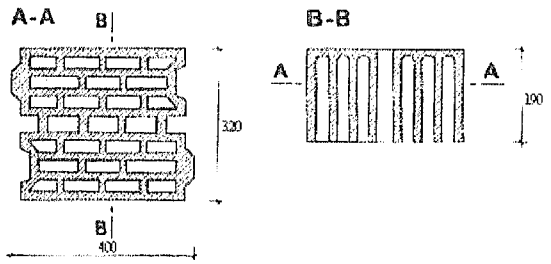


Fig. 3.7 – Desenvolvimento de um novo tipo de bloco de betão de grânulos de argila expandida com desempenhos aperfeiçoados da marca "Pavileca" [53]

Estes estudos ao validarem o emprego dos blocos de grânulos de argila expandida em fachadas, incentivam também o aperfeiçoamento e desenvolvimento das suas qualidades, permitindo que os projectistas se sintam confiantes ao empregarem soluções de paredes simples nas fachadas dos edifícios.

3.2.5 Blocos de betão celular autoclavado

Há aproximadamente sessenta anos que na Europa se produz e emprega na execução de alvenarias, blocos de betão celular autoclavado. Em Portugal, na década de setenta, apareceu uma fábrica de produção deste tipo de blocos que se denominavam de "Ytong". Esta fábrica

laborou em dois períodos. No primeiro, produziu blocos mais leves com características menos regulares. No segundo, após alguns anos de paragem, voltou a laborar sendo contudo novamente encerrada na década de noventa. Hoje em dia é possível encontrar no mercado blocos de betão celular autoclavado sendo a sua origem de importação.

Os blocos de betão celular autoclavado possuem uma estrutura celular, sendo os principais componentes na altura do fabrico do "Ytong", o cimento "Portland" normal, a cal gorda, a areia siliciosa finamente moída e o pó de alumínio. Nalguns países, substitui-se a areia por cinzas e escórias de alto forno [1; 32].

Devido ao facto deste material não ser considerado tradicional, a sua comercialização obriga à existência de documento de homologação que ateste as características e forma de emprego do material.

Os blocos de produção nacional eram comercializados sob a forma de maciços com as dimensões 60x10 cm, 60x20cm e 60x30cm , com as espessuras de 10cm, 15cm, 20cm e 24cm.

Os blocos de betão celular são considerados como bons materiais para a execução de alvenarias devidos ás suas propriedades, sendo de referir as seguintes [32]:

. leveza dos blocos e facilidade de corte (com serra) o que aligeira as estruturas de suporte e faz aumentar o rendimento da mão de obra durante o seu assentamento; a abertura de roços é facilitada devido à sua baixa resistência ao corte;

- muito bom isolamento térmico, resistente ao fogo, não é quimicamente agressivo aos restantes materiais de construção;

- fraca permeabilidade à água permitindo a execução de fachadas em parede simples revestida e boa durabilidade, pois não é alterável em condições normais nem é solúvel na água;

- boa resistência mecânica permitindo o seu uso na execução de alvenarias resistentes;

- devido à regularidade das suas faces, as juntas de assentamento são delgadas poupando-se assim no material de assentamento. Pode-se inclusive no seu assentamento usar colas apropriadas para juntas de espessura delgada.

Contudo, devido à sua leveza, o isolamento acústico aos sons aéreos não é a sua melhor propriedade. Para que os regulamentos de acústica sejam cumpridos obriga a que se façam em geral rebocos espessos em ambas as faces das paredes.

O quadro 3.9 faz uma síntese das principais características das paredes executadas com blocos de betão celular autoclavado que eram produzidos sob a designação de "Ytong".

Quadro 3.9 - Algumas das características principais de algumas paredes em blocos de betão celular autoclavado "Ytong"

Tipos de paredes: De blocos de betão tipo "Ytong" rebocadas em ambas as faces, sem aberturas e com juntas coladas.	Comportamento térmico			Isolamento ao ruído R45(dB) (ver 2.5.3)	Resistência ao fogo (ver 2.6.3 e 2.6.4) [47]	Estanquidade à água (ver 2.4.4) [7]
	Coeficiente de transmissão térmica (K) ($W/m^2.°C$) (ver 2.3.2.2) [51]	Factor de amortecimento σ (ver 2.3.2.4.2) [51]	Factor de atraso φ (horas) (ver 2.3.2.4.2) [51]			
Bloco com 15cm de espessura	0,95 Satisfaz as três zonas de Inverno I1, I2 e I3 para níveis de qualidade respectivamente de bom, razoável e fraco.	0,09 Bom factor de amortecimento face aos valores de referência	4,7 Factor de atraso insuficiente face aos valores de referência	Dado não fornecido	Satisfaz as exigências de referência mínimas	Não recomendável segundo o DTU 20.1
Bloco com 20cm de espessura	0,75 Satisfaz as três zonas de Inverno I1, I2 e I3 para níveis de qualidade respectivamente de bom, bom e razoável.	0,05 Muito bom factor de amortecimento face aos valores de referência	6,9 Bom factor de atraso face aos valores de referência	Dado não fornecido	Satisfaz largamente as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas abrigadas ou não abrigadas cuja altura acima do solo não ultrapasse os 6m.
Bloco com 24cm de espessura	0,65 Satisfaz as três zonas de Inverno I1, I2 e I3 para níveis de qualidade respectivamente de muito bom, muito bom e bom	0,03 Excelente factor de amortecimento face aos valores de referência	8,6 Excelente factor de atraso face aos valores de referência	Dado não fornecido	Satisfaz largamente as exigências de referência mínimas	Apenas em fachadas abrigadas ou não abrigadas cuja altura acima do solo não ultrapasse os 6m.

Como se constata da leitura do quadro 3.9 os blocos de betão celular autoclavado possuem excelentes qualidades no que respeita ao isolamento e à inércia térmica. Por outro lado, a capacidade de resistência à penetração da água é inferior à de outros materiais anteriormente

analisados, necessitando-se de blocos de maior espessura para suprir essa dificuldade. Para condições de exposição adversas será de considerar a aplicação no paramento interior das fachadas de um isolamento não hidrófilo ou melhor ainda, revestimentos estanques pelo exterior das fachadas.

Num estudo efectuado em 1987 sobre as características e o comportamento de blocos de betão celular autoclavado produzidos no nosso país [56], eram tiradas as seguintes conclusões:

- os blocos são fornecidos com lascas e fissuras (provocadas pela não carbonatação do interior do bloco) em número e expressão inadmissíveis;
- a massa volúmica aparente apresenta elevada dispersão;
- a resistência mecânica é insuficiente em relação ao exigido no estrangeiro para produtos semelhantes;
- as variações dimensionais por variação do teor em água são demasiado elevadas.

Estas insuficiências aliadas a outras de ordem construtiva, provocaram em alguns empreendimentos, da primeira fase de aplicação do produto em Portugal, patologias bastantes significativas quer em paredes interiores, quer em paredes exteriores.

As avarias verificadas em diversas obras levaram à instalação de uma certa desconfiança relativamente a este tipo de produto, tendo levado praticamente ao abandono da sua utilização no nosso país apesar de na actualidade, ser um dos poucos materiais não tradicionais para alvenarias dispondo de uma homologação.

3.2.6 Materiais de isolamento térmico

Considera-se em França que um material de isolamento térmico é aquele que possui uma condutibilidade térmica λ inferior a 0,065 W/m.°C, sendo fabricado com uma espessura que garanta uma resistência térmica mínima de 0,50 m².°C/W. Os melhores resultados são obtidos com materiais celulares opacos de porosidade fechada, com células de dimensões inferiores a 1mm, preenchidas com um gás de baixa condutibilidade térmica.

Os materiais de isolamento são em geral classificados da seguinte forma [20]:

a) materiais orgânicos:

a.1) materiais naturais: cortiça natural; cortiça expandida (aglomerado negro de cortiça); partículas de madeira; fibras de madeira; fibras de celulose (papel, cartão); fibras vegetais diversas.

a.2) materiais sintéticos: poliestireno expandido; espumas rígidas de poliuretano e de poli-isocianurato; espuma de ureia-formaldeído; polietileno expandido; espumas elastoméricas; espuma rígida de cloreto de polivinilo; espuma rígida fenólica; fibras sintéticas.

b) materiais inorgânicos:

b.1) materiais naturais não transformados: escórias vulcânicas; pedra-pomes; tufos vulcânicos; diatomite.

b.2) materiais naturais transformados: fibras minerais (de vidro, de rocha e de escórias); argila expandida; betão celular autoclavado; vermiculite expandida (esfoliada); perlite expandida; vidro celular; xisto expandido; ardósia expandida.

c) produtos mistos: grânulos de perlite expandida associados a fibras celulósicas e minerais aglutinados com betume; fibras e partículas de madeira aglutinadas com cimento; grânulos de cortiça envolvidos em argamassa de cimento; grânulos de argila expandida envolvidos em betume; betões e argamassas de inertes leves.

As principais formas de aplicação dos isolamentos térmicos, são [20]:

- colocação sem ligação directa ao suporte;
- colocação com fixação mecânica ao suporte;
- colocação com fixação por colagem;
- isolantes sob a forma de blocos para execução de alvenaria, ou de elementos de cofragem isolante para moldagem de elementos de betão;
- colocação de isolantes por projecção, por insuflação ou por moldagem.

De forma a que os cadernos de encargos sejam exigenciais sem ser necessária a referência comercial do produto preconizado, mas sim a definição das exigências a que este deve satisfazer, é importante que se proceda à certificação dos produtos. Neste sentido, em vários países europeus foram criadas certificações de qualidade sendo de destacar a francesa "ACERMI". Em Portugal foi proposta uma classificação designada "ISOLE" [57]. Com esta certificação é possível, para cada material de isolamento, obter uma quantificação objectiva das diferentes propriedades e a resposta às seguintes exigências:

- isolamento térmico traduzido pela resistência térmica (R);
- compressibilidade (I);
- estabilidade dimensional (S);
- comportamento à água (O);
- comportamento mecânico em coesão e flexão (L);
- permeabilidade ao vapor de água (E).

Cada exigência é classificada por índices que traduzem a maior ou menor aptidão do material relativamente à mesma.

Consoante o local de aplicação do isolamento e o nível de isolamento pretendido, o projectista não tem mais do que indicar o índice requerido de cada exigência, sem ter de mencionar designações comerciais. No nosso país, infelizmente não existe ainda nenhuma certificação deste género não existindo assim, uma classificação exigêncial completa dos materiais de isolamento térmico.

Segundo FREITAS, V. [57], os requisitos mínimos a exigir aos materiais de isolamento térmico aplicados em fachadas de paredes simples, de acordo com a certificação ISOLE são os expressos no quadro 3.10.

Quadro 3.10 - Níveis mínimos de aptidão de utilização dos isolantes térmicos em paredes simples de fachadas [57]

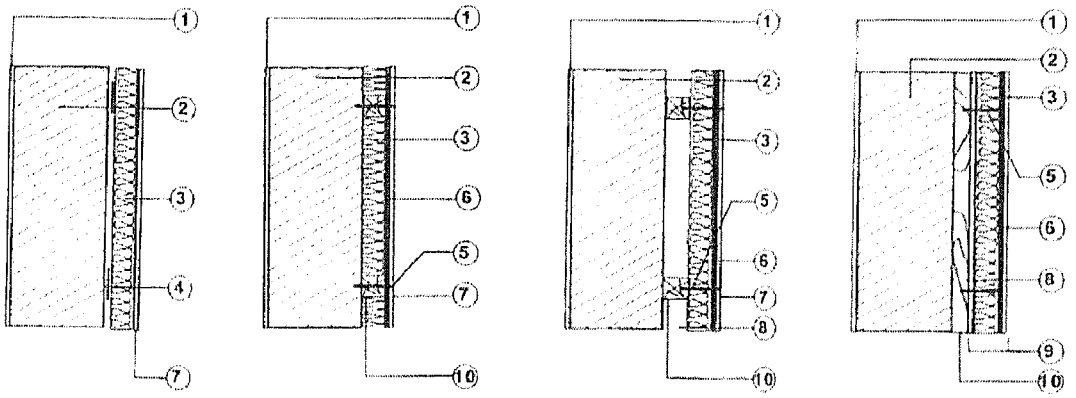
SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
Paredes simples com isolamento pelo interior:					
-Complexo com isolante contínuo pré-fabricado	1	2	2	3	2 ou 3*
-Complexo com isolante contínuo fabricado "in situ"	1	2	2	3	2 ou 3*
Paredes simples com isolamento pelo exterior:					
Revestimento delgado sobre poliestireno expandido	2	4	3	4	2
Revestimento independente descontínuo "Bardage"	1	1	2	2	1
* - 3 nas zonas I3 do RCCTE					

Em termos tecnológicos, o isolamento térmico pelo paramento interior das paredes exteriores em alvenaria de pano simples pode ser conseguido de três formas:

- usando painéis compostos prefabricados, incluindo isolamento eventualmente do tipo Sandwich, aplicados por colagem ou por fixação mecânica a uma estrutura independente de madeira tratada, ou metálica; esta estrutura é previamente fixada ao paramento interior da parede;

- utilizando placas de isolamento térmico rígido aplicadas directamente sobre o paramento interior da parede, por colagem ou por fixação mecânica, e posterior revestimento do isolante por uma camada de reboco de argamassa de cimento, de estuque ou de gesso projectado;

- em alternativa à solução de revestimento anterior, o isolante térmico é protegido por placas de gesso cartonado, de madeira ou de derivados de madeira fixadas a uma estrutura independente; esta estrutura, em geral de madeira, é previamente fixada à parede.



1 - Revestimento exterior da parede; 2 - Parede de alvenaria em pano simples; 3 - Isolante térmico; 4 – Fixações pontuais por colagem; 5 - Fixações pontuais mecânicas; 6 - Eventual barreira pára-vapor; 7 - Placa de gesso cartonado colada em fábrica ao isolante (constituindo o conjunto um painel composto prefabricado) ou revestimento interior aplicado em obra (argamassa de cimento, estuque, gesso projectado); 8 - espaço de ar; 9 - Painel Sandwich prefabricado; 10- Estrutura independente (madeira tratada ou metal) fixada à parede. A esta estrutura são fixadas as placas de revestimento interior aplicadas em obra ou os painéis compostos de isolamento térmico. Entre estes painéis isolantes e a parede forma-se um espaço de ar.

Fig. 3.8 – Soluções de isolamento térmico pelo paramento interior de fachadas em alvenarias simples [20]

Na solução de isolamento pelo interior das paredes exteriores, normalmente os materiais empregues na execução de painéis compostos e de painéis "sandwich", são as placas rígidas ou semi-rígidas de lã mineral, as placas rígidas de poliestireno expandido moldado ou extrudido, de espuma rígida de poliuretano ou de aglomerado negro de cortiça [20].

3.2.7 Acessórios para fixação das alvenarias à estrutura

Os acessórios usados para a execução de ancoragens de paredes, de fixação aos pilares, etc., são em geral metálicos e para além da resistência mecânica necessária, devem ter uma protecção que assegure durabilidade contra a corrosão.

Para essa protecção, recorre-se em geral à galvanização quando os materiais são ferrosos com uma micragem suficiente para os defender, não só da acção da humidade e das argamassas, mas também da eventual dobragem quando manuseados em obra [52]. Em situações de maior agressividade do meio ambiente, é usual o emprego de acessórios em aço inoxidável (AISI 314 ou AISI 316).

Podem ser empregues no fabrico dos acessórios outros metais não ferrosos tais como o cobre, ou o alumínio. Contudo, enquanto o cobre não é corroído pelo betão ou pelas argamassas ainda frescas, o mesmo já não se passa com o alumínio. Este deverá ser protegido por pintura betuminosa ou por pintura de cromato de zinco (que deverá permanecer intacta durante o assentamento do acessório). O emprego do cobre ou do alumínio, obriga a que não exista contacto directo entre estes materiais e outros elementos em aço. Se tal acontecer, ocorrerá corrosão de origem galvânica [2].

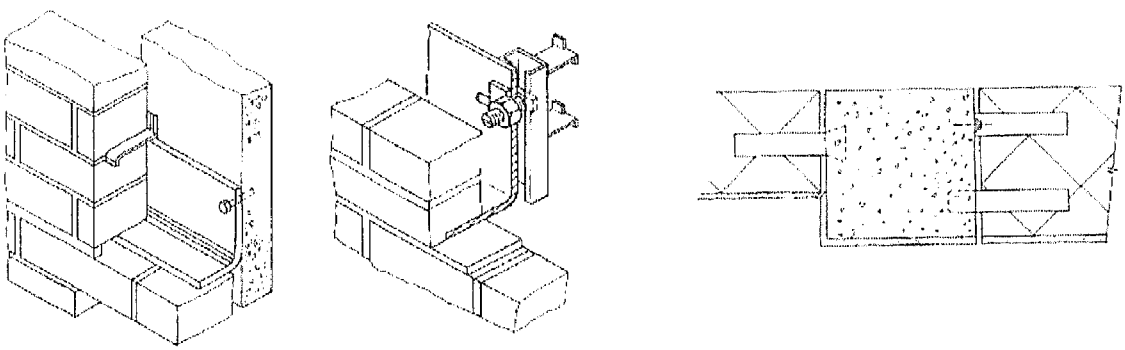


Fig. 3.9 – Diversos acessórios de fixação das alvenarias às estruturas resistentes [9]

As BS5628 [9], em função do tipo de materiais que constituem os acessórios de fixação, definem as características de protecção mínimas a que os mesmos deverão obedecer.

3.3. PORMENORIZAÇÕES DA EXECUÇÃO

3.3.1. Pormenorização comum a todos os tipos de alvenarias

3.3.1.1 Protecção contra a ascensão de humidade por capilaridade proveniente do solo

Como já foi referido em 2.4.5, o contacto directo entre a água ou humidade existentes no solo e as paredes ou respectivas fundações, podem provocar a humidificação das fachadas. Desta forma, deve-se proceder ao isolamento das alvenarias das águas do solo, intercalando uma barreira de corte de capilaridade que se situe no mínimo 15cm acima da cota mais elevada do terreno exterior.

O corte de capilaridade pode ser efectuado de várias formas:

- por intermédio de bandas de feltro betuminoso, de bandas de folhas de polietileno (de baixa densidade e de espessura mínima 200μm) ou de produto betuminoso armado, sendo colocadas entre duas camadas de argamassa. A primeira deverá possuir 2cm de espessura e ter uma dosagem de 300 a 350kg de cimento por m^3 de areia, sendo o acabamento talochado. A segunda camada, terá características semelhantes. Nas extremidades, as bandas deverão ser emendadas por uma sobreposição no mínimo de 20cm [17].

- através do assentamento de uma chapa de argamassa rica em cimento (500 a 600kg de cimento por m^3 de areia) com 2cm de espessura, adicionada de um hidrófugo [17].

A figura 3.10, indica algumas das disposições possíveis de corte de capilaridade.

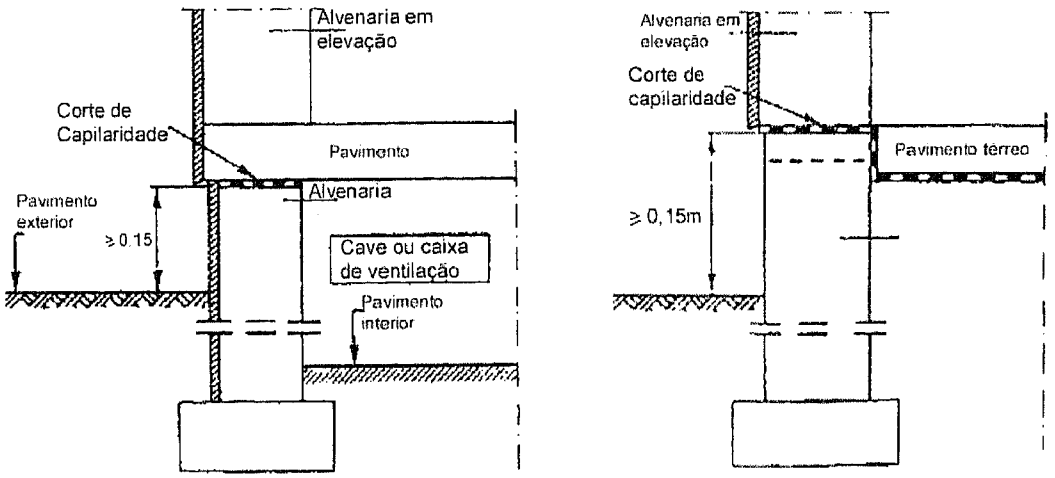


Fig. 3.10 – Corte de capilaridade das alvenarias em elevação, devido à humidade do terreno [17]

3.2.1.2. Juntas de assentamento

3.2.1.2.1 Alvenarias revestidas

- Juntas horizontais - no caso das juntas serem descontínuas, a argamassa deve ser repartida simetricamente relativamente ao eixo da alvenaria.

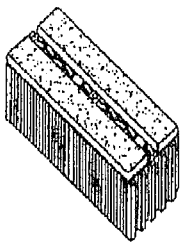


Fig. 3.11 – Exemplo de junta horizontal descontínua [58]

- Juntas verticais - as juntas verticais podem ou não ser preenchidas com argamassa. Neste caso, há que analisar quais as implicações relacionadas com a resistência ao fogo, com a permeabilidade ao ar e com os isolamentos térmico e acústico das paredes. Esta opção resultará da análise conjunta dos materiais usados na execução da alvenaria e dos revestimentos exteriores e interiores empregues nas fachadas e nas empenas.

Sendo as juntas verticais preenchidas, não deve existir descontinuidade entre a argamassa das juntas horizontais e a das juntas verticais.

3.3.1.2.2 Alvenarias aparentes

As juntas deverão ser cuidadosamente apertadas com ferramentas apropriadas pois este tratamento torna-as mais resistentes à penetração da água. Qualquer que seja o tipo de alvenaria aparente considerado, os perfis das juntas devem facilitar o escorrimento rápido das águas ao longo das fachadas. Desta forma, os perfis não devem ser demasiado reentrantes. Representam-se na figura 3.12, alguns dos perfis aconselhados [9, 17].

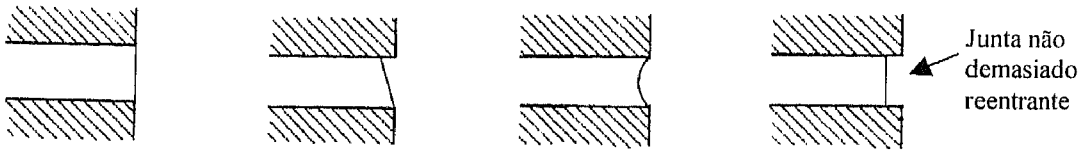


Fig. 3.12 - Principais tipos de acabamentos de juntas para alvenarias aparentes [9]

Os perfis das juntas podem ser executados de duas formas. Ou durante a execução da alvenaria, enquanto a argamassa das juntas se encontra fresca, ou após a execução da mesma. Neste caso, no assentamento a argamassa deverá deixar a alvenaria desguarnecida entre 10 a 15mm de profundidade sendo mais tarde esse espaço total ou parcialmente obturado por uma argamassa rica em cimento (500 a 600kg de cimento por m^3 de areia seca). Este guarnecimento será bem apertado com ferramenta apropriada ao perfil desejado (ver figura 3.13) [17].

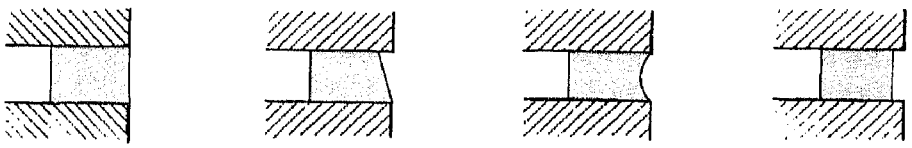


Fig. 3.13 – Execução de perfis das juntas de argamassa após a execução das alvenarias, com argamassa rica em cimento [9]

O DTU 20.1 [17] considera que em geral a execução dos perfis com argamassa rica em cimento após a execução da alvenaria garante melhor a estanquidade das fachadas para condições atmosféricas mais adversas. Contudo, existem outros autores que possuem uma ideia contrária. Assim, Bernstein [4] considera que a execução do perfil da junta durante a montagem da alvenaria faz com que o material seja mais homogéneo, não existindo o risco de perda de aderência da argamassa, assim como o aperto imediato da junta evita uma perda demasiado rápida da água de hidratação.

Na execução de juntas em paredes de tijolo perfurado aparente, é necessário ter o cuidado de verificar que a furação do tijolo não fique parcialmente a descoberto, após a realização das mesmas.

3.3.1.2.3 Tipos de argamassas

O projectista deverá seleccionar o tipo de argamassa em função dos requisitos mecânicos da alvenaria, do tipo de material que a constitui, da exposição da fachada, da possibilidade da exposição ao gelo e das propriedades inerentes à sua composição.

As argamassas podem ser de duas origens. Argamassas pré-doseadas em fábrica e argamassas executadas em obra. Segundo o Eurocódigo 6 [59], as argamassas pré-doseadas devem respeitar as condições constantes da norma EN998-2. Segundo este documento as argamassas são de três tipos: argamassas de uso geral; argamassas de reduzida espessura e argamassas leves. Devido ao facto de no nosso país se usarem no assentamento das alvenarias quase exclusivamente as argamassas executadas em estaleiro, não se abordam as argamassas pré-doseadas em fábrica.

De forma a que as argamassas possuam uma razoável trabalhabilidade torna-se necessário uma proporção de ligante e areia de pelo menos 1:3. Uma vez que estas argamassas são em geral demasiado ricas para o assentamento de alvenarias, torna-se necessário reduzir a quantidade de ligante. Para que se mantenha a trabalhabilidade deve-se acrescentar cal apagada ou plastificantes [9]. Discutem-se agora as características mais relevantes das diferentes argamassas.

- Argamassas de cimento - as argamassas de cimento Portland permitem resistências mecânicas elevadas assim como um rápido desenvolvimento das suas características. Contudo o ajuste da resistência pretendida não é fácil, uma vez que para dosagens fracas de cimento as argamassas tornam-se "ásperas" e pouco trabalháveis.

- Argamassas de cimento e cal - o emprego da cal apagada em substituição de parte do cimento Portland confere às argamassas maior trabalhabilidade, maior retenção de água e adesão (aumentando assim a resistência à penetração de água).

- Argamassas de cimento com aditivos plastificantes - os plastificantes introdutores de ar nas misturas de cimento e areia, são uma alternativa à adição da cal em argamassas fracas uma vez que asseguram a sua trabalhabilidade [9].

A BS5628-3 [9], sintetiza as qualidades das argamassas em função da sua composição, conforme se patenteia no quadro 3.11.

Quadro 3.11 - Características das argamassas de assentamento das alvenarias em função da sua composição [9]

Características das argamassas		*Designação das argamassas segundo a BS5628-3 [9]*	*Tipos de argamassas*	
			Cimento:cal:areia	Cimento:areia com plastificantes introdutores de ar
Aumento da resistência mecânica e da durabilidade ↑	Aumento da capacidade de acomodação de movimentos devido à mudança de temperatura e de humidade ↓	(i) (ii) (iii) (iv) (v)	1 : 0 a 0,25 : 3 1 : 0,5 : 4 a 4,5 1 : 1 : 5 a 6 1 : 2 : 8 a 9 1 : 3 : 10 a 12	--------- 1 : 3 a 4 1 : 5 a 6 1 : 7 a 8 1 : 8
As setas indicam o sentido de aumento das capacidades especificadas. A variação da quantidade da areia depende da granulometria do agregado. A menor proporção refere-se ao grau G da BS1200 e a maior, ao grau S (1).		Aumento da resistência ao gelo durante a execução → Aumento da adesão e consequentemente da resistência à penetração da água ←		
(1) – no Reino Unido as granulometrias estão estabelecidas pelo que é mais fácil especificar as argamassas.				

Em função das acções a que as fachadas estarão sujeitas e consequentemente da resistência mecânica pretendida para as juntas de argamassa das alvenarias, o Eurocódigo 6 [16] prevê as classes de resistência das argamassas apresentadas no quadro 3.12.

Quadro 3.12 - Classes de resistência das argamassas de assentamento segundo o EC6 e traços volumétricos propostos [52]

Classes	*Traço volumétrico aproximado*			*Tensão mínima de rotura à compressão aos 28 dias (MPa)*
	Cimento	Cal hidratada	Areia	
M20	Composição a confirmar por ensaio			20
M15	1	0 – ¼	3	15
M10	1	¼ - ½	4 – 4 ½	10
M5	1	½ - 1 ¼	5 – 6	5
M2	1	½ - 1 ¼	8 – 9	2,5

A correspondência entre as designações das argamassas da BS5628-3 e a do Eurocódigo 6, resulta na síntese apresentada no Quadro 3.13.

Quadro 3.13 - Traços volumétricos de argamassas de assentamento segundo a BS5628, resistências esperadas e correspondência com as classes previstas no EC6 [52]

Designação	*Traço volumétrico*			*Tensão média de rotura à compressão aos 28 dias (MPa)*		*Classe segundo o EC6*
	Cimento	Cal hidratada	areia	Ensaios em laboratório	Ensaios em obra	
(i)	1	0 – ¼	3	16,0	11,0	M10
(ii)	1	½	4 – 4 ½	6,5	4,5	M5
(iii)	1	1	5 – 6	3,6	2,5	M2,5
(iv)	1	2	8 – 9	1,5	1,0	M1
(v)	1	3	10 – 12	-----	-----	-----

Paz Branco, [1] apresenta no quadro 3.14 traços de argamassa de qualidades diversas para o assentamento de alvenarias de pedra e de tijolo.

Quadro 3.14 - Traços recomendados para o assentamento de alvenarias de pedra e de tijolo, segundo Paz Branco [1]

Argamassa				*Alvenaria*		
				Pedra		Exterior de tijolo
Cal branca em pó	Cal hidráulica	Cimento Portland	Areia	Rija	Pouco rija	
3			4	B	MB	B
3			5	T	B	T
3			6	F	B	F
2			5	F	T	F
3		4	8	ESP	ESP	ESP
3		2	6	ESP	ESP	MB
3		2	10	MB	MB	B
4		2	12	B	B	T
	2		5	B	B	MB
	1		2	MB	MB	ESP
	2		3	ESP	ESP	ESP
		1	5	T	B	T
		1	4	B	MB	B
		1	3,5	MB	ESP	MB
		1	3	ESP	ESP	ESP

F – não recomendável, fraco.
T – tolerável em casos simples sem responsabilidade.
B – bom, recomendável.
MB – muito bom, em casos de grande responsabilidade.
ESP – excessivo, só em casos muito especiais.

As BS5628-3 [9] recomendam, tendo em atenção os requisitos de qualidade de execução e de durabilidade das paredes, os tipos de argamassas indicados no Quadro 3.15, em função da exposição e do material de alvenaria empregues. As referências das argamassas são as constantes do Quadro 3.11.

Quadro 3.15 - Argamassas recomendadas pela BS5628-3 para as juntas das alvenarias em função dos tipos de alvenarias e das condições de exposição [9]

Alvenarias situadas abaixo ou próximas da cota exterior do terreno			
Condições de exposição das alvenarias	*Designação das argamassas apropriadas*		
	Tijolo cerâmico	Blocos sílico-calcáreos	Blocos de betão
Baixo risco de saturação quer se considere ou não, a formação de gelo	(i) , (ii) , (iii)	(iii) , (iv)	(iii)
Elevado risco de saturação sem que haja formação de gelo	(i) , (ii)	(ii) , (iii)	(ii) , (iii)
Elevado risco de saturação havendo formação de gelo	(i) , (ii)	(ii)	(ii)

Alvenarias exteriores aparentes (exceptuando chaminés, peitoris, soleiras, coroamentos de platibandas)			
Condições de exposição das alvenarias	*Designação das argamassas apropriadas*		
	Tijolo cerâmico	Blocos sílico-calcáreos	Blocos de betão
Baixo risco de saturação	(i) , (ii) , (iii)	(iii) , (iv)	(iii) , (iv)
Elevado risco de saturação	(i) , (ii)	(iii)	(iii)

Alvenarias exteriores revestidas (exceptuando chaminés, peitoris, soleiras, coroamentos de platibandas)		
Designação das argamassas apropriadas		
Tijolo cerâmico	Blocos sílico-calcáreos	Blocos de betão
(i) , (ii) , (iii)	(iii) , (iv)	(iii) , (iv)

Peitoris, soleiras, coroamentos de platibandas		
Designação das argamassas apropriadas		
Tijolo cerâmico	Blocos sílico-calcáreos	Blocos de betão
(i)	(ii)	(ii)
Nota: o emprego de argamassas do tipo (iv) só é possível desde que durante a construção se encontrem protegidas contra a saturação e o gelo.		

O DTU 20.1 [17] fixa condições para a execução das juntas entre os elementos de alvenarias, de acordo com o tipo de parede e de material empregue.

Quadro 3.16 - Prescrições do DTU 20.1 acerca das juntas de argamassa em alvenarias de diversas origens [17]

Alvenarias de pedras calcárias e de granito			
Dosagem do ligante	*Argamassas de cal hidráulica*	*Argamassas bastardas*	
		Cimento	Cal
Em peso por m³ de areia seca (kg)	250 a 350	150 a 275	100 a 200
Por traço (volume) para 2 a 3 partes de areia seca	1	1/2	1/2

Notas:
- Nas argamassas bastardas deve ser respeitada a dosagem de 350kg para o ligante.
- A dosagem do ligante variará em função da capacidade resistente pretendida para as alvenarias. Será mais elevada para as alvenarias resistentes do que para as alvenarias de preenchimento.
- A primeira fiada de alvenaria deverá ser assente com uma argamassa de dosagem de ligante de 450kg / m³ de areia seca.
- As espessuras das juntas variarão entre 0,8cm e 1,5cm consoante o método de assentamento e de aparelho da pedra.
- Perfis de juntas executados durante o assentamento da alvenaria: permitido em fachadas abrigadas e em fachadas não abrigadas do tipo I e II (ver 2.4.4).
- Perfis de juntas obturadas com argamassa rica em cimento após o assentamento da alvenaria: obrigatório em fachadas não abrigadas do tipo IIb e III. (ver 2.4.4).

Alvenarias de tijolo				
Dosagem do ligante	*Argamassas de cimento*	*Argamassas de cal hidráulica*	*Argamassas bastardas*	
			Cimento	Cal
Em peso por m³ de areia seca (kg)	300 a 400	400 a 500	150 a 175	175 a 275

Notas:
- Consoante as acções a suportar, as argamassas poderão ser de cimento, de cal hidráulica ou bastardas. Para alvenarias sujeitas a elevados esforços, a dosagem de cimento deverá ser pelo menos de 400 kg por m³ de areia seca.
- As juntas aparentes devem ser realizadas com argamassas que não provoquem o aparecimento de eflorescências persistentes.
- A espessura das juntas deverá estar compreendida entre 10mm e 20mm.
- No caso de tijolos preparados para serem assentes com junta descontínua, o assentamento deve respeitar este princípio (ver figura 3.11).
- O método de execução de perfis nas juntas de argamassa em alvenarias aparentes durante o assentamento do tijolo, é permitido para todos os tipos de paredes previstos pelo DTU 20.1 (ver 2.4.4).

Alvenarias de blocos de betão				
Dosagem do ligante	*Argamassas de cimento*	*Argamassas de cal hidráulica*	*Argamassas bastardas*	
			Cimento	Cal
Em peso por m³ de areia seca (kg)	300 a 350	250 a 350	150 a 275	125 a 200

Notas:
- A espessura das juntas deve-se situar entre 10 a 15mm.
- No caso de blocos preparados para serem assentes com junta descontínua, o assentamento deve respeitar este princípio (ver figura 3.11).
- Em alvenarias aparentes a espessura das juntas variará entre 10mm e 20mm.
- O método de execução de perfis nas juntas de argamassa em alvenarias aparentes durante o assentamento dos blocos, é permitido para todos os tipos de paredes previstos pelo DTU 20.1 (ver 2.4.4).

Quadro 3.16 - Prescrições do DTU 20.1 acerca das juntas de argamassa em alvenarias de diversas origens (continuação) [17].

Alvenarias de blocos de betão celular autoclavado			
Dosagem do ligante	*Argamassas de cal hidráulica*	*Argamassas bastardas*	
		Cimento	Cal hidráulica
Em peso por m³ de areia seca (kg)	250 a 300	100 a 125	150
Notas: - Admite-se o uso de argamassas com agregados leves assim como o emprego de colas apropriadas (juntas delgadas) sujeitas a documentos de homologação. Para as argamassas tradicionais e de agregados leves, a espessura das juntas deverá ser da ordem dos 10mm. Para as colas, deverá ser na ordem dos 2,5mm; - O DTU 20.1 faz uma série de considerações adicionais acerca do modo de executar as juntas entre os blocos.			

Pinchetti [31] indica os tipos de argamassa a usar no assentamento de blocos de betão de agregados leves de argila expandida.

Quadro 3.17 - Juntas de argamassa a usar no assentamento de alvenarias de blocos de betão de agregados leves de argila expandida [31]

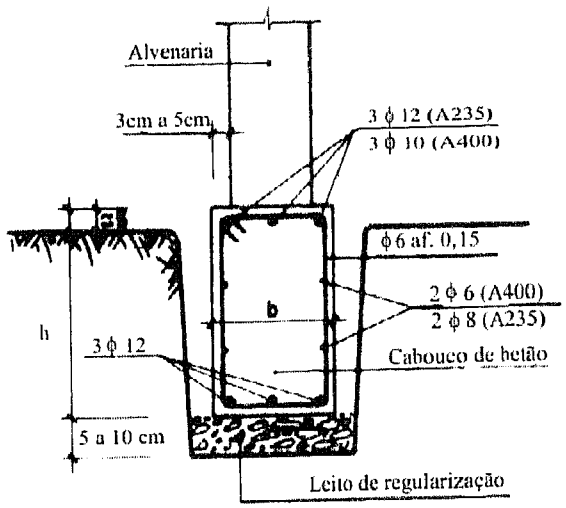
Alvenarias de blocos de betão de grânulos de argila expandida				
Dosagem do ligante	*Blocos revestidos*		*Blocos aparentes*	
	Argamassas bastardas		Argamassas bastardas	
	Cimento Portland	Cal hidráulica	Cimento Portland	Cal hidráulica
Em peso por m³ de areia seca (kg)	250	200	100	400
Notas: - No caso das alvenarias aparentes estarem expostas à intempérie, a argamassa deve ser aditivada com um hidrófugo de forma a que toda a superfície da parede seja hidrorepelente. - Admite-se o uso de argamassas de assentamento à base de grânulos de argila expandida a fim de melhorar o isolamento térmico da fachada. Esta argamassa estará sujeita a documento de homologação.				

3.3.1.3. Execução dos pontos singulares das alvenarias

3.3.1.3.1 Fundação das paredes

O desempenho das fundações das paredes é fundamental, não só em termos de transmissão ao terreno das cargas verticais provenientes das alvenarias, como também na solidarização global do edifício garantindo uma maior estabilidade das alvenarias aos assentamentos diferenciais e às acções de ordem sísmica.

O seu dimensionamento deverá ser feito tendo em conta a capacidade de suporte do terreno considerando que as deformações das sapatas ou vigas de fundação, podem provocar a fissuração dos revestimentos e das próprias alvenarias.



Dimensões mínimas de cabouco:

Nº de Pisos	h	b		
		Tipo de terreno		
		Bom	Médio	Fraco
1	40cm	25 cm	25 cm	30 cm
2	50cm	25 cm	30 cm	40 cm
3	60cm	25 cm	30 cm	50 cm

Fig. 3.14 – Fundações para alvenarias resistentes em edifícios até três pisos, com afastamento de paredes não excedendo 4m a 5m [11]

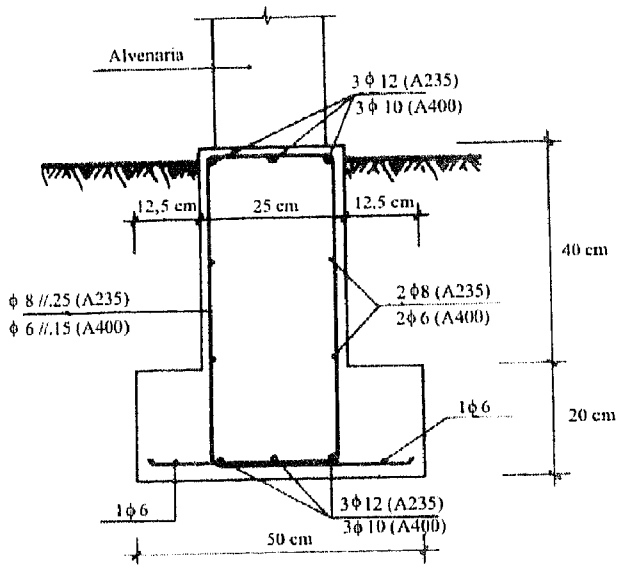


Fig. 3.15 - Fundações para alvenarias resistentes em edifícios até três pisos, com afastamento de paredes não excedendo 4m a 5m, para terrenos de capacidade fraca (alternativa à figura 3.14) [11]

Mesmo em alvenarias de preenchimento, é importante garantir a existência de vigas de fundação que possuam rigidez suficiente para o arranque das paredes. Assiste-se frequentemente ao assentamento destas paredes directamente sobre o pavimento térreo (eventualmente reforçado nessas zonas). Quando assim é, existem fortes probabilidades de fissuração das fachadas por abatimento do pavimento, principalmente se o comportamento do terreno não for o melhor.

3.3.1.3.2 Ligação das alvenarias a vigas e a lajes

A largura mínima de apoio das alvenarias em vigas e em lajes, deverá ser pelo menos de 2/3 da sua espessura (não incluindo os revestimentos) [17]. Esta disposição permite a correcção das pontes térmicas nas testas das lajes e das vigas.

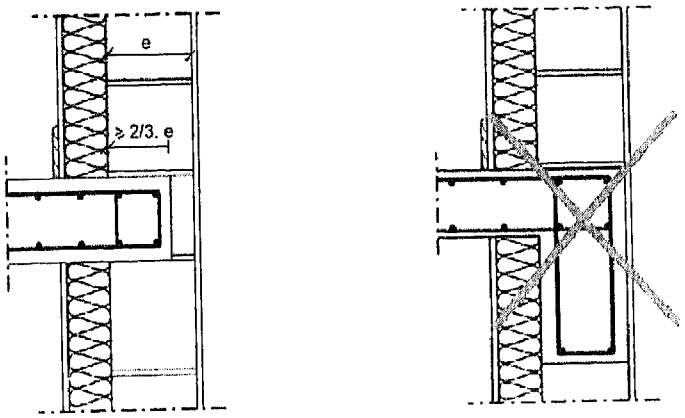
A fim de minimizar os efeitos das variações dimensionais dos elementos, a secção de betão das vigas cinta ao nível das lajes nas alvenarias resistentes, deverá ser restringida (normalmente considera-se a espessura da laje e no máximo, a largura da alvenaria) [17]. Carvalho, E. na publicação "Construção anti-sísmica" em edifícios de pequeno porte [11], faz algumas recomendações no que respeita ao dimensionamento das vigas cinta que apoiam sobre alvenarias resistentes, sendo de destacar:

- a altura das vigas cinta não deve ser inferior a 20cm; para paredes espessas, este valor deve ser aumentado. Em vigas padieiras as alturas podem ser inferiores, até 12 a 15cm;

- a armadura longitudinal mínima deverá ser de 4ϕ12, sendo o aço A235, ou 4ϕ10 sendo o aço A400. Os estribos deverão ser de ϕ6 e o seu afastamento máximo de 20cm. Situando-se a construção numa zona de risco sísmico elevado, o afastamento deverá reduzir-se para 10 a 15cm num comprimento de 0,75 a 1,0m dos montantes.

No caso de se proceder à correcção das pontes térmicas, há que respeitar algumas regras construtivas sendo de destacar as seguintes [17]:

- a correcção deverá ser executada com material da mesma natureza do usado na execução da alvenaria e deverá possuir estrutura idêntica (maciça, alveolar, etc.); neste caso, dispensa-se na execução dos rebocos exteriores quer o reforço com armaduras nessas zonas, quer a marcação de juntas;



(1) (2)

(1) - Apoio mínimo das alvenarias sobre lajes ou vigas.

(2) - Viga cinta demasiado volumosa

Fig. 3.16 – Apoio das alvenarias resistentes em vigas cinta [30]

- o material de revestimento deve ser colocado nas cofragens aquando das betonagens das vigas e não mais tarde durante a execução das alvenarias (esta disposição será fácil de cumprir nas vigas e nas lajes, mas será quase impossível nos pilares);

- a espessura da correcção não pode ser superior a 1/3 da espessura da alvenaria adjacente (para que se cumpra a regra da largura mínima de apoio das alvenarias nas lajes e nas vigas);

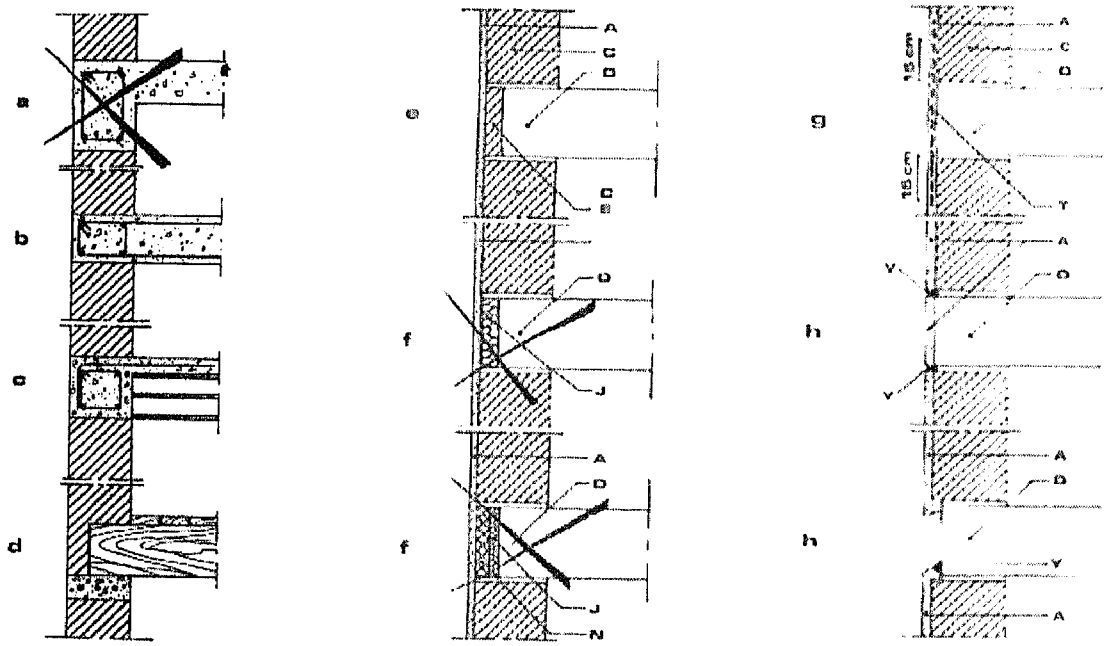
- não é admissível na correcção, o emprego de tijolo cerâmico de espessura inferior a 10cm, ou de placas de betão (celular ou não), desde que na face interior desses elementos se encontre aplicado um isolamento complementar de poliestireno expandido ou de fibra de vidro;

- é interdita a correcção das pontes térmicas por meio da aplicação de placas de poliestireno expandido, de fibra de vidro ou de outros materiais isolantes de elevada resistência térmica, aplicados directamente sob os rebocos;

- é admissível a aplicação de painéis de fibras de madeira desde que se constituam como cofragem perdida (sendo neste caso, os rebocos armados nessas zonas).

Algumas destas recomendações não são correntemente praticadas no nosso país. É vulgar assistir-se ao forro de vigas com tijolo de reduzida espessura (7cm ou menos) assente com argamassa de cimento, após a execução das betonagens.

Como é mencionado no capítulo relativo a revestimentos exteriores, a execução dos rebocos na zona de ligação entre materiais diferentes obriga a armá-los nessas zonas ou a aplicar-se nas juntas entre os elementos, mastiques plásticos apropriados a esse fim. Esta recomendação é válida quer para as alvenarias resistentes, quer para as alvenarias de preenchimento.



a – viga cinta demasiado volumosa; b – laje maciça ; c – laje aligeirada ; d – pavimento em madeira;
Homogeneidade do suporte do reboco:
e – suporte homogéneo; f – suporte heterogéneo (A: reboco; C: alvenaria; D: laje; E: revestimento de natureza igual à da alvenaria; J: isolante; N: revestimento de natureza diferente da alvenaria)
Dispositivos que permitem um suporte heterogéneo do reboco:
g – armação do reboco (T) ; h – juntas flexíveis (Y) na transição de materiais diferentes.

Fig. 3.17 – Disposições construtivas na ligação das alvenarias a lajes ou vigas cinta [4]

Desde que as vigas das estruturas porticadas tenham pequena deformabilidade, é preferível a ligação rígida das alvenarias a essas vigas em vez de se intercalar juntas flexíveis na espessura das paredes que podem acarretar problemas de infiltração de água da chuva [52].

3.3.1.3.3 Montantes em alvenarias resistentes

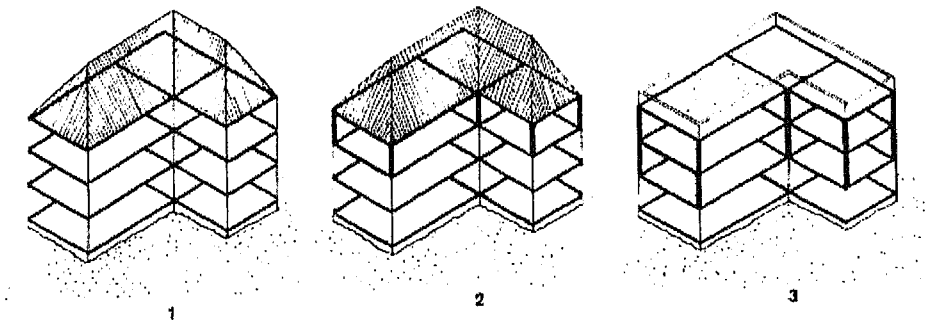
Os cunhais das alvenarias constituem zonas muito expostas aos choques e à concentração de esforços derivados das variações de temperatura, das variações dimensionais e das deformações dos suportes. De forma a assegurar o aumento de resistência nessa zona, as alvenarias devem ser reforçadas ou por espessamento das mesmas, ou pela criação de montantes em betão devidamente armados [52].

O DTU20.1 [7] faz as seguintes recomendações no que respeita à localização e características desses montantes, em alvenarias resistentes:

- sendo a última laje de terraço em betão armado, devem existir ao longo dos dois últimos pisos;

- sendo a cobertura aligeirada com desvão, devem existir ao longo do último piso; se porventura esse desvão for termicamente isolado, pode-se dispensar a execução dos montantes;

- caso existam, devem ser localizados pelo menos nos ângulos reentrantes e salientes que as paredes formam entre si, assim como de um lado e do outro das juntas de dilatação ou de fraccionamento das alvenarias;



1 – cobertura com desvão sem montantes; 2 – cobertura com desvão com montantes no último piso; 3 – Cobertura em terraço com montantes nos dois últimos pisos.

Fig. 3.18 – Posicionamento em altura dos montantes em alvenarias resistentes [4]

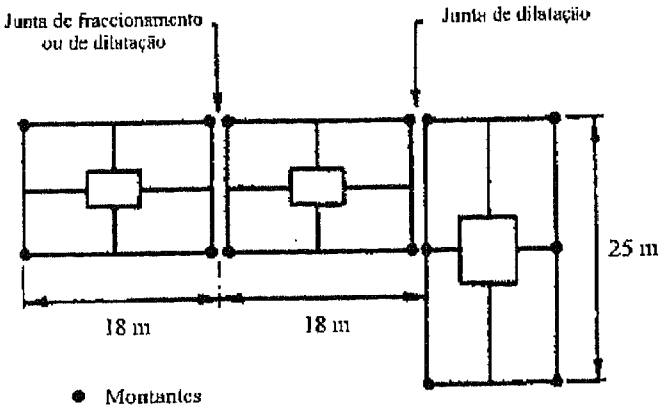


Fig. 3.19 – Posicionamento em planta dos montantes em alvenarias resistentes [7]

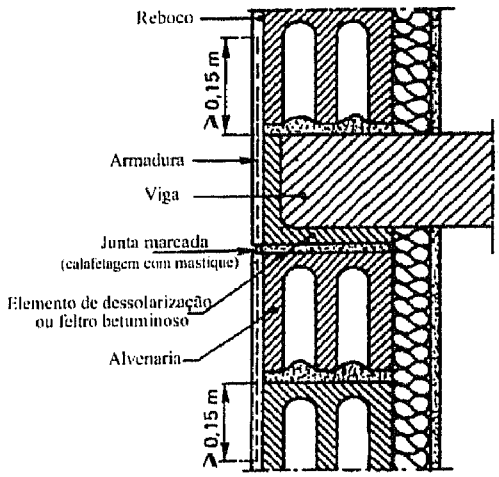
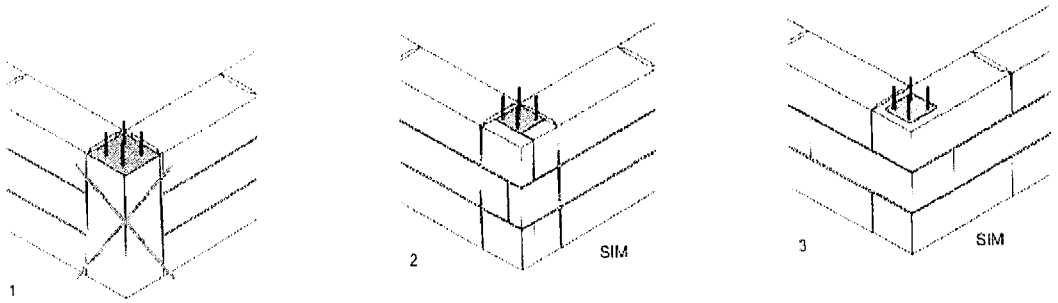


Fig. 3.20 – Pormenor de execução de parede resistente de empena acima da laje de esteira da cobertura (termicamente isolada) que permita a não existência de cunhais armados na alvenaria no piso imediatamente abaixo [7]

- em zonas sísmicas, os montantes devem-se prolongar a todos os pisos;

- a secção mínima de betão dos montantes deverá ser de 100cm² e a armadura de 2ϕ10 (A400), devendo ser devidamente amarrada à restante estrutura;

- é interdita a simples ligação por encosto dos montantes à alvenaria, a não ser que se proceda ao isolamento térmico das fachadas pelo exterior (ver fig. 3.21).



1 – o montante não deve ser encostado à alvenaria como um simples pilar de betão armado (a não ser que se proceda ao isolamento pelo exterior); 2 – envolvimento do montante pela própria alvenaria; 3 – a existência de blocos especiais para a execução dos montantes nos cunhais, facilita a execução das alvenarias em obra.

Fig. 3.21 – Exemplos de ligação dos montantes em betão armado ás alvenarias resistentes [4]

Segundo a publicação "Construção anti-sísmica em Edifícios de pequeno porte" [11], para prevenir os efeitos desvastadores dos sismos nos edifícios em alvenaria resistente, os montantes devem localizar-se nos cunhais dos edifícios, na intersecção de paredes interiores com paredes exteriores e nalgumas intersecções de paredes interiores. Em paredes exteriores, a distância entre si não deverá ser superior a 5m. A secção de betão e de armaduras aproxima-se do normalmente considerado para o mínimo em pilares de betão armado.

Segundo o Eurocódigo 8, Parte 1-2 (DNA) [78] os montantes de alvenarias resistentes confinadas, devem localizar-se nos seguintes locais:

- nos cunhais dos edifícios;
- nos extremos dos troços de parede considerados como paredes resistentes;
- num mesmo pano de parede, com espaçamento não superior a 4 metros;
- nas intersecções entre paredes resistentes em que os montantes decorrentes das situações anteriores se situem a uma distância superior a 1,5m.

Segundo esta normativa, esses montantes devem ser realizados em betão pelo menos da classe C16/20, possuir uma secção mínima de 0,04 m² nas zonas sísmicas A e B e uma secção mínima de 0,02 m² nas zonas C e D. A armadura vertical mínima nunca poderá ser inferior a 320mm² nas zonas sísmicas A e B e a 200mm² nas restantes zonas. As cintas serão de diâmetro 6mm afastadas no máximo de 15cm nas zonas A e B, e de 30cm nas restantes zonas.

3.3.1.3.4 Ligação das alvenarias a pilares em betão armado

Na ligação das alvenarias em geral a pilares em betão armado, seguem-se os procedimentos já descritos pelo DTU 20.1 [7] para a ligação às vigas ou a lajes. Ou seja, admite-se:

- a criação de juntas de ligação entre os elementos vedadas por mastiques plásticos;
- a colocação de armadura nos rebocos na zona de ligação entre os elementos;
- o revestimento do betão com material em tudo idêntico ao da restante alvenaria (dispensando a armadura ou a execução de juntas).

Uma disposição alternativa embora mais apropriada ao funcionamento estrutural como montantes (uma vez que sobrecarrega as alvenarias), consiste na betonagem dos pilares após a execução das alvenarias, deixando o topo destas "endentadas" . Este método evita a armação dos rebocos ou a criação de juntas nas zonas de ligação.

Outra disposição e que é mais corrente no nosso país, consiste na colocação de ligadores entre a alvenaria e a estrutura, embebidos nas juntas de argamassa. Este procedimento obriga à toscagem da superfície do betão de forma a melhorar a aderência entre os materiais [52].

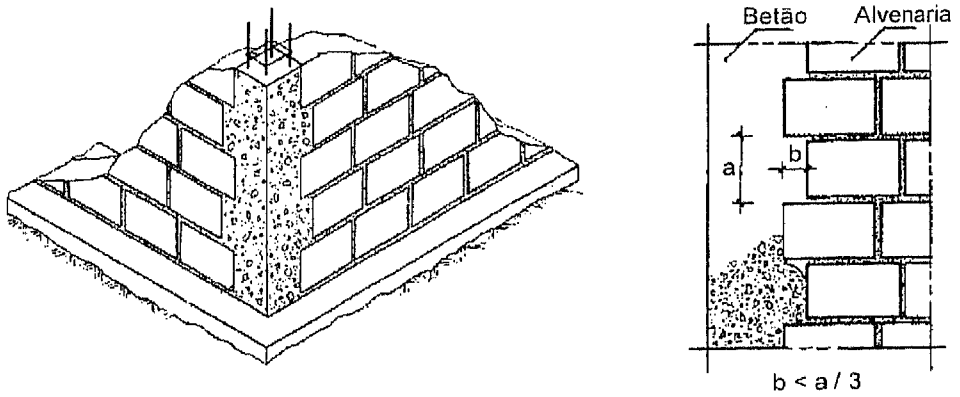


Fig. 3.22 – Ligação dos pilares às alvenarias em forma de "dente" [11]

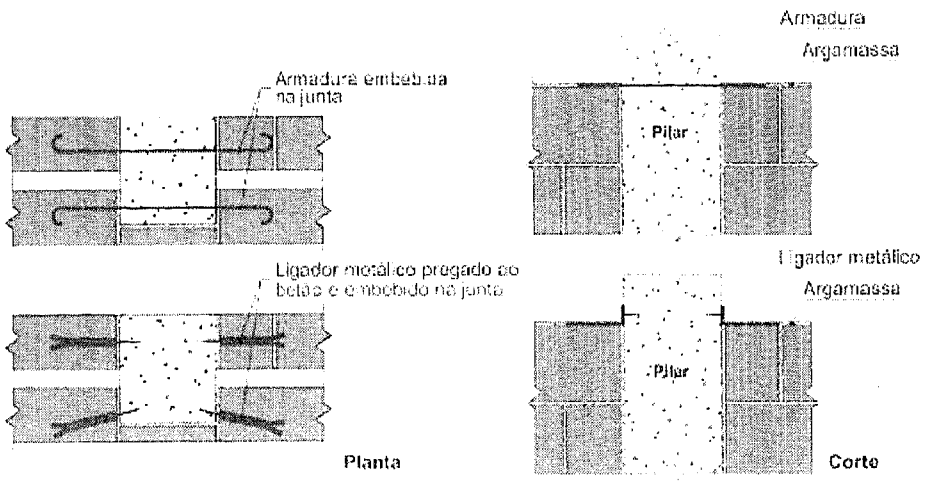


Fig. 3.23 – Ligação dos pilares à alvenaria por intermédio de ligadores [52]

Sempre que os pilares sejam salientes relativamente à alvenaria de preenchimento, deverão possuir rebaixos que evitem a fissuração aparente na zona de encosto. Em fachadas expostas ao vento e à chuva deve-se dispor nessas zonas de dispositivos complementares de estanquidade.

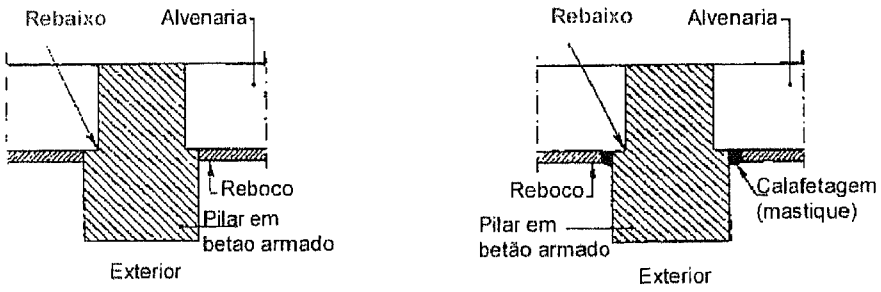
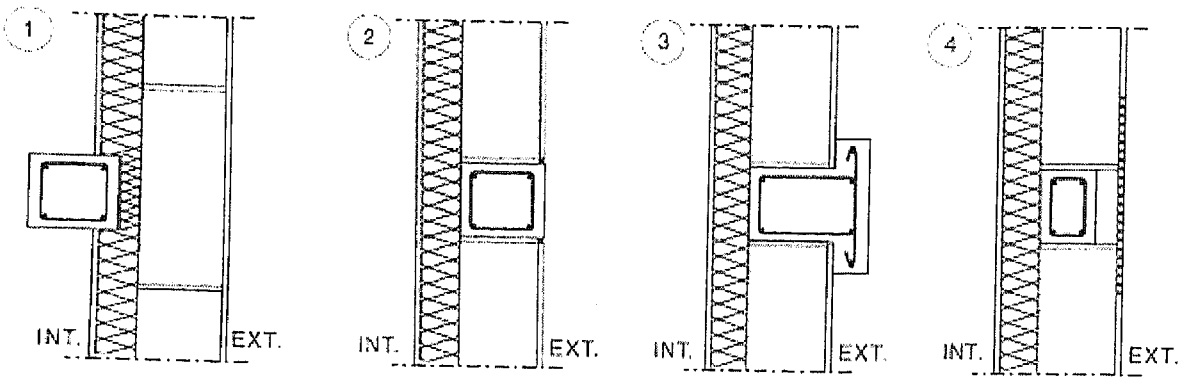


Fig. 3.24 – Disposições construtivas na ligação de alvenarias a pilares salientes para o exterior das fachadas [7]



Planta

1- o pano de parede situa-se relativamente à estrutura, no exterior. Devem ser criadas juntas de dilatação criteriosamente colocadas na alvenaria uma vez que embora esta solução reduza a heterogeneidade da superfície, induz incompatibilidades de deformação entre a alvenaria e a estrutura de betão armado;

2- os panos de parede encontram-se confinados em toda a sua espessura pelos pilares. O reboco é interrompido ao longo da largura do pilar. Uma das formas de evitar a fissuração consiste na execução de juntas superficiais colmatadas com mastique. Nesta solução não existe dessolidarização entre o pilar e a alvenaria;

3- esta situação é semelhante à anterior, mas em que os pilares em forma de L ou T, protegem as juntas entre a alvenaria e a estrutura;

4- a armadura do reboco e o eventual revestimento do pilar com material idêntico ao da alvenaria, evitam a fissuração nas ligações entre os elementos.

Fig. 3.25 – Exemplos de ligações pilares – alvenarias de preenchimento [30]

3.3.1.3.5 Lintéis de vãos (padieiras)

Os remates das alvenarias e dos respectivos rebocos com os lintéis de vãos, executam-se de forma idêntica ao indicado para as vigas (ver 3.3.1.3.2).

O comprimento de entrega dos lintéis na alvenaria adjacente é fundamental para que se garanta uma tensão instalada compatível com a resistência da mesma. O comprimento da entrega não deverá ser inferior a 20cm [7]. Constata-se em muitas obras que esta entrega mínima não é assegurada podendo provocar fissurações quer ao nível dos revestimentos, quer ao nível da própria alvenaria.

Em alvenarias resistentes, a distância mínima entre vãos consecutivos (e por consequência entre lintéis), não deve ser em princípio inferior a 80cm ou a duas vezes o comprimento de um bloco de alvenaria, a não ser que o cálculo estrutural e os materiais empregues o permitam [7].

Os lintéis podem ser parcial ou totalmente préfabricados com material idêntico ao usado na alvenaria, o que permite optimizar o seu isolamento térmico.

No nosso mercado são usualmente empregues perfis de betão em forma de "U" que permitem realizar caixas de estore. Na construção corrente em que estes perfis não são termicamente isolados, transformam-se em pontes térmicas importantes.

Continua também a ser corrente entre nós realizar caixas de estores, a partir da aplicação de placas de betão fabricadas em obra, fixadas às alvenarias apenas pelas suas extremidades por recurso a argamassa, num equilíbrio instável. Em caso de sismo violento, existe um risco elevado destes elementos desabarem para o exterior.

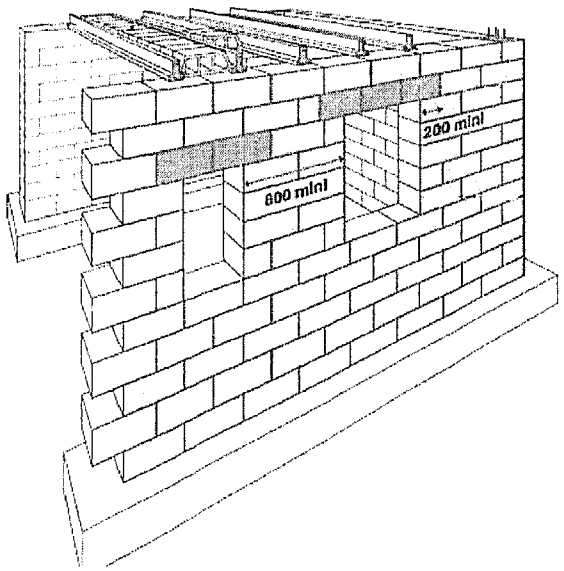


Fig. 3.26 – Entrega mínima dos lintéis nas alvenarias e distâncias mínimas entre vãos em alvenarias resistentes [30]

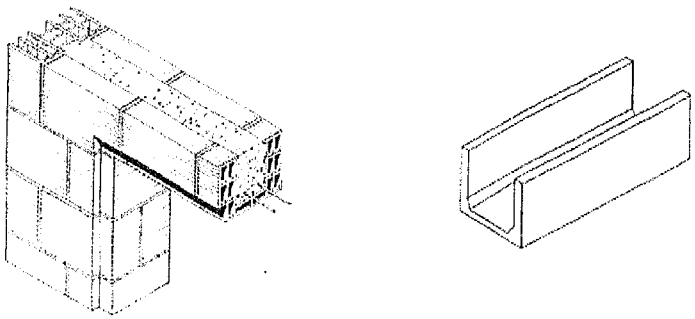


Fig. 3.27 – Elementos especiais para lintéis assegurando ou não, um suporte homogéneo para o revestimento [4]

3.3.1.3.6 Peitoris

A aplicação de peitoris em betão premoldado ou em pedra nos vãos de janelas torna-se imprescindível quando a alvenaria é constituída por elementos ocos. Se a alvenaria for maciça pode-se adoptar outras soluções tais como a aplicação de peitoris em alvenaria de pequenos elementos [7].

O DTU 20.1 [7] fixa uma série de condicionalismos relacionados com o fabrico e aplicação dos peitoris préfabricados, sendo de destacar:

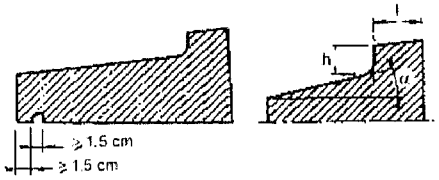
- a face superior do perfil deverá ser inclinada, possuindo no lado interior um ressalto que será parte integrante do peitoril. Ver figura 3.28;

- a face inferior do peitoril deve possuir uma pingadeira que evite a progressão da água até ao plano de contacto entre o peitoril e a alvenaria;

- de forma a assegurar a continuidade da calafetagem da caixilharia, o ressalto do peitoril deve-se estender a todo o comprimento do vão, incluindo a largura dos rebaixos (mucheta) deste. Se os rebaixes não existirem, deve-se prolongar o ressalto pelo menos 4cm para cada lado dos vãos. Ver figura 3.29.

- em fachadas expostas à chuva e ao vento, as juntas exteriores entre as alvenarias e os peitoris convêm ser colmatadas com mastique após a execução dos rebocos. Em peitoris com as extremidades laterais sobrelevadas esta condição não é necessária (este tipo de peitoril evita também os escorrimento laterais de sujidade que são tão correntes nos nossos edifícios). Ver figura 3.31.

Se o material que constitui o peitoril for demasiado poroso convém isolá-lo de forma a que a água da chuva se não comunique à alvenaria através deste. Assim, deve-se intercalar entre o peitoril e a alvenaria uma barreira impermeável ou aplicar na face exposta do peitoril, um produto impermeabilizante.



Peitoril	*Inclinação mínima (%)*	*Ressalto (mm)*	
		Altura mín. (h)	Largura mín. (l)
Assente antes da colocação da caixilharia	10 %	25	40
Préfabricado em betão assente antes da colocação da caixilharia	8 %	25	30
	10 %	20	
Assente depois da colocação da caixilharia	10 %	40	40
O plano superior do ressalto pode apresentar uma ligeira inclinação para o exterior.			

Fig. 3.28 - Dimensões mínimas a considerar para os perfis dos peitoris prefabricados [7]

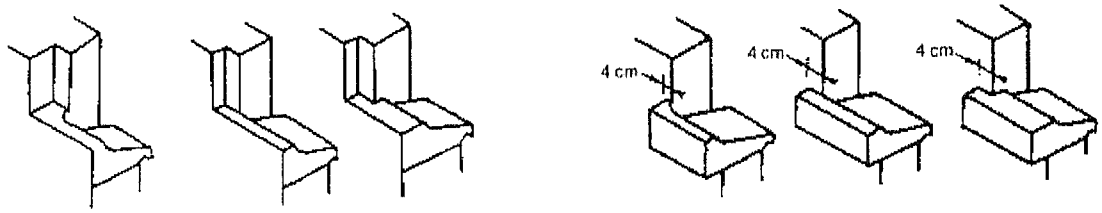


Fig. 3.29 – Posicionamento do ressalto dos peitoris relativamente a vãos possuidores ou não de rebaixo para receber a caixilharia [7]

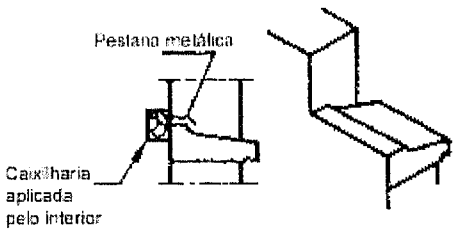


Fig. 3.30 – Caso particular de remate do peitoril no vão, para caixilharias aplicadas no paramento interior das fachadas [7]

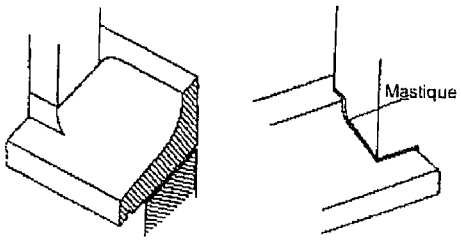


Fig. 3.31 – Peitoris com e sem extremidades laterais sobrelevadas [7]

3.3.1.3.7. Vãos

3.3.1.3.7.1 Tipos de posicionamento das caixilharias nas alvenarias

O DTU 37.1 [60] desaconselha a colocação das janelas no exterior ou à face dos vãos (ver figuras 3.32 e 3.33). No caso de isolamento térmico pelo exterior, devem-se conhecer os documentos de homologação do produto, de forma a que as ligações com as janelas sejam devidamente executadas.

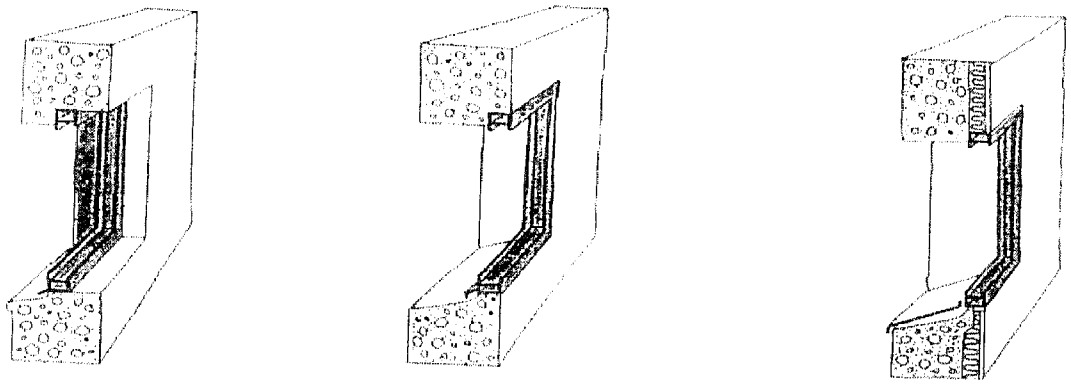


Fig. 3.32 – Tipos aconselhados de posicionamento de janelas nos vãos [61]

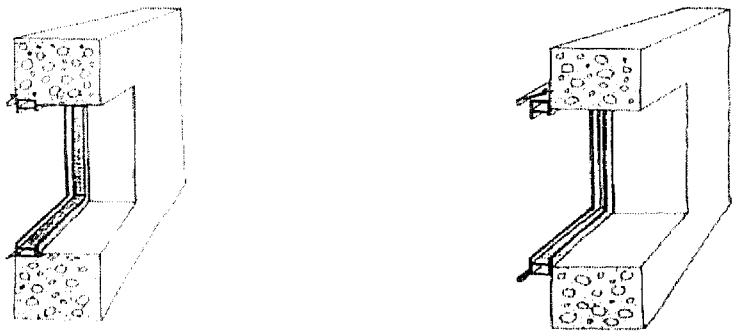
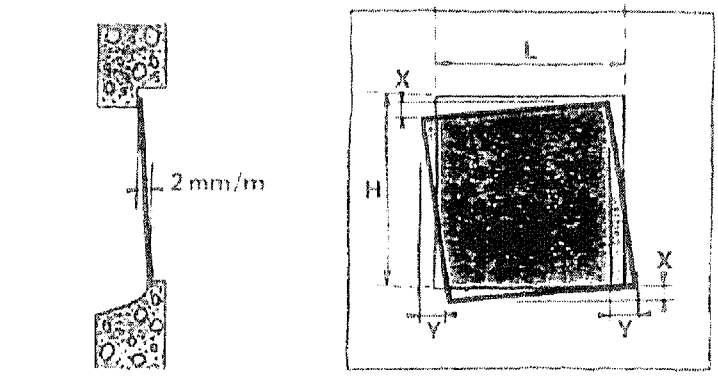


Fig. 3.33 – Tipos desaconselhados de posicionamento de janelas nos vãos [61]

3.3.1.3.7.2 Tolerâncias no assentamento da caixilharia

As janelas são colocadas tendo em consideração os erros reais de execução dos toscos, conforme o especificado na figura 3.34.



Falta de aprumo (defeito de verticalidade no plano perpendicular à janela)

Desnivelamento:
X= 2mm para L < 1,50m
3mm para L > 1,50m
Falta de aprumo no plano da janela: Y = 2mm/m

Fig. 3.34 - Tolerâncias do assentamento da caixilharia nos vãos [61]

Posicionamento da janela no vão:

- lateralmente a janela deve ser posicionada a ± 5mm em relação ao eixo do vão e os apoios são equilibrados em função do estado do vão;
- se a janela não for colocada sobre um suporte acabado, ela será posicionada em relação a um alinhamento de nível com uma tolerância de ± 3mm;

- se a janela for disposta sobre um suporte já com acabamento, a folga entre o quadro e o vão deve ser adaptada em função do tipo de calafetagem prevista.

No caso da colocação sobre pré aros (elemento que se interpõem entre a janela e o vão) as tolerâncias de colocação em obra das janelas acima definidas, devem ser respeitadas. Os pré aros devem ser colocados com tolerâncias semelhantes às definidas para a colocação das janelas na fase de toscos da construção.

3.3.1.3.7.3 Características dimensionais dos vãos na obra de trolha, para receberem caixilharias

As características dimensionais dos vãos no que respeita à sua largura, altura e aprumo, devem ser bem referidas no caderno de encargos do projecto. O DTU 37.1 [60], especifica essas características impondo limites para as variações dimensionais dos vãos durante a sua execução. As tolerâncias para a execução das superfícies de encosto dos caixilhos, são também aí referidas.

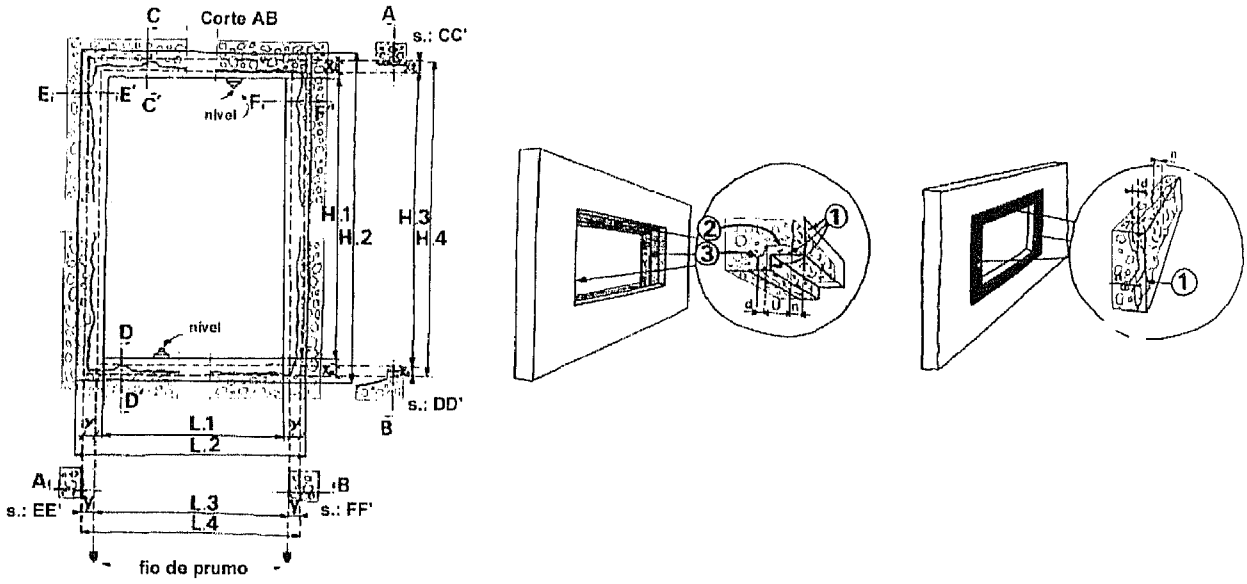


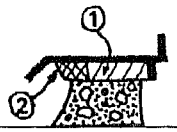
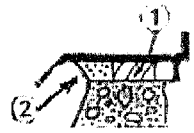
Fig. 3.35 – Tolerâncias dimensionais a impor para a execução de vãos de caixilharias [61]

3.3.1.3.7.4 Métodos de calafetagem entre o vão e a caixilharia (ou entre o vão e um pré aro)

A localização da construção, a altura das fachadas acima do solo e a presença ou não de protecções contra o vento, influenciam o modo de execução das calafetagens.

Designa-se por calafetagem húmida, aquela que é executada com argamassa e por calafetagem seca, aquela que é executada sem o uso de argamassa.

Quadro 3.18 - Métodos de calafetagem entre vãos e caixilharias metálicas [60, 61]

Calafe-tagem	*Método (DTU 37.1)*	*Características da calafetagem*	*Altura da janela acima do solo H (m)*	*Fachadas abrigadas na situação a, b, c, d*	*Fachadas não abrigadas*		
					Situações a e b	*Situação c*	*Situações d e de frente marítima*
Húmida	A	Argamassa Hidráulica → 1 (a utilização de gesso está excluída) 	H < 6 6 ≤ H < 18 18 ≤ H < 28	SIM SIM SIM	SIM SIM NÃO	SIM NÃO NÃO	NÃO NÃO NÃO
Húmida, reforçada	B	Argamassa Hidráulica → 1 + Junta extrudida à pressão (bomba) → 2 	H < 6 6 ≤ H < 18 18 ≤ H < 28	SIM SIM SIM	SIM SIM SIM	SIM SIM SIM	SIM SIM NÃO
Seca	C	Junta extrudida à pressão (bomba) → 2 sobre fundo de junta → 1 	H < 6 6 ≤ H <18 18 ≤ H < 28 28 ≤ H < 50 H > 50	SIM SIM SIM NÃO NÃO	SIM SIM SIM SIM SIM	SIM SIM SIM SIM SIM	SIM SIM SIM SIM SIM

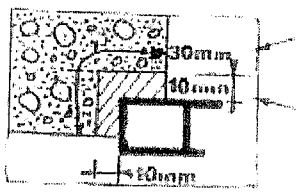
Situação a: Construções situadas no interior de grandes centros urbanos;
Situação b: Construções situadas em pequenas localidades ou na periferia das grandes cidades;
Situação c: Construções isoladas em zona rural;
Situação d: Construções isoladas na orla marítima ou localizadas nas localidades costeiras, desde que se situem a uma distância relativa ao litoral inferior a 15 vezes a sua altura e as fachadas sejam não abrigadas.

Calafetagem	*Método (DTU 37.1)*	*Características da calafetagem*
Seca	D	Esponja impregnada (antes da colocação da janela)  Este tipo de material como é de aplicação recente, exige certa atenção e cuidados na sua aplicação. Deverão existir documentos de homologação que certifiquem a utilização dos mesmos.
Seca	E	Cordão de mastique prémoldado (antes da colocação da janela)  Este processo é equivalente ao método A, devendo ser aplicado apenas em janelas que possuam borracha (dispositivo inferior para evitar escorrência da água).

3.3.1.3.7.5 Condições a respeitar na colocação das calafetagens entre as caixilharias e os vãos

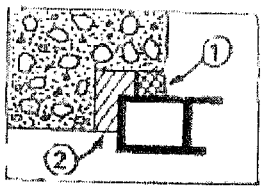
- Calafetagem húmida (simples e reforçada):

Para que a calafetagem seja eficaz, as dimensões mínimas são as especificadas na figura 3.36.



Desenvolvimento mínimo de encaminhamento da água

Espessura mínima de preenchimento



Calafetagem húmida reforçada:

Um fundo de junta deve ser executado na ranhura feita na argamassa de preenchimento (2), para receber o cordão de estanquidade (1)

Fig. 3.36 – Modo de execução da calafetagem húmida nas ombreiras dos vãos [61]

- Calafetagem seca:

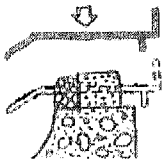
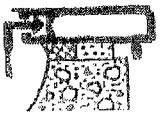
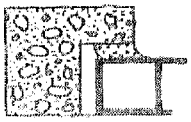
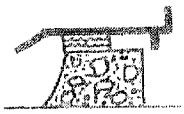
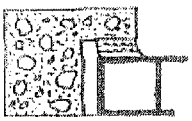
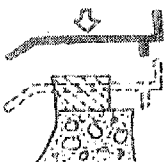
A folga em obra entre o vão e a caixilharia, deve ser compatível com o modo de calafetagem;

A colocação deve ser feita a uma temperatura ambiental de pelo menos 5 °C;

A calafetagem seca pode ser executada antes ou depois da colocação da janela, em função das suas características.

O quadro 3.19 especifica os modos de execução de diversos tipos de calafetagem seca.

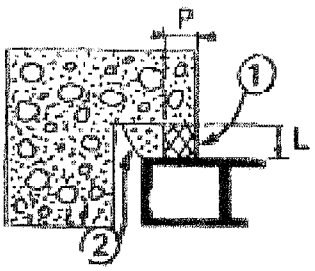
Quadro 3.19 - Modos de execução da calafetagem seca entre alvenaria e caixilharia [61]

Calafe-tagem	*Método (DTU 37.1)*	*Características da calafetagem*		*Peitoris*	*Aros e Lintéis*	*Exemplos onde as calafetagens são executadas deste modo*
Seca	C	Junta extrudida, à pressão (bomba), sobre fundo de junta	Antes do assenta-mento da janela		Este modo de calafetagem é desaconselhado pelo DTU 37.1	- Estanquidade entre a janela e a obra de tosco, ou entre a janela e o pré aro da mesma. - Cantaria - Alvenaria revestida (capeamento de pedra ou reboco espesso > 15mm)
			Depois do assenta-mento da janela			
	D	Espuma impregnada, antes do assentamento da janela				- Estanquidade entre o pré aro e a obra de tosco, ou entre a janela e o pré aro.
	E	Cordão de mastique prémoldado, antes do assentamento da janela			Este modo de calafetagem é desaconselhado pelo DTU 37.1	- Cantaria Sob o peitoril se existir borracha na janela

Modo C: Junta extrudida à pressão (com bomba) com o uso obrigatório de fundo de junta.

Estas juntas podem ser executadas:

- antes do assentamento da janela, apenas sobre o peitoril;
- depois do assentamento da janela, em toda a sua periferia.



1 – Junta extrudida

2 – Fundo de junta

Fig. 3.37 – Modo de assentamento da caixilharia em ombreiras, pelo método de junta extrudida, com fundo de junta [61]

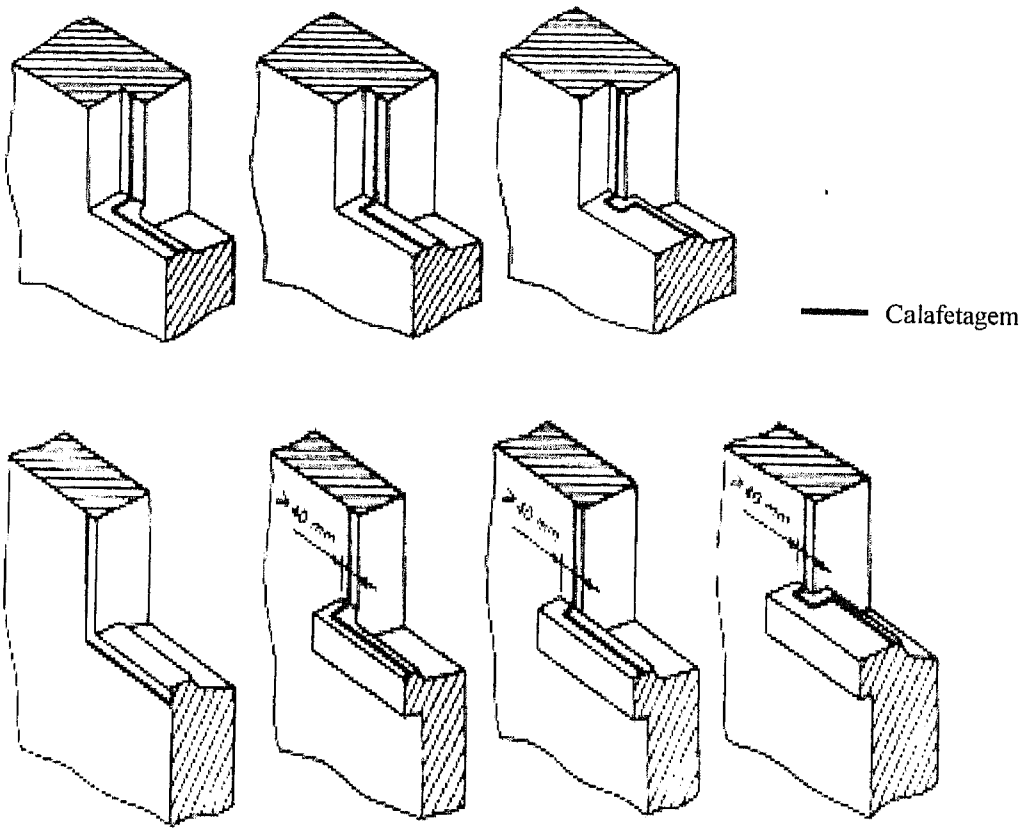


Fig. 3.38 - Junção da calafetagem dos caixilhos entre os peitoris e as ombreiras com e sem execução de rebaixo na alvenaria [60]

3.3.1.3.7.6 Reforços da alvenaria na zona dos vãos

Mesmo nas alvenarias de preenchimento, a zona envolvente dos vãos constitui uma zona privilegiada de acumulação de tensões. Essas tensões podem ser responsáveis pelo surgimento de fissuração. Aconselha-se por isso e por precaução, um reforço da alvenaria com armaduras nessas zonas. As armaduras embebidas na argamassa de assentamento deverão ser em aço galvanizado ou em aço inoxidável, em forma de varão ou de treliça (o que facilita a aderência à argamassa) com diâmetros compatíveis com a espessura das juntas, tal como é representado na figura 3.39 [30].

Estas recomendações são tanto mais importantes quanto maiores forem os vãos e os riscos de deformação das padieiras. Os esforços transmitidos pelas caixilharias aos respectivos vãos, são também um dos principais justificativos para a implementação das armaduras.

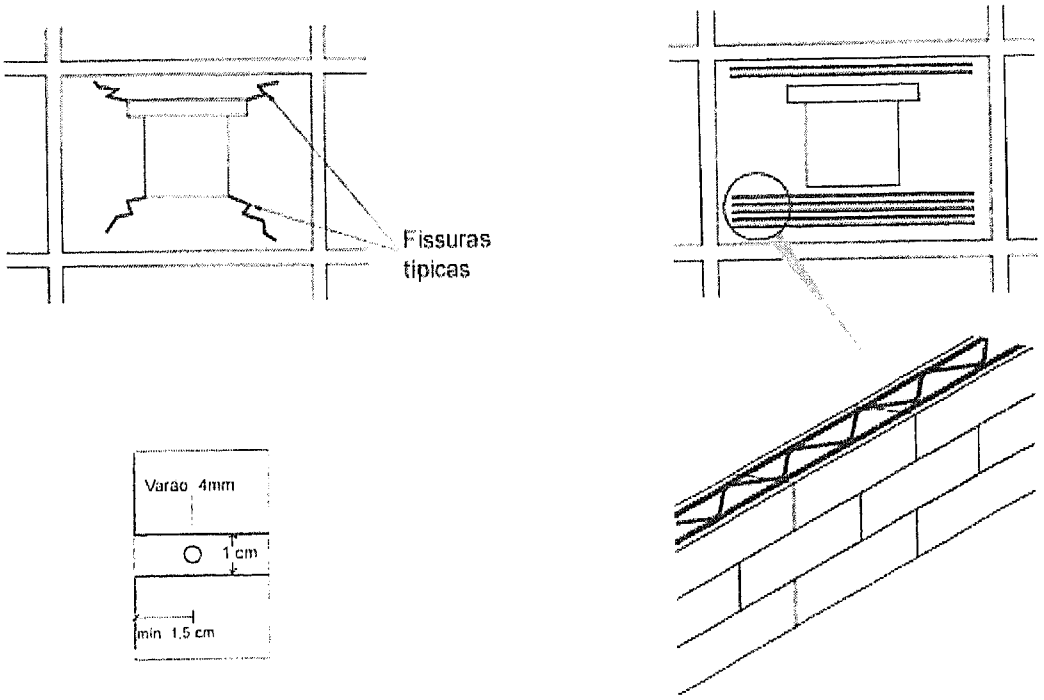


Fig. 3.39 – Armação de alvenarias não resistentes na zona de vãos [30, 31]

A figura 3.40, diz respeito a recomendações da publicação "Construção anti-sísmica" [11] para a armação dos vãos de alvenarias de tijolo em edifícios situados em zonas de risco sísmico elevado.

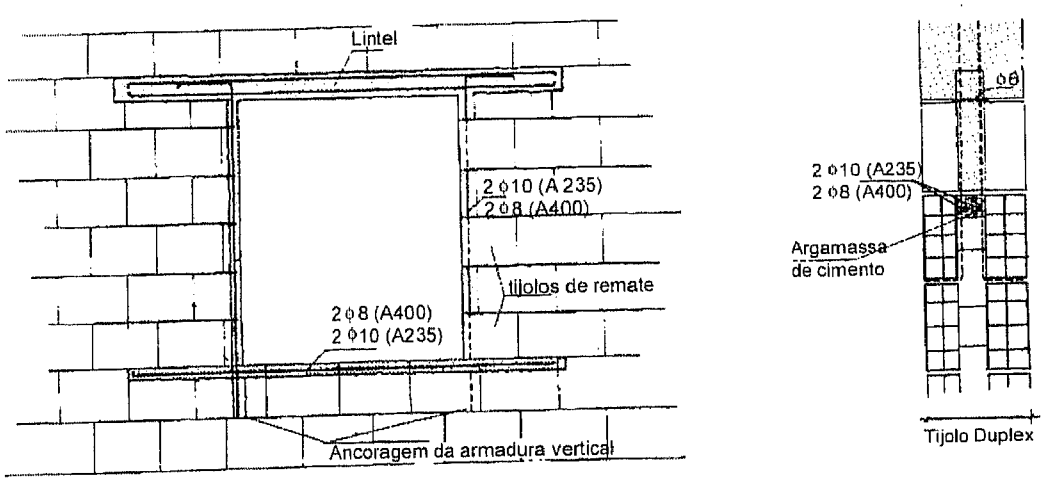


Fig. 3.40 – Armação dos vãos em alvenaria de tijolo em zonas sísmicas [11]

BIBLIOTECA F.E. PORTO

3.3.1.3.8 Zonas de descarga de acções concentradas

À semelhança do que é dito no ponto anterior, estas zonas das alvenarias devem ser armadas de forma a absorverem as tensões sem que exista o risco de fissuração local. Estas armaduras terão de ser dimensionadas em função das acções actuantes.

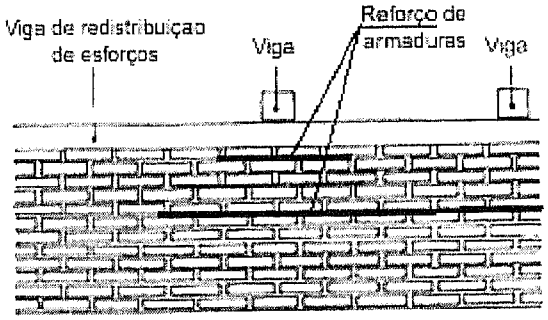


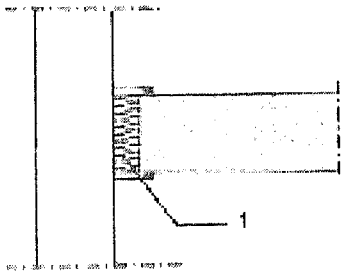
Fig. 3.41 – Reforço das alvenarias com armaduras, na zona de descarga de cargas concentradas [18]

3.3.1.3.9 Uniões em T das alvenarias

Nas ligações em forma de T entre as alvenarias exteriores e as interiores, o DTU 20.1[7] faz as seguintes recomendações para alvenarias fracamente solicitadas:

- no caso de ser necessário considerar o contraventamento entre as paredes, a parede interior deve penetrar na parede exterior pelo menos 5cm, sem que aquela apareça no exterior. Este procedimento deverá ser efectuado pelo menos de três em três fiadas de assentamento (considerando a altura corrente de um piso). Vários autores consideram que a ligação entre as paredes pode ser assegurada através da interposição nas juntas de assentamento horizontais, de malhas de varões de aço protegido contra a corrosão;

- no caso de não ser necessário considerar o contraventamento, a parede interior poderá ficar apenas justaposta à parede exterior, intercalando-se entre elas um material apropriado para a execução da junta (tendo em consideração o isolamento acústico, a reacção ao fogo, etc.).



1 – lã mineral de alta densidade (140kg/m³) com 3cm de espessura de forma a garantir o isolamento acústico e a resistência ao fogo da divisória. A estanquidade ao ar é assegurada por placas de gesso bem coladas em ambas as faces da parede divisória.

Fig. 3.42 – Justaposição de uma parede interior a uma parede exterior intercalando lã mineral de alta densidade (140kg/m³) com 3cm de espessura, assegurando a estanquidade ao ar [30]

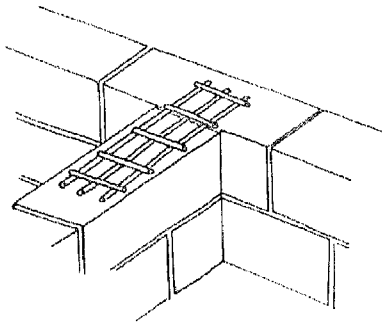


Fig. 3.43 – Ligação em T entre paredes, por meio de malhas de varões de aço intercaladas nas juntas horizontais de assentamento [18]

3.3.1.3.10 Juntas de dilatação e contracção

Este assunto encontra-se devidamente desenvolvido em 2.2.5.

3.3.1.3.11 Coberturas em terraço

As coberturas em terraço são afectadas quer pela variação de temperatura ambiente exterior, quer pela radiação solar ao longo das horas de incidência da mesma. Assim, como as fachadas recebem radiação solar apenas durante alguns períodos do dia, instalam-se

diferenciais térmicos muito significativos entre as coberturas em terraço e as estruturas que as suportam.

O constrangimento que a estrutura portante induz na cobertura pode levar à formação de fissuras nas fachadas subjacentes à mesma. Um diferencial elevado e rápido de temperaturas entre as faces superior e inferior das lajes podem provocar o arqueamento das mesmas no sentido exterior. Este arqueamento terá como consequência a rotação dos apoios e eventual fissuração na junção com as alvenarias [56].

Os três factores que maior importância têm na minimização da formação das fissuras, são [56]:

- criação de juntas de dilatação nas lajes de cobertura com um espaçamento suficiente entre elas;

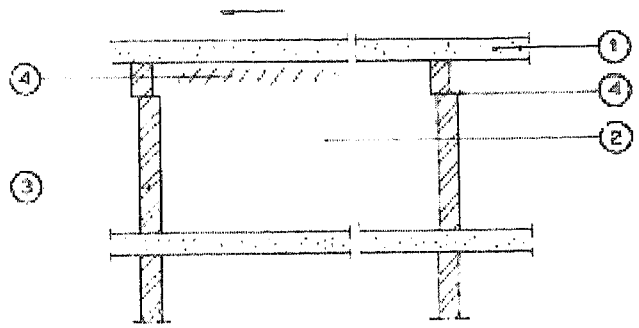
- suficiente isolamento térmico das lajes pelo exterior a fim de se evitarem os fenómenos acima descritos;

- dessolidarização da laje de cobertura da estrutura portante.

A fissuração pode aparecer quer em coberturas planas ligadas a estruturas porticadas, quer em coberturas apoiadas em alvenarias resistentes ou armadas (ver figuras 3.44 e 3.45).

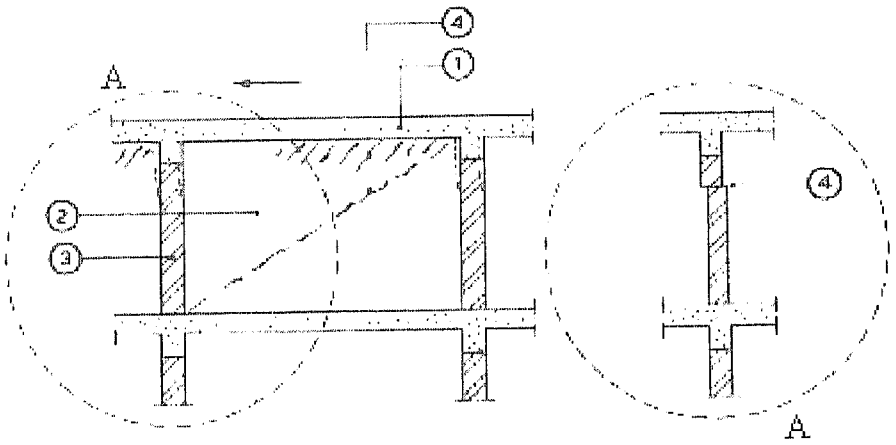
Sempre que as variações dimensionais o justifiquem, a laje de cobertura em terraço não deve possuir ligações rígidas ao corpo do edifício que a suporta. A figura 3.46 ilustra várias formas de executar os apoios das lajes, garantindo-lhes duas liberdades de movimentos.

Outro processo semelhante ao representado na figura 3.46, mas melhorado, consiste em intercalar um apoio elastómero que se deforme quando sujeito a impulsos horizontais ou de rotação. Este tipo de apoios adaptados a esta situação (tal como aparece representado na figura 3.47), não se encontram facilmente à venda no mercado [62].



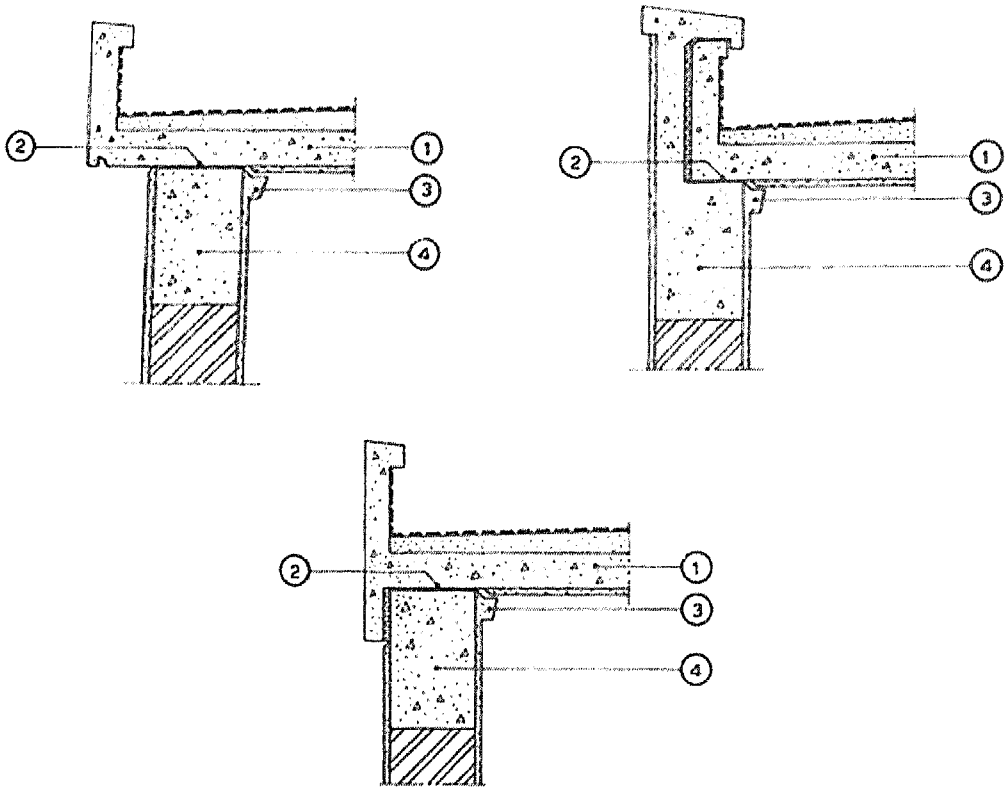
1 – Laje de cobertura em terraço; 2 – Fachada paralela ao movimento da laje; 3 – Fachada perpendicular ao movimento da laje; 4 – Fissuras.

Fig. 3.44 – Fissuração de paredes estruturais de alvenaria devido ao movimento da laje de cobertura em terraço, por efeito da variação de temperatura [56]



1 – Laje de cobertura em terraço; 2 – Fachada paralela ao movimento da laje; 3 – Fachada perpendicular ao movimento da laje; 4 – Fissuras.

Fig. 3.45 – Fissuração de paredes de preenchimento devido ao movimento da laje de cobertura em terraço, por efeito da variação de temperatura [56]



1 – Laje de cobertura em terraço; 2 – Junta móvel de apoio (papel espesso ou feltro betuminoso); 3 – sanca de revestimento desligada do tecto; 4 – suporte da laje (viga ou parede resistente).

Fig. 3.46 – Juntas móveis de apoio das lajes de cobertura planas, na sua estrutura de suporte [56]

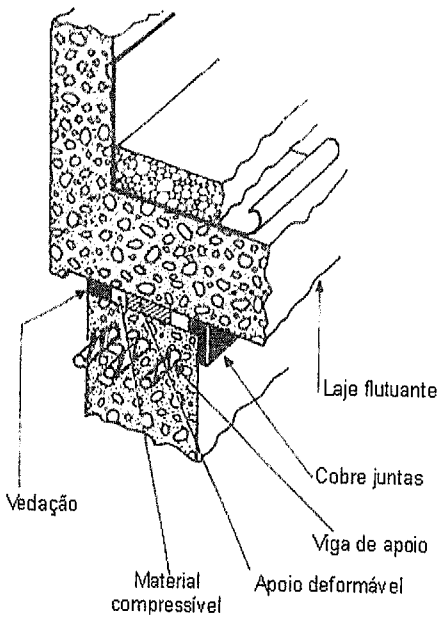


Fig. 3.47 – Apoio elastómero para apoio de laje flutuante na estrutura portante [62]

3.3.2. Pormenorizações específicas de alguns tipos de alvenarias

3.3.2.1 Alvenarias de pedra natural

Em alvenarias de pedra talhada as juntas verticais devem ser desfasadas pelo menos 1/3 do comprimento dos blocos. A distância mínima entre uma junta vertical e uma aresta de ângulo reentrante, não pode ser inferior a 20 cm. No caso de paredes de um só pano, a distância mínima entre uma junta vertical e a aresta de um ângulo saliente, é de 20cm [17].

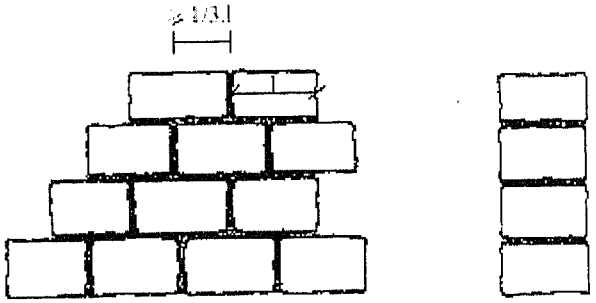


Fig. 3.48 – Alvenaria de pedra em perpianho [11]

Em alvenarias de pedra irregular, a argamassa de assentamento deve envolver devidamente todos os intervalos entre as pedras, guarnecendo-os com pedras de menores dimensões de forma a que as alvenarias se tornem o mais possível homogéneas e compactas [17].

Uma forma de melhorar o comportamento das alvenarias de pedra irregular aos sismos, consiste na colocação de ligadores que atravessem toda a espessura da parede com um espaçamento regular, quer em comprimento quer em altura. Os ligadores podem ser em pedra, em madeira ou metálicos (ver figura 3.49).

A alvenaria em forma de perpianho devido à regularidade dos blocos de pedra que a constitui, não necessita do emprego de ligadores. Este é o tipo de alvenaria de pedra mais estável [11].

A alvenaria constituída por pedras aparelhadas com uma face plana e rectangular com juntas verticais desencontradas, necessita de ligadores em pedra que com regularidade atravessem a parede. Esta medida é justificada pelo facto de nem todas as pedras que constituem a alvenaria possuírem largura equivalente à espessura da parede (ver figura 3.50).

Carvalho [11], recomenda em geral ligadores de três em três fiadas na vertical e de três a quatro vezes a espessura da parede, na horizontal.

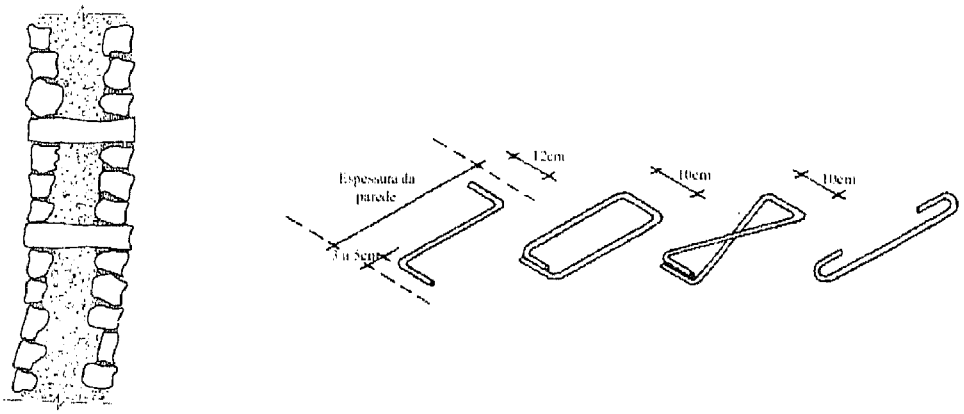


Fig. 3.49 – Ligadores em pedra e metálicos para a execução de paredes de pedra natural irregular [11]

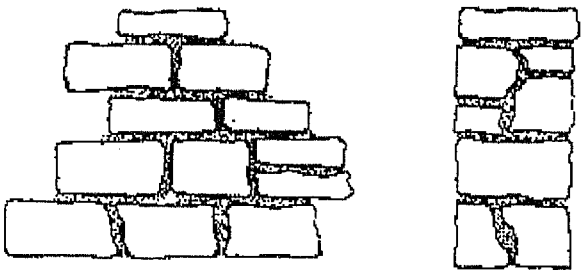


Fig. 3.50 – Alvenaria de pedra aparelhada constituída por pedras com uma face plana e rectangular [11]

Para alvenarias de pedra irregularmente aparelhadas com configuração angulosa e uma face plana, é desejável a aplicação de ligadores em pedra ou em metal dispostos uniformemente ao longo da fachada que abranjam a espessura integral da parede. Recomenda-se espaçamentos na horizontal de 60 a 80cm e de 40 a 50cm, na vertical. Este tipo de alvenarias é menos resistente do que a anterior, mas ainda assim apropriada para a execução de paredes exteriores de edifícios desde que constituídas por pedra rija e argamassa de assentamento resistente e durável.

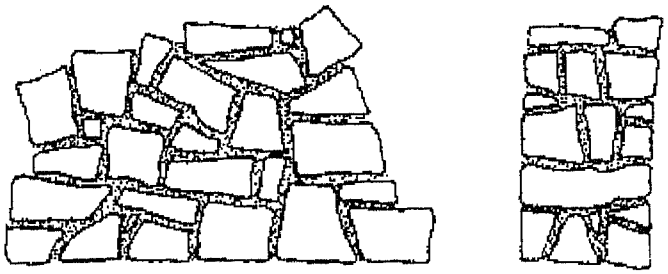


Fig. 3.51 – Alvenaria de pedra irregularmente aparelhada com configuração angulosa e uma face plana [11]

A alvenaria constituída por pedra não aparelhada com configuração arredondada assim como a alvenaria seca, não são recomendadas para a execução de paredes em zonas sísmicas (ver figura 3.52) [1, 11].

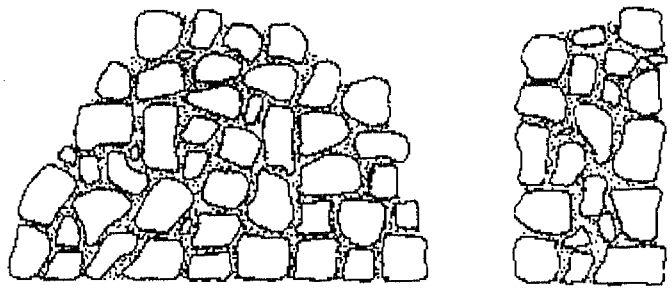


Fig. 3.52 – Alvenaria em pedra não aparelhada com configuração arredondada [11]

As figuras 3.53, 3.54 e 3.55, referem-se a pormenores de execução a seguir durante a realização de alvenarias em pedra natural.

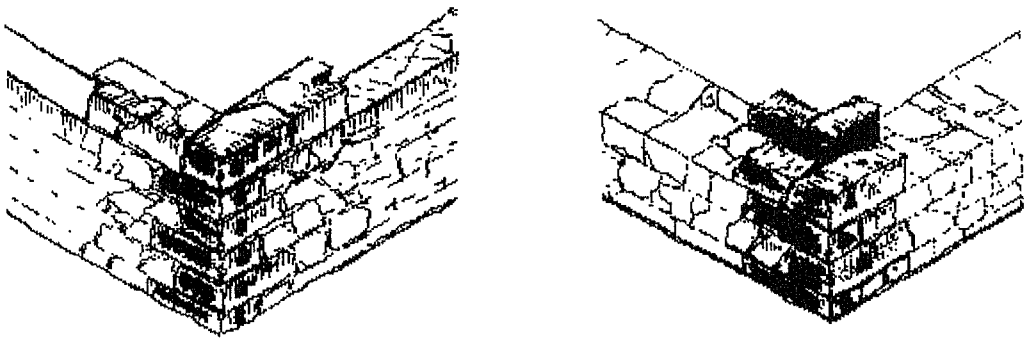


Fig. 3.53 – Travamento nos cunhais de paredes de pedra natural de pequena e de grande espessura (sem consideração de montantes em betão armado) [1]

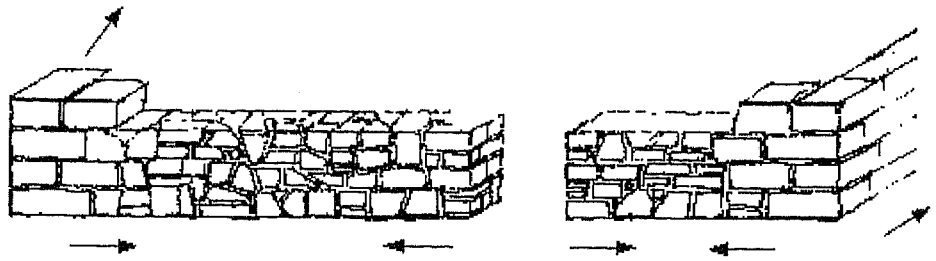


Fig.3.54 - Fluxo de trabalho de execução das alvenarias de pedra: execução a partir dos vãos e dos cunhais [1]

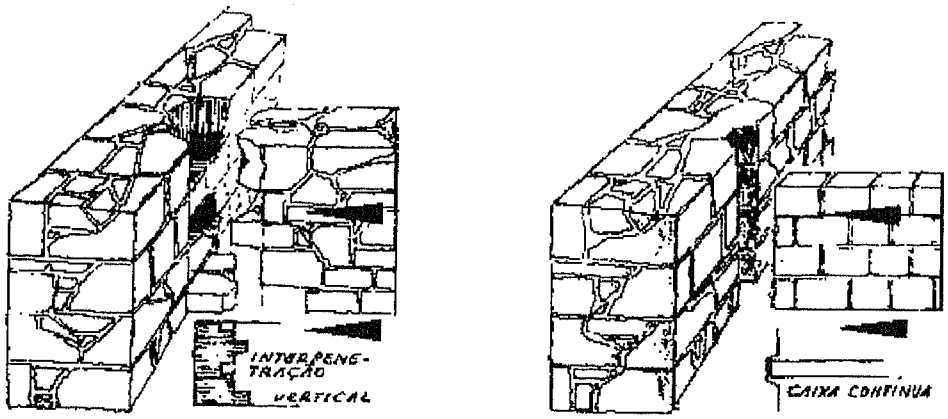


Fig. 3.55 – Ligação em T entre duas paredes em alvenaria de pedra e entre uma parede em alvenaria de pedra e uma parede em blocos ou em tijolo [1]

3.3.2.2 Alvenarias de tijolo

Segundo o DTU 20.1 [17], nas alvenarias de tijolo as juntas verticais devem ser em geral desfasadas pelo menos 1/3 do comprimento dos tijolos, de forma semelhante ao indicado para as alvenarias em pedra natural talhada (admite-se para tijolos de pequeno formato (22x11x7) um desfasamento mínimo de 1/4 do comprimento do tijolo). Segundo este documento, quer nos tijolos furados quer nos perfurados, os vazios em nenhuma circunstância devem ficar voltados para o exterior tal como aparece representado nas figuras 3.56 e 3.57.

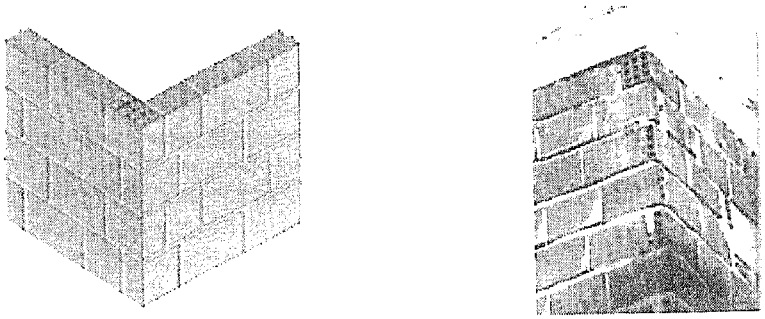


Fig. 3.56 – Procedimento correcto e procedimento incorrecto de remate do tijolo furado em cunhais [52]

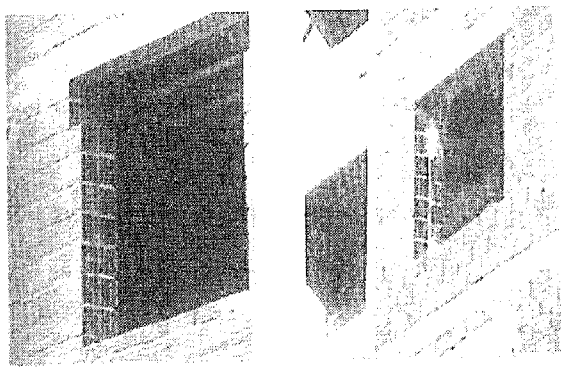


Fig. 3.57 – Forma usual mas incorrecta de remate do tijolo furado nas ombreiras dos vãos (com os furos em contacto com o exterior) [52]

O DTU 20.1[17] refere também que em alvenarias resistentes de tijolo furado ou perfurado, se a distância em altura entre apoios não for vencida pela colocação de um número inteiro de tijolos, o fecho deverá ser executado com tijolos maciços ou do mesmo tipo dos empregues na execução das alvenarias, cortados com serra mecânica. Se o tijolo empregue na fachada for maciço, a distância entre apoios deverá ser vencida pelo emprego de um número inteiro de tijolos, jogando-se com as espessuras das juntas.

Em variados países europeus a indústria da cerâmica encontra-se bastante desenvolvida encontrando-se nesses países sistemas de peças cerâmicas que permitem a execução das fachadas segundo os critérios de optimização mecânica e higrotérmica já anteriormente formulados. Existem peças apropriadas de remate para a execução de padieiras, ombreiras, caixas de estores, cunhais e correcção térmica, sem se necessitar de improvisar, rentabilizando assim a mão de obra (ver figuras 3.58 a 3.62). Em Portugal estes sistemas começam a ser pontualmente usados sendo contudo na sua generalidade, importados.

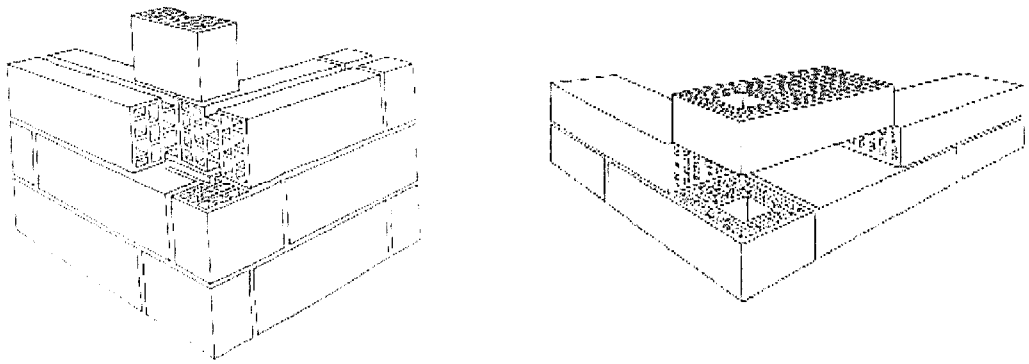


Fig. 3.58 – Execução de cunhais não armados e armados, com peças apropriadas em tijolo cerâmico [18]

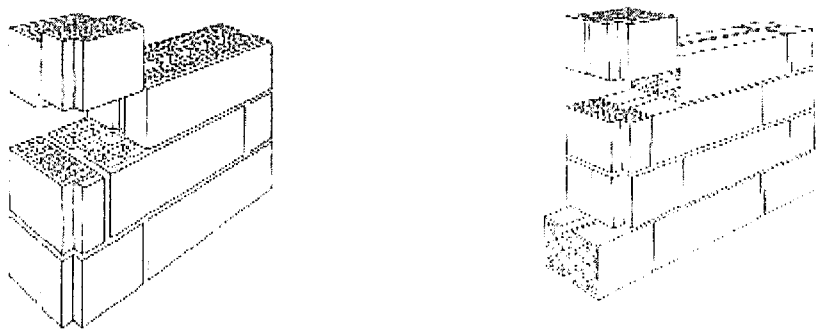


Fig. 3.59 – Execução de ombreiras de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico [18]

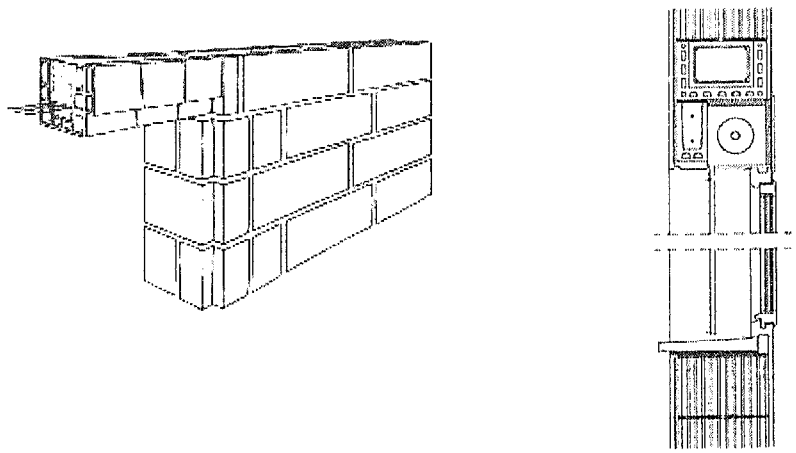


Fig. 3.60 – Execução de padieiras de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico [18, 58]

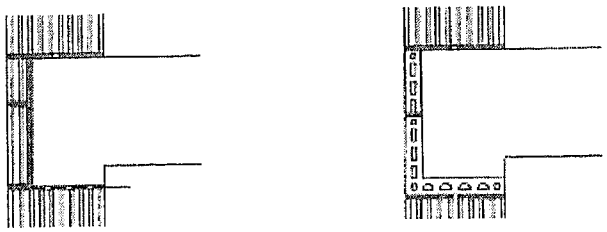


Fig. 3.61 - Execução de testas de vigas com peças apropriadas em tijolo cerâmico [58]

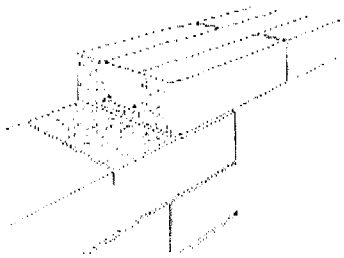


Fig. 3.62 - Execução de linteis de vãos com peças apropriadas em tijolo cerâmico [58]

3.3.2.3 Alvenarias em blocos de betão

Segundo o DTU 20.1 [17] nas alvenarias de blocos de betão as juntas verticais devem ser em geral desfasadas entre um terço e metade do comprimento dos blocos.

Esse documento refere ainda que para alvenarias resistentes, a distância em altura entre apoios deve ser vencida por um número inteiro de blocos jogando-se com a espessura das juntas horizontais, de forma a que tal seja conseguido. Se tal não for possível, o ajuste que não deve ultrapassar 5cm, deverá ser realizado com blocos maciços ou pelo enchimento com betão.

O pequeno número de canais desaconselha que os blocos sejam partidos para a execução de acertos e de remates de fiadas. Deve-se procurar que os panos de parede tenham dimensões múltiplas do comprimento dos blocos já preparados de fábrica, de forma a evitar os cortes. Se for imperioso o corte dos blocos, este deve processar-se por meio de serra mecânica [11].

Os pormenores construtivos são em geral semelhantes ao já atrás mencionado para os tijolos cerâmicos.

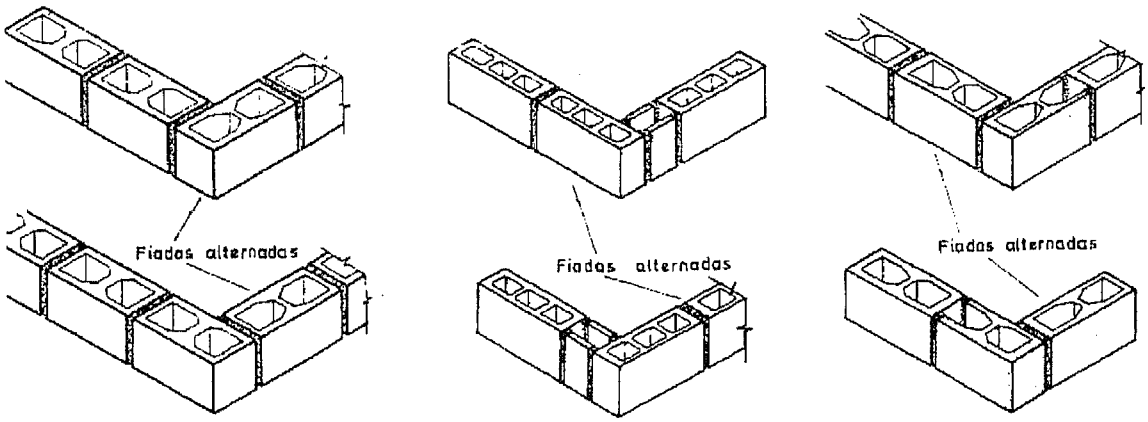
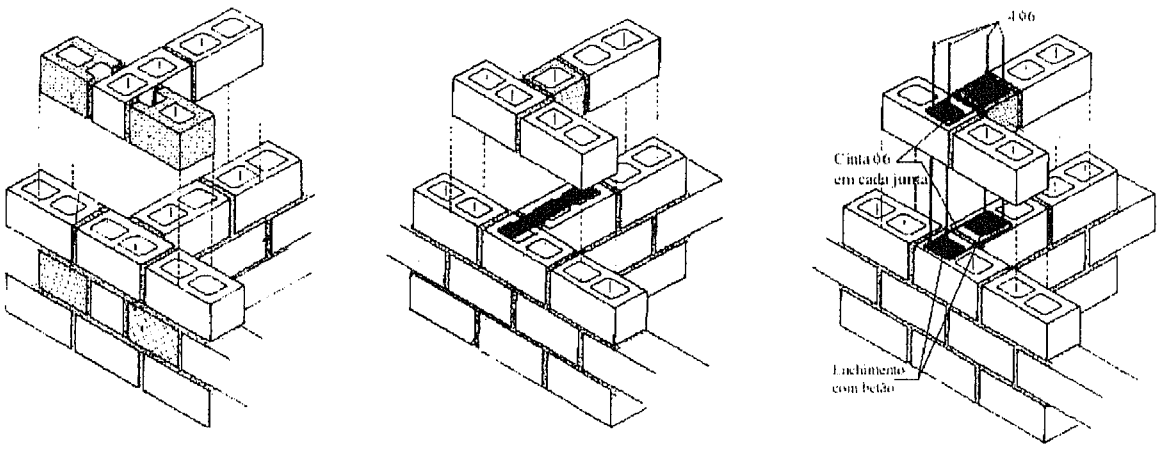


Fig. 3.63 – Execução de cunhais em blocos inteiros e cortados, de betão [11]



1 2 3

1 – com perturbação da modulação e solidarização na ligação por cruzamento dos blocos;

2 – sem perturbação da modulação, com junta vertical entre as paredes, sendo a solidarização da ligação entre os panos assegurada pela colocação de elementos metálicos;

3- sem perturbação da modulação gerando montantes armados na ligação entre os panos de paredes

Fig. 3.64 – Pormenores de ligação de paredes transversais em alvenarias de blocos de betão [11]

De forma semelhante ao mencionado para as alvenarias em tijolo cerâmico, existem também sistemas de blocos de betão de agregados leves que permitem de uma forma mais simples e tecnologicamente optimizada a realização dos pontos singulares das alvenarias. Estes sistemas que são utilizados em alguns países europeus tendem a aparecer também no nosso país (ver figuras 3.65 a 3.69).

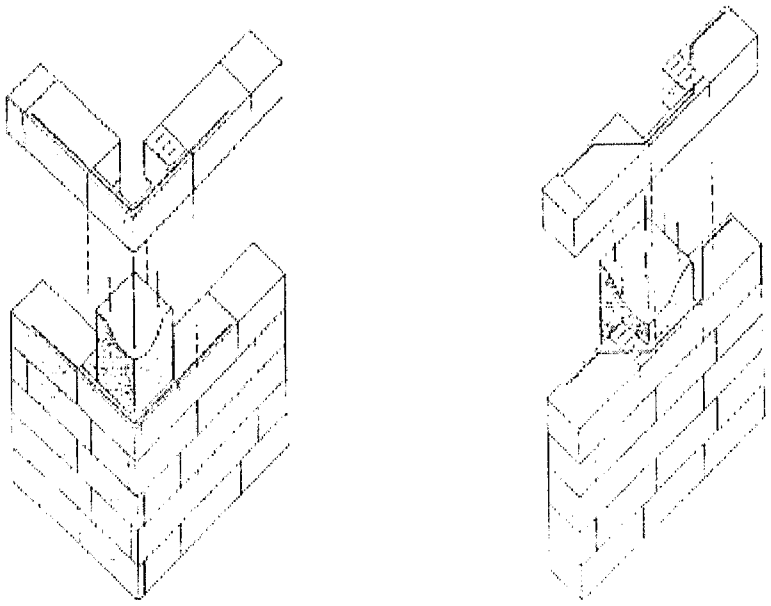


Fig. 3.65 – Revestimento de pilares com forras de betão leve [31]

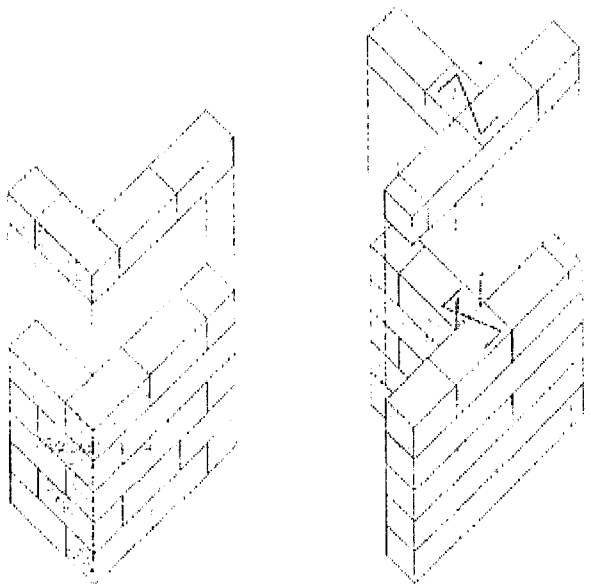


Fig. 3.66 – Execução de cunhais não armados e de ligação a paredes transversais, em blocos de betão leve [31]

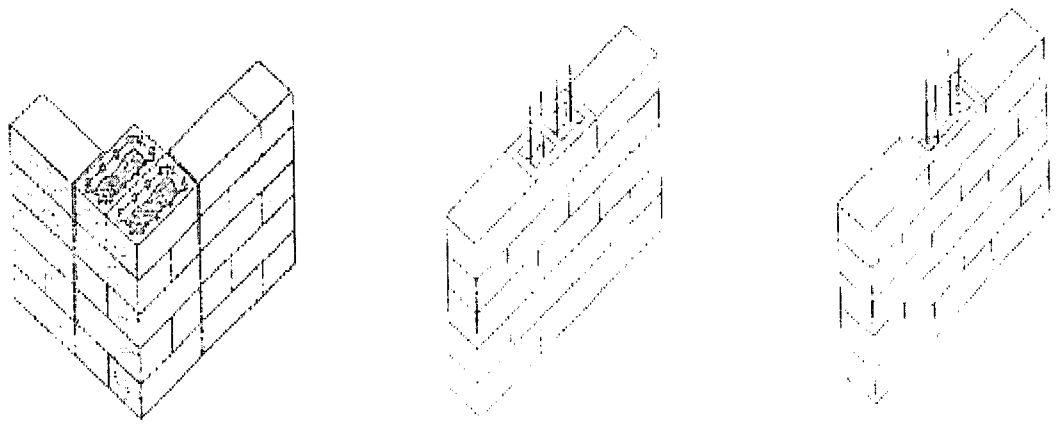


Fig. 3.67 – Execução de montantes com peças especiais de betão leve [31]

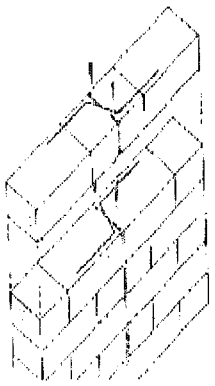


Fig. 3.68 – Execução de junta de retracção em panos de grande comprimento em blocos de betão leve [31]

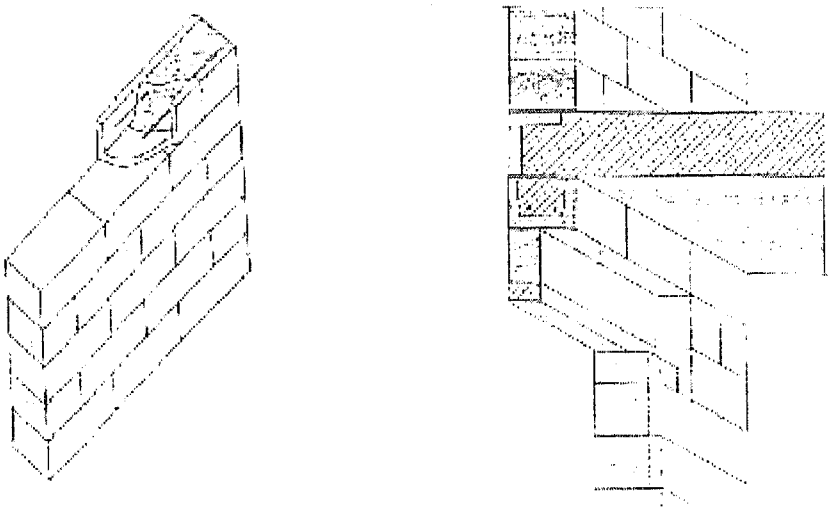


Fig. 3.69 – Peças especiais em betão leve para a execução de padieiras e caixas de estore [31]

3.3.2.4 Alvenaria em blocos de betão celular autoclavado

Os sistemas de alvenaria em blocos de betão celular autoclavado têm hoje em dia uma aplicação muito pouco significativa no nosso país. Os problemas derivados da sua má aplicação e as patologias verificadas nalgumas das construções executadas com este tipo de material, motivaram o abandono quase completo do emprego deste material.

Existe documentação de variadas origens que trata a execução das alvenarias em blocos de betão celular, sendo de destacar o DTU 20.1 [17].

No nosso país, a tecnologia de aplicação destes produtos está obrigada ao respeito do documento de homologação respectivo.

3.3.3. Exemplos de realização de fachadas em alvenaria simples

Apresentam-se de seguida várias figuras representativas da realização de paredes exteriores de edifícios em pano simples. Procura-se ilustrar algumas das medidas advogadas nos pontos anteriores deste capítulo, de forma a torná-las mais claras.

Paralelamente à representação das alvenarias, são também representados os seus revestimentos e a aplicação de isolamentos térmicos quer pelo interior, quer pelo exterior das fachadas.

3.3.3.1 Com isolamento térmico pelo interior

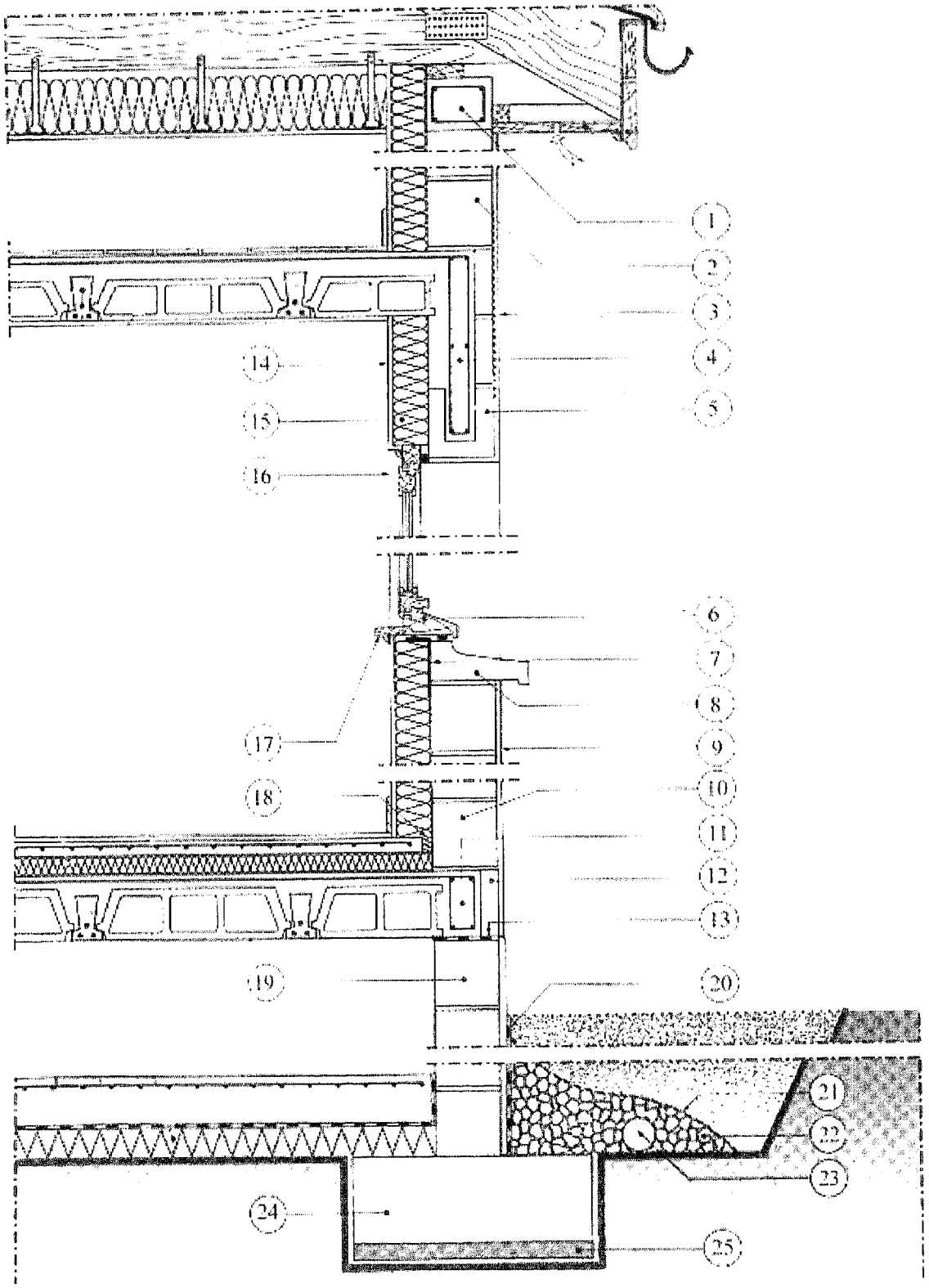


Fig. 3.70 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo interior [30]

1- Viga em betão armado colocada superiormente no coroamento da fachada;
2- Bloco de alvenaria assente em argamassa tradicional consoante o tipo de material que o constitui;
3- Reboco de impermeabilização tradicional ou do tipo monomassa. Neste local o reboco deve ser armado com rede de aço galvanizado ou com rede em fibra de vidro com protecção antialcalina;
4- Lintel em betão armado (provoca a criação de uma ponte térmica);
5- Bloco especial de material igual ao que constitui a alvenaria para o isolamento térmico das vigas linteis em betão armado;
6- Travessa inferior da janela;
7- Perfil em aço galvanizado que sustenta em parte o peso da janela;
8- Peitoril que para além de proteger a alvenaria da água da chuva, sustenta parte do peso da janela;
9- Reboco não armado (situação geral);
10- Blocos que constituem a alvenaria;
11- Viga cinta em betão armado;
12- Forra da viga cinta de material idêntico ao usado na execução da alvenaria;
13- Barreira de estanquidade contra a subida da água por capilaridade;
14- Placa de gesso cartonado de 10mm de espessura associada ao material de isolamento térmico (complexo de isolamento);
15- Complexo de isolamento constituído por isolamento térmico e placa de gesso cartonado, fixado à alvenaria por pontos de cola;
16, 17 – Guarnecimento do vão com placas de gesso cartonado ou de madeira;
18- Isolamento térmico de 50mm de espessura para quebra da ponte térmica formada entre a alvenaria e a betonilha de regularização do pavimento;
19- Blocos maciços quando a exposição à chuva é muito elevada ou existe o risco de formação de gelo (acrotérios, subsolo). Na situação de subsolo o reboco exterior é obrigatório quando não é admissível o aparecimento de humidade no paramento interior da fachada;
20- Pintura betuminosa aplicada a frio sobre o reboco que recobre os blocos enterrados nos locais em que não é admissível a infiltração de água;
21- Manta geotêxtil de filtragem da água do solo evitando a colmatagem do dreno;
22- Gravilha;
23- Tubo de dreno envolto em gravilha;
24- Sapata contínua em betão armado;
25 – Betão de limpeza.

Fig. 3.70 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo interior (continuação) [30]

1- Perfil de coroamento das platibandas em zinco (aço inoxidável, alumínio, etc.) para protecção do reboco da fachada;
2- Acrotério baixo (altura acima da camada de protecção da cobertura, inferior a 300mm) em betão armado (de preferência). Devem-se realizar juntas de dilatação de 6m em 6m;
3- Armadura em aço galvanizado ou em fibra de vidro a fim de se evitar a fissuração do reboco derivada da heterogeneidade dos suportes e da rotação da laje de cobertura em terraço;
4- As armaduras incorporadas nas juntas horizontais da alvenaria ajudam a evitar a fissuração (não sendo contudo obrigatórias);
5- Blocos de alvenaria rebocados;
6- Blocos maciços para a execução de acrotérios com juntas horizontais armadas;
7- Coroamento em betão protegendo a alvenaria adjacente;
8- Reboco tradicional ou do tipo monocamada.

Fig. 3.71 – Exemplos de execução de acrotérios de paredes exteriores com isolamento térmico pelo interior quando as coberturas são em terraço [30]

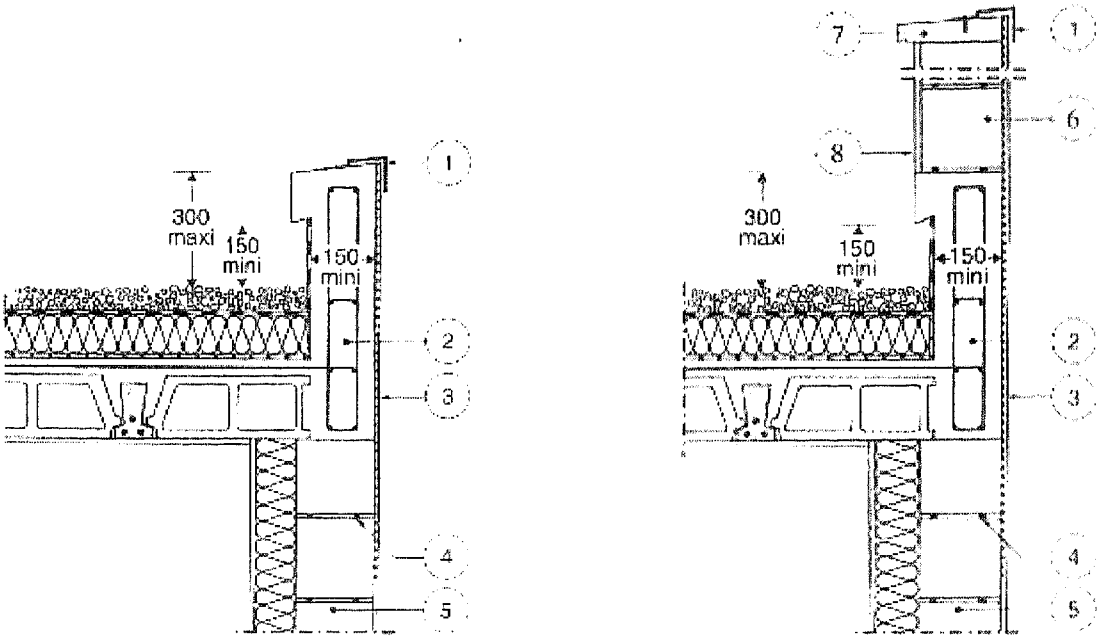
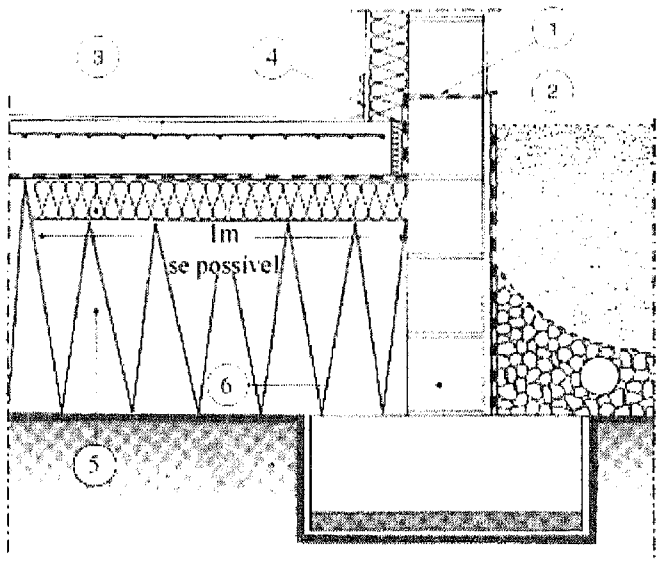
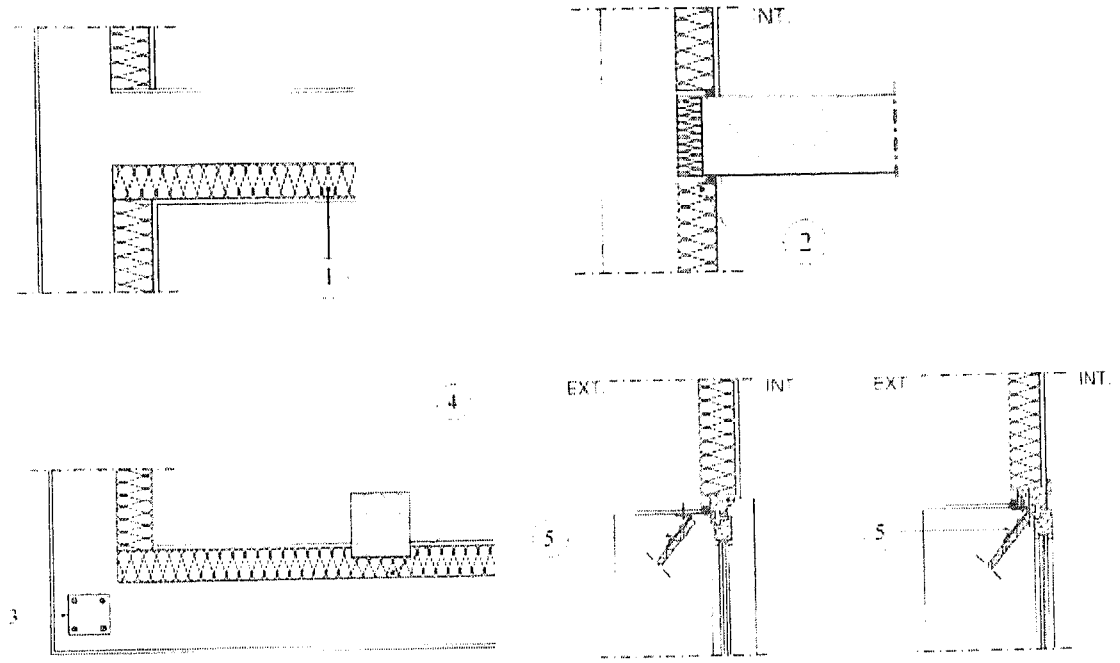


Fig. 3.71 – Exemplos de execução de acrotérios de paredes exteriores com isolamento térmico pelo interior quando as coberturas são em terraço (continuação) [30]



1- Isolamento da alvenaria da subida da água por capilaridade;
2- O ponto de encontro entre o reboco da parte enterrada da fachada e o restante em elevação, coincide com o de execução do ponto anterior;
3- Banda de isolamento térmico a colocar em todo o perímetro da construção;
4- Isolamento térmico para quebra da ponte térmica formada entre a alvenaria e a betonilha de regularização do pavimento;
5- Aterro compactado;
6- Blocos maciços na zona de subsolo.

Fig. 3.72 – Exemplo de execução de pavimentos térreos no encontro com fachadas com isolamento térmico pelo interior [30]



1- Ligação rígida da parede de fachada a uma parede interior (situação eventualmente de parede resistente sendo a fachada contraventada pelas paredes interiores);
2- Lã mineral de elevada densidade (140kg/m³) que preenche o espaço (30mm) entre a fachada e a parede interior. Desta forma assegura-se o isolamento térmico, sonoro e contra o fogo, desde que se coloquem de um lado e do outro placas de gesso que garantam a estanquidade ao ar;
3- Montante em betão armado em alvenarias resistentes;
4- Isolamento da ponte térmica correspondendo ao local do pilar em alvenarias de preenchimento;
5- Janela de batente.

Fig. 3.73 – Detalhes de execução de pontos singulares de alvenarias simples com isolamento térmico pelo interior [30]

3.3.3.2 Com isolamento térmico pelo exterior

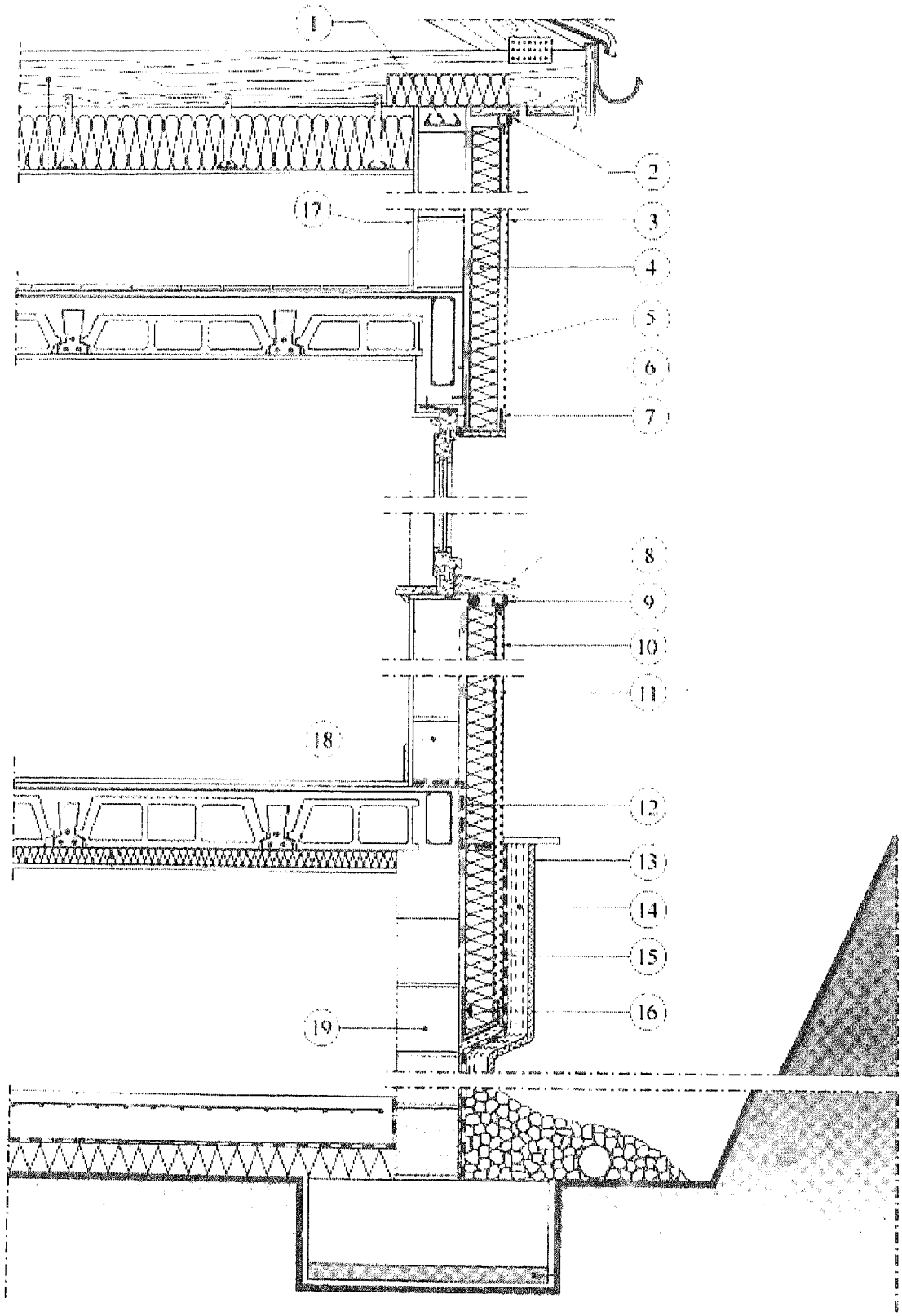


Fig. 3.74 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior [30]

1- Viga cinta;
2- Junta preenchida com mastique sobre perfil especial de alumínio;
3- Reboco delgado aplicado sobre o isolante térmico e armado com rede em fibra de vidro;
4- Painéis de isolamento térmico devidamente homologados;
5- Colagem à alvenaria dos painéis de isolamento térmico por pontos ou bandas;
6- Lintel em betão armado;
7- Perfil especial de alumínio fixado à alvenaria servindo para o reforço da abertura e para a execução do rebaixo para o assentamento da caixilharia;
8- Peitoril da janela recobrindo por inteiro o isolamento e o respectivo reboco;
9- Junta preenchida com mastique sobre perfil especial de alumínio;
10- Reboco orgânico delgado aplicado sobre o isolante térmico e armado com rede em fibra de vidro;
11- Armadura suplementar de reforço nas zonas baixas do edifício onde a probabilidade de acções acidentais é superior. Em zonas acessíveis ao publico, em geral deve-se procurar ainda uma solução mais resistente;
12- Barreira de estanquidade contra a subida da humidade por capilaridade;
13- Manta geotêxtil para evitar a contaminação do dreno;
14- Almofada de fibras de polímero para a protecção do isolamento térmico aquando da execução do aterro da fachada;
15- Pintura de estanquidade;
16- Perfil em alumínio de reforço para o arranque do isolamento fixado à alvenaria;
17- Reboco interior;
18- Blocos de alvenaria para fachadas;
19- Blocos de alvenaria com resistência mecânica suficiente para resistir à acção do terreno

Fig.3.74 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior (continuação) [30].

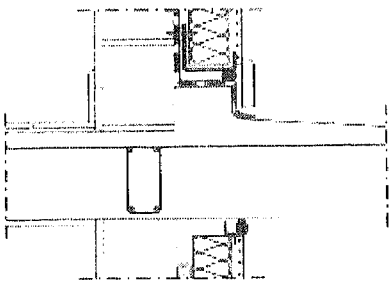
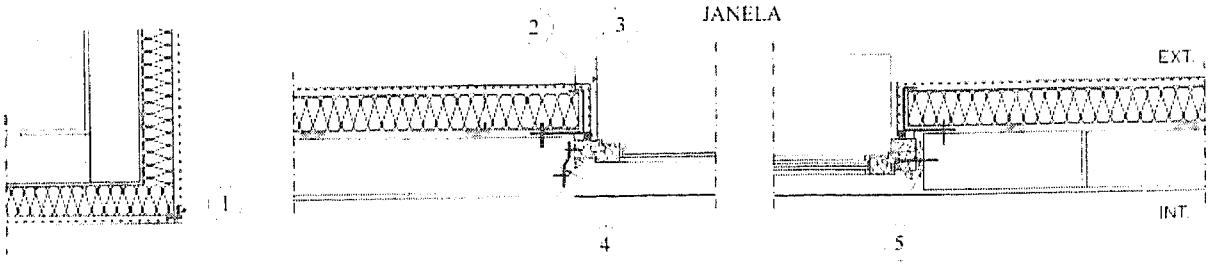


Fig. 3.75 – Corte de uma fachada em alvenaria simples com isolamento térmico pelo exterior, em zonas de varandas [30]



1- Cantoneira de canto de reforço;
2- Perfil especial de alumínio fixado à alvenaria servindo para o reforço da abertura e para a execução do rebaixo para o assentamento da caixilharia;
3- Junta de mastique entre o vão e o peitoril;
4- Dispositivo de fixação da janela à alvenaria;
5- Modo de fixação da janela à alvenaria (alternativo do anterior).

Fig. 3.76 – Detalhes de execução de pontos singulares de alvenarias simples com isolamento térmico pelo exterior [30]

3.3.3.3 Sem isolamento térmico específico

Os pormenores de execução serão semelhantes ao visto em 3.3.3.1, mas sem qualquer isolamento específico pelo interior.

3.3.3.4 Alvenarias armadas

O método de emprego de aço para reforçar as alvenarias é muito antigo. Já nos séculos XVII e XVIII se executavam alvenarias armadas muito elaboradas. Porém, foi nos Estados Unidos da América que este método construtivo encontrou maior desenvolvimento, continuando-se hoje em dia a empregar, principalmente nas regiões de maior risco sísmico. Para além de conferirem maior resistência e ductilidade às paredes, as armaduras reduzem a fissuração das alvenarias e permitem que as distâncias entre juntas de dilatação e de contracção sejam superiores. A resistência às acções acidentais (choques, explosões, etc.) é também superior.

O ponto fraco deste tipo de alvenarias consiste na corrosão das armaduras, principalmente daquelas que se encontram mais perto do exterior. A argamassa que as envolve supostamente protege-as contra a corrosão. Contudo, o ambiente alcalino pode ser modificado pelo processo de carbonatação originado pela infiltração da água da chuva. Assim, as armaduras que se encontrem perto de um paramento exterior não revestido, deverão ser galvanizadas [4].

Quanto menor for a porosidade do material constituinte da alvenarias e mais rica for a dosagem em cimento da argamassa de assentamento, menor serão as probabilidades de corrosão das armaduras. Nos pontos mais sujeitos à penetração da água da chuva, tais como peitoris de janelas e coroamentos de paredes, as alvenarias devem ser convenientemente protegidas.

Hoje em dia as alvenarias armadas empregues na execução de paredes exteriores são mais correntes em países onde existe um risco de sismicidade considerável. O seu uso é vulgar nos Estados Unidos, no Japão, na Nova Zelândia e em Itália. Noutros países, como Portugal, a execução de alvenarias armadas é menos comum sendo empregues essencialmente na execução de muros de suporte em alvenaria aparente, em paredes fortemente solicitadas pelo vento e em muros de vedação (altos). Usa-se também na execução de lintéis armados, de acrotérios e de guardas. Esta técnica permite também que as juntas verticais dos blocos constituintes das alvenarias possam ficar alinhadas na vertical [4].

Fundamentalmente existem três tipos de alvenarias armadas [4]:

- os blocos ou os tijolos, são perfurados e as armaduras verticais são introduzidas nas perfurações. As armaduras horizontais são deixadas nas juntas horizontais de assentamento das alvenarias ou no interior de faixas horizontais de betão maciças (ver figura 3.77).

  Neste caso existem dois procedimentos quanto ao enchimento das alvenarias com betão. Ou todas as perfurações dos blocos são preenchidas, ou são apenas aquelas em que existe armadura vertical.

- as paredes possuem dois panos, sendo as armaduras verticais colocadas no vazio entre eles. As armaduras horizontais consoante o seu diâmetro, são colocadas no mesmo espaço ou nas juntas horizontais de assentamento dos blocos ou dos tijolos (ver figura 3.78). O espaço entre os panos é completamente preenchido com betão (sendo os panos ligados por agrafos para resistirem à pressão do betão durante o enchimento).

- as paredes são armadas apenas com varões dispostos na horizontal nas juntas de assentamento dos blocos ou dos tijolos (ver figura 3.80).

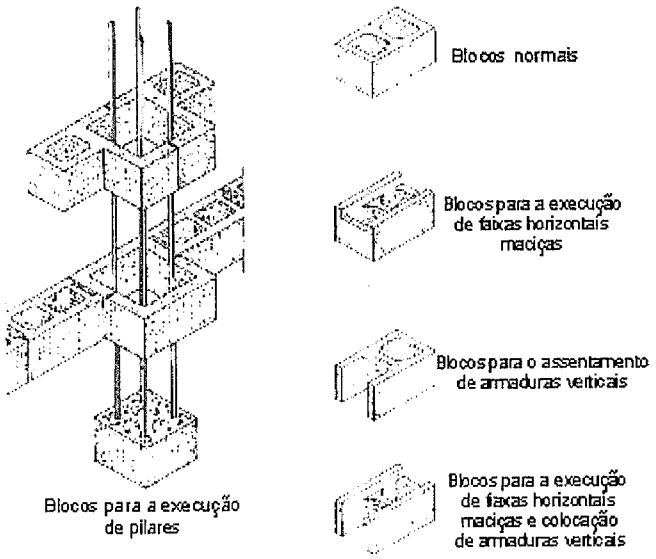
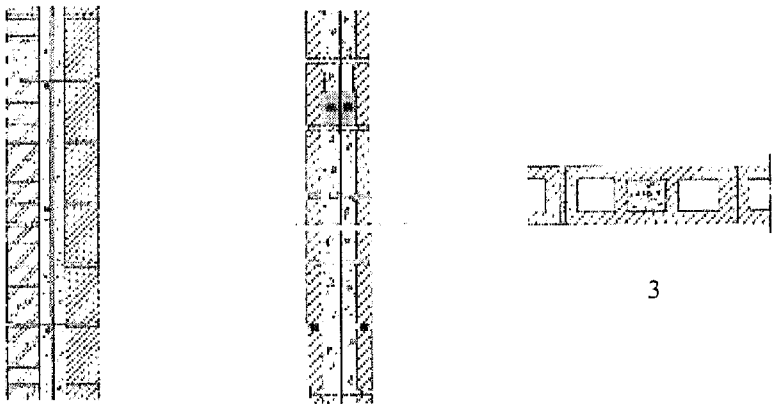


Fig. 3.77 – Tipos de blocos específicos para a realização de alvenaria armada [4]



1 – Parede dupla com a caixa de ar preenchida com betão; 2 – Parede em elementos perfurados armados. As armaduras horizontais encontram-se em zonas próprias de maciçamento (ver blocos da figura anterior) ou nas juntas horizontais entre blocos; 3 – Perfurações verticais parcialmente ou totalmente preenchidas com betão.

Fig. 3.78 – Diversos métodos de execução de alvenarias armadas [4]

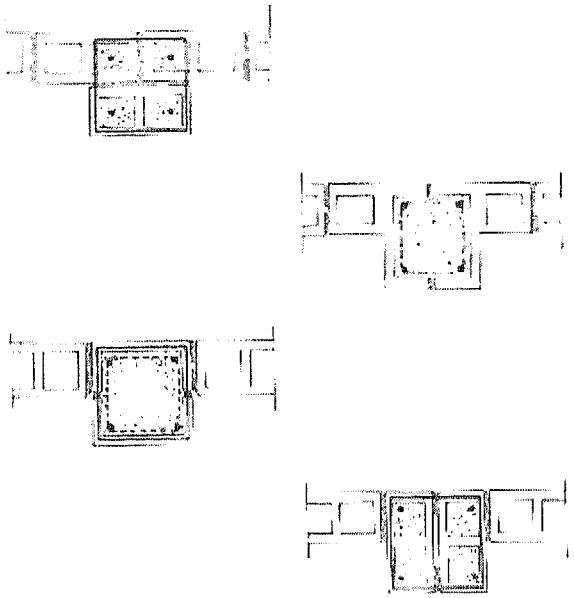


Fig. 3.79 – Diversas formas de executar pilares servindo os blocos de alvenaria como cofragem perdida [4]

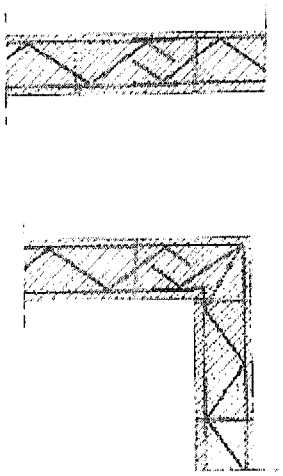


Fig. 3.80 – Armaduras em forma de treliça assentes nas juntas horizontais das alvenarias [4]

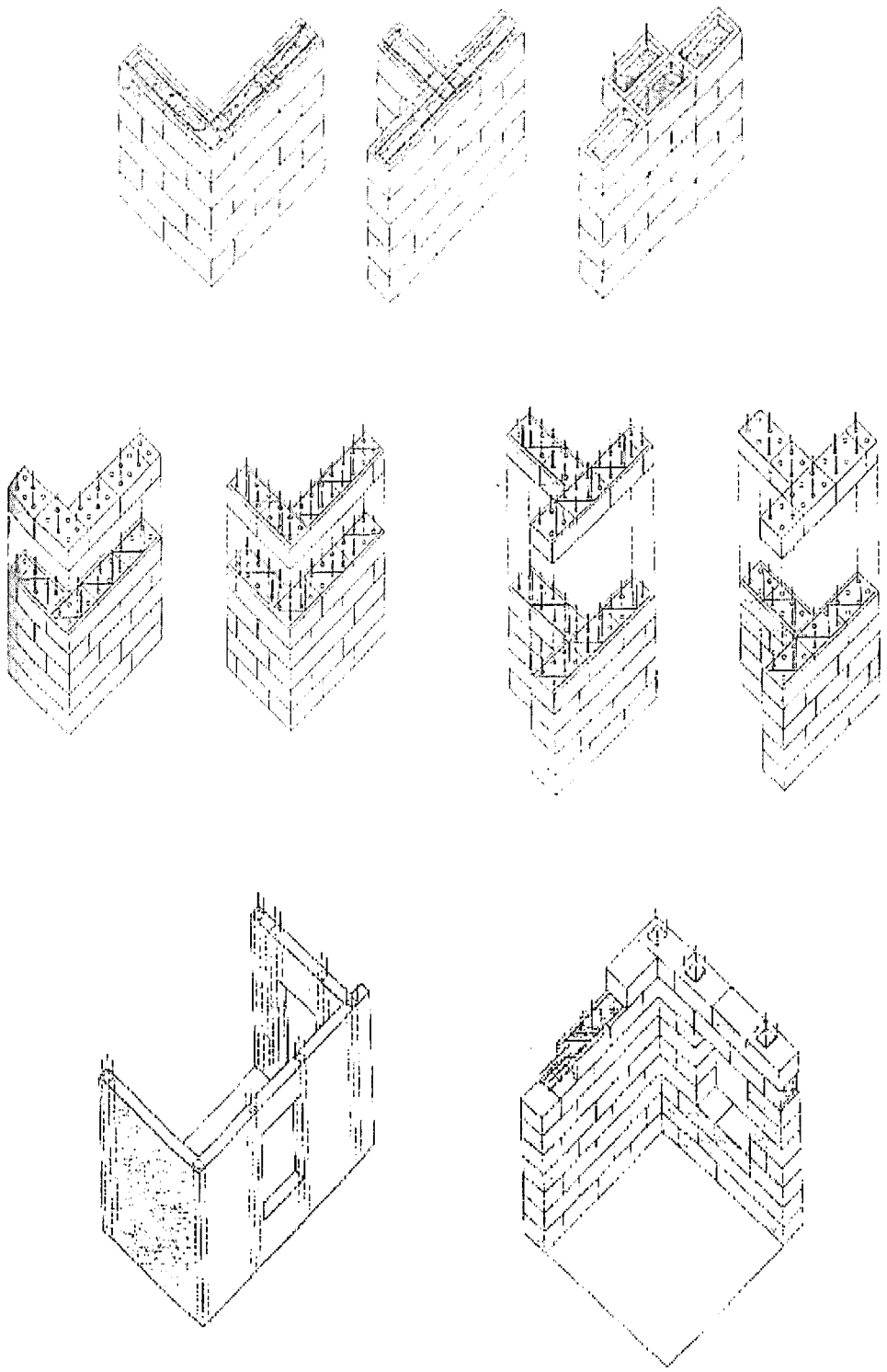


Fig. 3.81 – Diversas soluções em blocos "Leca" para a execução de alvenarias armadas [31]

CAPÍTULO 4 – REVESTIMENTOS DE PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.1 INTRODUÇÃO

4.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.2.1. Exigências de segurança

4.2.1.1 Exigências de estabilidade

4.2.1.2 Exigências contra riscos de incêndios

4.2.1.3 Exigências de segurança no uso

4.2.2 Exigências de compatibilidade com o suporte

4.2.3. Exigências de estanquidade

4.2.3.1 Estanquidade à água da chuva

4.2.3.2 Estanquidade ao vapor de água

4.2.3.3 Estanquidade à água no interior

4.2.4 Exigências de conforto visual

4.2.5 Exigências de conforto táctil

4.2.6 Exigências de higiene

4.2.7. Exigências de adaptação à utilização normal

4.2.7.1 Exigências de resistência a acções de choque, de atrito e de riscagem

4.2.7.2 Exigências de resistência à acção da água

4.2.7.3 Exigências de aderência ao suporte

4.2.7.4 Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos

4.2.7.5 Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira

4.2.7.6 Exigências de resistência à suspensão de cargas

4.2.8. Exigências de durabilidade

4.2.8.1 Exigências de resistência aos agentes climáticos

4.2.8.2 Exigências de resistência aos produtos químicos do ar

4.2.8.3 Exigências de resistência à erosão pelas partículas sólidas em suspensão no ar

4.2.8.4 Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores

4.2.9 Exigências de facilidade de limpeza

4.2.10 Exigências de economia

4.2.11 Outras exigências

4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.3.1 Introdução

4.3.2 Revestimentos de estanquidade

4.3.3 Revestimentos de impermeabilização

4.3.4 Revestimentos de isolamento térmico

4.3.5 Revestimentos de acabamento ou decorativos

4.4. DESCRIÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS MAIS CORRENTES EM PORTUGAL

4.4.1. Rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos

4.4.1.1 Os materiais

4.4.1.2 Estado e preparação do suporte

4.4.1.3 Preparação de superfícies que apresentem defeitos de planimetria localizados

4.4.1.4 Medidas a tomar para evitar fissurações

4.4.1.5 Prescrições relativas a suportes de alvenarias antigas

4.4.1.6 Composições, camadas, espessuras e acabamentos

4.4.1.7 Aspecto dos rebocos

4.4.1.8 Aplicação do revestimento por projecção mecânica

4.4.1.9 Outros suportes

4.4.1.10 Anomalias

4.4.2. Rebocos não tradicionais de ligantes hidráulicos

4.4.2.1 Composição

4.4.2.2 Aplicação

4.4.2.3 Classificação

4.4.2.4 Acabamentos

4.4.2.5 Aspecto dos revestimentos

4.4.2.6 Anomalias

4.4.3. Revestimentos de pedra natural

4.4.3.1. Fixação indirecta

4.4.3.1.1 Lâminas e escamas

4.4.3.1.2 Placas de pedra

4.4.3.1.3. Fixação

4.4.3.1.3.1 Fixação através de agrafos e pontos de argamassa

4.4.3.1.3.2 Fixação através de gatos

4.4.3.1.3.3 Fixação através de uma estrutura intermédia

4.4.4. Sistemas de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante

4.4.4.1 Introdução

4.4.4.2 Constituintes

4.4.4.3. Exigências

4.4.4.3.1 Segurança em caso de incêndio

4.4.4.3.2 Comportamento perante as acções mecânicas decorrentes da utilização normal

4.4.4.4 Pormenorização

4.4.4.5 Durabilidade e qualidade de execução

4.4.5. Revestimentos por elementos descontínuos com função de acabamento ou decorativo

4.4.5.1 Introdução

4.4.5.2 Revestimentos aplicados por colagem

4.4.5.3 Revestimentos aplicados por fixação mecânica directa

4.4.6. Revestimentos por pintura sobre rebocos

4.4.6.1 Aspectos funcionais

4.4.6.2 As tintas

4.4.6.3 Preparação das superfícies

4. REVESTIMENTOS DE PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.1 INTRODUÇÃO

O conjunto tosco da parede – revestimento, actua em complementaridade para desempenho das funções inerentes às partes opacas das paredes. As exigências dos revestimentos são indissociáveis das exigências funcionais das paredes. Contudo, enquanto que algumas das exigências são comuns ao conjunto (resistência ao fogo, resistência à água, durabilidade, resistência ao choque, etc.), outras dizem respeito essencialmente à alvenaria (estabilidade, conforto higrotérmico, conforto acústico, etc.) e outras aos revestimentos (segurança no contacto, regularidade superficial, higiene, etc.) [42].

Dos revestimentos para paramentos exteriores de paredes espera-se, dum modo geral que: protejam o tosco da parede das acções dos diversos agentes agressivos - água, choques, produtos químicos presentes no ar, poeiras, etc. - resistindo eles próprios a esses agentes; contribuam para a estanquidade à água da parede; confiram à parede características aceitáveis de planeza, verticalidade e regularidade superficial; proporcionem à parede o efeito decorativo pretendido; que se mantenham limpos ou que, pelo menos, tornem fácil a sua limpeza.

Para além da apresentação neste capítulo da classificação e das exigências funcionais dos revestimentos dos paramentos exteriores, são também descritos os revestimentos mais usados no nosso país.

4.2. EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

As características dos revestimentos das paredes influenciam as condições de habitabilidade e de salubridade dos edifícios em geral. As exigências funcionais traduzem os requisitos a impor independentemente dos materiais e soluções construtivas utilizados, de forma a que os edifícios, os seus órgãos e os elementos de construção estejam aptos a desempenhar as suas diversas funções, constituindo assim a resposta técnica às necessidades dos utentes.

O aumento das exigências relativas a essas condições significa também que os materiais e as tecnologias empregues tenham de evoluir no sentido de garantirem aos revestimentos um melhor comportamento e conservação [63].

É fundamental que as características dos revestimentos das paredes exteriores sejam impostas por condições exigenciais quantitativas e/ou qualitativas e não por meras indicações de execução ou de aplicação em obra dos produtos. A aceitação ou rejeição dos trabalhos dependerá assim, do facto dos desempenhos dos produtos permitirem ou não, a satisfação das exigências formuladas para esses mesmos produtos.

No que respeita à regulamentação exclusivamente nacional, não existe nenhuma publicação que fixe os critérios exigenciais de qualidade mínimos a garantir aos revestimentos dos paramentos. Apenas o RGEU [6] nos seus articulado 15º a 17ºe 29º a 34º, faz referências gerais a algumas das qualidades a que os revestimentos deverão estar submetidos (designadamente a sua resistência temporal, a impermeabilização que deve conferir às alvenarias, etc.) não sendo contudo, quantificadas. Noutras legislações nacionais como os regulamentos de segurança contra incêndio [49], sobre o ruído [44] e de comportamento térmico [23], fazem-se referências a alguns dos parâmetros de qualidade dos materiais de forma a que os mesmos possam ser cumpridos. Desta forma, esta matéria de grande importância para a selecção dos revestimentos, não é tratada no nosso país de forma sistemática.

Segundo LUCAS [42], tendo em consideração as normas ISO e as recomendações Belgas, as exigências funcionais dos revestimentos das paredes exteriores de edifícios são apresentadas de forma sumária no quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Exigências funcionais principais dos revestimentos das paredes exteriores de edifícios [42]

- EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA	- Exigências de estabilidade - Exigências contra riscos de incêndio - Exigências de segurança no uso	- EXIGÊNCIAS DE COMPATIBILIDADE COM O SUPORTE	- Exigências de compatibilidade geométrica - Exigências de compatibilidade mecânica - Exigências de compatibilidade química
- EXIGÊNCIAS DE ESTANQUIDADE	- Exigências de estanquidade à água	- EXIGÊNCIAS DE PUREZA DO AR	
- EXIGÊNCIAS TERMO-HIGROMÉTRICAS	- Exigências de isolamento térmico - Exigências de secura dos paramentos interiores	- EXIGÊNCIAS DE CONFORTO ACÚSTICO	
- EXIGÊNCIAS DE CONFORTO VISUAL	- Exigências de planeza - Exigências de verticalidade - Exigências de rectidão das arestas - Exigências de regularidade e de perfeição de superfície - Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira - Exigências de homogeneidade de cor e de brilho	- EXIGÊNCIAS DE CONFORTO TÁCTIL	- Exigências contra a aspereza dos paramentos - Exigências contra a pegajosidade dos paramentos - Exigências de secura dos paramentos
		- EXIGÊNCIAS DE HIGIENE	- Exigências contra a fixação de poeiras ou de micro - organismos - Exigências de resistência à limpeza
- EXIGÊNCIAS DE ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO NORMAL	- Exigências de resistência a acções de choque e de atrito - Exigências de resistência à acção da água - Exigências de aderência ao suporte - Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos - Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira Exigências de resistência à suspensão de cargas	- EXIGÊNCIAS DE DURABILIDADE	- Exigências de resistência aos agentes climáticos - Exigências de resistência aos produtos químicos do ar - Exigências de resistência à erosão pelas partículas sólidas em suspensão no ar - Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores
		- EXIGÊNCIAS DE FACILIDADE DE LIMPEZA	
		- EXIGÊNCIAS DE APTIDÃO PARA O ARMAZENAMENTO	
		- EXIGÊNCIAS DE ECONOMIA	

4.2.1. Exigências de segurança

4.2.1.1 Exigências de estabilidade

As exigências de estabilidade já se encontram devidamente tratadas no sub - capítulo 2.2. sobre o comportamento mecânico das alvenarias. É de salientar que o contributo para a resistência das paredes exteriores é dado essencialmente pelo comportamento da alvenaria. Em condições de uso normais, os revestimentos não se devem degradar (descolar, fissurar, etc.). Em situações acidentais, admite-se a rotura ou deformação superficial do revestimento, mas sem que haja atravessamento ou sérios danos na alvenaria.

Os choques acidentais consideram-se em geral a uma cota inferior a 1,5m (onde a probabilidade de ocorrência é superior).

4.2.1.2 Exigências contra riscos de incêndios

No sub-capítulo 2.6, já foi abordado o tema da segurança contra incêndios nas fachadas. Existe legislação aplicável aos mais diversos tipos de edifícios, impondo restrições à reacção ao fogo dos revestimentos. A quantidade e toxicidade dos fumos emitidos pelos materiais em combustão deve ser limitada de forma a não afectar gravemente os utentes.

4.2.1.3 Exigências de segurança no uso

As questões relacionadas com estas exigências já foram devidamente tratadas nos sub-capítulos 2.8.2, 2.8.5 e 2.8.7.

A temperatura nos paramentos acessíveis às pessoas, deve ser inferior a 60°C de forma a que não provoque queimaduras.

A rugosidade não poderá ser tal que provoque ferimentos aos utentes durante a sua deslocação.

Quanto à toxicidade, o que é dito no sub-capítulo 2.8.7 é também válido para os revestimentos.

4.2.2 Exigências de compatibilidade com o suporte

Estas exigências traduzem as necessidades de compatibilização entre o suporte e o revestimento, de forma a que os dois subsistam sem prejudicarem mutuamente os seus desempenhos.

Compatibilidade geométrica – traduz a necessidade da regularidade do suporte, a fim de não prejudicar o desempenho do revestimento.

Compatibilidade mecânica – as tensões que o suporte pode induzir no revestimento ou vice-versa podem ser tais, que provoquem a deterioração de um deles (ex.: argamassas "fortes" aplicadas sobre suportes com fraca resistência mecânica). Assim, o suporte e o revestimento deverão ser mecanicamente compatíveis.

Compatibilidade química – a incompatibilidade química entre os elementos pode provocar nos revestimentos, expansões, empolamentos, descolamentos, etc. A selecção dos materiais a usar deve se tal, que obste a este tipo de situações. A saponificação é um caso particular de que resulta a formação de álcoois. A compatibilidade química com o suporte de um revestimento de ligante sintético, seja ele exterior ou interior, está fundamentalmente relacionada com a sua resistência aos álcalis, uma vez que os suportes mais correntes são de natureza alcalina e podem apresentar-se humedecidos em várias situações (o processo de degradação das resinas sintéticas por ataque alcalino é uma hidrólise, visto que se produz com formação de álcool). Terá de haver a garantia de que para determinado suporte o revestimento em causa seja insaponificável, a não ser que se preveja a aplicação de um primário específico para a protecção do revestimento.

4.2.3. Exigências de estanquidade

4.2.3.1 Estanquidade à água da chuva

Como já foi referido, o grau de estanquidade das paredes exteriores resulta da combinação da capacidade respectiva do revestimento e da alvenaria. Consoante as condições de exposição da parede, o humedecimento exagerado e prolongado dos materiais pode provocar a deterioração quer do revestimento quer do suporte, por acção física (movimentos de contracção ou de expansão, congelação da água, etc.) ou química (sais solúveis transportados pela água, etc.). O descolamento do revestimento pode resultar também da acumulação de água na interface suporte – revestimento.

Boas características de impermeabilidade à água são importantes nos casos de revestimentos de estanquidade e dos revestimentos de impermeabilização. Será de considerar esta propriedade nos revestimentos de acabamento, o que conferirá um complemento de impermeabilidade às águas de escorrimento. A avaliação desta característica poderá ser feita submetendo um provete do revestimento à pressão de uma coluna de água, simulando-se assim os efeitos conjugados da água e da chuva.

4.2.3.2 Estanquidade ao vapor de água

Ao contrário da estanquidade à água, interessa que a parede exterior seja o mais permeável possível ao vapor de água proveniente do interior do edifício. Esta característica é fundamental para que a água da chuva absorvida pelas paredes possa ser mais tarde restituída ao exterior, quando as condições atmosféricas o permitirem. Nesta perspectiva, o revestimento exterior ideal será aquele que conseguir o melhor compromisso entre a estanquidade à água da chuva e o da permeabilidade ao vapor de água.

4.2.3.3 Estanquidade à água no interior

Todos os compartimentos que possam estar sujeitos à escorrência de água nas paredes, deverão ser estanques.

4.2.4 Exigências de conforto visual [42]

Este assunto já foi abordado em 2.8.6. O que foi dito em geral para as paredes também se aplica como é evidente, aos revestimentos exteriores.

Planeza geral e localizada – para além do método já atrás enunciado em 2.8.6.2, existe outro mais expedito que consiste em percorrer a fachada com uma régua de 2,0m de comprimento para a planeza geral, e de 0,20m para a planeza localizada. Os valores das flechas para as planezas geral e localizadas, não poderão respectivamente ser superiores a 10mm e a 2mm. Se o revestimento for executado aplicando pontos e mestras, a flecha para a planeza geral não poderá ser superior a 5mm.

Exigências de verticalidade – já anteriormente foi mencionado que em geral para a altura de um piso (3,0m), se admitem desvios de aprumo (medidos com o fio de prumo ao longo da fachada) de 1,5cm. Para revestimentos executados com tentos e mestras, admite-se um desvio

não superior a 1,0cm. Quanto aos revestimentos interiores, o desvio deverá ser inferior a 5mm para a altura de um piso (usando tentos e mestras).

Exigências de rectidão das arestas – a medição dos desvios de posicionamento relativamente ao alinhamento médio das arestas, deve ser igual ou inferior a 5mm.

Defeitos da superfície e largura de fissuras – já foram enunciados em 2.8.6.3, os princípios relativos a este assunto. Enquanto que as fissuras são toleradas em zonas correntes desde que as larguras sejam inferiores a 0,2mm, para os restantes defeitos (bossas, covas, etc.) não existem parâmetros definidores para a sua aceitação.

Exigências de homogeneidade de enodoamento pela poeira – em 2.8.6.5, este assunto já foi abordado.

Exigências de homogeneidade de cor e de brilho – ver 2.8.6.4. Os revestimentos exteriores devem ser o menos sensíveis possível ás alterações de aspecto quando sujeitos à água da chuva, de forma a evitar diferenças de cor muito contrastantes entres as fachadas abrigadas e as fachadas expostas à intempérie.

4.2.5 Exigências de conforto táctil

Este assunto já foi tratado, em parte, em 2.8.2. As superfícies não devem apresentar asperezas que provoquem ferimentos ou sensação de desconforto aos utentes. As superfícies também não se devem encontrar húmidas (excepto em W.C. ou Cozinhas) ou pegajosas.

4.2.6 Exigências de higiene

Os revestimentos devem ser pensados de forma a que não favoreçam a fixação de sujidades, poeiras, ou micro-organismos. A possibilidade de limpeza não deve ser menosprezada sendo que para esta finalidade os revestimentos não devem ser demasiado rugosos e as fachadas mais expostas às poeiras e às sujidades devem ser auto-laváveis (a chuva deve ter a oportunidade de as lavar). Os acabamentos ásperos devem ser evitados em superfícies permanentemente húmidas, uma vez que favorecem a fixação de bolores e de outros micro-organismos vegetais. As superfícies pegajosas facilitam também a fixação da sujidade.

Os revestimentos devem ainda ser laváveis sem que os produtos específicos de limpeza degradem ou manchem as superfícies, ou sejam tóxicos. Devem ser ainda resistentes às lavagens frequentes.

4.2.7. Exigências de adaptação à utilização normal

Com estas exigências pretende-se garantir o bom comportamento e durabilidade dos revestimentos ao longo da sua vida útil. Estas exigências variarão consoante o tipo de edifícios, a acessibilidade dos paramentos, o tipo de utilização, etc.

4.2.7.1 Exigências de resistência a acções de choque, de atrito e de riscagem

Para as acções de choque e de atrito resultantes do uso normal dos edifícios, os revestimentos devem resistir sem degradações que comprometam as suas principais funções. Mesmo nas zonas de circulação mais intensa este aspecto deve ser salvaguardado, provendo lambris, arestas e rodapés de materiais mais resistentes.

De forma a avaliar a resistência dos materiais de revestimento às acções de choque, existem vários tipos de ensaios, sendo de salientar os de impacto de corpos moles e de corpos duros. Para os revestimentos dos paramentos exteriores das paredes poder-se-á seguir as indicações fornecidas no quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Energias mínimas de choque a que os revestimentos dos paramentos das fachadas devem resistir sem se deteriorarem [42]

Tipo de choque		*Revestimentos exteriores das fachadas*		*Revestimentos interiores das fachadas*	
		Paramentos acessíveis	Paramentos não-acessíveis	Paramentos acessíveis	Paramentos não-acessíveis
Energia mínima de choque (J)	Choque de grande corpo mole (50kg)	400	--	400	--
	Choque de pequeno corpo mole (3kg)	60	--	30	30
	Choque de grande corpo duro (1kg)	10	10	--	--
	Choque de pequeno corpo duro (0,25kg)	--	3	2	2

Para avaliar a resistência à riscagem, a passagem de um lápis de dureza 4H não deve deixar vincos no revestimento [42].

4.2.7.2 Exigências de resistência à acção da água

Os paramentos exteriores devem ser caracterizados pela sua resistência à água da chuva, à água proveniente de projecções acidentais e à água de limpeza, não devendo as características mecânicas dos revestimentos ser muito alteradas quando se encontram húmidos.

Para avaliar a resistência dos revestimentos exteriores à acção da água, deve-se proceder aos seguintes ensaios:

- ensaio de erosão pela água, que consiste em submeter o revestimento à acção de queda de gotas de água, em condições normalizadas, e verificar se houve perda de espessura ou alteração significativa do aspecto;

- ensaio de escorrimento de água, que consiste em submeter o revestimento à acção dum fio de água normalizado e verificar se houve perda de espessura ou alteração significativa do aspecto;

- ensaio de alteração das características mecânicas no estado húmido, que consiste em avaliar as variações das resistências à tracção por flexão e à compressão entre o revestimento seco e saturado de água.

Recomenda-se para a resistência dos revestimentos, as seguintes constatações:

- os revestimentos não devem apresentar perda de espessura nem alteração significativa do aspecto nos ensaios de erosão pela água e de escorrimento de água;

- as resistências à tracção por flexão e à compressão do revestimento saturado de água não devem ser significativamente inferiores a idênticas características do revestimento enquanto seco.

4.2.7.3 Exigências de aderência ao suporte

A aderência ao suporte é um dos factores essenciais à longevidade dos revestimentos. Os revestimentos devem possuir uma boa aderência ao suporte e boa coesão interna. Admite-se uma diminuição sensível da aderência ao suporte quando o material de revestimento se encontra humedecido, não podendo contudo essa diminuição ser demasiado elevada para paramentos que se encontrem frequentemente húmidos (paramentos exteriores de fachadas, de cozinhas, de casas de banho, etc.).

Para avaliar a capacidade de aderência dos revestimentos, pode-se proceder aos seguintes ensaios:

- para revestimentos rígidos: ensaio de arrancamento por tracção, usando um dinamómetro;

- para revestimentos flexíveis: ensaios de peladura, a seco e após imersão em água, de tiras de revestimento com 60mm de largura e com comprimento não inferior a 150mm;

- para tintas e vernizes: ensaio de peladura brusca de uma tira de fita adesiva anteriormente colada sobre a tinta ou o verniz.

Os resultados destes ensaios, deverão ser:

- para revestimentos rígidos: considera-se como limite inferior para a tensão de arrancamento por tracção, o valor de 0,05 MPa. Os limites superiores a considerar, dependerão do tipo de revestimento;

- para revestimentos flexíveis: o valor mínimo admissível para a força de peladura por mm de largura de fita, será de 0,5N;

- para tintas ou vernizes: deverá existir ausência de descolamento.

4.2.7.4 Exigências de resistência à formação de nódoas de produtos químicos ou domésticos

Os revestimentos das paredes devem possuir a capacidade de resistência necessária de forma a resistirem à formação de nódoas definitivas, em função do tipo de utilização dos edifícios. Os produtos de limpeza correntes e específicos para determinado tipo de sujidades, devem ser capazes de remover as nódoas sem alterarem ou degradarem a superfície dos revestimentos.

4.2.7.5 Exigências de resistência ao enodoamento pela poeira

Os revestimentos não devem favorecer a fixação de poeira por razões de ordem estética, de higiene e de conforto táctil. Caso ocorra, o enodoamento não deverá ser definitivo. Daí, que

interessa determinar os graus de sujabilidade e de lavabilidade da superfície dos revestimentos.

LUCAS [42], considera segundo a normalização Belga, nove classes de resistência ao enodoamento. Consoante as funções, a localização e o tipo de revestimentos, dever-se-à exigir que o material a aplicar se enquadre numa dessas classes.

4.2.7.6 Exigências de resistência à suspensão de cargas

A aplicação nas paredes de dispositivos correntes para suspensão de cargas não deve ser motivo para provocar nesses sítios, a deterioração dos revestimentos. A posterior retirada desses dispositivos deve permitir uma fácil reparação das aberturas, sem que se note qualquer diferença em relação ao restante acabamento.

Os ensaios a realizar, deverão fornecer os seguintes valores:

- a força necessária para realizar o arrancamento dos dispositivos de suspensão de cargas deverá ser igual ou superior a 100 N (perpendicularmente à parede);

- o valor mínimo da carga excêntrica aplicada a uma distância de 5mm do paramento que não provoque a deterioração do revestimento será de 400N;

- o revestimento deve permitir a sua fácil reparação, com obtenção de aspecto uniforme, após a extracção do dispositivo de suspensão das cargas.

4.2.8. Exigências de durabilidade

Um revestimento mantém-se durável enquanto as suas qualidades se mantiverem sem perdas significativas. Considera-se que do período de vida de um revestimento, fazem parte as intervenções de limpeza, de conservação e de pequenas reparações.

Os principais factores que levam os materiais de revestimento à perda de qualidades são os choques, a água, os agentes atmosféricos, os agentes químicos do ar e os agentes biológicos.

4.2.8.1 Exigências de resistência aos agentes climáticos

Os revestimentos exteriores das paredes não se devem degradar significativamente durante o tempo de vida que lhes são atribuídos, quando sujeitos às acções do calor, do frio, da água da chuva, da iluminação solar e dos choques térmicos.

Devido à complexidade de estipular ensaios que simulem a combinação destas acções, a normalização Belga [15] prevê ensaios em que se simula de uma forma isolada cada acção, ou no máximo combinações de duas acções.

Prevêem-se deste modo os seguintes ensaios:

- ciclos gelo-degelo para determinar a resistência mecânica dos revestimentos a este tipo de acções. O número de ciclos deverá ser superior ou igual a dez sem que se verifique fissurações ou desagregações do material;

- ciclos de aquecimento para determinar a capacidade resistente dos revestimentos às variações de temperatura. O período de exposição aos ciclos de aquecimento, não deverá ser inferior a dez dias;

- ensaios de choque térmico. Estes ensaios servem para determinar a resistência dos revestimentos às variações bruscas das temperaturas superficiais (simulam a acção da chuva após um período de insolação prolongado). O número de ciclos aos choques térmicos não deverá ser inferior a dez;

- ensaios de exposição às radiações ultravioletas. Estes ensaios que devem submeter os materiais a um período de exposição superior a mil horas, permitem determinar até que ponto o material resiste ao envelhecimento e à eventual desagregação. Servem também para determinar a estabilidade das cores à luz do sol;

- ensaio de permeabilidade à água. Serve para determinar até que ponto a estanquidade do material quando novo se mantém após ter sido submetido aos ensaios anteriores. O material deverá manter as suas qualidades iniciais.

4.2.8.2 Exigências de resistência aos produtos químicos do ar

Os revestimentos exteriores tem de resistir aos produtos químicos presentes no ar quer estes façam parte naturalmente da própria atmosfera (ozono, oxigénio, dióxido de carbono, etc.), quer resultem da acção do homem (dióxido de enxofre, sais dissolvidos na água, etc.).

De local para local, o tipo de químicos presentes no ar e a respectiva densidade, variam. Em zonas urbanas, rurais, ou marítimas, as agressividades a que os revestimentos estarão sujeitos serão diferentes.

A normalização Belga prevê ensaios para cada tipo de agente químico, em que se faz variar ciclicamente a temperatura e a humidade relativa do ambiente. O número de ensaios a efectuar dependerá dos agentes agressivos cuja presença no ar seja provável nas zonas em que o revestimento venha a ser aplicado.

Se se constatar que após os ensaios não existem degradações tais como a formação de manchas, alteração generalizada de cor, pulvurencia, etc., o material possui resistência suficiente.

4.2.8.3 Exigências de resistência à erosão pelas partículas sólidas em suspensão no ar

As partículas existentes no ar podem provocar por erosão, a deterioração dos revestimentos dos paramentos exteriores ou interiores das fachadas.

O pó pode ser constituído por partículas de carvão, de pó de pedra, de areias, de cimento, pólen, sementes, etc., sendo as partículas visíveis a partir dos 20 mμ ou 30 mμ.

Um dos ensaios possíveis para determinar a resistência à erosão dos revestimentos aparece descrita na normalização Belga [15], que consiste em projectar areia sobre uma superfície medindo-se de seguida, a diferença de espessura do revestimento. Desta forma determina-se um coeficiente de abrasão que será específico de cada material. Em função do local da construção, dever-se-ão exigir coeficientes de abrasão mínimos.

4.2.8.4 Exigências de resistência à fixação e ao desenvolvimento de bolores

Este assunto já foi tratado no sub-capítulo sobre condensações do segundo capítulo. Contudo, será de referir que as superfícies rugosas e as superfícies humedecidas por longos períodos (superfícies abrigadas do vento; superfícies não expostas aos raios solares), favorecem o desenvolvimento dos fungos.

Os produtos fungicidas embora combatendo melhor ou pior o desenvolvimento dos fungos, não eliminam as origens da sua formação. A duração temporal destes produtos é também limitada.

4.2.9 Exigências de facilidade de limpeza

A limpeza dos revestimentos de forma a manterem o seu aspecto inicial não é menos importante do que os atributos anteriores. Assim, devem ser facilmente laváveis usando

produtos de limpeza comuns e devem existir acessos que permitam a sua lavagem sem que se tenha de usar meios menos convencionais.

A frequência das lavagens, a mão-de-obra necessária e os produtos a usar farão parte das especificações do revestimento, em função do ambiente em que o edifício se insere.

Pode-se proceder a um ensaio de lavagem constatando se usando os produtos recomendáveis, a limpeza é efectiva sem que haja degradação do revestimento.

4.2.10 Exigências de economia

A selecção de um determinado tipo de revestimento em detrimento de outro, vem não só em função das características tecnológicas dos mesmos, mas também em função do aspecto económico.

O investimento inicial associado às despesas de manutenção ao longo do tempo de vida do revestimento ditarão, juntamente com a durabilidade, a viabilidade financeira da escolha.

4.2.11 Outras exigências

Exigências termo-higrométricas: as questões relacionadas com este assunto já foram devidamente tratadas no capítulo anterior. O contributo dos rebocos tradicionais e não tradicionais no que respeita a este assunto, é diminuto. Cabe às alvenarias e aos materiais de isolamento térmico, a resolução destas exigências.

Exigências de pureza do ar: este assunto já foi anteriormente tratado em 2.8.5.

Exigências de conforto acústico: os revestimentos tradicionais em pouco contribuem para o isolamento aos sons aéreos. Este assunto já foi detalhado em 2.5.

Exigências de aptidão para o armazenamento: os produtos que estejam armazenados nas condições indicadas pelo fabricante, devem manter todas as suas características durante o período máximo de estocagem. Para se detectar eventuais anomalias, dever-se-à proceder a ensaios a definir para cada tipo de revestimento.

4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.3.1 Introdução

Os revestimentos podem ser classificados segundo as funções que estão aptos a desempenhar no quadro das exigência funcionais relativas ao conjunto tosco da parede – revestimento.

Cada revestimento é incluído na classe correspondente à função primordial que vai desempenhar embora seja em geral apto a desempenhar outras funções. Por exemplo, no que respeita aos isolamentos térmicos embora a sua função principal seja o de melhorar as características térmicas da fachada, contribuem também em geral, para a melhoria da estanquidade das paredes.

Outros critérios de classificação seriam possíveis, tais como a base dos materiais constituintes, da natureza do ligante, etc. [63].

4.3.2 Revestimentos de estanquidade

Estes revestimentos caracterizam-se por asseguraram por si só, a estanquidade das paredes exteriores. Estes revestimentos chamam a si a responsabilidade de estanquidade à água que na generalidade é assumida pelo conjunto suporte-revestimento. Mesmo no caso de existir fendilhação limitada do suporte, estes revestimentos mantém a estanquidade da parede.

Os revestimentos mais usuais desta categoria correspondem aos revestimentos por elementos descontínuos, aos revestimentos de ligantes hidráulicos armados e independentes e aos revestimentos com base em ligantes sintéticos armados [63].

4.3.3 Revestimentos de impermeabilização

Conferem o complemento de estanquidade à água necessários, de forma a que o conjunto revestimento – suporte, seja estanque. O revestimento limitará a quantidade de água que atinge o suporte. A deterioração do suporte tal como a fendilhação, pode provocar a penetração de água para o interior do edifício.

Estes revestimentos distribuem-se pelos ligantes minerais tradicionais (rebocos tradicionais) e não tradicionais, pelos revestimentos de ligantes sintéticos e pelos revestimentos de ligantes mistos [63].

4.3.4 Revestimentos de isolamento térmico

A principal tarefa dos revestimentos de isolamento térmico consiste em melhorar o desempenho térmico da fachada, sendo de realçar o desempenho conseguido pelos isolamentos aplicados pelo exterior.

Consoante a natureza dos materiais empregues, em geral a estanquidade das paredes é melhorada e os efeitos de pequenas patologias do suporte, poderão ser eliminados.

4.3.5 Revestimentos de acabamento ou decorativos

A principal função destes revestimentos é o de tornar agradável o aspecto das fachadas. Só deverão ser aplicados em suportes em que a impermeabilização e a regularização já se encontrem asseguradas pelo sistema existente.

Podem contudo melhorar não só a impermeabilização das paredes ao recobrirem fissuras existentes como também melhorar o comportamento mecânico e químico dos revestimentos anteriores, ao introduzirem uma protecção suplementar.

Fazem partes destes revestimentos os revestimentos de ligantes minerais, de ligantes sintéticos, delgados de ligantes mistos, revestimentos por elementos descontínuos (mosaicos) e os revestimentos por pintura [63].

Quadro 4.3 - Classificação de revestimentos exteriores de paredes [63]

Classificação Funcional	*Tipos Principais de Revestimentos*		*Tipos discriminados de revestimentos*	
Revestimentos de Estanquidade	Revestimentos por elementos descontínuos (de fixação mecânica directa ou indirecta)	em "escama"	Soletos de ardósia Soletos de fibrocimento Soletos de compósitos de cimento com fibras (sem amianto) Ladrilhos de betão Ladrilhos de barro vermelho	
		em placas de pedra natural	Placas de granito Placas de basalto Placas de calcário Placas de mármore Placas de ardósia	
		em placas de outros materiais	Placas de pedra artificial	
			Placas de fibrocim.	Autoclavado Normal
			Placas de compósitos de cimento com fibras (sem amianto)	
			Placas de plástico	Termoendurecido Termoplástico
			Plac. de chap. de aço zinc.	
		em réguas	Réguas de madeira	
			Réguas de plástico	Termoendurecido Termoplástico
			Réguas metálicas	Aço Alumínio
	Revestimentos de ligantes hidráulicos armados e independentes		—	
	Revestimentos com base em ligantes sintéticos armados		—	
Revestimentos de Impermeabilização	Revestimentos de ligantes minerais	tradicionais	Argamassas de cimento Argamassas de cal apagada Argamassas de cal hidráulica Argamassas bastardas	
		não tradicionais	Revestiment. monocamada	
	Revestimentos de ligantes sintéticos		—	
	Revestimentos de ligantes mistos		—	
Revestimentos de Isolamento Térmico	Revestimentos por elementos descontínuos independentes com isolante na caixa de ar		—	
	Revestimentos com ligantes minerais armados e independentes com isolante na caixa de ar		—	
	Revestimentos delgados sobre isolante		—	
	Revestimentos espessos sobre isolante		—	
	Revestimentos de argamassas de ligantes minerais com inertes de material isolante		—	
	Revestimentos por componentes isolantes		—	
	Revestimentos obtidos por projecção "in situ" de isolante		—	

Quadro 4.3 - Classificação de revestimentos exteriores de paredes (continuação) [63]

Classificação Funcional	*Tipos Principais de Revestimentos*		*Tipos discriminados de revestimentos*	
Revestimentos de acabamento ou decorativos	Camadas de acabamento dos revestimentos de impermeabilização de ligantes minerais	tradicionais	—	
		não tradicionais	—	
	Revestimentos de ligantes sintéticos	da classe granulo. I	—	
		da classe granulo. II	—	
		da classe granulo III	—	
		da classe granulo IV	—	
	Revestimentos delgados de ligantes mistos		—	
	Revestimentos por elementos descontínuos	colados	ladrilhos cerâmicos	Barro vermelho
				Azulejos
				Grés
				Semi-grés
			ladrilhos hidráulicos	De pasta
				De granulado
			ladrilhos de pedra natural	Granito
				Basalto
				Calcário
				Mármore
				Ardósia
			ladrilhos de pedra artificial	
			mosaicos de vidro opaco	
		fixados mecani-camente (fixação directa)	ladrilhos hidráulicos	De pasta
				De granulado
			ladrilho de pedra natural	Granito
				Basalto
				Calcário
				Mármore
				Ardósia
			Ladrilhos de pedra artificial	
			Ladrilhos de fibrocimento	
	Revestimentos por pintura	não texturados	—	
		texturados	—	

4.4. DESCRIÇÃO DOS REVESTIMENTOS DOS PARAMENTOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS MAIS CORRENTES EM PORTUGAL

4.4.1. Rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos

Os rebocos tradicionais são revestimentos à base de um ou mais ligantes minerais, areia e água, eventualmente acrescidos por adjuvantes de vários tipos. São fabricados em obra, usando-se vulgarmente as areias existentes na região da empreitada. Estes rebocos são classificados como de impermeabilização devido ao tipo de protecção que oferecem ao suporte.

Estes rebocos ao exigirem, quer no seu fabrico quer na sua aplicação mão de obra qualificada, têm nos últimos anos provocado alguns dissabores. Este facto deve-se essencialmente à carência de mão de obra especializada que se tem feito sentir no sector da construção civil. O ritmo acelerado dos trabalhos assim como o aparecimento de novos tipos de suporte, têm contribuído também para esse insucesso. Não se compreende perante este panorama, que apenas pelo facto de estes revestimentos serem considerados tradicionais, não se criem especificações nacionais de carácter normativo acerca da sua execução e aplicação, à semelhança do que se faz noutros países europeus. Apesar de tudo isto, estes revestimentos continuam a ser os mais usados nos revestimentos das fachadas dos edifícios do nosso país.

4.4.1.1 Os materiais [63; 64]

- Ligantes

  Os ligantes normalmente usados no seu fabrico, são o cimento Portland normal e a cal hidráulica, cuja qualidade depende essencialmente da qualidade da sua constituição e do tipo de cozedura. A cal aérea é obtida por calcinação de rochas calcáreas posteriormente extintas com água. Na secagem surgem fendas de retracção devido ao material não possuir suficiente ductilidade para acompanhar a variação de volume. A introdução da areia minimiza a retracção da pasta.

- Areias;

  As areias a usar são normalmente areias cujo diâmetro não ultrapassa em princípio, os 2mm. Contudo, para determinados acabamentos mais rugosos, será necessário pequenas proporções de partículas de dimensões superiores a 5mm. Devem possuir granulometria

adequada à utilização prevista, devem ser inalteráveis ao ar, à água e a outros agentes externos, devem possuir compatibilidade química com os restantes constituintes da argamassa, devem possuir as resistências mecânica e à erosão necessárias e não devem possuir substâncias nocivas (matéria orgânica, películas de argila, partículas moles, etc.).

Quadro 4.4 - Granulometria das areias para argamassas de ligantes hidráulicos para revestimento de paredes [66]

Abertura da malha do peneiro	*Passados acumulados (%)*
5,0mm	100
2,36mm	90 – 100
1,18mm	70 – 100
600μm	40 – 80
300μm	5 – 40
150μm	0 – 10

A areia é de todos os componentes usados no fabrico das argamassas o menos controlado, uma vez que os ligantes são controlados em fábrica e a água é normalmente da rede pública. Constata-se que nas obras de edifícios executadas no nosso país, é raro fazer-se um controlo de qualidade das areias usadas na execução dos rebocos. Este é normalmente substituído pela confiança que o fornecedor do material merece (ou não). Muitas vezes as areias são muito sujas, com pequena resistência mecânica e ainda o que é grave, com teores de sais elevados.

Uma regra prática a usar no estaleiro para uma primeira apreciação da qualidade da areia, consiste em apertar com força uma mão cheia da mesma. Se ao apertar "ranger" e ao largá-la não ficarem depósitos aderentes à mão, trata-se provavelmente de um bom produto.

Muitos dos problemas que surgem nos rebocos de obras já executadas têm a ver muitas vezes com a qualidade da areia usada na sua confecção (eflorescências, destacamentos, fissuração, etc.).

- água

A água não deve conter impurezas. A água da rede pública é a indicada para esta finalidade.

- Adjuvantes

Os adjuvantes mais usados são os redutores de água, os plastificantes, os retentores de água, os retardadores de presa, os aceleradores de endurecimento, os hidrófugos, as resinas sintéticas, os fungicidas e os pigmentos. Todos os adjuvantes deverão possuir suporte técnico documental e se possível documentos de homologação que garantam as suas características e modo de emprego. O seu emprego só deverá produzir efeito desde que o projectista o autorize, ou esteja previsto no caderno de encargos da empreitada.

No caso do emprego de pigmentos, deverão ser de natureza mineral e a dosagem não deverá ultrapassar 3% do peso do ligante. O factor de absorção solar deverá ser inferior a 0,7.

Existindo no mercado toda uma enorme variedade de adjuvantes, constata-se contudo que na prática são pouco utilizados, devido essencialmente ao desconhecimento dos utilizadores das vantagens que em determinadas situações eles poderão trazer.

- armaduras de reforço

A fim de melhorar o desempenho das argamassas, empregam-se redes de várias origens. As redes a empregar deverão encontrar-se devidamente homologadas. São de destacar:

Redes metálicas: As dimensões das malhas situam-se entre 15mm e 30mm. Os diâmetros dos varões variam de 0,6 a 1,5mm. As redes deverão possuir um tratamento contra a corrosão;

Redes em fibra de vidro: Estas redes deverão possuir um tratamento anti-alcalino que as defendam do ataque químico das argamassas. Devem possuir uma resistência mínima de 35daN/cm.

- armaduras de suporte

Para constituir o próprio suporte do reboco, usam-se painéis de rede em metal distendido com malhas de dimensão 20mm por 20mm protegidos contra a corrosão. Estas redes deverão estar devidamente homologadas.

4.4.1.2 Estado e preparação do suporte

A superfície do suporte deve encontrar-se em estado apropriado à recepção do reboco. Não será admissível a existência de sujidades, de salitre, de poeiras ou de outros materiais que prejudiquem a aderência do revestimento. De forma a evitar a absorção excessiva da água do reboco, a alvenaria deverá ser humidificada em profundidade ficando a superfície do material enxuta.

As saliências do suporte deverão ser retiradas assim como as superfícies lisas deverão ser escovadas ou picadas para melhorar a aderência do revestimento [64].

4.4.1.3 Preparação de superfícies que apresentem defeitos de planimetria localizados

Em superfícies que apresentem defeitos de planimetria importantes, torna-se necessário desempená-las por intermédio de camadas de revestimento de características iguais ao reboco final.

- De 0cm a 3cm de espessura – reparação (enchimento) com argamassa simples;

- De 3cm a 5cm de espessura – reparação com argamassa, introduzindo uma armadura de reforço;

- Superior a 5cm – deverá ser feito um trabalho de alvenaria com características iguais ou no mínimo semelhantes à da parede existente.

O intervalo mínimo de tempo entre a camada de reparação e o reboco final deverá ser entre 4 a 7 dias, consoante a natureza do ligante e a espessura dessa camada [64].

4.4.1.4 Medidas a tomar para evitar fissurações [63; 65]

Para evitar a ocorrência de fissuras deverá respeitar-se os seguintes princípios:

- O intervalo de tempo mínimo entre a conclusão das alvenarias e o início do reboco deverá ser de 1 mês;

- a temperatura ambiente no momento da execução deverá estar compreendida entre 5°C e 30°C;

- devem ser previstas juntas destinadas a confinar as fissuras de retracção do reboco. As interrupções de trabalho devem ser as mínimas possível e devem ser localizadas junto a arestas ou a elementos que se salientem da parede ou fazê-las coincidir com as juntas de dilatação dos edifícios;

- as juntas de dilatação estruturais devem atravessar os rebocos em toda a sua espessura e devem ser obturadas com materiais apropriados;

- as arestas do revestimento em esquinas entre paramentos ou em reentrâncias ou em vãos abertos no suporte, devem contar com a protecção de cantoneiras ou outros perfis metálicos tratados contra a corrosão e previamente fixados ao suporte, sendo inseridos na camada de base do revestimento;

- as ligações de rebocos aplicados sobre suportes de naturezas diferentes, devem ser reforçadas com armaduras que se prolonguem no mínimo 15cm para ambos os lados das ligações. Estas armaduras deverão ser suficientemente recobertas pelo reboco. O modo de fixação das armaduras pode ser feito por pregagem ao aparafusamento com dispositivos em aço galvanizado ou, sobrepondo à armadura todas as fases do reboco. A espessura total mínima do reboco deverá ser de 15mm;

- a aplicação do revestimento deverá ser feita por faixas horizontais, com altura de 1,5m a 2,0m, iniciando-se pela parte superior das paredes e evoluindo no sentido descendente;

- os rebocos frescos e jovens devem ser protegidos durante os dois ou três primeiros dias por intermédio de uma humidificação por pulverização moderada ou pela utilização de toldos que os protejam da acção do vento. Durante os dois primeiros dias, devem ser protegidos da acção da chuva;

- não é recomendável a rega dos rebocos em fase de endurecimento em dias secos e soalheiros. O choque térmico poderá provocar a fissuração nos rebocos ainda com fraca resistência mecânica;

- os rebocos não devem ser perfurados para a fixação dos andaimes. Estes deverão ser autoportantes.

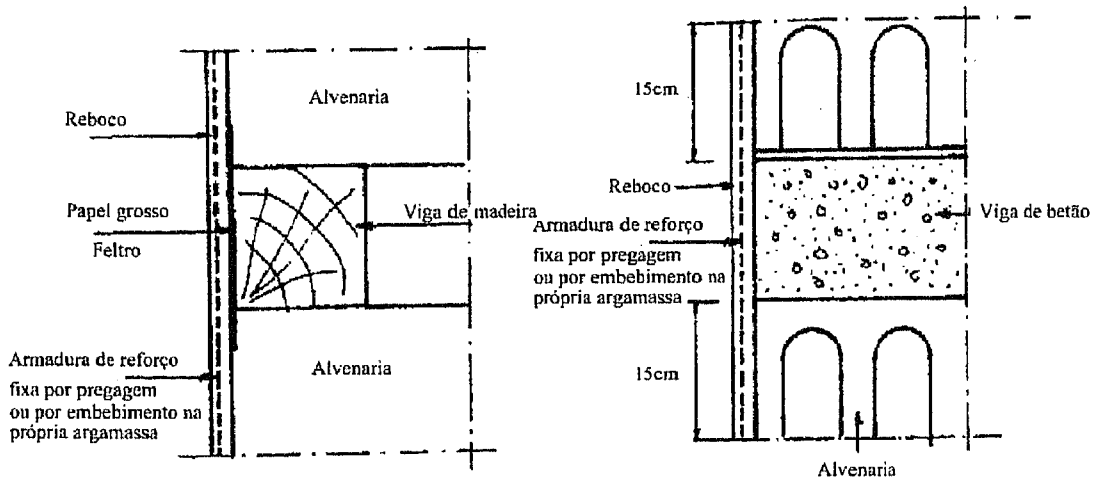


Fig. 4.1 – Reforço dos rebocos nas zonas de ligação com materiais diferentes [65]

4.4.1.5 Prescrições relativas a suportes de alvenarias antigas [64]

As juntas das alvenarias em tijolo ou em pedra à vista, deverão ser deguarnecidas numa profundidade entre 1cm e 3cm, consoante o seu estado. Os paramentos e respectivas juntas serão limpos por escovagem com escova metálica, por jacto de água de alta pressão ou jacto de areia. Os paramentos deverão ser humedecidos por pulverização com uma antecedência de 24 horas antes do revestimento. Os tijolos ou pedra degradados, deverão ser substituídos.

As alvenarias que porventura já se encontrem revestidas, deverão ser desprovidas dos rebocos que se encontrem friáveis ou com pouca aderência. Os paramentos deverão ser limpos como acima se indica e as juntas friáveis serão desguarnecidas tal como atrás é indicado.

4.4.1.6 Composições, camadas, espessuras e acabamentos

As argamassas podem ser de vários tipos:

- argamassas de cimento e areia;
- argamassas de cimento, cal apagada e areia (bastardas);
- argamassas de cal apagada e areia;
- argamassas de cal hidráulica e areia.

De preferência, as argamassas deverão ser de cimento, cal apagada e areia, pois apesar de serem mais porosas do que as apenas de cimento, a sua menor retracção (logo menor fendilhação) faz com que os caminhos de penetração de água sejam menores [66].

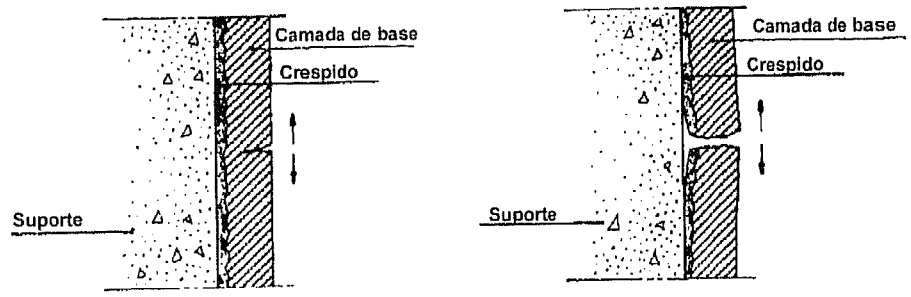


Fig. 4.2 – Tipologias de fissuração correspondentes a revestimentos (de ligantes hidráulicos) de baixo e alto teor em ligante [66]

Os revestimentos devem ser constituídos por várias camadas, pois conduz à redução das larguras das fendas à superfície e desencontra o seu desenvolvimento em espessura, passando a ser pouco provável que uma fenda atravesse simultaneamente todas as camadas e atinja o suporte.

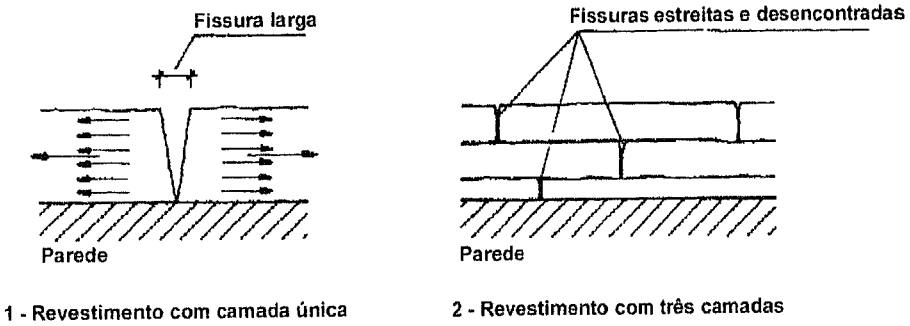


Fig. 4.3 – Esquema do desenvolvimento de fissuras em revestimento de impermeabilização tradicional de ligantes hidráulicos, de camada única e de três camadas [66]

Cada camada do revestimento deve ser sempre mais "fraca" do que a camada subjacente (no sentido do suporte para o exterior) para que não a deteriore por retracção e para que seja cada vez menor a tendência para a fendilhação (regra da degressividade do teor em ligante). Assim, a resistência mecânica do suporte terá de ser sempre superior à da primeira camada contínua do revestimento [63].

Porém, constata-se por vezes nalgumas obras que a última camada do reboco é mais "forte" do que a anterior, julgando o empreiteiro que beneficia deste modo a impermeabilização do paramento. Verifica-se mais tarde que sucede precisamente o contrário pois o reboco fissura de uma forma generalizada.

As camadas que constituem o revestimento, são:

- *crespido (também designado de salpisco ou chapisco)*

  Esta camada tendo como finalidade assegurar a aderência do revestimento ao suporte, deve ser rugosa, rica em cimento e ser fluída (para satisfazer a sucção do suporte). Deve constituir camada descontínua e deve ser lançada vigorosamente sobre o suporte. A espessura variará entre 3mm e 5mm [66].

- *camada de base (também designada de emboço)*

  A esta camada compete garantir a planeza, a verticalidade e a regularidade superficial dos paramentos das paredes, fornecendo o principal contributo para a impermeabilização das paredes e proporcionando uma boa aderência à camada de acabamento. Deverá ser compacta, homogénea e com fraca tendência para a fendilhação, de forma a assegurar a impermeabilização.

  Há situações em que são necessárias duas camadas de base em vez de uma única. Tal será obrigatório quando o suporte do revestimento for uma armadura metálica, quando a espessura necessária para a regularização ou desempeno da parede for superior ao limite máximo de 15mm, ou quando a camada de acabamento não for contínua ou for muito delgada.

  Esta camada deverá ser lançada vigorosamente ou ser apertada à talocha, mas não demasiadamente de forma a que a leitaça de cimento não surja à superfície (o que

pode provocar a fissuração durante a secagem). A superfície deverá ser rugosa, o que pode ser conseguido raspando ou riscando a mesma [63].

A espessura deverá variar entre 10mm e 15mm sendo no mínimo, 8mm. Caso se aplique mais do que uma camada de base, a espessura total não poderá ser superior a 20mm [66].

A diferença de tempo que medeia entre o crespido e a camada de base, deverá ser no mínimo de 48 horas.

- *camada de acabamento*

Esta camada tem como finalidade essencial o aspecto estético. Contudo, contribui também para a impermeabilização da parede e para a sua resistência aos choques. Nesse sentido, deverá preencher as fendas que eventualmente se tenham formado na camada de base.

Não devendo fissurar, será constituída por um teor em ligante baixo e deverá ser obtida a partir de argamassas bastardas com conteúdo significativo de cal apagada.

A espessura variará entre 5mm e 10mm, conforme a textura da superfície. Alguns acabamentos do tipo projectado fino podem ter espessura inferior, da ordem dos 3mm [66].

A diferença de tempo mínima a respeitar para a aplicação da camada de acabamento, deverá ser entre 4 a 7 dias. Condições atmosféricas desfavoráveis, podem fazer aumentar este período.

Os acabamentos muito lisos são susceptíveis ao desenvolvimento da fissuração superficial, sendo difícil de apresentar um aspecto final uniforme. Com os acabamentos rugosos supera-se melhor estas situações [63].

Outra das vantagens dos acabamentos muito rugosos é o de garantirem uma maior uniformidade da distribuição da sujidade (poluição atmosférica), apesar de favorecerem a sua fixação. Os acabamentos lisos ou pouco rugosos ao não impedirem a formação de escorrimentos bem delineados, podem favorecer a formação de linhas de escorrimento de água [66].

Os revestimentos deverão ser protegidos por disposições construtivas tais como peças de coroamento de platibandas, cornijas, beirados, peitoris de janelas, rufos, etc [66].

A coloração da camada de acabamento consegue-se usando pigmentos incorporados na argamassa ou ainda por pintura. Os acabamentos coloridos de cor escura têm maior tendência a fendilhar. O DTU 26.1 [64] recomenda que o factor de absorção solar do revestimento depois de pronto, seja limitado a 0,7.

Quadro 4.5 - Valores dos coeficientes de absorção solar consoante as cores dos revestimentos [64]

Cores	*Valores do coeficiente de absorção solar*
branco	0,2 a 0,3
amarelo; laranja; vermelho claro	0,3 a 0,5
vermelho escuro; verde claro; azul claro	0,5 a 0,7
castanho, verde escuro, azul vivo; azul escuro	0,7 a 0,9
castanho escuro; negro	0,9 a 1

As condições de exposição são fundamentais para a definição do grau de permeabilidade do revestimento a empregar, determinando as suas características e o número de camadas. As condições de exposição podem-se classificar em [63]:

- condições severas: exposição à chuva batida pelo vento (edifícios na orla marítima ou em pontos elevados ou que se elevem acima dos vizinhos);

- condições moderadas: paredes parcialmente protegidas por elementos arquitectónicos adequados ou por outros edifícios de altura semelhante (edifícios de médio porte em aglomerados urbanos);

- condições favoráveis: regiões de fraca pluviosidade com paredes protegidas por elementos arquitectónicos adequados e por outros edifícios de maior altura (edifícios urbanos de um ou dois pisos).

No quadro seguinte as argamassas são apresentadas por ordem crescente de porosidade e decrescente relativamente à retracção e tendência para a fendilhação. A argamassa tipo I será

aplicável em suportes de elevada resistência mecânica em que se pretenda uma elevada resistência à abrasão ou aos choques. Pelo contrário, uma argamassa do tipo V será aplicável em suportes "fracos" tais como blocos de betão celular autoclavado [63].

Quadro 4.6 - Equivalência de composições de argamassas tradicionalmente utilizadas em revestimentos exteriores de paredes, entre traços volumétricos e quantidades de ligantes por m³ de areia [63].

Tipo de argamassa	*Argamassa de cimento e areia (c/plast.)*			*Argamassa de cimento, cal apagada e areia*				
	Traço volumétrico (cimento : areia húmida)	Dosagem (kg cimento/m³ de areia)		Traço volumétrico (cimento: cal: areia húmida)	Dosagem (kg ligante/m³ areia)			
		Areia Húmida (teor de água de 3% a 6%)	Areia Seca		Areia húmida (teor de água de 3% a 6%)		Areia seca	
					Cimento	Cal	Cimento	Cal
I	-	-	-	1:0,25:3	400	50	500	60
II	1:3 a 4	300 a 400	400 a 500	1:0,5:4 a 4,5	270 a 300	70 a 75	330 a 380	85 a 95
III	1:5 a 6	200 a 250	250 a 300	1:1:5 a 6	200 a 240	100 a 120	250 a 300	125 a 150
IV	1:7 a 8	150 a 175	180 a 220	1:2:8 a 9	130 a 150	130 a 150	170 a 190	170 a 190
V	-	-	-	1:2:12	100	100	125	125

Os tipos de argamassas a aplicar consoante a natureza do suporte e as condições de exposição, são sintetizados no quadro 4.7.

Quadro 4.7 - Esquemas de revestimento adequados a seis suportes específicos [63]

Material de suporte	*Tipo de acabamento*	*Condições de exposição*	*Crespido (cimento: areia húmida) ou (cimento : cal: areia húmida)*	*Camadas de base*		*Camada de acabamento*
				1ª	2ª	
Betão (denso, compacto e resistente)	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	1:1,5 a 2	II	-	III
		Moderada				
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	1:1,5 a 2	II	-	III
		Moderada				
		Favorável				
	Escocês	Severa	1:1,5 a 2	II	-	II
		Moderada				
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	1:1,5 a 2	II	-	II
		Moderada				
		Favorável				
Alvenaria de tijolo	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	-	II	III	III
		Moderada		III	-	III
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	-	III	III	III
		Moderada		III	-	IV
		Favorável				
	Escocês	Severa	-	II	II	II
		Moderada		II	-	II
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	-	II	II	II
		Moderada		II	-	II
		Favorável				
Betão sem finos	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	-	II	III	III
		Moderada		III	-	IV
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	-	II	III	III
		Moderada		III	-	IV
		Favorável				
	Escocês	Severa	-	II	II	II
		Moderada		II	-	II
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	-	II	II	II
		Moderada		II	-	II
		Favorável				

Quadro 4.7 - Esquemas de revestimento adequados a seis suportes específicos (continuação) [63]

Material de suporte	*Tipo de acabamento*	*Condições de exposição*	*Crespido (cimento: areia húmida) ou (cimento : cal: areia húmida)*	*Camadas de base*		*Camada de acabamento*
				1ª	2ª	
Armadura metálica	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	-	I	II	III
		Moderada		II	II	III
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	-	I	II	III
		Moderada		II	II	III
		Favorável				
	Escocês	Severa	-	I	II	II
		Moderada		II	II	II
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	-	I	II	II
		Moderada		II	II	II
		Favorável				
Alvenaria de Blocos de Betão de Argila Expandida	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	-	III	III	III
		Moderada		III	-	IV
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	-	III	III	III
		Moderada		III	-	IV
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	-	III	III	III
		Moderada		III	-	III
		Favorável				
Alvenaria de Blocos de Betão Celular Autoclava.	Liso talochado (talocha de madeira)	Severa	1:3 4:1:15			V
		Moderada				
		Favorável				
	Rugoso de textura fina	Severa	1:3 4:1:15			V
		Moderada				
		Favorável				
	Seixo à vista	Severa	1:3 4:1:15			V
		Moderada				
		Favorável				

As superfícies dos rebocos podem possuir várias texturas. Os acabamentos mais comuns que aparecem descritos de uma forma pormenorizada em algumas publicações [63], são:

- acabamentos rugosos: guarnecimento de massa de areia (roscone ; esponjado ou areado); raspado; polido; raspado e polido; riscado ou estriado; rolado; projectado; projectado e polido; projectado e abatido; tirolês; escocês; seixo à vista; lavado;
- acabamentos lisos: talochado.

4.4.1.7 Aspecto dos rebocos

Já anteriormente foram referidas algumas regras inerentes ao aspecto das paredes exteriores, logo dos rebocos (ver 2.8.6). Como não existe nenhuma especificação nacional acerca da execução dos rebocos tradicionais, também não existe nenhuma regra acerca da avaliação do trabalho executado. Terão de ser os cadernos de encargos dos projectos a definir esses parâmetros.

Assim, o DTU 26.1 [64] define os seguintes parâmetros:

- planeza: deslocando uma régua de 2m de comprimento ao longo do paramento, as flechas devem ser inferiores a 10mm. Se o revestimento for executado pelo método dos tentos (pontos) e mestras a flecha máxima deverá ser inferior a 5mm. Neste caso, ao deslocar-se uma régua de 0,20m, as concavidades devem ser inferiores a 2mm;

- verticalidade: deslocando um fio de prumo com 3m de comprimento ao longo da fachada, o desvio máximo deverá ser de 15mm;

- aderência: percutindo o cabo de um martelo no reboco, não deverá soar a oco. A extracção de três carotes de reboco numa superfície de 50m², deverá resultar num valor de aderência médio de 0,3 MPa não devendo contudo cada valor ser inferior a 0,2 MPa.

- aspecto: o estado da superfície deve ser regular. Não deve apresentar cavidades, empolamentos, fendas ou fissuras bem delineadas. Não é de admitir arestas quebradas ou lascadas.

4.4.1.8 Aplicação do revestimento por projecção mecânica

Embora seja entre nós menos vulgar, existe a possibilidade do reboco ser efectuado por projecção mecânica. Este processo permite reduzir as tradicionais três (ou quatro) camadas apenas a duas camadas. A primeira camada ao ser projectada com força contra o suporte, cria uma película mais rica em ligante depois da qual se forma outra que já inclui o conjunto dos inertes. Esta primeira camada substitui assim o crespido.

Contudo, em suportes lisos como o betão ou blocos de betão celular autoclavado, a realização do crespido é obrigatória [63].

4.4.1.9 Outros suportes

Existe a possibilidade de se efectuarem rebocos tradicionais noutros tipos de suportes menos usais no nosso país. A execução de rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos sobre blocos de betão celular, sobre painéis de aparas de madeira e sobre suportes de painéis de rede metálica é descrita no DTU 26.1 [64].

4.4.1.10 Anomalias [67]

Enumeram-se de seguida as principais anomalias que se fazem sentir pouco após a realização destes revestimentos, ou ao longo do tempo:

- anomalias devido à acção da humidade

  - formação de eflorescências ou de criptoflorescências;
  - desenvolvimento de vegetação parasitária;
  - desenvolvimento de fungos;
  - amolecimento do revestimento;
  - desagregação de rebocos fracos;
  - alterações de cor e de aspecto.

- fendilhação

  - retracção de argamassas demasiado ricas ou com espessuras demasiado elevadas;
  - não cumprimento dos tempos de secagem recomendados;
  - assentamento dos suportes das paredes ou assentamento diferenciado das fundações;
  - concentração de cargas nos nembos das paredes conduzindo a fissuras verticais ou inclinadas a partir dos ângulos dos vãos;
  - fendas ao longo de materiais de suporte diferentes.

- empolamento

  - empolamento do reboco devido ao ataque da argamassa pelos sulfatos solúveis na água, em consequência da presença prolongada de água no suporte.

- destacamento

- queda de porções localizadas com zonas de paredes que permaneçam prolongadamente húmidas, na sequência do fenómeno do empolamento devido ao ataque da argamassa pelos sulfatos solúveis na água;

- queda de porções ou da totalidade do reboco por falta de aderência ao suporte.

4.4.2 Rebocos não tradicionais de ligantes hidráulicos

Considerando os inconvenientes dos rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos (falta de mão de obra qualificada; mau doseamento em obra dos constituintes; execução demasiado rápida; deficiente humedecimento do suporte; deficiente cura, etc.), iniciaram-se em vários países europeus estudos de forma a empregarem-se em obra produtos pré-doseados em fábrica com características melhoradas. Estes produtos assumiram algumas diferenças de país para país consoante as pesquisas aí desenvolvidas.

Na Suécia e em Inglaterra, começou-se pelo fabrico de produtos pré-doseados em fábrica para a realização de revestimentos com número de camadas e espessuras idênticas aos dos rebocos tradicionais. Em França, a partir de 1970 seguiu-se um percurso idêntico, contudo os produtos aí fabricado detinavam-se a ser aplicados em camada única obstando assim à execução demorada decorrente do número de camadas aplicadas e aos tempos de secagem respectivos [48].

Em Portugal a introdução destes produtos fez-se de uma forma mais generalizada nos últimos anos. Os produtos comercializados quer sejam de produção nacional quer sejam importados, são semelhantes aos fabricados em França ou seja, em monocamada. No nosso mercado, estes produtos são vulgarmente designados de "monomassa". São à semelhança dos rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos, revestimentos de impermeabilização.

Como estes produtos são não tradicionais, têm obrigatoriamente de ser homologados por entidade acreditada para esse fim sendo no nosso país, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Nos documentos de homologação são especificadas as características dos produtos, a aplicação em obra, a manutenção, as modalidades de comercialização e as condições de emprego.

Em França, os "Avis Techniques" do CSTB definem os parâmetros principais acerca deste tipo de produtos e da sua aplicabilidade.

4.4.2.1 **Composição** [65; 68]

Os produtos de revestimento devem possuir boas características de aderência ao suporte, de impermeabilização e não devem ser sensíveis à fissuração. Assim, a retracção destes revestimentos deverá ser pequena e devem ser suficientemente flexíveis de forma a acompanharem as variações dimensionais diferenciadas entre eles próprios e o suporte.

Os constituintes principais são consoante os produtos:

Ligantes:

- cimento;
- cimento adicionado de cal aérea ou hidráulica em proporções variáveis.

Agregados:

- areias siliciosas ou calcárias, granulados de mármore;
- cargas ligeiras para os revestimentos aligeirados (perlites, vermiculites, granulados silico-calcárias, poliestireno, vidro expandido, etc.) ou fibras (de vidro, sintéticas, etc.).

Os constituintes secundários são:

- retentores de água; resinas; introdutores de ar; hidrófugos; pigmentos.

A mistura do produto pré-doseado com a água será efectuada consoante os produtos manualmente ou mecanicamente em betoneira ou em misturadora acoplada a máquina de projectar.

Existindo adjuvantes na mistura, não convém ultrapassar o tempo óptimo de mistura de cada tipo de produto assim como interessa respeitar quer o tempo de repouso da argamassa depois de confeccionada, quer o tempo de aplicação depois de executada.

4.4.2.2 **Aplicação** [65]

Os suportes deverão ser apropriados a estes tipos de revestimentos. Devem estar isentos de poeira, sujidades, pulvurências, e não devem ser friáveis. A necessidade ou não de humedecimento dos suportes depende da capacidade de retenção de água dos produtos de

revestimento, do tipo de suportes e das condições atmosféricas na altura da aplicação. As superfícies devem ser rugosas a fim de permitirem uma boa aderência do revestimento. Os documentos de homologação dos produtos deverão prever as disposições particulares para o revestimento de superfícies lisas (picagem, crespido, etc.).

Em suportes de betão as saliências excessivas devem ser previamente desbastadas e os óleos de descofragem eliminados. Consideram-se saliências excessivas aquelas cuja altura seja superior a um terço da espessura do revestimento.

Em suportes de alvenaria na eventualidade de defeitos localizados de planeza, os enchimentos necessários poderão ser executados com o material do próprio revestimento, usando a metodologia já descrita para os revestimentos tradicionais de ligantes hidráulicos ou de acordo com o descrito nos documentos de homologação respectivos.

Em suportes de alvenaria em blocos de betão celular assentes com argamassa ou cola apropriada os documentos de homologação indicarão se o suporte é ou não apropriado ao revestimento em causa e em caso afirmativo, qual a preparação do suporte mais indicada.

No que respeita à aplicação a temperatura ambiente deve situar-se entre 5°C e 35°C e o teor de humidade do meio ambiente não deve ser muito elevado. Estes revestimentos são muito sensíveis aos ventos quentes e secos. As argamassas tanto podem ser aplicadas manualmente como por projecção. As argamassas ditas de monocamada são em geral aplicadas em uma ou em duas demãos consecutivas, devendo-se neste caso admitir entre elas um intervalo de algumas horas (entre 2h a 5h consoante o produto e as condições atmosféricas). A primeira camada, que constitui a camada de base do revestimento, deve ser apertada contra o suporte. Esta camada garante a impermeabilização e o desempeno da fachada. A segunda camada tem função decorativa conferindo à fachada o seu aspecto final.

No que respeita às espessuras os documentos de homologação especificarão as espessuras mínimas e máximas correspondentes a cada produto. Em geral, a espessura total média é de 12mm a 15mm e a espessura máxima de 20mm. O recobrimento mínimo deverá ser de 10mm. Se for necessário aumentar em determinados locais a espessura do revestimento, a aplicação deverá ser feita por camadas não podendo cada uma delas ter uma espessura superior a 20mm sendo a espessura total inferior ou igual a 30mm.

Por último, como disposições particulares o revestimento deve obrigatoriamente ser interrompido nas juntas de dilatação.

As interrupções de trabalho devem localizar-se junto de cantos, de reentrâncias ou de saliências. Em grandes superfícies, é aconselhável o corte dos revestimentos em juntas horizontais (e eventualmente verticais) de forma a não se notarem as diferenças de tonalidades.

A eventual pintura deste tipo de revestimentos terá de ser feita com tintas compatíveis com a natureza alcalina do mesmo e só deverá ser feita após três meses da conclusão do trabalho.

O procedimento a seguir na junção entre materiais de suporte diferentes, é igual ao indicado para os rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos. Assim, ou se opta pela marcação de juntas nas zonas de transição ou arma-se o revestimento nessas zonas. A armadura será em fibra de vidro com tratamento anti-alcális, com resistência à tracção de pelo menos 35kg/cm e deverá prolongar-se entre 15cm a 20cm para cada lado das junções (o recobrimento da rede deverá ser no mínimo 8mm).

Em tempo quente e seco, 24 horas após a aplicação, torna-se necessário humidificar o revestimento tendo-se em atenção o choque térmico provocado em fachadas que se encontrem muito expostas ao sol. Neste caso, a humidificação deverá ser realizada em horas de menor temperatura.

Estes revestimentos não devem ser aplicados em superfícies horizontais ou inclinadas expostas à chuva.

Como nos rebocos tradicionais, para garantir a rectidão das arestas e garantir-lhes protecção contra a acção dos choques podem incorporar-se nos revestimentos perfis perfurados de metal protegido contra a corrosão.

4.4.2.3 **Classificação** [42; 68; 69]

As características destes produtos (massa volumica aparente, módulo de elasticidade, resistências mecânicas, etc.) variam consoante a sua composição. Em França criou-se uma classificação dos revestimentos monocamada a fim de se estabelecer uma informação sobre as suas características mecânicas. Esta classificação, designada de "MERUC", é aposta nos

sacos do produto a fim de que o utilizador possa escolher o revestimento consoante as suas características e as exigências da fachada sobre a qual será colocado.

M: Massa volúmica do produto depois de endurecido;
E: Módulo de elasticidade;
R: Resistência à tracção;
U: Retenção de água (humidificação);
C: Capilaridade

Em Portugal este tipo de classificação não existe, estabelecendo o documento de homologação os suportes sobre os quais o produto poderá ser aplicado. Nesta situação, para o utilizador corrente todos os produtos possuem características parecidas o que na realidade não é verdade.

Ainda de acordo com a classificação "MERUC", para cada uma das características existem seis classes de classificação:

- Massa volúmica "M"

M1: < 1200 kg/m^3
M2: entre 1000 e 1400 kg/m^3
M3: entre 1200 e 1600 kg/m^3
M4: entre 1400 e 1800 kg/m^3
M5: entre 1600 e 2000 kg/m^3
M6: > 1800 kg/m^3

As características mecânicas vêm em função da massa volúmica do produto. Quanto maior for, maior será a sua resistência mecânica. Esta característica é importante para a selecção do revestimento em função do suporte. Em suportes "fracos" como os blocos de betão celular autoclavado, a massa volúmica deverá ser baixa.

- Módulo de elasticidade "E"

Trata-se do módulo de elasticidade dinâmico medido após 28 dias de secagem.

E1: < 5000 MPa

E2: entre 3500 e 7000 MPa

E3: entre 5000 e 10 000 MPa

E4: entre 7500 e 14 000 MPa

E5: entre 12 000 e 20 000 MPa

E6: > 16 000 MPa

A resistência à fissuração destes revestimentos relaciona-se com a retracção de secagem, o módulo de elasticidade e a resistência à tracção. Quanto maior for a responsabilidade do revestimento na estanquidade global da parede, menor deverá ser a tendência para a fissuração.

Revestimentos de baixa fissurabilidade: $E \leq 7000$ MPa ; $E/R \leq 2500$

Revestimentos de média fissurabilidade: $7000 < E \leq 1200$ MPa ; $2500 < E/R \leq 3500$

Revestimentos de alta fissurabiidade: $E > 12\ 000$ MPa ; $E/R > 3500$

- Resistência à tracção "R"

Trata-se da resistência à tracção medida por flexão após 28 dias de secagem.

R1: < 1,5 MPa

R2: entre 1,0 e 2,0 MPa

R3: entre 1,5 e 2,7 MPa

R4: entre 2,0 e 3,5 MPa

R5: entre 2,7 e 4,5 MPa

R6: > 3,5 MPa

- Retenção de água "U"

Trata-se de avaliar a capacidade de retenção de água medido após 28 dias de secagem. Este factor é importante em função do tipo de suporte em que é aplicado (muito absorvente ou não) e em função das condições climatéricas durante as quais se processará a cura do revestimento.

U1: < 78%

U2: entre 72 e 85%

U3: entre 80 e 90%

U4: entre 86 e 94%

U5: entre 91 e 97%

U6: entre 95 e 100%

- Capilaridade "C"

Trata-se de avaliar o coeficiente de capilaridade medido após 28 dias de secagem.

C1: < 1,5

C2: entre 1,0 e 2,5

C3: entre 2,0 e 4,0

C4: entre 3,0 e 7,0

C5: entre 5,0 e 12,0

C6: > 10,0

Este factor é importante na medida em que indica as características de impermeabilidade do revestimento. Quanto maior for a capilaridade, menor será a sua capacidade de impermeabilização. Consideram-se três classes de revestimentos:

- revestimentos de muito baixa capilaridade: $C < 1,5$
- revestimentos de baixa capilaridade: $1,5 \leq C < 4$
- revestimentos de alta capilaridade: $C \geq 4$

Considera-se que para paredes sujeitas a condições severas de exposição, os revestimentos devem ser do tipo $C < 4$.

4.4.2.4 Acabamentos [66]

Consideram-se habitualmente três tipos de acabamentos de rebocos não tradicionais:

- Acabamento tipo projectado - Este acabamento exige duas demãos de revestimento. A primeira camada aplicada manual ou mecanicamente, será alisada com régua assegurando uma espessura mínima uniforme de 10mm. A segunda demão projectada destina-se a conferir ao paramento a rugosidade desejada. A espessura final será da ordem dos 15mm. A manutenção da pressão, da distância e do ângulo de incidência da projecção é importante para a uniformidade do acabamento.

- Acabamento tipo raspado - A aplicação pode ser efectuada em uma ou duas demãos. A espessura total será de 15mm de forma a que depois de raspado resulte em 12mm ou 10mm. Depois de aplicado manual ou mecanicamente, o revestimento será alisado com régua e apertado à talocha. Após o revestimento estar suficientemente endurecido (3h a 24h após a aplicação) a raspagem (prancha de pregos) retirará a camada de leitaça formada à superfície do revestimento.

- Acabamento de seixo à vista: a segunda demão do revestimento deverá possuir espessura superior a metade do comprimento das partículas maiores projectadas. As partículas são normalmente de mármore de 2mm a 6mm, projectadas mecânicamente sobre o revestimento ainda fresco.

4.4.2.5 Aspecto dos revestimentos

As tolerâncias de execução são as mesmas das indicadas para os rebocos tradicionais de ligantes hidráulicos [68].

4.4.2.6 Anomalias [63]

As patologias mais frequentes, são:

- fendilhação do suporte: em suportes de reduzida resistência mecânica (por exemplo betão celular autoclavado) a aplicação de revestimentos de resistência mecânica elevada ou de retracção e rigidez elevadas provocam este tipo de fissurações;

- fendilhação: abertura de fendas em correspondência com fendas do suporte ou nas ligações entre suportes de natureza diferente. Resulta normalmente da fendilhação do suporte

ou por deformações dos elementos estruturais (normalmente vigas ou lajes) transmitidas às alvenarias, numa parede revestida em continuidade;

- eflorescências: resultam da cristalização à superfície de sais solúveis contidos nos materiais das paredes, na própria argamassa ou no terreno (arrastados pela água que sobe por capilaridade);

- manchas: a heterogeneidade de cor e de textura resulta de variadas condições de amassadura e de aplicação que não permanecem constantes ao longo das sessões de trabalho.

4.4.3. Revestimentos de pedra natural

Os revestimentos de fachadas com pedra natural são constituídos por placas (mais raramente em forma de escamas ou lâminas) obtidas a partir de rochas ornamentais sendo as mais requisitadas, os mármores e os granitos. Algumas rochas como os xistos e as ardósias são usados no nosso país, mas actualmente de uma forma pouco significativa.

Os revestimentos de pedra natural podem ser auto-portantes ou não resistentes.

Os revestimentos auto-portantes são independentes do suporte e suportam o seu peso próprio por encosto topo a topo. São constituídos por placas de espessura mínima de 75mm e permitem a execução de uma caixa de ar ventilada e eventualmente a interposição de isolamento térmico. A fixação ao suporte faz-se por intermédio de gatos de forma a garantir a estabilidade ao derrubamento [63].

Os revestimentos não resistentes são os que encontram no nosso país, maior emprego. São aplicados normalmente em edifícios de custo global elevado, uma vez que esta solução onera significativamente a execução das fachadas. Nesta solução, todas as acções inerentes ao revestimento são suportadas pelo próprio suporte e/ou pela estrutura. Distinguem-se dois tipos de fixação: a fixação directa e a fixação indirecta.

A fixação directa pode ser por colagem (quando se usa uma cola – cimento cola; adesivo sem cimento; argamassa cola com ou sem resina incorporada) ou por selagem (argamassa de cal hidráulica ou de cimento branco).

A fixação indirecta pode ser executada por intermédio de agrafos e pontos de argamassa, por meio de gatos e por meio de uma estrutura intermédia de perfis metálicos ou ripado de madeira à qual as placas são fixadas mecanicamente através de gatos ou agrafos [66].

4.4.3.1. Fixação indirecta

Uma vez que em termos tecnológicos os elementos de pedra fixados pelo método da fixação directa tem aplicação semelhante ao descrito no sub-capítulo 4.4.5 (Revestimentos por elementos descontínuos com função de acabamento ou decorativo), este assunto será aí tratado.

Uma das vantagens da fixação indirecta é o de poder conferir aos revestimentos uma classificação de elementos de estanquidade (ao contrário da fixação directa que confere apenas um grau de decoração). Permite também a aplicação de elementos de dimensões e pesos significativos.

4.4.3.1.1 Lâminas e escamas

Este tipo de elementos só se aplicam nos nossos dias de uma forma pontual, por exigirem mão de obra especializada e muita minúcia na sua aplicação. O revestimento faz-se por pregagem ou aparafusamento, sobre uma estrutura intermédia tradicionalmente de madeira.

Esta solução não será aqui tratada pela falta de representatividade no sector da construção de edifícios.

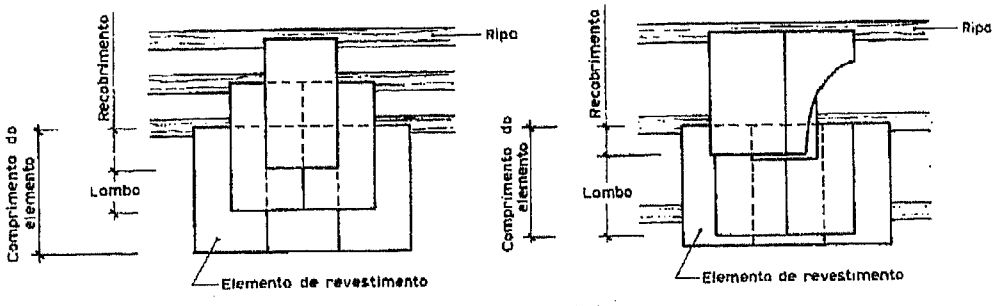


Fig.4.4 – Revestimento por elementos descontínuos em forma de escamas [63]

4.4.3.1.2 Placas de pedra

As placas de pedra natural mais vulgarmente usadas são rectangulares, necessitando-se de uma a três placas para revestir um metro quadrado de superfície. Usualmente a relação entre o comprimento e a largura das placas é inferior a três.

De forma a minimizar os eventuais riscos de desprendimento, as espessuras das placas não deverão ser inferiores a:

- Placas não resistentes:
  - 27mm no caso geral e, sem excepção, no caso de placas obtidas por clivagem;
  - 20mm no caso de placas talhadas devendo-se ainda verificar as seguintes condições: sejam aplicadas em zonas de parede de cota não superior a 6,0m relativamente ao piso de circulação ou de permanência de utentes (ruas, corredores, terraços, varandas, etc.); a largura destes espaços não deverá ser inferior a 0,60m.

- Placas resistentes: 75mm em qualquer situação.

De forma ao sistema ser considerado de estanquidade, os dispositivos de fixação devem tornar o revestimento independente do suporte, formando-se uma caixa de ar ventilada que deverá possuir uma espessura entre 20mm e 50mm, provida de dispositivos que evacuem para o exterior a água infiltrada pelas juntas entre placas. Existindo a inserção de isolamento térmico entre o suporte e as placas, este deve manter-se fixo junto ao suporte mantendo-se livre a caixa de ar referida. Para facilitar a ventilação da caixa de ar, nos pontos mais altos e mais baixos do paramento revestido, deverão ser localizadas aberturas de área não inferior a 100cm^2 por metro de comprimento do revestimento medido na horizontal [63].

4.4.3.1.3. Fixação

Existem vários métodos distintos para a fixação das placas de pedra. Os métodos a usar variam em função da natureza do suporte. No quadro 4.8 é apresentada a compatibilização entre os diversos métodos e a natureza dos suportes.

Quadro 4.8 - Compatibilidade entre suportes e processos de fixação de revestimentos de pedra [66]

Suporte	*Processo de fixação*					
	Placas não resistentes					*Placas resistentes*
	Agrafos com pontos de argamassa		Gatos		Estrutura intermédia (1)	
	Chumbados	Fixados mecan.	Chumbados	Fixados mecan.		
Betão corrente	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Betão de inertes leves	SIM	(2)	SIM	(2)	SIM	SIM
Tijolos	(3)	NÃO	(3)	NÃO	SIM	(4)
Blocos de betão de inertes correntes ou leves	(3)	NÃO	(3)	NÃO	SIM	(4)
Blocos de betão celular autoclavado	NÃO	NÃO	(5)	NÃO	SIM	SIM
Pedra natural	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM

1 – A estabilidade da ligação da estrutura intermédia ao suporte deve ser inequivocamente assegurada ;

2 – Processo de fixação admissível se a resistência característica do betão aos 28 dias for ≥ 15 MPa;

3 – Processo de fixação admissível apenas em paredes não resistentes, até um máximo de 6m de altura do paramento e desde que os agrafos ou gatos sejam chumbados com argamassa de cimento e linhada numa profundidade mínima de duas fiadas de furos;

4 – Processo de fixação admissível em paredes resistentes ou não resistentes, desde que os gatos de posicionamento de insiram em juntas horizontais da alvenaria;

5 – Processo de fixação admissível apenas no caso das juntas entre placas de revestimento serem deixadas abertas, ou então, preenchidas com material resiliente.

Os agrafos e os gatos devem suportar o peso das placas de revestimento e eventualmente do isolamento térmico. Devem resistir às solicitações horizontais e impedir o consequente derrube das placas. Devem ainda absorver as deformações diferenciais entre o revestimento e o suporte (de origem termo-higrométrica) reduzindo as tensões no revestimento [63].

Uma vez que os dispositivos usados na fixação das placas são não tradicionais, estão sujeitos a documentos de homologação. O dimensionamento dos dispositivos de fixação deverá ser feito segundo as informações desses documentos.

4.4.3.1.3.1 Fixação através de agrafos e pontos de argamassa [63]

Neste tipo de fixação, as placas de pedra são fixadas à parede com agrafos de fio de secção circular envolvidos em argamassa (pontos). A ligação dos agrafos ao suporte pode fazer-se por chumbagem de argamassa ou mecanicamente.

A existência de inúmeros pontos de argamassa que este processo implica não permite a inserção de isolante térmico na caixa de ar formada entre a parede e o revestimento.

Os agrafos podem ser de cobre, latão ou aço inoxidável.

Habitualmente são empregues quatro agrafos por placa - dois agrafos de suspensão e dois agrafos de posicionamento - actuando em geral nos topos verticais ou horizontais das placas. Os agrafos inseridos nos topos horizontais superiores das placas apenas podem ter função de posicionamento. Sempre que possível, os agrafos serão colocados (nos topos) entre 1/4 a 1/5 do comprimento dos lados das placas, contado a partir dos extremos. Quando não seja possível a agrafagem pelos topos como acontece nas pedras de clivagem evidente, a inserção dos agrafos pode fazer-se no tardoz das placas.

O dimensionamento dos agrafos através de cálculo é inviável face à aleatoriedade inerente aos pontos de argamassa. Razões de durabilidade aconselham a utilizar fios com os seguintes diâmetros, em função da espessura das placas:

- 4 mm para placas de 20 mm de espessura;
- 5 mm para placas de espessura entre 30 mm e 40 mm;
- 6 mm para placas de espessura superior a 60 mm.

A largura das juntas entre placas não deverá ser inferior a 4mm nem exceder 1/3 da espessura das mesmas, sendo usualmente tomadas com argamassa de cimento, cal apagada e areia entre 1:5:7 e 1:2:8. Neste caso, devem ser executadas juntas elásticas horizontais e verticais delimitando painéis de revestimento de área reduzida. Terão que existir juntas deste tipo em torno de todas as saliências das paredes (lintéis, varandas, peitoris, etc.) e, em zona corrente, todos os 3m e 6m, respectivamente para juntas horizontais e verticais.

O processo de fixação por agrafos com pontos de argamassa só deverá ser utilizado nas seguintes condições:

- edifícios de altura não superior a 28m;
- placas de pedra de área não superior a $1m^2$ e com a maior dimensão não superior a 1,40m;
- distância entre o suporte e o tardoz das placas entre 20mm e 50mm.

Os procedimentos de aplicação em obra são tratados nos documentos de homologação dos dispositivos de fixação e em publicações diversas [63; 66].

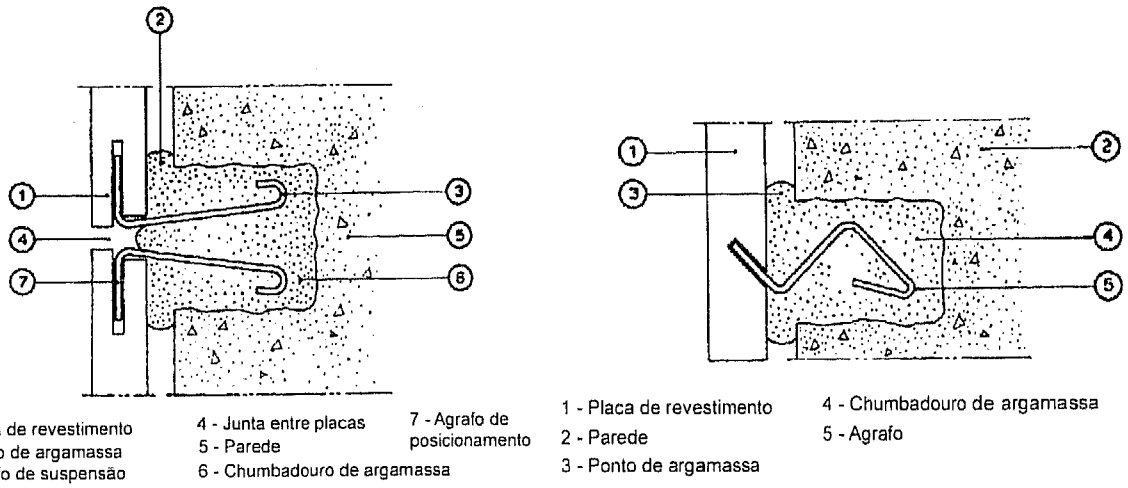


Fig. 4.5 – Agrafos aplicados em topos verticais e no tardoz das placas de pedra, chumbados com argamassa na parede [63]

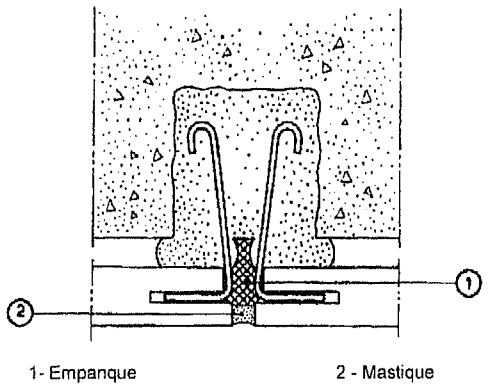


Fig. 4.6 – Junta vertical elástica (agrafos inseridos nos topos verticais das placas) [63]

4.4.3.1.3.2 Fixação através de gatos [63]

As placas de pedra podem também ser fixadas ao suporte por meio de gatos resistentes com chumbadouros de argamassa, ou mecanicamente.

A fixação mecânica é feita geralmente com cavilhas de expansão. Neste caso, para evitar a corrosão, os gatos e as cavilhas devem ser do mesmo material. As excepções a esta regra têm que ser devidamente fundamentadas.

Os gatos são constituídos por placas ou perfis metálicos das mais diversas configurações e dos seguintes materiais: aço inoxidável, latão, bronze, cobre e ligas de cobre. Os gatos podem comportar dispositivos de regulação para facilitar o posicionamento correcto das placas.

Depois de colocadas as placas, quase todos os modelos de gatos ficam invisíveis. Contudo, existem alguns modelos que ao atravessar as juntas entre placas, surgem no paramento exterior.

Habitualmente, tal como no caso da fixação por agrafos e pontos, são empregues quatro gatos por placa - tendo dois deles funções de sustentação e os outros dois funções de posicionamento - actuando nos topos verticais e horizontais das placas. Os gatos que actuem em topos horizontais superiores das placas podem ter função de posicionamento. Em geral os gatos ficam colocados a uma distância dos cantos das placas de 1/4 a 1/5 do comprimento dos respectivos lados.

Quando os gatos ou as ligações gatos – placas forem concebidas de modo a possibilitarem a absorção ao nível de cada placa das deformações diferenciais do revestimento e do suporte, as juntas entre placas podem ser consideradas como juntas elásticas, de fraccionamento do revestimento. Neste caso, as juntas devem ser deixadas abertas ou preenchidas com mastique. A espessura das juntas não deverá ser inferior a 4mm ou a 5mm se se tratar respectivamente de junta aberta ou colmatada com mastique. Se o processo de fixação dos gatos não garantir a elasticidade das juntas, deve-se proceder ao esquartelamento do revestimento com juntas flexíveis de acordo com o indicado no ponto anterior.

Os procedimentos de aplicação em obra são tratados nos documentos de homologação dos dispositivos de fixação e em publicações diversas [63; 66].

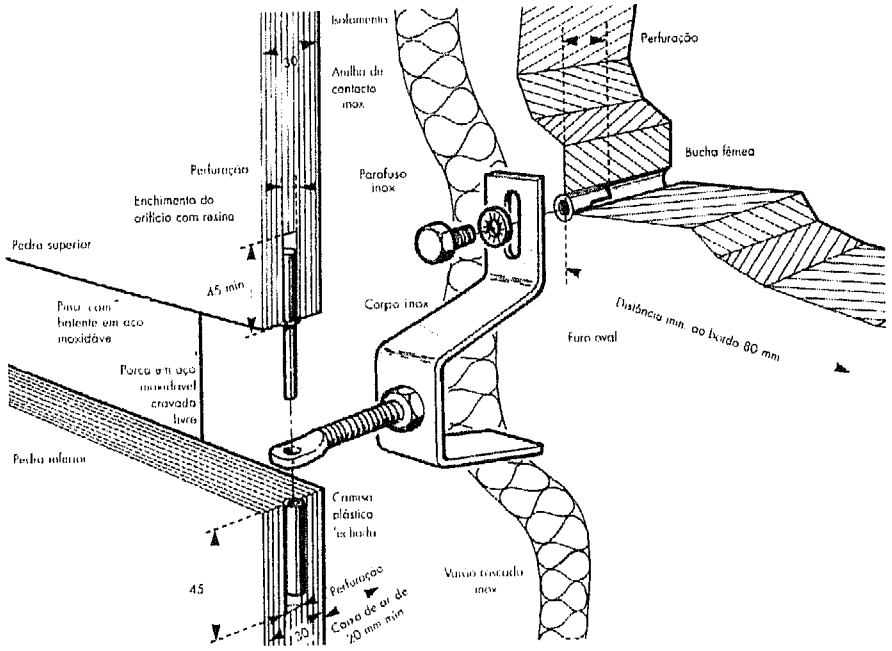


Fig. 4.7 – Exemplo de fixação de um gato á estrutura, permitindo liberdade de movimentos das placas de pedra [70]

4.4.3.1.3.3 Fixação através de uma estrutura intermédia [63]

A utilização duma estrutura intermédia permite a execução do revestimento sem se ter em conta a natureza e o estado da parede em zona corrente; a ancoragem da estrutura ao suporte tem, no entanto, que ser feita em zonas resistentes ou tornadas resistentes. Este processo de fixação por estruturas intermédias pode ser empregue como solução única em toda a parede, ou apenas para revestimento de pontos singulares de paredes onde em zona corrente tenha sido adoptado um dos outros processos de fixação.

O espaço entre as placas e a parede constituirá uma caixa de ar com uma largura mínima de 20mm, necessariamente ventilada pelo exterior. Nessa caixa de ar poderá eventualmente ser introduzido um isolamento térmico, caso em que haverá que deixar uma lâmina de ar entre o revestimento e o isolante.

O material constituinte da estrutura é em geral um metal - aço inoxidável, ligas de alumínio ou, se a estrutura ficar protegida da acção directa das intempéries e do escorrimento de água, doutros metais desde que protegidos contra a corrosão por tratamento adequado -, mas podendo nalguns casos ser de madeira tratada contra fungos e insectos (revestimento de pequenas áreas com intuitos predominantemente decorativos).

A ligação da estrutura ao suporte pode ser efectuada com gatos chumbados com argamassa ou fixados mecanicamente.

A fixação das placas à estrutura intermédia é, em geral, de índole mecânica - com agrafos de fios, gatos, ou peças mais elaboradas, aparafusados, soldados ou introduzidos em cavilhas. Todas as peças intervenientes na fixação devem ser inoxidáveis.

Os procedimentos de aplicação em obra são tratados nos documentos de homologação dos dispositivos de fixação.

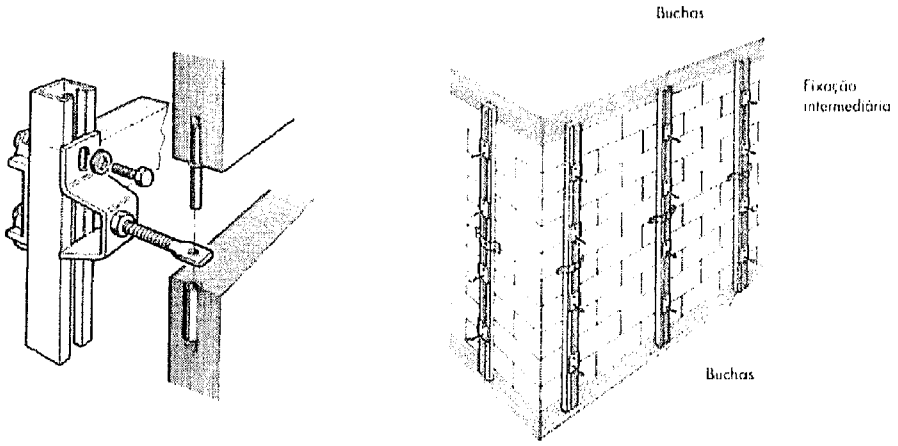


Fig. 4.8 – Exemplo de fixação de placas de pedra através de uma estrutura intermédia [70]

4.4.4. Sistemas de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante

4.4.4.1 Introdução

Sendo estes sistemas de revestimento não tradicionais, obrigam a que sejam devidamente homologados pelos organismos certificados para o efeito.

As vantagens associadas aos sistemas de isolamento térmico pelo exterior das fachadas, resumem-se a [66]:

- eliminação da maior parte das pontes térmicas;
- aumento da durabilidade das fachadas porquanto lhes proporciona protecção contra as acções dos dois principais agentes de deterioração – variações de temperatura e água;

- aumento do conforto de Verão no interior dos edifícios porque torna possível que as paredes pesadas participem na inércia térmica dos espaços;
- proporciona aos edifícios antigos simultaneamente melhoria de aspecto, de impermeabilização e de isolamento térmico;
- pode ser executado em edifícios ocupados sem obrigar a grandes restrições de ocupação;
- não reduz o espaço habitável dos edifícios antigos.

Estes sistemas podem ser considerados como de impermeabilização pois contribuem fortemente para a estanquidade global à água da parede.

Este tipo de revestimento de fachadas tem vindo a ser usado no nosso país de uma forma mais corrente nos últimos anos. Desde o início da década de oitenta que tem vindo a ser usado em vários países Europeus, designadamente em França, onde de todos os sistemas de isolamento térmico pelo exterior existentes, este é o mais vulgarizado.

No nosso país este sistema tem encontrado o maior emprego no sector da reabilitação de fachadas. Permite de uma forma simplificada e rápida, a eliminação de infiltrações de humidade assim como a correcção do isolamento térmico das fachadas sem provocar grande incómodo aos habitantes dos edifícios.

Ao permitir também uma simplificação do processo construtivo das fachadas prescindindo do uso de paredes duplas, este revestimento tem vindo também a ser usado de raiz em novos empreendimentos. Contudo, constata-se em certas obras que nem sempre os cuidados de execução devidos são tomados em consideração (muitas vezes por desconhecimento), podendo motivar uma degradação prematura desta solução em determinados locais, pondo em causa a sua imagem junto do mercado da construção.

4.4.4.2 Constituintes

Um sistema de isolamento térmico por revestimento delgado sobre isolante, pressupõem a existência dos seguintes constituintes:

- Suporte: os suportes indicados para receberem este tipo de revestimento, são:
  - paredes de betão de inertes correntes ou leves;

- alvenarias em blocos (de betão, de betão celular, de betão de argila expandida), ou em tijolo cerâmico rebocadas com argamassas de ligantes hidráulicos;
- alvenarias em blocos não rebocadas.

As superfícies devem encontrar-se preparadas para receberem o revestimento. No caso de se proceder a ensaios de arrancamento, menos de 50% dos destacamentos se deverão verificar no plano de colagem não devendo a resistência ser inferior a 0,3MPa (3 kg/cm^2).

Os suportes novos não devem apresentar irregularidades importantes. As irregularidades superficiais de profundidade ou saliência superiores a 10mm são interditas.

Os suportes antigos devem ser preparados de forma a possibilitarem o poder de aderência necessário ao isolante [71].

Passa-se a descrever cada um dos constituintes:

- Cola

Produto destinado à fixação por aderência do isolante ao suporte. Pode apresentar-se em forma de pasta pronta a aplicar ou em pasta necessitando da adição de outros produtos ou ainda, em forma de pó necessitando da adição de outras substâncias [72]. A preparação em obra deve ser efectuada de acordo com o descrito nos respectivos documentos de homologação.

- Isolante

Produto de elevada resistência térmica geralmente prefabricado, que se destina a conferir às paredes em que for aplicado, o isolamento térmico pretendido [72]. O isolante mais utilizado é o poliestireno expandido com a classe de reacção ao fogo M1 (poliestireno ignifugado). As placas deste material deverão possuir uma marcação com a classe de reacção ao fogo, respectivas dimensões e a data de fabrico [71]. A massa volúmica do poliestireno deverá situar-se entre 14kg/m^3 e 20kg/m^3. Os bordos das placas poderão ser lisas ou possuírem um sistema de encaixe que facilite a execução do trabalho de aplicação [66].

O isolamento térmico não deve ser colocado sem que tenha decorrido pelo menos um mês após a conclusão dos suportes de alvenaria para que estes tenham tempo de secar, evitando-se assim a transferência de água da construção para o isolante [66].

As juntas entre os painéis devem ficar fechadas. Só serão admissíveis aberturas até 2mm de largura. Para larguras superiores, as juntas deverão ser colmatadas com tiras de isolante.

As diferenças de planidade ou de alinhamento entre os painéis colados devem ser inferiores a 3mm (avaliados com a régua de 2m) [71].

- Camada de base

Camada delgada aplicada directamente sobre o isolante (2mm a 5mm), que contém a armadura e assegura a maior parte das características do revestimento, salvo o aspecto [72]. Esta camada é executada em duas demãos ficando entre elas a armadura. A camada de base só deve ser aplicada após a boa secagem da cola do isolante.

No caso de aplicação de duas camadas de rede, a aplicação será feita em três demãos ficando a segunda rede entre a segunda e a terceira demãos.

- Armadura

Rede ou tela, mineral ou metálica, incorporada na camada de base para lhe melhorar a resistência mecânica e lhe assegurar continuidade.

O tipo de armadura mais utilizada é a de fibra de vidro. Estas armaduras podem ser normais ou reforçadas. As armaduras reforçadas são usadas nos locais em que o risco de choques contra o revestimento seja maior. O peso das armaduras normais situa-se entre 150g/m² a 250g/m² e as reforçadas aproximadamente de 700g/m²[71]. As armaduras de fibra de vidro devem possuir um tratamento anti álcalis que evite a sua rápida degradação.

- Camada de primário

Camada muito delgada aplicada sobre a camada de base e destinada a favorecer a aderência da camada de acabamento [72]. Consoante as soluções, esta camada pode não existir.

- Camada de acabamento

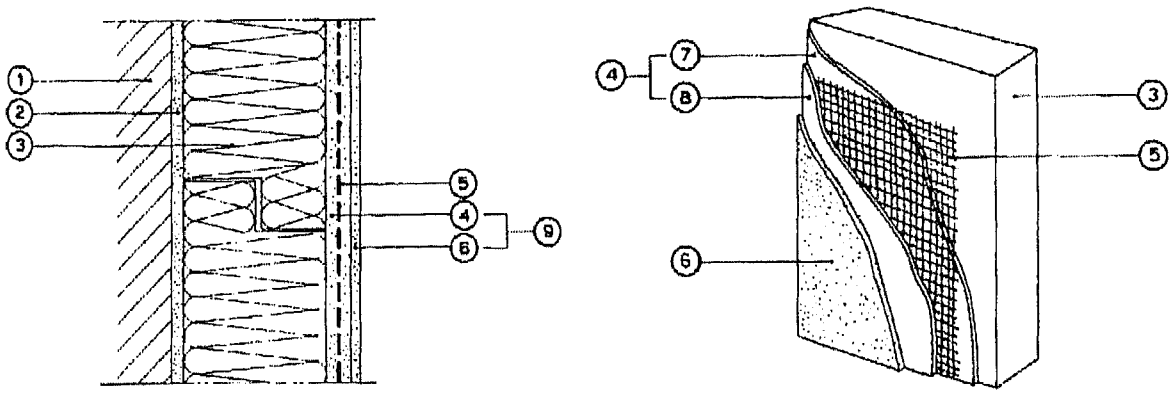
Camada delgada final aplicada sobre a camada de primário ou sobre a camada de base, conforme aquela exista ou não, e destinada a conferir o aspecto final ao sistema de isolamento térmico [72]. Trata-se de produtos prontos a aplicar constituídos por resinas em dispersão aquosa, cargas minerais, pigmentos e adjuvantes diversos sendo as cargas de maiores dimensões do que as empregues na camada de base [66].

- Fixações mecânicas

Elementos utilizados geralmente em complemento da cola, para fixação do isolamento ao suporte por meios mecânicos. Em determinados sistemas estes dispositivos não são usados.

- Acessórios

Elementos, produtos ou componentes do sistema de revestimento utilizados na execução das ligações com outros elementos da construção e das soluções de continuidade. São exemplos de acessórios os mastiques, os perfis de canto, as cantoneiras e os cobre-juntas.



1 – suporte; 2- cola; 3- isolante; 4 - camada de base; 5 – armadura; 6 – camada de acabamento; 7 – 1ª demão da camada de base; 8 – 2ª demão da camada de base; 9 – revestimento completo.

Fig. 4.9 – Solução corrente de sistema de isolamento térmico exterior de fachadas por revestimento delgado sobre isolante [66]

4.4.4.3. Exigências

São numerosas as exigências funcionais a que estes revestimento têm de obedecer. As directivas UEAtc [72], referem-nas exaustivamente sendo contudo de salientar as de segurança em caso de incêndio e as do comportamento perante as acções mecânicas decorrentes da utilização normal.

4.4.4.3.1 Segurança em caso de incêndio

A classe de reacção ao fogo destes sistemas é M2, desde que o isolante seja poliestireno expandido da classe M1 [66]. Apesar de ensaios de propagação ao fogo pelo exterior de fachadas demonstrarem ser limitado o risco de propagação a andares superiores, pela legislação nacional, a aplicação destes produtos em geral em edifícios de altura superior a 28m é interdita (ver 2.6.4).

4.4.4.3.2 Comportamento perante as acções mecânicas decorrentes da utilização normal

O sistema de isolamento deve permitir que se mantenham as suas características após a acção de choques resultantes da circulação e ocupação normais. Deve ainda permitir que o equipamento corrente de limpezas se possa apoiar nele sem causar rotura ou perfuração do revestimento.

Assim, as directivas UEAtc [72] atribuem três classes de resistência a estes sistemas, de acordo com o seu comportamento a determinados ensaios normalizados:

- classe I: Estes sistemas destinam-se a ser aplicados em paredes particularmente expostas às acções mecânicas;
- classe II: Estes sistemas destinam-se a ser aplicados em paredes moderadamente expostas às acções mecânicas;
- classe III: Estes sistemas destinam-se a ser aplicados em paredes não expostas ou pouco expostas às acções mecânicas.

Para se conseguirem resistências mecânicas do revestimento equivalentes à classe I, torna-se necessário a aplicação de armadura dupla, sendo uma delas reforçada [66]. Preconiza-se assim que em edifícios cujas fachadas sejam acessíveis, no primeiro piso seja usado armadura dupla sendo uma delas reforçada, no segundo piso armadura dupla não reforçada e a partir do terceiro piso, armadura simples.

4.4.4.4 Pormenorização

O modo de execução dos revestimentos é fundamental para o seu bom comportamento futuro, não sendo de desprezar a pormenorização dos pontos singulares. São de seguida apresentadas algumas figuras ilustrativas destes pontos.

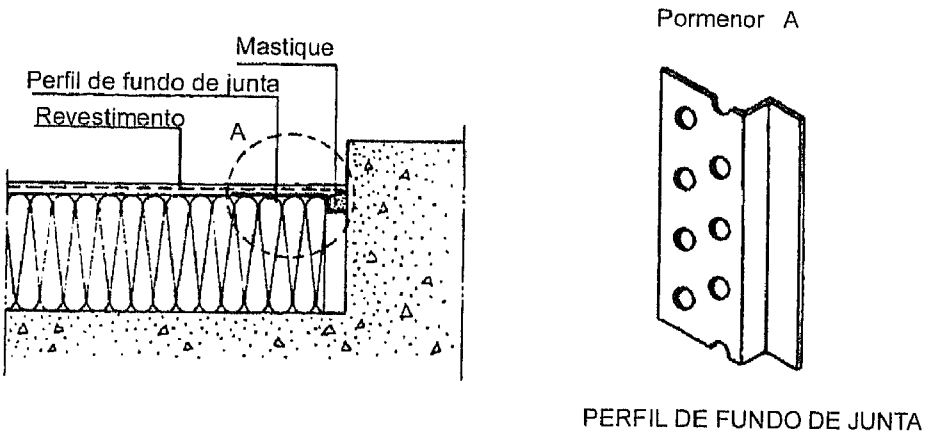


Fig. 4.10 – Junta dessoladarizante do sistema de isolamento térmico relativamente a um elemento saliente rígido da construção (abertura aproximadamente de 5mm) [66; 71]

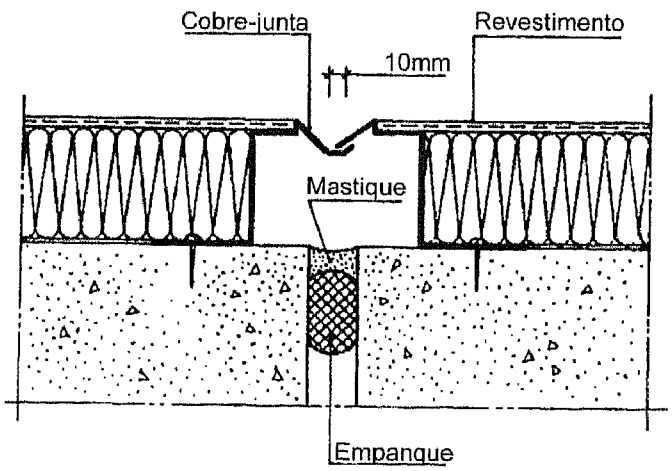


Fig. 4.11 – Tratamento de junta de dilatação assegurando a estanquidade da alvenaria, complementada por um dispositivo suplementar cobre-junta [66; 71]

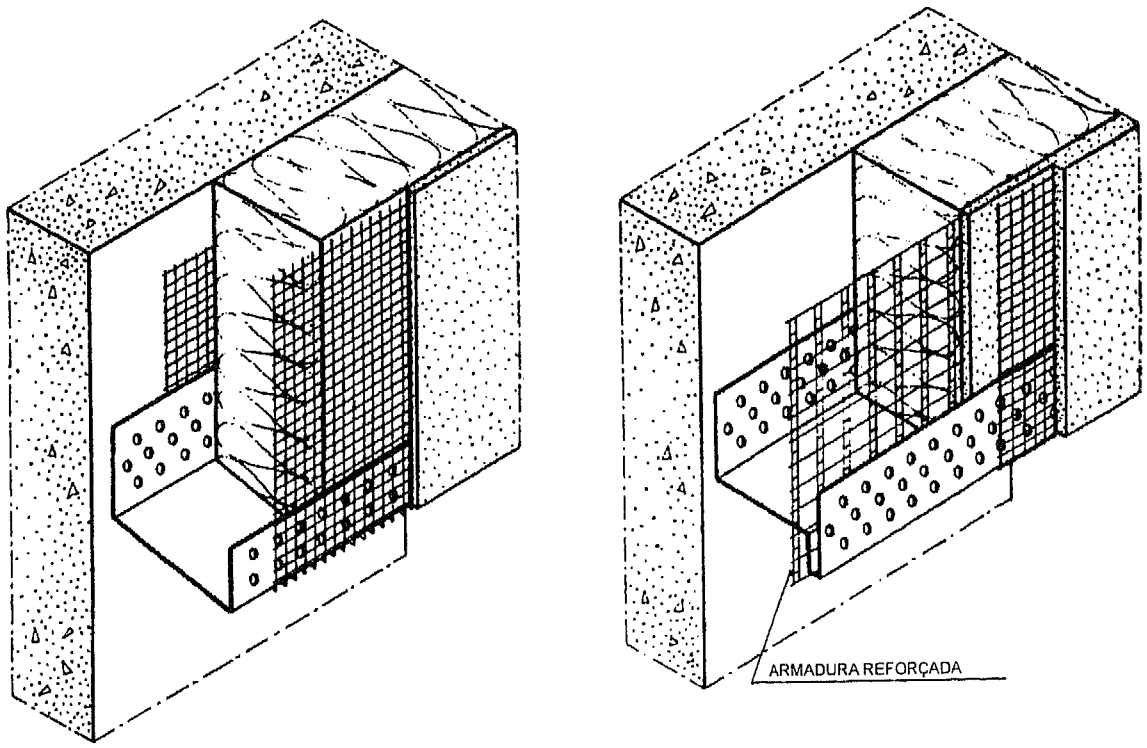
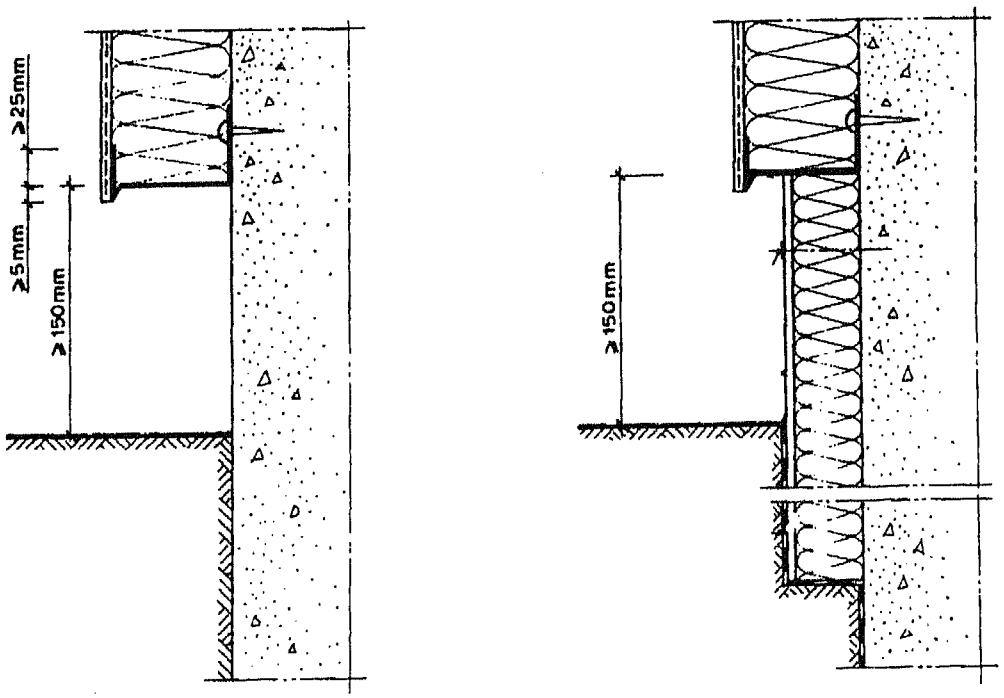


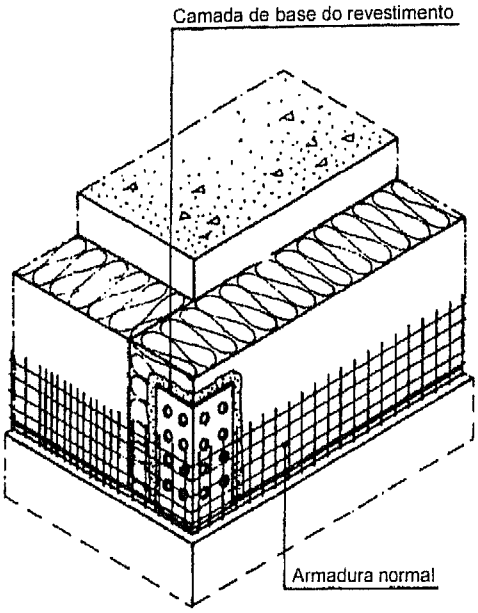
Fig. 4.12 – Perfis de protecção sem e com lacrimal para armadura normal e armadura reforçada [66]

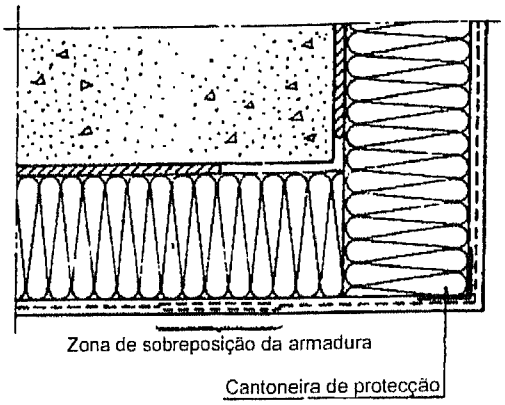


Interrupção do sistema a cerca de 15cm do terreno

Sistema protegido em socos

Fig. 4.13 – Perfis de protecção das extremidades inferiores do sistema [66; 71]





A armadura nunca deve ser cortada na aresta. Prever uma dobra com pelo menos 25cm de extensão seguido de sobreposição.

Fig.4.14 – Cantoneiras de protecção das arestas verticais do sistema [66; 71]

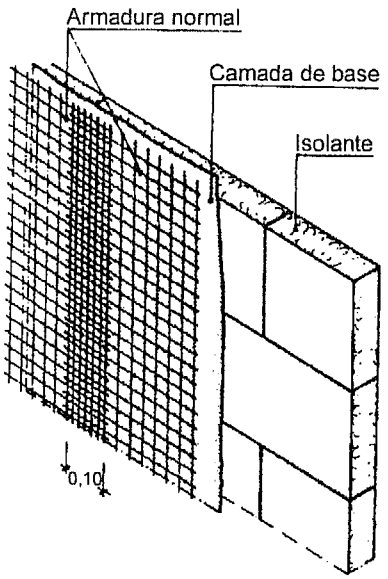


Fig. 4.15 – Sobreposição dos bordos de faixas contíguas de armadura (mínimo 10cm) [66]

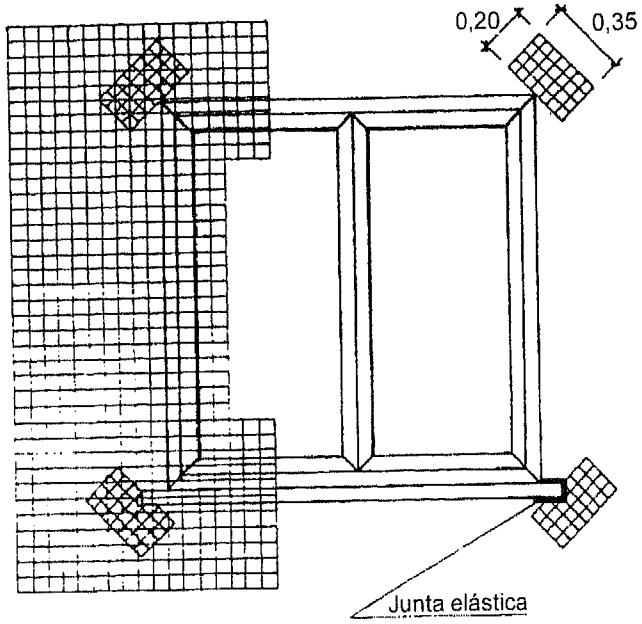


Fig. 4.16 – Reforço de armadura no enfiamento dos ângulos dos vãos por bandas oblíquas coladas directamente sobre o isolante [66; 71]

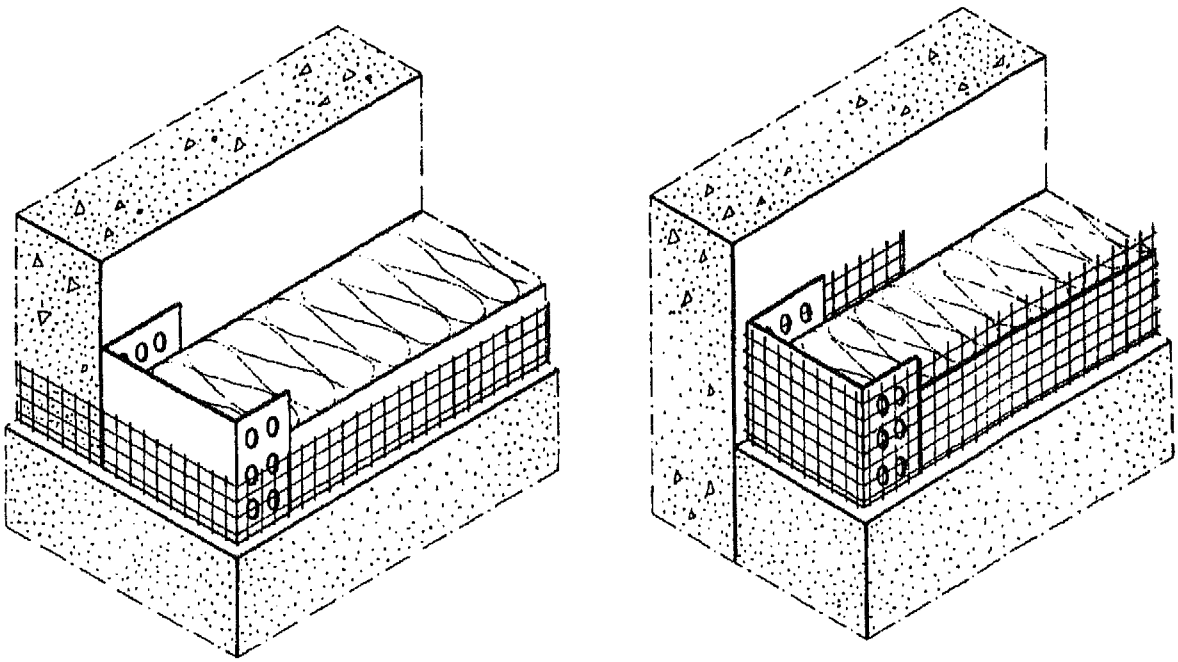
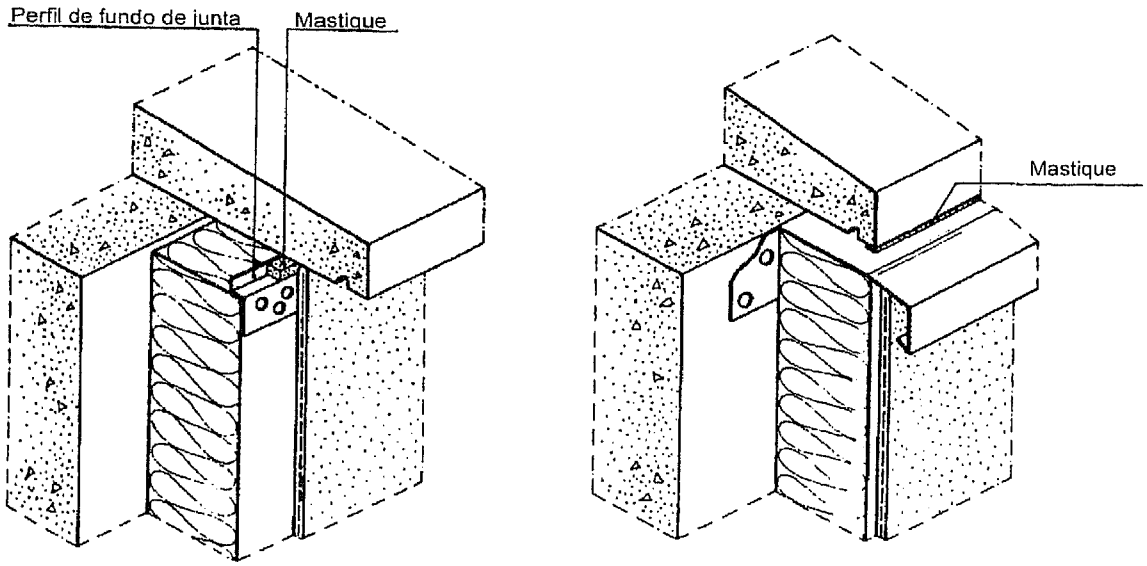


Fig. 4.17 – Perfis de protecção das extremidades laterais do sistema [66]



Recobrimento do sistema por peitoril.

Recobrimento com elemento inserido sob peitoril pre-existente.

Fig. 4.18 – Elementos de recobrimento ao nível dos peitoris [66]

4.4.4.5 Durabilidade e qualidade de execução

A durabilidade destes sistemas, em condições normais de uso, deve ser superior a trinta anos.

No que respeita à aparência dimensional das superfícies, a qualidade a exigir segue os parâmetros exigidos já enunciados para os rebocos tradicionais.

4.4.5. Revestimentos por elementos descontínuos com função de acabamento ou decorativo

4.4.5.1 Introdução

Não possuindo os revestimentos descontínuos caixa de ar e/ou sendo as juntas entre eles permeáveis, faz com que a classificação dos mesmos seja a de elementos de acabamento ou decorativo.

Por não serem revestimentos de impermeabilização nem de regularização superficial, só devem ser aplicados em suportes em que o desempenho daquelas funções já se encontre completa ou maioritariamente garantido (pela própria parede ou pelo prévio revestimento) [66].

Para além do aspecto que conferem ás superfícies, os revestimentos de acabamento contribuem também para a protecção mecânica (choques, etc.) e química (poluição atmosférica) das mesmas, assim como podem fazer aumentar a resistência ao fogo das paredes [66]. Os elementos descontínuos em geral, fazem diminuir as necessidades de manutenção das fachadas.

Os elementos podem ser fixos de duas formas, ou por colagem, ou mecanicamente [66].

4.4.5.2 Revestimentos aplicados por colagem

Este método de revestimento obriga ás seguintes fases de execução:

- regularização do suporte com argamassa tradicional;
- emprego do produto de colagem;
- aplicação dos elementos de revestimento superficial.

- Materiais

Os materiais aplicados por colagem são normalmente os ladrilhos de barro vermelho, os azulejos de faiança, os ladrilhos de grés, os ladrilhos de vidro opaco, argamassas ou betões, pedra natural, etc. Os ladrilhos de barro vermelho e os azulejos de faiança não são indicados para o revestimento pelo exterior das fachadas pois por serem de material poroso, não resistem ao aumento de volume que acompanha a formação de gelo. Apenas em fachadas em que exista a garantia da não existência desse fenómeno, serão passíveis de aplicação. O mesmo se passa com a aplicação de rochas naturais sendo algumas delas destruídas pela formação do gelo. Existe uma tendência a nível europeu apenas de permitir a aplicação em exteriores de ladrilhos cuja absorção de água não seja superior a 3% o que compromete por exemplo o emprego de azulejos de faiança (absorção entre 10% e 20%) [66].

Segundo as normas europeias, as fichas técnicas dos azulejos e dos ladrilhos cerâmicos deverão especificar: o processo de fabrico, o número da norma exigencial

europeia correspondente, o grupo a que pertencem os ladrilhos, as dimensões nominais e de fabrico correspondentes e a natureza do acabamento da superfície [63].

- Colagem

A colagem pode ser executada pelo método tradicional do uso de argamassas, ou pelo emprego de colas produzidas em fábrica. Pelo método tradicional, as argamassas de assentamento podem em simultâneo servir para a regularização do paramento. Usam-se argamassas de cimento e areia, ou de cimento, cal apagada e areia, ou de cal apagada e areia ou ainda de cal hidráulica e areia [63].

As colas usadas na colagem dos revestimentos por serem produtos não tradicionais, estarão sujeitas a homologação. Os documentos de homologação referirão as características dos produtos, o âmbito da sua aplicação e o modo de emprego.

A aderência dos revestimentos aos suportes e das diversas camadas entre si, não pode ser inferior a 0,5MPa [63].

A selecção criteriosa do tipo de cola a usar em função do tipo de material a aplicar, do respectivo suporte e das condições de calor e humidade a que o material e o suporte estarão sujeitos, é fundamental para o bom comportamento do revestimento a longo prazo (descolamentos; aparecimento de manchas esbranquiçadas, etc.).

Entre a conclusão da execução do reboco de regularização e o início dos trabalhos de revestimento, devem decorrer pelo menos duas semanas com condições atmosféricas favoráveis [63]. O material depois de colado não deve possuir diferenças de planeza superiores a 3mm quando avaliadas por intermédio de régua com 2m de comprimento.

- Juntas entre ladrilhos

As juntas entre os elementos de revestimento têm como finalidade a dissipação das tensões que se instalem nos ladrilhos, absorver as irregularidades dimensionais com que estes sejam produzidos, estabelecer uma ligação suplementar entre os ladrilhos e a argamassa de assentamento e dotar o revestimento de permeabilidade ao vapor de água [63].

As larguras das juntas serão estabelecidas em função do tipo de material a aplicar, das suas dimensões e do local de aplicação (neste caso, em exteriores). Consoante os produtos, as larguras variarão entre 1,5mm e 11mm, devendo os fabricantes especificar na documentação técnica, as larguras a considerar.

Este aspecto é tanto mais importante quando se verifica que em obras correntes de edifícios, grande parte do insucesso da aplicação dos revestimentos se deve ao incumprimento das larguras das juntas entre materiais.

Uma vez que parte dos materiais usados nestes revestimentos são impermeáveis ao vapor de água (alguns materiais cerâmicos), a área ocupada pelas juntas deve ser cerca de 10% da área ocupada pelos ladrilhos.

A "tomação" ou "betumação" das juntas será feita com argamassa tradicional de cimento e areia ou pelo uso de produtos pré doseados em fábrica estando por isso também sujeitos à respectiva homologação.

- Juntas de dilatação [63]

O revestimento cerâmico deve ser fraccionado por intermédio de juntas de dilatação, com vista a reduzir os riscos de descolamento dos ladrilhos em consequência de movimentos diferenciais ladrilhos – suporte.

As juntas devem ter uma largura superior a 6 mm e atravessar em profundidade o revestimento cerâmico, o produto de colagem e até, quando se prevejam movimentos significativos, o próprio reboco de regularização. Serão preenchidas com mastique sobre empanque. A relação largura : profundidade das juntas deve ser adaptada aos produtos de enchimento e vedação utilizados, pelo que devem ser respeitadas as indicações dos documentos de homologação destes produtos.

Devem ser previstas juntas de dilatação pelo menos nas seguintes situações :

- em correspondência com juntas de dilatação da construção;
- no contorno do revestimento cerâmico quando confine com saliências rígidas das paredes ou com revestimentos de paredes de outro tipo;
- na transição entre materiais de suporte diferentes;

- em zona corrente dos paramentos dos edifícios em altura: horizontalmente, ao nível de cada andar, e verticalmente espaçadas de 3 m a 4,5 m.

Na prática constata-se que na generalidade dos edifícios revestidos com materiais cerâmicos, esta última regra não é seguida. É vulgar o preenchimento de grandes panos de paredes sem que se executem estas juntas.

4.4.5.3 Revestimentos aplicados por fixação mecânica directa

Os revestimentos aplicados por fixação mecânica directa dizem normalmente respeito à aplicação de pedras naturais ou artificiais e à aplicação de placas de argamassa ou de betão. Este assunto já foi devidamente tratado no sub-capítulo 4.4.3.

4.4.6. Revestimentos por pintura sobre rebocos

4.4.6.1 Aspectos funcionais

A finalidade das pinturas resume-se à decoração e protecção do substracto e à introdução de características especiais tais como a resistência química, a resistência ao ataque de microorganismos, etc.

Os aspectos funcionais das pinturas sobre rebocos, são:

- decoração - Altera o aspecto visual das superfícies e corrige o aparecimento de defeitos em superfícies anteriormente pintadas;
- protecção - Aumenta a durabilidade e reduz consequentemente os custos de reparação e manutenção. A protecção que as tintas podem conferir, alarga-se a:
  - à erosão do vento e da água;
  - acção das algas e dos fungos;
  - penetração da água no interior das construções;
  - acção de produtos químicos e da poluição atmosférica;
- melhoria de condições ambientais - As superfícies tornam-se menos pulvurentas e mais fáceis de limpar; a cor da fachada tem impacto no meio ambiental, o emprego das tintas, permite que facilmente se escolha o tom mais conveniente.

4.4.6.2 As tintas [73]

Designa-se por tinta, a "composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após fusão, diluição ou dispersão em produtos voláteis, é convertível ao fim de certo tempo numa película sólida, corada e opaca".

As tintas, consoante a sua constituição, apropriam-se mais ou menos à protecção dos suportes, em função da natureza destes e em função do tipo de exposição a que estarão sujeitas. No quadro 4.9, descrevem-se as principais características dos diferentes veículos fixos, indicando-se a resistência aos produtos químicos e à intempérie. Entende-se por veículo fixo a componente de tinta responsável pela formação da película sólida da mesma.

Quadro 4.9 - Características dos veículos fixos [73]

Tipo de ligante		Secagem	Solvente	Resistência Química				Resistência à Exposição
				Ácidos	Álcalis	Água	Solvente	Natural
Óleo de linhaça		Polimerização autooxidante Secagem ao ar	Hidrocarbonetos alifàticos	3	5	3	4	4/3
Oleoresinosa		Secagem ao ar/estufa polimerizaçao por condensação ou autooxidante	Hidrocarbonetos alifàticos ou aromáticos	3	5	3/1	4	4/1
ALQUIDICAS	óleo de longa cadeia	Secagem ao ar ou polimerização autooxidante	Hidrocarbonetos alifàticos	3	5	3	4	0
	Curta	Secagem estufa polimarização por condensação	Hidrocarbonetos aromáticos	3	3	1	2	0
	Média	Secagem ao ar/estufa polimerizaçao	Hidrocarbonetos aromáticos e alifàticos	3	4	2	3	0
	Modificada	Secagem ao ar/estufa Polimerizaçao por condensação autooxidante	Dependente do tipo de modificação	3	3	1	3	1/0
Ureia formal modificada com alquidica		Secagem estufa Polimerização por condensação	Hidrocarbonetos aromáticos e álcoois	2	2	0	1	3
Melamina-formal		Secagem estufa por condensação	Hidrocarbonetos aromáticos	2	2	0	1	0
Epoxidica alifática amida ou poliamida		Secagem ao ar por adição	Mistura rica em acetona	3	1	4	0	0/1
Epoxidica/amina ou ureia fenólica		Secagem estufa Polimerizaçao de adição ou condensação	Mistura rica em cetonas e álcoois	1	1	0	0	1
Epoxidica ácidos gordos esteres		Secagem ao ar/estufa polimerização autooxidante	Hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos	3	4	2	4	1/2
Poliesteres Poliisocianetos		Secagem ao ar/estufa Polimerização de adição	Mistura rica em cetonas e ésteres sen álcoois	2	1	2	0	0
Viniticas		Evaporação do solvente	Mistura rica em cetonas	0	0	0	4	1
Borracha clorada		Secagem ao ar evaporação do solvente	Hidrocarbonetos aromáticos	1	1	0	4	1
Nitrato de celulose		Secagem ao ar evaporação do solvente	Mistura de esteres, álcoois e hidrocarbonetos aromáticos	2	5	1	4	0

0 - muito boa; 1 – boa; 2 – suficiente; 3 – sofrível; 4 – medíocre; 5 – má.

Existem várias formas de classificação das tintas. A mais correcta é a da classificação segundo a natureza do veículo fixo porque é aquela que fornece mais informações sobre o possível comportamento da tinta na sua utilização. Contudo, existem certos hábitos na construção civil de classificar as tintas de acordo com a finalidade com que são utilizadas, ou com o aspecto do acabamento obtido. Aplicam-se assim alguns termos na designação das tintas, sendo alguns mais correctos do que outros, tais como:

- esmalte - acabamento que origina uma película de aspecto mais ou menos brilhante e liso;

- tinta plástica - termo incorrecto para designar tintas de água com ligantes sintéticos que dão normalmente um acabamento liso;

- tinta texturada - tinta em cuja formulação foram incluídos produtos que permitem obter por aplicação adequada uma película com superfície rugosa;

- acabamento tipo "Karapas" - normalmente constituído por aplicação de uma massa aquosa obtida com cargas minerais, ligantes sintéticos e aditivos, de modo a dar um acabamento em relevo que é revestido por uma tinta de "esmalte";

- primário - tinta apropriada para ser aplicada directamente sobre o suporte de aplicação de modo a garantir a sua protecção e a aderência das camadas de tinta subsequentes.

A qualidade do revestimento não depende somente da qualidade da tinta aplicada. Depende também de outros factores que são em resumo os seguintes:

- qualidade da tinta e adequada selecção;

- qualidade da aplicação incluindo a preparação da tinta segundo as instruções do fabricante;

- condições da base de aplicação e adequada preparação;

- condições ambientais ou atmosféricas na altura da aplicação.

Aquando da escolha de um determinado tipo de tinta para a pintura em geral e das paredes exteriores em particular, deve-se atender aos seguintes factores:

- finalidade do uso do revestimento - fins decorativos, de protecção, de higiene, etc;

- tipo de base de aplicação - a natureza e as características físicas e químicas desta, podem influenciar a escolha do tipo de tinta;

- tipo de ambiente - interior ou exterior, rural, marítimo, industrial, com condições variáveis (por exemplo: fumos, condensação, calor), etc.;

- tipo de preparação da superfície - condicionada pelo ambiente a que vai estar sujeita e também pelo tipo de revestimento que se vai utilizar;

- restrições especiais de selecção - toxicológicas no caso de revestimentos que possam estar em contacto com produtos alimentares; condições especiais de aplicação (por exemplo tintas que devem ter um tempo de secagem muito curto); condições do substrato (por exemplo, teor elevado de humidade);

- aspectos económicos - deve ter-se em conta o custo global que inclui além do custo inicial da tinta, os custos de aplicação, de preparação das superfícies e os custos de manutenção;

- exigências de durabilidade – tempo de vida útil do revestimento (por vezes exigido pelo caderno de encargos).

Os requisitos principais de um revestimento por pintura de paredes exteriores, serão:

- protecção duradouro do substracto;
- fácil aplicação;
- fraca toxicidade;
- secagem rápida;
- boa resistência à lavagem;
- aspecto decorativo agradável à vista;
- boa resistência à intempérie;
- boa aderência à base;
- estabilidade de cor;
- neutralidade química em relação à base e vice-versa;
- aspecto decorativo pretendido;
- boa resistência aos fungos.

4.4.6.3 Preparação das superfícies [74]

Um dos aspectos fundamentais do comportamento dos revestimentos por pintura, é o da preparação do suporte. Este, qualquer que seja a sua natureza deve ser previamente preparado antes da pintura. Antes de se dar início ao trabalho de pintura, deve-se fazer um exame do material de base, a fim de se determinar:

- a sanidade e rigidez superficial do material;
- a textura superficial, existência de fendas ou empenamento, excessiva rugosidade ou lisura das superfícies ou outros defeitos;
- existência de sujidades tais como: poeiras, produtos de oxidação, eflorescências, etc.;
- excessiva humidade ou existência de água condensada;
- acidez ou alcalinidade das superfícies.

Devem ser respeitadas as seguintes indicações de ordem geral:

- a base da pintura deve encontrar-se perfeitamente limpa e sem gorduras. O teor de humidade admissível do reboco deverá ser inferior a 5% a fim de se evitar a formação de manchas, eflorescências, diminuição da adesão, etc. (admite-se como período mínimo de tempo de secagem, 30 dias);
- depósitos de sais visíveis devem ser escovados e limpos com pano húmido;
- sendo as superfícies alcalinas, devem ser isoladas com primário adequado ou com uma primeira demão da tinta de acabamento diluída . Sempre que forem usadas tintas de acabamento saponificáveis, o seu emprego é obrigatório;
- as tintas a aplicar em superfícies novas devem possuir ligantes não saponificáveis e pigmentos resistentes aos álcalis;
- a temperatura ambiente não deve ser inferior a 5°C nem superior a 35°C;
- a humidade relativa do ar deve ser inferior a 85% de forma a evitar condensações;
- as superfícies que tenham estado expostas ao sol devem primeiro arrefecer antes de serem pintadas;

A superfície de base da pintura não deve apresentar diferenças de porosidade nas zonas mais superficiais das fachadas pois a ocorrerem, provocarão irregularidades de brilho e manchas de cor. Nesta situação, a superfície deve ser isolada com primários adequados.

BIBLIOTECA F.E. PORTO

CAPÍTULO 5 - IMPORTÂNCIA DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA E DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO NA ESCOLHA DA SOLUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

5.1 INTRODUÇÃO

5.2 QUALIFICAÇÃO DA MÃO-DE-OBRA

5.3. CUSTO DE PRODUÇÃO DE ALGUMAS SOLUÇÕES DE PAREDES EM PANO SIMPLES COMPARATIVAMENTE COM SOLUÇÕES DE PAREDES DUPLAS

5.3.1. Fichas de preços compostos

5.3.1.1 Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano simples de tijolo cerâmico

5.3.1.2 Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano simples em blocos "Leca"

5.3.1.3 Fichas de preços compostos de paredes exteriores em pano duplo de tijolo cerâmico

5.3.1.4 Fichas de preços compostos de revestimentos de paramentos exteriores

5.3.2 Análise dos preços de venda de diversas soluções construtivas alternativas

5.4 CONCLUSÃO

5. IMPORTÂNCIA DA QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA E DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO NA ESCOLHA DA SOLUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

5.1 INTRODUÇÃO

A selecção de um determinado tipo de elemento construtivo passa não só pela análise das suas características funcionais, como também pela análise de outros parâmetros imprescindíveis à realização dos trabalhos tais como o tipo de equipamentos necessários à sua realização, a facilidade de aprovisionamento dos materiais, a qualificação da mão de obra necessária para a sua concretização e o custo que representa para a execução do edifício.

A opção a tomar deverá ter em conta os diversos materiais e sistemas existentes no mercado para a construção de paredes exteriores e para a execução dos respectivos revestimentos.

Da conciliação de todas essas informações resultará a tomada de decisão sobre a escolha da solução construtiva. Esta deverá ser uma solução de compromisso que optimize a relação entre a qualidade construtiva e a economia obtida, em função do objectivo que leva à realização do edifício.

5.2 QUALIFICAÇÃO DA MÃO DE OBRA

Na construção civil o grande volume da mão de obra não tem vinculo de continuidade do seu trabalho quando do término de cada obra, o que gera normalmente uma falta de empenhamento na qualidade do trabalho executado. Enquanto os encarregados são em geral formados nas próprias empresas, sendo pessoas com boas aptidões profissionais e hábitos de trabalho que percorreram diferentes categorias profissionais, o restante pessoal operário é frequentemente provisório obtido por recrutamento de trabalhadores clandestinos.

Para os trabalhadores do nível de encarregados e serventes quase não há formação, com excepção de alguns cursos ministrados por alguns centros, habitualmente privados. Apenas treze por cento das empresas investem em acções de formação, recorrendo a maioria a acções de formação externas sobretudo dirigidas apenas aos seus quadros médios e superiores. Dos trabalhadores que laboram na construção civil, verifica-se que dez por cento possuem habilitações inferiores ao ensino básico e que sessenta e dois por cento têm apenas o nível do ensino básico primário [75].

Nos últimos anos as micro e pequenas empresas (até nove funcionários) têm aumentado em número, porém, a quantidade média de funcionários empregues tem diminuído. Isto leva a concluir que a tendência é existirem empresas com pouco pessoal fixo, sendo o restante pessoal recrutado temporariamente quando necessário. A constituição destas novas empresas ocorre muitas vezes pela passagem de trabalhadores por conta de outrem a empresários por conta própria.

A qualificação dos operários da construção civil é influenciada pelos seguintes factores:

- o trabalho é pesado, e por isso não atrai o pessoal mais qualificado que prefere ir para outros sectores;

- o reconhecimento social é baixo e as condições de trabalho não são em geral as melhores;

- a incerteza sobre a recolocação em outra unidade de produção é grande no fim da obra;

- é frequente a aceitação por certas empresas de mão de obra ilegal, com o objectivo de poupar salários e encargos;

- grande parte do pessoal é oriundo de zonas rurais, vindo para as grandes cidades com o objectivo de melhorar a sua qualidade de vida, e como não têm qualificações, são praticamente obrigados a escolher a construção civil;

- em geral a maior parte das empresas não incentiva a melhoria da qualificação ou até mesmo a especialização do seu pessoal.

Verifica-se em Portugal que o custo da construção é apenas cerca de vinte por cento inferior ao da média da Comunidade Europeia, quando os custos médios da mão de obra da Comunidade são quatrocentos por cento superiores. Esta disparidade poderá ser explicada pelo factor produtividade, concluindo-se que a produtividade da mão de obra em países com baixos salários é tão reduzida, que anula as vantagens competitivas associadas aos custos menores do factor trabalho [76].

Com o surgimento de novas tecnologias de construção que exigem a aquisição de novos conhecimentos por parte dos operários e uma rápida adaptação à evolução do sector, a precariedade de emprego, o emprego na construção civil como situação de recurso e

consequentemente transitória, a falta de instrução de base e de formação contínua, constituem um óbice à tão falada e desejada qualidade de construção. Neste sentido, a aplicação neste momento de técnicas construtivas simplificadas que exijam menos habilidade, conhecimentos técnicos e empenho dos operários, serão vantajosas a fim de se evitarem algumas das patologias construtivas que são tipicamente resultantes da má qualificação da mão de obra.

Neste âmbito, a execução de fachadas em pano simples é vantajosa relativamente à execução da parede dupla tradicional, pois o sucesso construtivo deste tipo de parede dependerá em muito do cuidado e esmero tido pelo operário durante a execução da mesma.

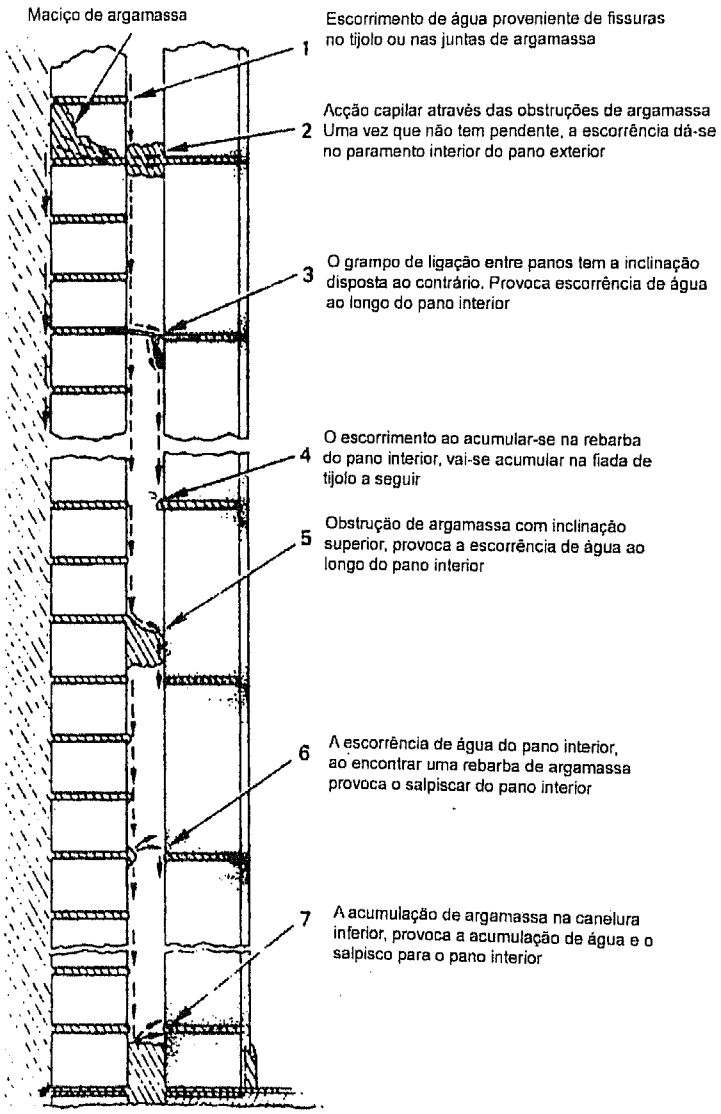


Fig. 5.1 – Infiltração de humidade no pano interior de uma parede dupla devido à sua má execução.

A figura 5.1 sintetiza os principais defeitos relacionados com a má execução das paredes duplas focando o que mais as diferencia das paredes em pano simples, no que respeita à exigência de qualificação dos operários que a executam. O cuidado no posicionamento e orientação dos grampos de ligação entre os panos de parede, o posicionamento do isolamento térmico na caixa de ar, a limpeza desta, a execução das caneluras e dos orifícios de ventilação, são dos principais requisitos a cumprir e que dificilmente são obtidos a cem por cento, com a mão-de-obra hoje em dia disponível no mercado da construção civil.

5.3. CUSTO DE PRODUÇÃO DE ALGUMAS SOLUÇÕES DE PAREDES EM PANO SIMPLES COMPARATIVAMENTE COM SOLUÇÕES DE PAREDES DUPLAS

5.3.1. Fichas de Preços Compostos

A análise dos custos de diversas soluções construtivas é feita a partir da criação de fichas de preços compostos usando-se para tal as informações prestadas pelos fabricantes dos produtos e alguns rendimentos colhidos na publicação "Informação Sobre Custos" [77]. A percentagem considerada nas fichas para custos indirectos e margem de lucros, engloba também os custos de estaleiro e consequentemente os custos com os equipamentos usados na execução dos trabalhos.

Apresentam-se de seguida diversas fichas de preços compostos que servirão para justificar e comparar os custos de produção e preços de venda correspondentes a diversas soluções construtivas.

5.3.1.1 Fichas de preços compostos de paredes em pano simples de tijolo cerâmico

Quadro 5.1 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 19cm

Actividade: Paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada com 19cm de espessura. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com tijolo de argila aligeirada 30x19x19 com 19cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,81		1.400,00 Esc.	1.134,00 Esc.	
	Servente	0,73		1.050,00 Esc.	766,50 Esc.	1.900,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo de argila aligeirada (importado) 30x19x19 (un)	17		149,00 Esc.	2.533,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	8,36		16,00 Esc.	133,76 Esc.	
	Areia (m3)	0,03		2.750,00 Esc.	82,50 Esc.	
	Água (m3)	0,0088		90,00 Esc.	0,79 Esc.	2.750,05 Esc.
		Custo Directo Total				4.650,55 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				1.162,64 Esc.
	Importância da mão de obra:		40,87%			
	Importância dos materiais:		59,13%			
Elaborado por:	; Verificado por:				TOTAL	**5.813,19 Esc.**

Quadro 5.2 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 24cm.

Actividade: Paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada com 24cm de espessura. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com tijolo de argila aligeirada 30x19x24 com 24cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,89		1.400,00 Esc.	1.246,00 Esc.	
	Servente	0,8		1.050,00 Esc.	840,00 Esc.	2.086,00 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo de argila aligeirada (importado) 30x19x24 (un)	17		177,00 Esc.	3.009,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	9,83		16,00 Esc.	157,28 Esc.	
	Areia (m3)	0,035		2.750,00 Esc.	96,25 Esc.	
	Água (m3)	0,0104		90,00 Esc.	0,94 Esc.	3.263,47 Esc.
			Custo Directo Total			5.349,47 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			1.337,37 Esc.
	Importância da mão de obra:		38,99%			
	Importância dos materiais:		61,01%			
					TOTAL	**6.686,83 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.3 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo de argila aligeirada (importado) de 29cm.

Actividade: Alvenaria em tijolo de argila aligeirada com 29cm de espessura, em paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com tijolo de argila aligeirada 30x19x29 com 29cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,98		1.400,00 Esc.	1.372,00 Esc.	
	Servente	0,88		1.050,00 Esc.	924,00 Esc.	2.296,00 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo de argila aligeirada (importado) 30x19x29 (un)	17		222,00 Esc.	3.774,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	11,3		16,00 Esc.	180,80 Esc.	
	Areia (m3)	0,04		2.750,00 Esc.	110,00 Esc.	
	Água (m3)	0,012		90,00 Esc.	1,08 Esc.	4.065,88 Esc.
		Custo Directo Total				6.361,88 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				1.590,47 Esc.
	Importância da mão de obra:		36,09%			
	Importância dos materiais:		63,91%			
					TOTAL	**7.952,35 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.4 - Ficha de preços compostos de alvenaria em tijolo duplex de 22cm em paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Alvenaria em tijolo duplex de 22cm, em paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores em pano simples com tijolo Duplex 30x20x22 com 22cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,8		1.400,00 Esc.	1.120,00 Esc.	
	Servente	0,75		1.050,00 Esc.	787,50 Esc.	1.907,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo duplex de barro vermelho 30x20x22 (un)	16		120,00 Esc.	1.920,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	5,96		16,00 Esc.	95,36 Esc.	
	Areia (m3)	0,021		2.750,00 Esc.	57,75 Esc.	
	Água (m3)	0,0064		90,00 Esc.	0,58 Esc.	2.073,69 Esc.
			Custo Directo Total			3.981,19 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			995,30 Esc.
	Importância da mão de obra:		47,91%			
	Importância dos materiais:		52,09%			
					TOTAL	**4.976,48 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.5 - Ficha de preços compostos de alvenaria em tijolo duplex de 32cm nas paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Alvenaria em tijolo duplex de 32cm, em paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com tijolo Duplex 30x20x32 com 32cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,9		1.400,00 Esc.	1.260,00 Esc.	
	Servente	0,89		1.050,00 Esc.	934,50 Esc.	2.194,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo duplex de barro vermelho 30x20x32 (un)	17		144,00 Esc.	2.448,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	9,3		16,00 Esc.	148,80 Esc.	
	Areia (m3)	0,033		2.750,00 Esc.	90,75 Esc.	
	Água (m3)	0,0098		90,00 Esc.	0,88 Esc.	2.688,43 Esc.
		Custo Directo Total				4.882,93 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				1.220,73 Esc.
	Importância da mão de obra:		44,94%			
	Importância dos materiais:		55,06%			
Elaborado por:		; Verificado por:			**TOTAL**	**6.103,67 Esc.**

5.3.1.2 Fichas de preços compostos de paredes em pano simples em blocos "Leca"

Quadro 5.6 - Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 20cm, em paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Alvenaria em bloco "Leca" da "Pavileca" de 20cm, em pano simples de paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com bloco "Pavileca" 49x20x19 com 20cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,663		1.400,00 Esc.	928,20 Esc.	
	Servente	0,3		1.050,00 Esc.	315,00 Esc.	1.243,20 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Bloco "Pavileca" 50x20x20	10		170,00 Esc.	1.700,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	6,56		16,00 Esc.	104,96 Esc.	
	Areia (m3)	0,023		2.750,00 Esc.	63,25 Esc.	
	Água (m3)	0,007		90,00 Esc.	0,63 Esc.	1.868,84 Esc.
			Custo Directo Total			3.112,04 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			778,01 Esc.
	Importância da mão de obra:		39,95%			
	Importância dos materiais:		60,05%			
					TOTAL	3.890,05 Esc.

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.7 - Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 25cm, em paredes exteriores de edifícios

Actividade: Alvenaria em bloco "Leca" da "Pavileca" de 25cm, em pano simples de paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com bloco "Pavileca" 49x25x19 com 25cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,779		1.400,00 Esc.	1.090,60 Esc.	
	Servente	0,36		1.050,00 Esc.	378,00 Esc.	1.468,60 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Bloco "Pavileca" 50x20x20	10		200,00 Esc.	2.000,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	8,05		16,00 Esc.	128,80 Esc.	
	Areia (m3)	0,029		2.750,00 Esc.	79,75 Esc.	
	Água (m3)	0,009		90,00 Esc.	0,81 Esc.	2.209,36 Esc.
		Custo Directo Total				3.677,96 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				919,49 Esc.
	Importância da mão de obra:		39,93%			
	Importância dos materiais:		60,07%			
Elaborado por:	; Verificado por:				**TOTAL**	**4.597,45 Esc.**

Quadro 5.8 - Ficha de preços compostos de alvenaria em Bloco "Leca" de 30cm em paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Alvenaria em bloco "Leca" da "Pavileca" de 30cm, em paredes exteriores de edifícios. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples com bloco "Pavileca" 49x30x19 com 30cm de espessura, assente com argamassa de cimento 1:5. Factores caracteristicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,895		1.400,00 Esc.	1.253,00 Esc.	
	Servente	0,42		1.050,00 Esc.	441,00 Esc.	1.694,00 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Bloco "Pavileca" 50x20x20	10		225,00 Esc.	2.250,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	9,6		16,00 Esc.	153,60 Esc.	
	Areia (m3)	0,029		2.750,00 Esc.	79,75 Esc.	
	Água (m3)	0,011		90,00 Esc.	0,99 Esc.	2.484,34 Esc.
			Custo Directo Total			4.178,34 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			1.044,59 Esc.
	Importância da mão de obra:		40,54%			
	Importância dos materiais:		59,46%			
					TOTAL	**5.222,93 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

5.3.1.3 Fichas de preços compostos de paredes em pano duplo de tijolo cerâmico

Quadro 5.9 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores de edifícios em tijolo furado 15cm + 11cm, sem isolamento na caixa de ar.

Actividade: Alvenaria em parede dupla de tijolo furado de 15cm + 11cm, em paredes exteriores de edifícios, sem isolamento na caixa de ar. Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores duplas de edifícios em tijolo cerâmico furado 30x20x15 + 30x20x11, assentes ao cutelo com argamassa de cimento 1:5, formando caixa de ar de 3cm. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	1,42		1.400,00 Esc.	1.988,00 Esc.	
	Servente	1,35		1.050,00 Esc.	1.417,50 Esc.	3.405,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo cerâmico furado 30x20x11	17		53,00 Esc.	901,00 Esc.	
	Tijolo cerâmico furado 30x20x15	17		72,00 Esc.	1.224,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	11,32		16,00 Esc.	181,12 Esc.	
	Areia (m3)	0,04		2.750,00 Esc.	110,00 Esc.	
	Água (m3)	0,012		90,00 Esc.	1,08 Esc.	2.417,20 Esc.
			Custo Directo Total			5.822,70 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			1.455,68 Esc.
	Importância da mão de obra:		58,49%			
	Importância dos materiais:		41,51%			
Elaborado por:		; Verificado por:			**TOTAL**	**7.278,38 Esc.**

Quadro 5.10 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar preenchida com placas de poliestireno expandido de 2cm.

Actividade: Alvenaria em parede dupla de tijolo furado de 15cm + 11cm, em paredes exteriores, com preenchimento da caixa de ar com poliesti. expa.(2cm). Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em parede dupla com tijolo cerâmico furado 30x20x15 e 30x20x11, assentes ao cutelo com argamassa de cimento 1:5, com a caixa de ar preenchida com placas de poliestireno expandido de 2cm de espessura. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	1,52		1.400,00 Esc.	2.128,00 Esc.	
	Servente	1,55		1.050,00 Esc.	1.627,50 Esc.	3.755,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo cerâmico furado 30x20x11	17		53,00 Esc.	901,00 Esc.	
	Tijolo cerâmico furado 30x20x15	17		72,00 Esc.	1.224,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	11,32		16,00 Esc.	181,12 Esc.	
	Areia (m3)	0,04		2.750,00 Esc.	110,00 Esc.	
	Água (m3)	0,012		90,00 Esc.	1,08 Esc.	
	Poliestireno expandido em placas com 2cm de espessura (m2).	1,15		310,00 Esc.	356,50 Esc.	2.773,70 Esc.
		Custo Directo Total				6.529,20 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				1.632,30 Esc.
	Importância da mão de obra:		57,52%			
	Importância dos materiais:		42,48%			
					TOTAL	**8.161,50 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.11 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de cortiça negra de 2cm.

Actividade: Alvenaria em parede dupla de tijolo furado de 15cm + 11cm, em paredes exteriores, com preenchi. parcial da caixa de ar com corti. negra(2cm). Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em parede dupla com tijolo cerâmico furado 30x20x15 e 30x20x11, assentes ao cutelo com argamassa de cimento 1:5, com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de aglomerado negro de cortiça de 2cm de espessura. Inclui regularização da caixa de ar com argamassa de cimento 1:4. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	1,97		1.400,00 Esc.	2.758,00 Esc.	
	Servente	2		1.050,00 Esc.	2.100,00 Esc.	4.858,00 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo cerâmico furado 30x20x11	17		53,00 Esc.	901,00 Esc.	
	Tijolo cerâmico furado 30x20x15	17		72,00 Esc.	1.224,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	18,68		16,00 Esc.	298,88 Esc.	
	Areia (m3)	0,055		2.750,00 Esc.	151,25 Esc.	
	Água (m3)	0,017		90,00 Esc.	1,53 Esc.	
	Placas de aglomerado negro de cortiça com 2cm de espessura (m2).	1,1		680,00 Esc.	748,00 Esc.	3.324,66 Esc.
		Custo Directo Total				8.182,66 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				2.045,67 Esc.
	Importância da mão de obra:		59,37%			
	Importância dos materiais:		40,63%			

Elaborado por: ; Verificado por: **TOTAL** **10.228,33 Esc.**

Quadro 5.12 - Ficha de preços compostos de paredes exteriores duplas de edifícios, em tijolo furado 15cm + 11cm com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de cortiça negra de 4cm.

Actividade: Alvenaria em parede dupla de tijolo furado de 15cm + 11cm, em paredes exteriores, com preenchi. parcial da caixa de ar com corti. negra(4cm). Especialidade: Pedreiro Especificação do trabalho: Execução de paredes exteriores de edifícios em parede dupla com tijolo cerâmico furado 30x20x15 e 30x20x11, assentes ao cutelo com argamassa de cimento 1:5, com a caixa de ar parcialmente preenchida com placas de aglomerado negro de cortiça de 4cm de espessura. Inclui regularização da caixa de ar com argamassa de cimento 1:4. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	1,97		1.400,00 Esc.	2.758,00 Esc.	
	Servente	2		1.050,00 Esc.	2.100,00 Esc.	4.858,00 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Tijolo cerâmico furado 30x20x11	17		53,00 Esc.	901,00 Esc.	
	Tijolo cerâmico furado 30x20x15	17		72,00 Esc.	1.224,00 Esc.	
	Cimento Portland (kg)	18,68		16,00 Esc.	298,88 Esc.	
	Areia (m3)	0,055		2.750,00 Esc.	151,25 Esc.	
	Água (m3)	0,017		90,00 Esc.	1,53 Esc.	
	Placas de aglomerado negro de cortiça com 4cm de espessura (m2).	1,1		1.250,00 Esc.	1.375,00 Esc.	3.951,66 Esc.
		Custo Directo Total				8.809,66 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				2.202,42 Esc.
	Importância da mão de obra:		55,14%			
	Importância dos materiais:		44,86%			
					TOTAL	**11.012,08 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

5.3.1.4 Fichas de preços compostos de revestimentos de paramentos exteriores

Quadro 5.13 - Ficha de preços compostos de reboco em paramentos exteriores (1:1:8) incluindo pintura com tinta texturada.

Actividade: Reboco (acabamento esponjado) de paramentos exteriores de edifícios com argamassa bastarda 1:1:8, incluindo pintura com tinta texturada. Especialidade: Pedreiro e pintor Especificação do trabalho: Chapisco, emboço e reboco (acabamento esponjado) com argamassa de cimento e cal hidraulica 1:1:8 hidrofugada em paramentos exteriores de edifícios, incluindo pintura com tinta aquosa texturada. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,6		1.400,00 Esc.	840,00 Esc.	
	Servente	0,31		1.050,00 Esc.	325,50 Esc.	
	Pintor	0,25		1.400,00 Esc.	350,00 Esc.	1.515,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Cimento Portland (kg)	4,5		16,00 Esc.	72,00 Esc.	
	Cal hidraulica (kg)	3,5		20,00 Esc.	70,00 Esc.	
	Areia (m3)	0,021		2.750,00 Esc.	57,75 Esc.	
	Água (m3)	0,0076		90,00 Esc.	0,68 Esc.	
	Hidrófugo p/argama.(kg)	0,11		450,00 Esc.	49,50 Esc.	
	Primário aquoso (l)	0,06		1.180,00 Esc.	70,80 Esc.	
	Tinta aquosa texturada (l)	0,8		830,00 Esc.	664,00 Esc.	984,73 Esc.
		Custo Directo Total				2.500,23 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				625,06 Esc.
	Importância da mão de obra:		60,61%			
	Importância dos materiais:		39,39%			
Elaborado por:	; Verificado por:				**TOTAL**	**3.125,29 Esc.**

Quadro 5.14 - Ficha de preços compostos de isolamentos do tipo "Dryvit" com 2cm de espessura em paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Isolamento de paramentos exteriores de paredes exteriores de edifícios com sistemas do tipo "Dryvit" com pla. de poliesti. com 2cm de espess. Especialidade: Trolha e pintor Especificação do trabalho: Isolamento de paramentos exteriores de paredes exteriores de edifícios com sistemas do tipo "Dryvit" com placas de poliestireno com 2cm de espessura, incluindo barramentos e redes de fibra de vidro. Não inclui prévio reboco das superfícies. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,4		1.400,00 Esc.	560,00 Esc.	
	Servente	0,35		1.050,00 Esc.	367,50 Esc.	927,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Isolamento do tipo "Dryvit" com placas de poliestireno de 20mm de espessura com barramentos e rede de fibra de vidro (m2)	1		5.500,00 Esc.	5.500,00 Esc.	5.500,00 Esc.
			Custo Directo Total			6.427,50 Esc.
			Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):			1.606,88 Esc.
	Importância da mão de obra:		14,43%			
	Importância dos materiais:		85,57%			
					TOTAL	**8.034,38 Esc.**

Elaborado por: ; Verificado por:

Quadro 5.15 - Ficha de preços compostos de isolamentos do tipo "Dryvit" com 4cm de espessura em paredes exteriores de edifícios.

Actividade: Isolamento de paramentos exteriores de paredes exteriores de edifícios com sistemas do tipo "Dryvit" com pla. de poliesti. com 4cm de espess. Especialidade: Trolha e pintor Especificação do trabalho: Isolamento de paramentos exteriores de paredes exteriores de edifícios com sistemas do tipo "Dryvit" com placas de poliestireno com 4cm de espessura, incluindo barramentos e redes de fibra de vidro. Não inclui prévio reboco das superfícies. Factores característicos: 1 - Quantidade - repetição: 2- Dificuldades: 3 - Programa:	Códigos: Actividade: Obra:

Elaborado em: / / . Verificações: / / ; / / ; / / ;

Códigos:		Tempos Teóricos	Tempos Reais	Custos Unitários	Importâncias Parciais	Totais Parciais
	MÃO DE OBRA:					
	Pedreiro	0,4		1.400,00 Esc.	560,00 Esc.	
	Servente	0,35		1.050,00 Esc.	367,50 Esc.	927,50 Esc.
	EQUIPAMENTOS:					
	OUTROS:					
	MATERIAIS:	Quantidades Teóricas	Quantidades Reais			
	Isolamento do tipo "Dryvit" com placas de poliestireno de 40mm de espessura com barramentos e rede de fibra de vidro (m2)	1		6.000,00 Esc.	6.000,00 Esc.	6.000,00 Esc.
		Custo Directo Total				6.927,50 Esc.
		Custos Indirectos e Margem de Lucros (25%):				1.731,88 Esc.
	Importância da mão de obra:		13,39%			
	Importância dos materiais:		86,61%			
Elaborado por:		; Verificado por:			**TOTAL**	**8.659,38 Esc.**

Da análise das diversas fichas de preços compostos, constata-se que a mão de obra representa aproximadamente entre quarenta a sessenta por cento do custo directo dos trabalhos. É assim importante a rentabilização da mesma, de forma a optimizar os rendimentos de trabalho. Essa rentabilização passará sobretudo pela qualificação da mão de obra tal como já foi referido em 5.2.

5.3.2 Análise dos preços de venda de diversas soluções construtivas alternativas

Neste ponto serão analisados os preços de venda de diversas soluções construtivas em que o parâmetro comum entre elas será o coeficiente de isolamento térmico uma vez que este é o parâmetro que os projectistas normalmente mais valorizam. Todas as soluções apresentadas cumprem as restantes exigências funcionais mínimas exigidas às paredes exteriores dos edifícios, correntemente executadas no nosso país.

Coeficiente de isolamento térmico (K): 1,3 – 1,2 (W/m2.°C)

- Alvenaria em tijolo duplex 22, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 4.976$48/m2 + 3.125$29/m2 = 8.101$77/m2

- Alvenaria em blocos "Pavileca" 20, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 3.890$05/m2 + 3.125$29/m2 = 7.015$34/m2

- Alvenaria em parede dupla de tijolo furado 15+11 + caixa de ar 3cm, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 7.278$38/m2 + 3.125$29/m2 = 10.403$67/m2

Coeficiente de isolamento térmico (K): 1,2 – 1,1 (W/m2.°C)

- Alvenaria em blocos "Pavileca" 25, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 4.597$45/m2 + 3.125$29/m2 = 7.722$74/m2

- Alvenaria em parede dupla de tijolo furado 15+11 + caixa de ar 3cm, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 7.278$38/m2 + 3.125$29/m2 = 10.403$67/m2

Coeficiente de isolamento térmico (K): 1,1 – 1,0 (W/m2.°C)

- Alvenaria em tijolo duplex 32, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 6.103$67/m2 + 3.125$29/m2 = 9.228$96/m2

- Alvenaria em blocos "Pavileca" 30, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 5.222$93/m2 + 3.125$29/m2 = 8.348$22/m2

- Alvenaria em tijolo de argila aligeirada (importado) de 19cm rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 5.813$19 + 3.125$29 = 8.938$48/m2

- Alvenaria em parede dupla de tijolo furado 15+11 + caixa de ar preenchida com 2cm de poliestireno expandido, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 8.161$50/m2 + 3.125$29/m2 = 11.286$79/m2

Coeficiente de isolamento térmico (K): 0,8 – 0,7 (W/m2.°C)

- Alvenaria em tijolo de argila aligeirada (importado) de 24cm rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 6.686$83 + 3.125$29 = 9.812$12/m2

- Alvenaria em blocos "Pavileca" 20, revestida pelo exterior por sistema de isolamento com 2cm de espessura do tipo "Dryvit":

Custo: 3.890$05/m2 + 8.034$38/m2 = 11.924$43/m2

- Alvenaria em parede dupla de tijolo furado 15+11 + caixa de ar parcialmente preenchida com 2cm de aglomerado negro de cortiça, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 10.228$33/m2 + 3.125$29/m2 = 13.353$62/m2

Coeficiente de isolamento térmico (K): 0,7 – 0,6 (W/m2.°C)

- Alvenaria em tijolo de argila aligeirada (importado) de 29cm rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 7.952$35 + 3.125$29 = 11.077$64/m2

- Alvenaria em blocos "Pavileca" 20, revestida pelo exterior por sistema de isolamento com 4cm de espessura do tipo "Dryvit":

Custo: 3.890$05/m2 + 8.659$38/m2 = 12.549$43/m2

- Alvenaria em parede dupla de tijolo furado 15+11 + caixa de ar parcialmente preenchida com 4cm de aglomerado negro de cortiça, rebocada e pintada pelo exterior:

Custo: 11.012$08/m2 + 3.125$29/m2 = 14.137$37/m2

Da análise efectuada a cada gama de valores do coeficiente de isolamento térmico, constata-se que relativamente às soluções construtivas previstas, a solução de parede dupla é sempre mais cara do que as soluções de paredes simples, representando nalgumas situações, um acréscimo de custo de aproximadamente cinquenta por cento.

As diferenças de custo entre as soluções de parede simples e de parede dupla vão-se esbatendo à medida que o coeficiente de isolamento térmico vai diminuindo. Esta situação será explicada pelo facto da introdução na caixa de ar das paredes duplas de materiais com elevada resistência térmica onerarem de forma pouco significativa o custo deste tipo de solução. Pelo contrário, nas soluções de paredes simples o revestimento pelo exterior ou pelo interior das mesmas com materiais específicos de isolamento térmico, oneram significativamente este tipo de alvenarias.

Ressalva-se o facto deste pequeno estudo económico se basear em rendimentos de mão de obra que poderão diferir dos observados nalgumas obras. Contudo, a existência de equipas especializadas no assentamento dos tijolos e dos blocos agora mencionados nas soluções de paredes em pano simples, poderão fazer com que a discrepância do custo entre as paredes simples e as duplas, seja ainda superior.

5.4 CONCLUSÃO

Do mencionado nos pontos anteriores, conclui-se que a execução das paredes em pano simples será vantajosa, não só em função da qualificação que a mão-de-obra disponível hoje em dia no mercado da construção civil possui, como no que respeita ao custo de produção que apresenta em geral, valores bem menores do que as soluções de parede dupla equivalentes (para níveis idênticos de satisfação das exigências funcionais).

CAPÍTULO 6 - ESTUDO DE CASOS. APRECIAÇÃO DA QUALIDADE DE CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

6.1 INTRODUÇÃO

6.2. ANÁLISE DAS PAREDES EXTERIORES EM PROJECTO E EM OBRA

6.2.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

6.2.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.2.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3. ESTUDO DAS OBRAS VISITADAS

6.3.1. OBRA 1 – EDIFÍCIO PARA HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NA ORLA MARÍTIMA A NORTE DO PORTO

6.3.1.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

6.3.1.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.1.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.2. OBRA 2 – ESCOLA DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL SITUADA A CERCA DE 30 km DO PORTO

6.3.2.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

6.3.2.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.2.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.3. OBRA 3 – EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NO GRANDE PORTO

6.3.3.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

6.3.3.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.3.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.4. OBRA 4 – EMPREENDIMENTO HABITACIONAL NO GRANDE PORTO

6.3.4.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção
6.3.4.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho
6.3.4.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.5. OBRAS 5 E 6 – DEZ FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO; QUINZE FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO

6.3.5.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção
6.3.5.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho
6.3.5.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.6. OBRA 7 – MORADIAS GEMINADAS SITUADAS NO GRANDE PORTO

6.3.6.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção
6.3.6.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho
6.3.6.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.7. OBRAS DIVERSAS

6.3.7.1. OBRA 8 – MORADIAS SITUADAS NO GRANDE PORTO

6.3.7.1.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.7.1.2 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.7.2. OBRA 9 – URBANIZAÇÃO CONSTITUÍDA POR EDIFÍCIOS SITUADOS NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO

6.3.7.2.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.7.2.2 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6.3.7.3. OBRA 10 – EDIFÍCIO SITUADO NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO

6.3.7.3.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

6.3.7.3.2 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

6. ESTUDO DE CASOS. APRECIAÇÃO DA QUALIDADE DE CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DAS PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

6.1 INTRODUÇÃO

Tendo este trabalho como um dos objectivos principais a apreciação do desempenho dos edifícios realizados a partir de paredes da envolvente em pano simples, surgiu a necessidade de organizar e sistematizar quer as informações obtidas na leitura dos projectos das obras visitadas, quer as informações obtidas nessas visitas. Com este objectivo, organizou-se uma metodologia de análise que reflecte os pontos principais abordados nos capítulos 2, 3 e 4.

De forma a observar "in loco" quer o processo de execução, quer o desempenho de paredes executadas em pano simples, foram visitadas diversas obras situadas no Grande Porto ou nas proximidades. Algumas dessas obras ao localizarem-se na zona costeira, foi possível avaliar, em situações mais gravosas, o comportamento dessas paredes.

Por forma a ser possível a determinação da constituição, características e detalhe das paredes exteriores em análise, foram solicitados aos projectistas responsáveis por essas obras, cópias das peças desenhadas e escritas relativas aos projectos de arquitectura e de estrutura. Em geral esta pretensão encontrou bom acolhimento, mas em alguns casos não foi possível dispor de todos os elementos por forma a se efectuar uma análise completa.

Constatou-se também que a vistoria ao interior de edifícios de habitação já com alguns anos de uso se tornou na prática impossível, devido à desconfiança (compreensível) dos respectivos ocupantes. Esta situação limitou também a informação tida em conta neste trabalho, criando por vezes algumas dificuldades na análise dos edifícios visitados.

6.2. ANÁLISE DAS PAREDES EXTERIORES EM PROJECTO E EM OBRA

É sabido que uma parcela importante das patologias verificadas nos edifícios advêm com frequência de erros de projecto, embora haja uma tendência espontânea de os atribuir fundamentalmente aos construtores. Em países como a França onde há tratamento estatístico das avarias, é possível evidenciar que aproximadamente 50% das patologias têm origem em defeitos na etapa de concepção e de projecto (por omissão ou por má execução dos pormenores construtivos). Em Portugal, no que respeita às alvenarias, pensa-se que o panorama será mais grave pela sistemática falta de pormenorização da execução dos pontos singulares das alvenarias.

Num estudo efectuado pela AEPIC entre 1978 e 1982 (4000 casos, citado por Ferry Borges) [56], a repartição dos sinistros por fases do processo construtivo foi:

- projecto - 60%;
- construção - 26,4%;
- equipamento - 2,1%;
- outros - 11,5%.

O exemplo destes casos evidencia que para assegurar a desejada qualidade construtiva dos edifícios em geral, existe a necessidade de um maior investimento na fase de elaboração do projecto, não só ao nível de trabalho de pormenorização, bem como na análise e selecção da tecnologia da construção mais adequada.

Neste contexto, e no caso concreto das paredes exteriores de edifícios, pode-se executar um "check list" que permita determinar até que ponto a pormenorização das peças escritas e desenhadas do projecto é ou não suficiente para a qualidade construtiva pretendida.

Interessa também organizar antecipadamente a informação a reter na visita e inspecção dos edifícios, tendo em atenção, dentro do possível, os principais factores a investigar e os eventuais defeitos ou patologias de construção aparentes. É de realçar que consoante o andamento dos trabalhos de execução das paredes exteriores, nem sempre é possível avaliar completamente determinados detalhes construtivos.

6.2.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

Os diversos pontos a verificar e a informação que o processo deve conter deverão ser os constantes do quadro 6.1.

Quadro 6.1 – Apreciação da qualidade de paredes exteriores de edifícios ao nível da concepção

Paredes exteriores de edifícios	*Aspectos a apreciar*
Tosco da alvenaria	- Tipo de material - adequação da especificação; dimensões; referência caso seja necessário, a documentos de homologação - Cumprimento das principais exigências funcionais - análise comparada com valores de referência: - estabilidade mecânica – esbelteza - coeficiente de transmissão térmica - inércia térmica - isolamento ao ruído - resistência ao fogo - estanquidade à água - Fundação - constituição; dimensões - Argamassa ou cola de assentamento - espessura das juntas; perfis das juntas em alvenarias aparentes - Isolamento de pontes térmicas - tipo de material e modo de execução - Isolamento à subida por capilaridade da água do solo – materiais; modo de execução - Lintéis e caixas de estores - fixações e larguras de apoio; isolamentos térmicos e acústicos das caixas de estores - Reforços com armaduras em vãos e em zonas de descarga de cargas concentradas - características; modo de execução - Ligações das paredes exteriores com as interiores – modos de execução - Travamentos na estrutura – distâncias; modo de execução - Juntas de dilatação e de contracção – distâncias; modo de execução - Ligação das coberturas em terraço às paredes exteriores - modos de execução - Remates nos cunhais e em vãos – modos de execução - Larguras de apoio na estrutura portante - Posicionamento das caixilharias – pormenorizações; calafetagem - Tolerâncias de execução – fixação de grandezas - Pormenorizações de execução - Outras situações

Quadro 6.1 – Apreciação da qualidade de paredes exteriores de edifícios ao nível da concepção (continuação)

Paredes exteriores de edifícios	*Aspectos a apreciar*
Revestimentos exteriores	- Revestimentos não tradicionais - caracterização pelas suas propriedades; documentos de homologação; pormenorizações escritas e desenhadas; preparação do suporte - Revestimentos tradicionais - características das camadas e dos materiais constituintes; pormenorizações escritas e desenhadas; adequação às condições climatéricas e ao suporte; preparação do suporte - Armaduras de transição entre materiais de suporte diferentes - características; largura das bandas; modo de execução - Armaduras de reforço nas zonas de vãos – características; modo de execução - Materiais de revestimento descontínuo - adequação dos materiais; características das juntas entre materiais; juntas de dilatação - Dispositivos de fixação de placas de pedra – características; pormenorizações de execução; adequação ao suporte; documentos de homologação - Fixação dos elementos de revestimento descontínuo por colagem - características da cola; adequação ao suporte; documentos de homologação; procedimentos de execução - Pintura - definição de esquema de pintura de ordem exigencial; compatibilização com as exigências funcionais das paredes; preparação do suporte; modo de aplicação. - Tolerâncias de execução - planeza das superfícies; rectidão de arestas; diferenças de tonalidade; etc. - Outras situações

6.2.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Os diversos pontos a verificar e a informação que o processo deve conter deverão ser os constantes do quadro 6.2.

Quadro 6.2 – Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho de paredes exteriores de edifícios

Aspectos em análise	*Descrição*
Caracterização do empreendimento	- Designação e localização da obra - Dimensão do empreendimento - Dono da obra - Empresa(s) construtora(s) - Tipos de edifícios do empreendimento (em torre; em banda; utilização unifamiliar ou colectiva) e número de pisos
Identificação e análise da obra	- Data da visita - Endereço - Tipo de edifício - Data de execução - Descrição da estrutura (reticulada; laminar; alvenaria resistente, etc.) - Descrição das alvenarias da envolvente exterior - tipo de tijolo / bloco usado - dimensões do tijolo / bloco - modo de assentamento - argamassa de assentamento - qualidade de execução das juntas entre tijolos / blocos - tipo de fundação - ligação à estrutura - posicionamento relativamente à estrutura - forma de execução dos remates nos vãos - modo de execução de remates com as paredes interiores - modo de execução de remates nos cunhais - localização e modo de execução de juntas de dilatação - localização do isolamento térmico - tipo de isolamento térmico e modo de assentamento - correcção de pontes térmicas (modo de execução) - caixas de estores (modo de execução e isolamento) - caixilharia (modo de assentamento e vedação) - modo de execução das platibandas - Revestimentos exteriores - tipo de revestimento empregue - espessuras e modo de execução

Quadro 6.2 – Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho de paredes exteriores de edifícios (continuação)

Aspectos em análise	*Descrição*
Identificação e análise da obra	- remates junto a arestas - Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior - deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude - localização e caracterização de fissuras - localização e caracterização de manchas - outras - Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior - deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude - localização e caracterização de fissuras - localização e caracterização de manchas - outras - Reparações já efectuadas - Confronto entre o especificado em projecto e o observado em obra - Outras situações

6.2.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Da conjugação da informação obtida a partir do projecto e da visita à obra, formulam-se as conclusões possíveis.

6.3. ESTUDO DAS OBRAS VISITADAS

Apresentam-se de seguida as obras visitadas ao longo da execução deste trabalho, estando algumas melhor documentadas do que outras em função do exposto em 6.1.

Para análise das obras, seguiu-se os procedimentos de análise estabelecidos em 6.2.

6.3.1. OBRA 1 – EDIFÍCIO PARA HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NA ORLA MARÍTIMA A NORTE DO PORTO

O projecto desta obra é apresentado no **anexo A**. Não houve oportunidade de ter acesso ao projecto de estruturas, por recusa de cedência do respectivo projectista. Desta forma não são feitas considerações relativamente ao mesmo.

6.3.1.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

O tipo de material a aplicar aparece devidamente caracterizado no Caderno de Encargos. Nas paredes exteriores em pano simples serão aplicados blocos de betão leve de argila expandida, com 30cm de espessura do tipo "Leca B30". Na execução de muretes e acrotérios em paredes simples, serão empregues blocos idênticos com 20 cm de espessura. A forrar a estrutura (pilares e vigas) de forma a minimizar as pontes térmicas, serão empregues forras do mesmo material com 5cm de espessura.

Não é feita nenhuma referência quanto à exigência da apresentação de documentos de homologação dos blocos, embora legalmente devesse ser exigido.

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

- referência à resistência mecânica às diversas acções a que estará sujeita e ao cumprimento das esbeltezas mínimas;

Análise:

Não existe qualquer referência relativamente a estas exigências. Pressupõem-se que as espessuras preconizadas serão suficientes para resistir às solicitações a que as fachadas irão estar sujeitas ao longo da sua vida, uma vez que estas alvenarias são apenas de preenchimento. Em função das distâncias entre apoios, constata-se que o bloco de 30 cm de espessura é suficiente para assegurar a esbelteza mínima adequada e possuirá em princípio a rigidez desejada para evitar o aparecimento de avarias nas fachadas.

Na execução dos acrotérios encontram-se previstas vigas cintas na sua face superior assim como pilaretes de travação. Contudo estes elementos não se encontram devidamente caracterizados, nem se encontram definidas as distâncias máximas entre eles.

- coeficiente de transmissão térmica obtido e comparação com o coeficiente desejado, em função da qualidade construtiva pretendida;

  Análise:

Sendo esta construção do tipo económico, os níveis de exigências de qualidade das fachadas terão de estar em consonância com essa característica da construção. O bloco de 30 cm do tipo "Leca" possui, para a região em que a construção se insere, um coeficiente de isolamento térmico considerado razoável não necessitando assim, de um sistema complementar de isolamento térmico. A aplicação das forras também em "Leca" de 5 cm de espessura a revestir a estrutura pelo exterior (correcção dupla), confere uma diminuição substancial da transmissão de calor entre o exterior e o interior. As probabilidades de ocorrência de condensações pelo interior junto à estrutura serão assim minimizadas.

- referência à inércia térmica obtida e comparação com a desejada;

  Análise:

A solução construtiva assegura uma boa inércia térmica da construção. O tipo de bloco usado enquadra-se dentro dos limites aceitáveis quanto aos factores de amortecimento e de atraso da transmissão das ondas de calor do exterior para o interior do edifício.

- referência ao isolamento ao ruído obtido e comparação com o desejado;

  Análise:

Em termos das zonas opacas, a solução construtiva satisfaz os requisitos mínimos regulamentares.

- referência à resistência ao fogo obtida e comparação com a desejada;

  Análise:

A solução construtiva preconizada satisfaz largamente os requisitos regulamentares. Todos os materiais empregues na sua execução são da classe M0.

- referências à estanquidade à água; solução construtiva prevista no projecto (incluindo espessura) "versus" a conveniente;

Análise:

O emprego na execução das zonas opacas das paredes exteriores de blocos furados do tipo "Leca" com 30cm de espessura revestidos pelo exterior com argamassa de cimento e pastilha cerâmica, é à partida suficiente para evitar o aparecimento de humidade no paramento interior das paredes, em paredes externas com condições de exposição severas. Contudo, situando-se esta construção na orla marítima onde as condições de exposição são muito severas, seria recomendável aplicar-se um revestimento exterior de estanquidade nas paredes mais expostas (ver 2.4.4).

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

Especifica-se uma cinta de betão sem se detalhar as respectivas dimensões (a não ser que conste do projecto de estabilidade). É muito importante que os projectos prevejam ao nível do solo apoios com rigidez tal que evitem a fissuração das paredes por cedências do terreno.

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

O tipo de argamassa especificado é de cimento Portland, cal hidráulica e areia 1:1:6 o que corresponde às dosagens recomendadas para o assentamento deste tipo de material. A espessura recomendada de 10mm para as juntas, enquadra-se nos valores normalmente considerados para a espessura destas. De forma a optimizar o comportamento térmico da fachada, recomenda-se o uso de uma régua para realizar uma ruptura térmica nas juntas horizontais de argamassa.

e) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

Como já foi referido, encontra-se previsto o isolamento das pontes térmicas pelo exterior, usando forras maciças de betão "Leca" com 5 cm de espessura. A aplicação deste material, segundo o RCCTE, equivale a uma correcção dupla. Desta forma, não sendo o grau de isolamento excelente, confere um grau bastante melhorado de protecção.

Este isolamento estende-se da face exterior dos pilares, aos topos das vigas e das lajes.

O modo de aplicação das forras não aparece descrito exceptuando na zona das caixas de estores em que se prevê a colagem das mesmas com argamassa, apoiando inferiormente numa chapa quinada galvanizada de 2mm de espessura. É de supor que nas restantes zonas as forras serão coladas com argamassa. É contudo de realçar que segundo o DTU 20.1 as forras devem ser colocadas nas cofragens quando das betonagens dos elementos estruturais e não mais tarde durante a execução das alvenarias.

A recomendação de utilização de material com estrutura idêntica à do bloco principal (perfurado) não é seguida pelo facto de no nosso mercado não existirem forras desse tipo.

f) Isolamento à ascensão por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

Não se encontra previsto o corte de capilaridade que evite a ascensão da humidade do terreno pelas paredes. Esta situação que é comum nos projectos, deve ser evitada.

g) Forma de execução de padieiras / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

As caixas de estores são executadas em betão leve do tipo "Leca" o que complementado com as forras de 5cm, melhora o isolamento térmico das fachadas nessas zonas.

Não estão previstos quaisquer isolamentos térmicos ou acústicos suplementares no interior destas caixas. Com um pequeno acréscimo, seria possível melhorar substancialmente estas características.

Nos locais onde as caixas de estores apoiam lateralmente nas paredes, não se encontram definidas as larguras de apoio mínimas.

h) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

Está previsto o emprego de armaduras de juntas horizontais em forma de grelha a fim de minimizar o aparecimento de fissurações nas alvenarias. Não se especificam contudo os locais de aplicação dessas armaduras nem os respectivos diâmetros. A aplicação em todas as juntas é excessiva não se justificando os acréscimos de custo decorrentes, devendo ser aplicadas apenas nas zonas mais críticas (ver 3.3.1.3.7.6).

i) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Em geral o encontro das paredes interiores com as exteriores acontece na zonas de pilares. Existem porém algumas situações em que existe ligação por interpenetração entre elas, não penetrando de uma forma correcta, a parede interior até ao exterior da parede de fachada.

j) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

Encontra-se previsto o travamento das alvenarias à estrutura nas zonas de encosto com os pilares. No entanto, não está definido o tipo de grampos a usar nem o seu espaçamento.

k) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

A dimensão total do edifício em planta é de aproximadamente de 25 m por 9,5 m. Assim, a não existência de juntas de dilatação estruturais encontra-se justificada. Como em comprimento os panos de parede são travados pelos pilares aproximadamente de 2,5 m em 2,5 m, também se encontra justificada a não existência nas fachadas de juntas de dilatação e de contracção dos blocos "Leca".

Surgem no entanto dúvidas nos acrotérios, ao nível da cobertura do edifício, dado que os pilaretes de travação não se encontram devidamente caracterizados, deixando-se ao critério do adjudicatário a realização dos mesmos. Seria recomendável considerar nas paredes correspondentes à maior dimensão do edifício, duas juntas de dilatação.

l) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

Não existe qualquer disposição construtiva prevista para a minoração deste problema. Contudo, este problema poderá estar muito minorado dado o isolamento térmico das coberturas planas se processar pelo assentamento de poliestireno extrudido com 3 cm de espessura, revestido por uma camada espessa de betão celular. Poderia contudo fazer sentido prever dispositivos do tipo dos enunciados em 3.3.1.3.11.

m) Forma de remate dos blocos nos cunhais e nos vãos; modo de evitar que os furos dos blocos permaneçam virados para o exterior;

Análise:

Relativamente a este assunto não se encontra qualquer disposição prevista. Contudo como a furação destes blocos é vertical, os furos nunca ficarão voltados para o exterior.

Constata-se que nos cunhais do edifício os pilares da estrutura não coincidem exactamente com estes. Encontram-se ligeiramente recuados ao longo das fachadas principais. De forma a minimizar o possível aparecimento de eventuais fissuras nessa zona de ligação entre fachadas, dever-se-iam realizar nos blocos montantes armados.

n) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

De forma a que as forras de 5cm fiquem aprumadas com os restantes blocos, estes terão que ficar balançados da estrutura de igual valor. Quer para os blocos de 30 cm de espessura quer para os blocos de 20 cm, a regra dos 2/3 de apoio mínimo é verificada.

o) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

No assentamento das caixilharias encontra-se previsto uma gola nas ombreiras executada pelo exterior da parede (situação vulgar nas obras executadas no nosso país). Embora o DTU 20.1 recomende que essa gola seja feita pelo interior do vão, nota-se que houve por parte do projectista o cuidado de melhorar o esquema de estanquidade das caixilharias à água da chuva. É corrente hoje em dia não se realizar qualquer rebaixo, rematando os caixilhos à face dos revestimentos dos vãos.

Não se encontra previsto o modo de calafetagem do encontro entre a alvenaria e a caixilharia ficando esse pormenor ao cuidado do construtor (o que será de evitar). A especificação das qualidades dos mastiques é importante de forma a assegurar uma vida útil considerável à vedação.

O formato dos peitoris encontra-se bem especificado assim como o seu modo de assentamento. Prevê-se a regularização das alvenarias antes do assentamento dos peitoris com argamassa de cimento hidrofugado. Esta solução poderá não ser suficiente para evitar a penetração da humidade na parede, principalmente se a pedra usada no fabrico do peitoril

for muito porosa. Não se encontra previsto qualquer entrega dos peitoris nas ombreiras (o que seria desejável).

p) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

São fixadas tolerâncias de verticalidade e de alinhamento das alvenarias o que na prática se torna bastante importante de forma a controlar a qualidade de execução das mesmas.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) Especificação das dosagens e das características das diversas camadas dos rebocos tradicionais, bem como dos materiais constituintes; pormenorização da execução escrita e desenhada; adequação do especificado relativamente ao aconselhado; preparação do suporte;

Análise:

A preparação do suporte encontra-se bem descrita. O emboço está previsto ser ao traço 1:1,5 com aditivo hidrofugo o que corresponde um pouco ao tradicional "cerezite" usado na zona norte do país. Contudo, esta camada poderá ser demasiado "forte" para o suporte previsto. Em 4.4.1.6, recomenda-se quer para as camadas de base quer para a camada de acabamento o traço 1:5 a 1:6. Por outro lado, o traço para a execução do reboco propriamente dito, não se encontra descrito.

Não se prevê nas arestas a colocação de cantoneiras de protecção aos rebocos (o que sendo recomendável, não é de uso corrente).

b) Especificação das características das armaduras de transição entre materiais diferentes; larguras das bandas das armaduras e modo de aplicação;

Análise:

Especifica-se que nas ligações entre os panos e a estrutura de betão armado e as caixas de estores, se apliquem tiras de rede de fibra de vidro ou linhadas de sisal impregnadas em calda de cimento. Contudo não são especificadas as características das redes nem os comprimentos mínimos de entrega para cada lado das redes ou das fibras.

c) Especificação das características das armaduras de reforço dos revestimentos nas zonas dos vãos; especificação das suas dimensões e modo de aplicação;

Análise:

Não se encontram previstas.

d) Adequação dos materiais de revestimento descontínuo preconizados, à aplicação pelo exterior das fachadas; definição das características das juntas entre os materiais (dimensões e características do produto usado na "betumação"); juntas de dilatação;

Análise:

O material cerâmico descrito adequa-se ao emprego no exterior das fachadas (pastilha cerâmica do tipo "Cinca"24x24mm não vidrada). Contudo não se encontram previstas a realização de juntas de fraccionamento nem se faz referência à largura das juntas entre mosaicos. Estes aspectos são fundamentais ao bom funcionamento do revestimento cerâmico.

e) Especificação das características da cola a usar na colagem dos elementos de revestimento descontínuo; exigência de documentos de homologação; adequação da cola ao material e ao suporte em causa; procedimentos durante a colagem;

Análise:

Não se encontra prevista qualquer referência a este material, embora seja importante para assegurar uma boa aderência do mosaico cerâmico ao suporte.

f) Descrição do esquema de pintura preferencialmente de forma exigencial e não por designação comercial do produto; compatibilidade com as exigências funcionais das paredes; preparação do suporte; modo de aplicação;

Análise:

Neste caso, o caderno de encargos foca os principais aspectos quanto à qualidade de execução e aos procedimentos principais a ter durante a pintura das fachadas. A preparação das superfícies é devidamente tratada.

g) Fixação de tolerâncias no que respeita ao rigor de execução tais como a planeza das superfícies, rectidão de arestas, diferenças de tonalidade, etc.:

Análise:

São definidas tolerâncias para os desvios máximos de esquadria, de verticalidade e de desempeno das superfícies. São exigidas também a uniformidade da coloração e a ausência de defeitos aparentes das pinturas.

h) Outros:

O coroamento das platibandas da cobertura está projectado apenas com o revestimento previsto para as fachadas. Ora esta situação irá dar origem à infiltração de água através dessa face. Dever-se-ia prever um revestimento estanque como sejam coroamentos em chapa de zinco, de cobre, etc.

6.3.1.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação e localização da obra: *Empreendimento de edifícios de habitação a custos controlados*

b) Dimensão: *4 Blocos iguais de dimensões em planta cada um de 25m x 9,5m.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifícios de utilização colectiva com 16 fogos e 5 pisos cada, sendo o R/C para garagens.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Maio de 2000*

b) Endereço: *Orla marítima a norte do Porto*

c) Tipo de edifício: *Habitação com cinco pisos.*

d) Data de execução: *Conclusão do empreendimento em Junho 2000*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura resistente constituída por pórticos de betão armado e lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Blocos de betão de argila expandida perfurados.

- Dimensões dos blocos:

Com 30 cm de espessura nas fachadas em parede simples; 20 cm de espessura nos muretes e acrotérios ao nível das coberturas; maciços com 5 cm de espessura nas forras da estrutura.

- Modo de assentamento:

Ao cutelo, sem preenchimento das juntas verticais com argamassa.

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível fazer esta verificação. Supõem-se que é igual à indicada no projecto.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

As juntas apresentam-se bem preenchidas, notando-se contudo nalgumas fiadas um menor rigor no alinhamento dos blocos tal como é constatável nas fotografias do anexo A.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Devido as adiantado estado de execução dos edifícios não foi possível observar o tipo de fundações para o arranque das alvenarias.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi possível obter esta informação.

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

Encontra-se saliente 5 cm, de forma a aplicarem-se as forras com essa espessura no revestimento completo da estrutura de betão armado, de acordo com o indicado no projecto.

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Os peitoris encontram-se executados com a configuração prevista no projecto, terminando à face das ombreiras dos vãos.

Os caixilhos foram assentes sem qualquer rebaixo na alvenaria o que contraria o indicado no projecto.

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Não foi possível observar esta situação.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

De acordo com o previsto no projecto, não existem juntas de dilatação ao longo das fachadas nem nos acrotérios da cobertura.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não existe qualquer isolamento térmico ou acústico suplementar, para além dos materiais já anteriormente referidos, de acordo com o previsto no projecto.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

A correcção é executada de acordo com o previsto no projecto, ou seja forrando os elementos da estrutura com forras em betão "Leca", de 5 cm de espessura.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As caixas de estores foram executadas de acordo com os pormenores do projecto, em perfil de betão "Leca". Não foi possível observar a largura de apoio das mesmas lateralmente nas alvenarias.

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

Rematam de topo no revestimento das ombreiras (foto A.6) sendo as eventuais frinchas vedadas com mastique. A fixação é executada por intermédio de parafusos fixados em buchas de plástico introduzidas nas alvenarias.

A vedação entre o aro do caixilho e o revestimento da alvenaria é executada pelo exterior com cordão de mastique não esmagado, abrangendo em largura o espaço entre o caixilho e a

alvenaria. Este tipo de calafetagem não assegura a longo prazo a estanquidade da ligação entre os elementos.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

Os acrotérios foram executados com o material para alvenaria previsto no projecto. Devido ao estado adiantado da construção, não foi possível constatar a distância entre os pilaretes de travação e o modo como foi executada a viga superior de cintagem. Como já foi referido, não se dispuseram ao longo do edifício juntas de dilatação e de contracção que evitem a fissuração vertical e localizada daqueles elementos.

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

O revestimento executado foi do tipo monomassa em substituição do reboco tradicional e da pastilha cerâmica previstos.

- Espessuras e modo de execução:

A espessura total da monomassa é aproximadamente de 15 mm. O revestimento foi feito em contínuo, directamente sobre os blocos "Leca", sem que se tivesse procedido à marcação de juntas de trabalho.

Foi aplicada em toda a extensão da monomassa rede de fibra de vidro de forma a minorar o aparecimento de pequenas fissuras. Embora este procedimento seja excessivo e encareça o trabalho, garante contudo um melhor comportamento deste produto ao longo da sua vida útil.

- Remates junto a arestas:

Nos remates das arestas verificadas, não foram usadas quaisquer cantoneiras o que lhes conferiria maior resistência aos choques.

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram constatadas quaisquer anomalias deste tipo.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram constatadas quaisquer anomalias deste tipo.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram constatadas quaisquer anomalias deste tipo.

- Outras:

Não foram constatadas quaisquer outras anomalias.

- Notas:

Na data da visita o revestimento exterior tinha ainda uma idade muito reduzida. Pode eventualmente aparecer mais tarde alguns defeitos que não foram detectados nesta data.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observados.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observados.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observados.

- Outras:

Não foram observadas outras anomalias.

- Notas:

Os meses de Abril e de Maio de 2000 foram extremamente chuvosos. Aquando da visita ao edifício tinha chovido intensamente e consecutivamente durante muitos dias. Não se verificaram contudo quaisquer manchas de humidade pelo interior das fachadas, indiciando aparentemente um bom comportamento à água da chuva. Contudo, há também que ter em conta a idade ainda muito reduzida do edifício e o facto de se encontrar ainda desabitado o que não permite verificar o seu comportamento relativamente a outros tipos de fenómenos (condensações, pontes térmicas, etc.).

j) Reparações já efectuadas:

Não foram observadas quaisquer reparações já efectuadas.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Do que foi possível observar no local as soluções e pormenorização do projecto foram seguidas durante a realização da obra à excepção do revestimento exterior que foi modificado e da forma de assentar as caixilharias (para pior) . Não foi possível verificar a existência ou não de armaduras nas fiadas horizontais de assentamento dos blocos.

6.3.1.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Da análise do projecto verifica-se uma manifesta preocupação do arquitecto projectista em detalhar o melhor possível os pormenores construtivos das fachadas em contraste com o que é corrente no nosso país, em que predomina a ausência quase total dos mesmos. O mesmo se nota no caderno de encargos, embora existam algumas falhas de informação importantes, tais como a exigência de documentos de homologação, entrega das caixas de estores nas alvenarias, indicações quanto à ascensão da água do terreno por capilaridade, ausência de juntas de dilatação nas paredes ao nível da cobertura, etc. Nota-se alguma preocupação de qualidade nas opções construtivas tomadas como por exemplo o isolamento das pontes térmicas, a aplicação de armaduras nas juntas horizontais dos blocos, a espessura preconizada para os próprios blocos, etc.

Aparentemente as opções construtivas tomadas conscientemente explicam a aparente ausência de defeitos construtivos ou de patologias constatadas durante a visita a um dos edifícios do empreendimento. Ressalva-se contudo e de novo o facto dos edifícios estarem ainda em fase de conclusão e consequentemente não estarem habitados.

O não cumprimento integral, em obra, de alguns dos pormenores do projecto, como por exemplo a não realização da gola para o assentamento das janelas, comprova o que infelizmente é vulgar no nosso país, que é o facto dos construtores realizarem os trabalhos de uma forma mais simplificada do que o expresso na respectiva pormenorização.

6.3.2. OBRA 2 – ESCOLA DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL SITUADA A CERCA DE 30 km DO PORTO

O projecto desta obra é apresentado no **anexo B.** Apenas são apresentadas algumas peças do projecto de arquitectura por dificuldade em obter as restantes. Contudo, as apresentadas serão as mais significativas tendo em atenção o fim em vista deste trabalho. Não foi também possível obter o projecto de estabilidade do edifício.

6.3.2.1 apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

Os blocos previstos para a execução das alvenarias das fachadas são de betão leve de argila expandida do tipo "Leca". Na execução das paredes em pano simples, prevê-se o emprego de blocos com 30 cm de espessura. No isolamento das pontes térmicas da estrutura, prevê-se o emprego do mesmo tipo de blocos, com 15 cm de espessura.

Não são exigidos documentos de homologação dos produtos fazendo-se, ao invés, referência a uma série de características que na prática serão de difícil comprovação em tempo útil.

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

- referência à resistência mecânica às diversas acções a que estará sujeita e ao cumprimento das esbeltezas mínimas;

Análise:

Não é feita qualquer referência ao dimensionamento das alvenarias em função das acções a que estarão sujeitas. Apenas se referem as características de resistência mínima à compressão das paredes consoante estas recebam cargas verticais, ou estejam submetidas apenas ao seu peso próprio. Pressupõem-se assim que a espessura especificada para os blocos é suficiente para que se cumpram as exigências necessárias de resistência aos esforços a que estarão submetidos.

Não é feita qualquer referência às esbeltezas das paredes de forma a comprovar-se que a espessura das paredes é suficiente.

- coeficiente de transmissão térmica obtido e comparação com o coeficiente desejado, em função da qualidade construtiva pretendida;

Análise:

De acordo com o mencionado na análise da obra anterior, o bloco do tipo "Leca" com 30cm de espessura tendo em conta a zona climática em que esta obra se insere, é suficiente para que se cumpram os requisitos mínimos do "RCCTE", conferindo um isolamento térmico razoável sem necessidade de recurso a material adicional de isolamento térmico.

- referência à inércia térmica obtida e comparação com a desejada;

Análise:

Conforme já foi referido para a obra anterior, constata-se que a solução construtiva preconizada satisfaz os critérios gerais de inércia térmica das fachadas.

- referência ao isolamento ao ruído obtido e comparação com o desejado;

Análise:

Satisfaz os requisitos mínimos regulamentares relativos às zonas opacas.

- referência à resistência ao fogo obtida e comparação com a desejada;

Análise:

A solução construtiva das paredes externas e do seu revestimento exterior satisfaz largamente os requisitos do regulamento contra incêndios em edifícios escolares.

- referências à estanquidade à água; solução construtiva prevista no projecto (incluindo espessura) "versus" a conveniente;

Análise:

A solução construtiva das fachadas em blocos "Leca" com 30 cm de espessura revestidas exteriormente a "monomassa", confere às mesmas uma boa resistência à penetração da água da chuva, tendo em conta a zona em que este edifício se insere.

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

Nos elementos do projecto fornecidos, não é possível analisar esta situação.

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

O tipo de argamassa previsto para a execução das juntas de assentamento dos blocos de betão leve é de cimento Portland e areia ao traço 1:5. Este tipo de argamassa não é a que melhor se ajusta a este tipo de alvenaria, sendo recomendável o emprego de uma argamassa mais plástica e dúctil (por exemplo, para 1m³ de areia seca, a mistura 250 kg de cimento Portland e 200kg de cal hidráulica).

As espessuras mínima e máxima das juntas não são referidas, sendo apenas mencionado que as espessuras serão as mínimas necessárias (sendo este critério subjectivo).

Não é especificado que as juntas horizontais de argamassa não se devem estender em toda a largura dos blocos (de forma a realizar-se a ruptura térmica).

e) Tipos de perfis de juntas previstos para a execução de alvenarias aparentes; adequação aos perfis recomendados;

Análise:

Uma vez que as juntas aparentes previstas são pelo interior do edifício, não se coloca a questão da adequação do tipo de perfil ao escoamento das águas da chuva.

f) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

O isolamento das pontes térmicas está previsto ser realizado com blocos "Leca" de 15 cm de espessura o que lhes confere um isolamento substancial. Este bloco possui uma estrutura semelhante ao de 30 cm de espessura usado na generalidade dos panos o que está de acordo com as recomendações preconizadas pelo DTU 20.1. Contudo não aparece descrito o modo de assentamento destes blocos, ficando ao critério do empreiteiro a sua ligação à estrutura de betão armado (sendo sabido que os cuidados a preconizar são fundamentais, de forma a evitar futuras patologias).

Constata-se também que no isolamento da ponte térmica das platibandas da cobertura, esse bloco de 15 cm de espessura não protege suficientemente o interior do edifício. A solução preconizada, não acompanhando a platibanda suficientemente em altura, agravada ainda pelo facto de a base da caleira não possuir qualquer isolamento térmico, provocará

quase inevitavelmente a criação de condensações nas vigas e lajes junto ao tecto (ver fig. B.6, Foto B.2 e B.5).

No que respeita ao isolamento térmico dos pilares, verifica-se que naqueles em que existem tubos de queda de águas pluviais, por questões estéticas, prescinde-se de parte desse isolamento ao criar rebaixos na fachada que permitem ocultá-los. Penaliza-se assim o isolamento das pontes térmicas ficando muito reduzido nesses locais (ver Fig. B.7, Foto. B.3 e Foto B.7).

g) Isolamento à subida por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

Os dados disponíveis não permitem avaliar esta situação.

h) Forma de execução de lintéis / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

As caixas de estores serão executadas em betão armado de acordo com o pormenor da figura B.6. Não se encontra previsto qualquer isolamento térmico destas caixas, que estando em contacto directo com o ambiente interior do edifício constituirão nas fachadas pontes térmicas privilegiadas. Não se compreende por que é que, tendo havido o cuidado de seleccionar em geral para o isolamento das pontes térmicas blocos de "Leca" com 15cm de espessura, tivessem ficado descuradas as caixas de estore que ocupam uma área significativa nas zonas envidraçadas das fachadas.

Não aparece descrito a forma de apoio das caixas na estrutura, ou nas alvenarias adjacentes, ficando ao critério do construtor a sua realização.

i) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

Este tipo de reforço não se encontra previsto, como é aliás corrente no nosso país na execução de alvenarias de preenchimento de panos de parede.

j) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Não se encontra previsto no projecto. A sua execução fica assim ao cuidado do construtor.

k) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

Nas partes escritas é dito que a ligação dos panos aos pilares e a paredes laterais deverá ser feita de acordo com os desenhos de pormenor correspondentes, que não constam do processo que se analisou. Não pode assim apreciar-se este aspecto.

l) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

Os elementos do projecto fornecidos não permitem avaliar este aspecto.

m) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

Não se encontram previstas quaisquer disposições especiais relacionadas com a ligação das alvenarias às coberturas em terraço. Contudo o esquema previsto de isolamento térmico das coberturas pode evitar o aparecimento de fissurações nos alinhamentos de contacto entre as alvenarias e as vigas das platibandas (ver Fig.B.6; Foto.B.2, Foto.B.3, Foto.B.4 e Foto.B.5).

n) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

A adopção de blocos com 15 cm de espessura no revestimento da estrutura pelo exterior, obriga a que a execução das paredes em blocos de 30 cm de espessura fique desapoiada em metade da sua espessura. Este valor excede em muito o valor máximo preconizado pelo DTU 20.1 que é de 1/3 da espessura dos blocos.

Assim, a largura de apoio das paredes nas vigas ao nível das lajes é, de apenas 15cm, quando deveria ser no mínimo de 20cm (ver fig. B.6) necessitando inclusive durante a fase de construção, de um apoio suplementar (ver Foto B.5).

o) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

O assentamento das caixilharias nos vãos das alvenarias encontra-se previsto à face dos revestimentos. Este procedimento contraria as recomendações de se criarem golas nas alvenarias que assegurem uma vedação segura e duradoura às águas da chuva.

Esta prática não recomendável tem vindo a ser de uso corrente nas construções mais recentes.

p) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

No que respeita às tolerâncias de execução não existem parâmetros fixados, apenas se mencionando que "os panos de alvenaria deverão apresentar-se devidamente desempenados, não sendo permitidos enchimentos com massas para rectificação de nivelamento". Este critério, por ser subjectivo, dificultará o trabalho de quem em obra tiver de verificar o rigor de execução dos trabalhos.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) Especificação das dosagens e das características das diversas camadas dos rebocos tradicionais, bem como dos materiais constituintes; pormenorização da execução escrita e desenhada; adequação do especificado relativamente ao aconselhado; preparação do suporte;

Análise:

O tipo de revestimento pelo exterior das alvenarias é do género "monomassa" com acabamento a gravilha projectada. Os elementos do projecto fornecidos, são generalistas relativamente aos revestimentos e consequentemente a todos os pormenores com eles relacionados. É contudo de referir que está prevista a execução do coroamento dos acrotérios da cobertura com o próprio revestimento das fachadas (ver Fig.B.6) o que não é prática aconselhável por se tratar de superfícies horizontais (ver 4.4.2).

6.3.2.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Escola de formação profissional*

b) Dimensão: *Edifício único constituído por diversos corpos interligados entre si*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Diversos corpos de piso único em banda, sobreponde-se entre si nalgumas zonas (formando no máximo três pisos nesses locais).*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Maio de 2000.*

b) Endereço: *Para o interior, a 30 km do Porto.*

c) Tipo de edifício: *Escola de formação profissional.*

d) Data de execução: *Empreitada terminada em 1996.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.): *Estrutura reticulada de pórticos em betão armado sendo os panos das fachadas em alvenaria de preenchimento.*

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Dimensões dos blocos:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Modo de assentamento:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

Nas alvenarias das fachadas destinadas a ficarem aparentes (pintadas) pelo interior do edifício, constatou-se que as juntas se encontravam regulares e bem preenchidas, embora este aspecto seja mais importante no caso de alvenarias aparentes pelo exterior do edifício. A espessura das juntas era aproximadamente de 1cm, valor esse considerado normal para este tipo de trabalho (ver Fotos II.14 e II.16);

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Como se encontra ilustrado nas Foto. B.10 e B.11, o remate dos vãos é realizado com a monomassa de revestimento das fachadas em todo o enquadramento dos mesmos. As caixilharias ficam à face dos revestimentos, obrigando a que o material de vedação fique exposto tal como se encontra previsto no projecto de execução. Esta situação não é aconselháve,l não só porque o pormenor não salvaguarda a longo prazo a estanquidade da ligação parede – caixilharia, mas também porque a monomassa não sendo um produto estanque, não deve permanecer em planos horizontais (ou quase horizontais).

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação visíveis pelo exterior das fachadas coincidem com as juntas de dilatação da estrutura. A sua vedação é feita com mastique sendo a sua largura de aproximadamente 2 cm.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída. Pressupõem-se que não foi usado qualquer tipo de material de isolamento específico de acordo com o previsto no projecto.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída. Pressupõem-se que foram executados os pormenores previstos no projecto.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída. Pressupõem-se que foram executados os pormenores previstos no projecto.

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

A caixilharia é de alumínio assente à face dos revestimentos dos enquadramentos dos vãos. A vedação encontra-se consequentemente à vista, sem que fique esmagada numa gola. Este aspecto já foi referido no ponto anterior (ver fotos. B.10 e B.11).

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída. Pressupõem-se que foram executados os pormenores previstos no projecto.

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

Do tipo "monomassa" com acabamento a gravilha projectada;

- Espessuras e modo de execução:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

- Remates junto a arestas:

Não foi possível observar pelo facto da obra já se encontrar concluída;

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observados fenómenos deste género;

- Fissurações (local; disseminadas; localizadas; espessuras; profundidades):

Não foram observadas fissurações;

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Existem manchas localizadas de sujidade nas zonas de escorrência da água da chuva na prumada das superfícies horizontais onde aquela preferencialmente se acumula. É notória a acumulação da sujidade imediatamente abaixo dos peitoris e do coroamento dos acrotérios (ver Foto.B.7, B.8 e B.9).

Devido ao facto de a monomassa apresentar uma textura que facilita a acumulação das poeiras do ar, durante as chuvas esses depósitos mancham as fachadas. O revestimento dos peitoris e dos coroamentos com outro tipo de material mais liso, minimizaria esta situação.

Constata-se também que a acumulação da água no coroamento dos acrotérios aumenta nessa zona a embebição dos materiais resultando nas manchas de humidade apresentadas na Foto. B.9. O coroamento desse local com um material estanque, minimizaria este fenómeno.

Devido à rugosidade da monomassa existe uma maior fixação da sujidade, mas devido à sua uniformidade, passa despercebida (ver Foto. B.13).

- Outras:

Verifica-se o desprendimento generalizado da gravilha da monomassa em torno do edifício. Inclusive, foi referido durante a visita que os pardais ajudam a este fenómeno ao bicar os agregados (ver Foto.B.17).

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas;

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observadas, inclusivé em grandes panos de paredes, como a ilustrada na Foto.B.14.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Em geral não foram observadas quaisquer tipo de manchas (Foto.B.15) com excepção das situações de seguida apresentadas:

Constatou-se em diversas janelas o aparecimento de manchas de humidade no peitoril em madeira das mesmas (ver Foto.B.12). Este fenómeno poderá dever-se às seguintes situações que se poderão conjugar:

- Revestimento dos peitoris pelo exterior com monomassa;

- Deficiente vedação da ligação revestimento – caixilharia pelo facto de não existir gola na alvenaria e de o mastique de vedação ficar à face, sem ser convenientemente esmagado.

Verifica-se na Foto.B.16 o aparecimento de manchas de humidade com destacamento da pintura no apoio da parede na viga de suporte da mesma. Esta situação poder-se-á dever a:

- A uma deformação demasiado elevada da viga de suporte não acompanhando o revestimento exterior, essa deformação;

- A uma fissuração do revestimento exterior na zona de ligação entre materiais diferentes, provocando a penetração da água.

- Outras:

Não se verificaram outras anomalias.

j) Reparações já efectuadas:

Foram já efectuadas reparações em duas paredes devido ao assentamento das suas fundações.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

De acordo com os poucos pormenores de projecto obtidos, o executado em obra parece estar de acordo com o previsto no projecto.

l) Notas:

Esta visita efectuou-se numa época em que se registou intensa pluviosidade.

6.3.2.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Da análise aos poucos pormenores de projecto conseguidos, verifica-se que existem alguns erros de concepção tais como a largura de apoio das alvenarias, o revestimento dos peitoris com monomassa sem a interposição de materiais estanques, a execução do coroamento das platibandas apenas em monomassa, a colocação da caixilharia à face dos revestimentos, etc.

Não existem patologias graves nem de expressão muito significativa, encontrando-se os responsáveis desta escola em geral satisfeitos com a obra realizada.

Quanto às patologias verificadas em obra e que se encontram descritas acima, pensa-se que a sua origem radica-se essencialmente nas opções construtivas previstas no projecto.

6.3.3. OBRA 3 – EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NO GRANDE PORTO

O projecto desta obra é apresentado no **anexo C.**

6.3.3.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

As alvenarias das fachadas são em panos simples de tijolo cerâmico furado 30x20x22 (nacional), assente ao cutelo. Embora nas condições técnicas do caderno de encargos se refira que a espessura das alvenarias é de 0,20 m, na realidade será de 0,22 m.

Pelo facto deste material de construção ser considerado tradicional, não é exigido qualquer documento de homologação. Contudo, seria no mínimo de exigir as características preconizadas pelas normas portuguesas aplicáveis aos tijolos cerâmicos.

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

- referência à resistência mecânica às diversas acções a que estará sujeita e ao cumprimento das esbeltezas mínimas;

Análise:

Não é feita qualquer referência a este assunto, embora se admita que o tijolo de 22 cm de espessura recoberto com um sistema de isolamento térmico pelo exterior é capaz, para os vãos em causa, de resistir às acções mecânicas usuais e ao choque térmico resultante das variações cíclicas de temperatura da fachada.

O cumprimento do valor mínimo da esbelteza é assegurado, embora no projecto não se faça referência a esse valor.

- coeficiente de transmissão térmica obtido e comparação com o coeficiente desejado, em função da qualidade construtiva pretendida;

Análise:

Devido ao tipo de solução adoptado, com um sistema de isolamento térmico envolvente de toda a construção pelo exterior, consegue-se um excelente valor para o coeficiente de transmissão térmico das zonas opacas (aproximadamente 0,65 W/m². ºC). Embora não se faça referência a este aspecto na memória descritiva das alvenarias, o valor obtido relativamente à zona climática onde os edifícios se encontram inseridos corresponde a um nível de qualidade superior, tendo em conta os objectivos da construção (realojamento de populações carenciadas).

- referência à inércia térmica obtida e comparação com a desejada;

Análise:

Devido ao tipo de isolamento térmico pelo exterior, quer as alvenarias quer as peças de betão armado da envolvente, são na sua totalidade mobilizadas no que respeita à inércia térmica da construção.

Para esta solução construtiva não existem parâmetros tabelados definidores dos coeficientes de desfasamento e de amortecimento das ondas de calor.

- referência ao isolamento ao ruído obtido e comparação com o desejado;

Análise:

As paredes em tijolo de 22 cm de espessura são capazes só por si de garantir, nas zonas opacas, o isolamento acústico mínimo regulamentar. As caixas de estores ao serem leves e ao não possuírem interiormente um material específico de isolamento acústico, poderão constituir (eventualmente conjuntamente com as caixilharias) uma fonte de transmissão de ruído para o interior das habitações.

- referência à resistência ao fogo obtida e comparação com a desejada;

Análise:

A solução projectada para a fachada satisfaz largamente as exigências regulamentares, uma vez que se exige que o poliestireno expandido seja da classe M1(tornando assim o sistema de revestimento da classe M2) e o tijolo empregue na alvenaria, torna a fachada na classe CF180.

- referências à estanquidade à água; solução construtiva prevista no projecto (incluindo espessura) "versus" a conveniente;

Análise:

O revestimento exterior preconizado é por definição classificado como revestimento de isolamento térmico. Contudo, as propriedades das camadas de base e de acabamento, conferem ao revestimento um grau de impermeabilização extremamente elevado que poderá ser considerado praticamente estanque. Este revestimento será capaz de por si só defender a alvenaria que porventura se encontre localmente fissurada, da infiltração da água da chuva. Assim, a impermeabilização da fachada é assegurada neste caso essencialmente pelo revestimento exterior, embora a presença de tijolo furado com 22cm de espessura também contribua (pouco) para esse fim.

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

Da análise das plantas estruturais das fundações e do R/Chão, constata-se que estão previstas vigas de fundação de grande rigidez ligadas aos pilares. Esta estrutura, coincidente com o arranque das alvenarias das fachadas, será capaz de fornecer uma base suficientemente estável que evite as fissurações das fachadas.

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

Não é especificado o tipo de argamassa de assentamento das alvenarias nem os cuidados a ter na execução das suas juntas. Não existe qualquer especificação relativamente a este assunto.

e) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

O isolamento térmico pelo exterior constitui a melhor forma de isolar as pontes térmicas uma vez que a estrutura fica revestida por inteiro. O revestimento das superfícies de betão com 3 cm de poliestireno expandido assegura a essas superfícies um coeficiente de isolamento térmico muito bom, fazendo com que o factor de concentração de perdas (RCCTE) seja apenas de 1,0.

f) Isolamento à ascensão por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

Apenas se encontra referido nas condições técnicas que o leito de assentamento das paredes exteriores será "convenientemente hidrofugado". Não se encontra especificado o modo de execução nem a qualidade dos materiais a aplicar.

Fica desta forma ao cuidado do construtor a forma de realizar o corte de capilaridade das águas provenientes do terreno. Se o nível freático das águas do solo for elevado, esta situação poderá acarretar a infiltração de humidade nas zonas inferiores da alvenaria.

g) Forma de execução de lintéis / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

Não se encontram previstos quaisquer materiais específicos de isolamento térmico ou acústico das caixas de estores. Constituirão assim estas zonas um ponto fraco da fachada, tendo em atenção que a parte interior das mesmas é executada em painéis de madeira de pequena espessura, não assegurando, segundo o desenho de pormenor, a sua completa estanquidade ao ar.

A rigidez das caixas é assegurada por uma pala exterior em betão armado (extensão das vigas existentes nessas zonas) admitindo-se nas condições técnicas o emprego de caixas em betão pré-fabricado apoiando lateralmente 12 cm no mínimo, valor este insuficiente, devendo ser no mínimo 20 cm (ver 3.3.1.3.5).

h) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

Não se encontra previsto qualquer reforço com armaduras apesar das alvenarias serem não resistentes. Pelo menos na zona dos vãos seria aconselhável a sua inclusão de forma a evitar possíveis fissurações.

i) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Em geral as ligações fazem-se em locais onde existem pilares em betão armado, não se colocando esta questão.

j) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

As alvenarias das fachadas encontram-se travadas pelas vigas e pelos pilares da estrutura. As distâncias entre pilares são inferiores a 6 m. Não se encontram previstas quaisquer disposições de ligação das alvenarias à estrutura, deixando ao critério do construtor a sua execução (ou não). Apesar dos panos de parede serem de pequenas dimensões, interessa assegurar uma ligação das alvenarias da fachada à estrutura que assegure a rigidez das fachadas, quando solicitadas.

k) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

Encontram-se previstas juntas de dilatação entre blocos adjacentes. A distância entre juntas é de aproximadamente 15 m. Tendo os panos das alvenarias comprimentos inferiores a 6 m e estando protegidos por um isolamento térmico exterior, não se justifica a existência de juntas de dilatação e de contracção nas alvenarias.

Não existe descrição nem pormenorização da forma de execução das juntas de dilatação entre os blocos o que poderá levar à aplicação de materiais de selagem de menor qualidade.

l) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

As coberturas encontram-se termicamente protegidas por um sistema constituído por chapas de fibrocimento, caixa de ar no desvão das coberturas e 3 cm de espessura de poliestireno extrudido sobre as lajes de esteira. Este sistema de isolamento protege as lajes de esteira das variações de temperatura diárias, não sendo contudo de descurar a criação dos mecanismos previstos em 3.3.1.3.11 que evitem o aparecimento de fissuras na ligação entre os panos de alvenaria do último piso e essas lajes. Ora, estes mecanismos não se encontram previstos tal como se comprova na Fig. C.12, o que poderá originar patologias.

m) Forma de remate dos blocos nos cunhais e nos vãos; modo de evitar que os furos dos blocos permaneçam virados para o exterior;

Análise:

Fica ao critério do construtor a forma de execução das alvenarias, não se encontrando qualquer disposição relativa a este assunto.

n) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

Não se aplica a este caso pelo facto da correcção térmica ser feita em contínuo pelo exterior. As alvenarias de tijolo apoiam na totalidade na estrutura de betão armado.

o) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

A caixilharia é assente sem que fique enquadrada em qualquer gola. A sua vedação será feita à face do revestimento exterior, não havendo a garantia de que é convenientemente esmagada. Não se encontram previstos os materiais de vedação da caixilharia nem a forma da sua execução.

Os peitoris são executados com o próprio material de revestimento exterior que não pode ser considerado propriamente estanque, embora possua uma grande pendente para o exterior (ver Fig.C.10).

p) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

Não se encontram previstas quaisquer disposições o que dificultará mais tarde a fiscalização da empreitada quanto à verificação do rigor de execução destes trabalhos.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) No caso de revestimento não tradicional, descrição exacta do tipo de revestimento de acordo com as suas características e não pela designação comercial; referência a documentos de homologação caso o revestimento seja não tradicional; pormenorizações de execução escritas e desenhadas; preparação do suporte;

Análise:

O tipo de revestimento preconizado para revestir as fachadas pelo exterior, é constituído por um sistema de isolamento térmico e revestimento delgado sobre o isolante. O tipo de sistema é designado pela sua denominação comercial e não pelas características a que deverá obedecer (o que contraria as disposições estipuladas para as empreitadas públicas).

Para os revestimentos exteriores prevê-se, sobre a envolvente no tosco, a aplicação de uma primeira camada de chapa hidráulica, seguida de uma segunda camada de reboco de regularização e finalmente uma terceira camada que é constituída pelo sistema de isolamento térmico. Constata-se desta forma que houve um particular cuidado do projectista em tentar assegurar, pela colocação de todas estas camadas, a impermeabilização das fachadas. Contudo, esta preocupação é levada ao extremo onerando desnecessariamente o revestimento das fachadas, uma vez que a primeira camada é prescindível desde que o complexo de isolamento seja executado de acordo com as regras do fabricante do produto e dos eventuais documentos de homologação.

Não são feitas quaisquer exigências relativamente à existências de documentos de homologação dos produtos, o que torna difícil avaliar não só as características dos mesmos como verificar em obra se as condições recomendáveis de aplicação, estão a ser cumpridas.

A aplicação deste tipo de revestimentos em zonas acessíveis onde a probabilidade de vandalismo seja elevada, deverá ser bem ponderada. Sendo esta urbanização destinada a habitação económica, para acolhimento de pessoas com problemas de inserção social, levantam-se algumas questões pertinentes. Assim, prevê-se até 2,0m de altura acima do solo a aplicação de duas camadas de rede de fibra de vidro (150g/m²) na camada de base, de forma a reforçar o revestimento. Contudo, esta disposição poderá não ser suficiente, uma vez que se advoga para zonas particularmente expostas às acções mecânicas redes duplas sendo uma delas, reforçada (700g/m2). Mesmo usando este esquema, será de ponderar a aplicação destes sistemas neste tipo de empreendimentos.

A execução dos próprios peitoris, ombreiras e padieiras com este sistema de revestimento apenas com rede simples, levanta também a questão de eventualmente ao fim de pouco tempo virem a ser degradados por choques acidentais provocados pelos próprios utentes. Deveriam ser protegidos por esquadros de reforço em alumínio ou por outro tipo de dispositivos mais resistentes (ver 3.3.3.2).

Junto ao pavimento exterior não se prevê qualquer esquema de reforço que defenda de forma mais eficaz o revestimento dos choques mais importantes, assim como não estão previstos reforços de armaduras, no enfiamento dos ângulos dos vãos.

Aparece descrito que em todas as arestas o empreiteiro deverá aplicar cantoneiras em alumínio perfurado. Contudo, os pormenores de execução não fazem referência às mesmas.

A pormenorização do projecto relativa à execução dos revestimentos exteriores é assim incompleta e nalgumas situações poderia ser melhor concebida.

b) Especificação das características das armaduras de transição entre materiais diferentes; larguras das bandas das armaduras e modo de aplicação;

Análise:

Devido ao tipo de revestimento, esta especificação não se aplica.

c) fixação de tolerâncias no que respeita ao rigor de execução tais como a planeza das superfícies, rectidão de arestas, diferenças de tonalidade, etc.:

Análise:

Não se encontram estipuladas exigências desta natureza para além de se mencionar genericamente que as "superfícies ficarão lisas, desempenadas e com arestas finas e rectas" não existindo consequentemente, qualquer possibilidade de aferição.

6.3.3.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Empreendimento destinado a habitação social no grande Porto.*

b) Dimensão: *254 habitações divididas por 16 blocos.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifícios em banda de utilização colectiva sendo alguns de três pisos e outros de quatro pisos, idênticos entre si, sem garagens colectivas.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Junho de 2000.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Habitação com três pisos.*

d) Data de execução: *Conclusão do empreendimento em Outubro de 2001.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura reticulada em betão armado sendo as fundações assentes em estacaria. As lajes são aligeiradas de vigotas pré-esforçadas no R/Chão e fungiformes nos restantes pisos.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

De tijolo cerâmico furado de produção nacional.

- Dimensões dos blocos:

30x22x20 assente a ¼ vez, em todas as fachadas.

- Modo de assentamento:

Com argamassa de ligantes hidráulicos sendo todas as juntas preenchidas.

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível fazer esta verificação. Sendo o caderno de encargos do projecto omisso, ficou ao critério do empreiteiro a sua execução.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

Como se comprova na Foto.C.1, o tijolo foi assente em geral de forma incerta com espessuras das juntas de argamassa muito irregulares.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

As paredes das fachadas assentam sobre vigas estruturais de betão armado de grande rigidez.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi possível comprovar a informação prestada no local de que de três em três fiadas a alvenaria era presa aos pilares por intermédio de "ligadores".

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

De acordo com o previsto no projecto, as alvenarias encontram-se aprumadas pelo exterior com a estrutura (ver Foto.C.1, C.2 e C.3).

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Todo o enquadramento dos vãos é cerezitado e revestido com a camada de acabamento do revestimento exterior (ver Foto.C.8 e C.9), de acordo com o previsto no projecto.

Nos remates das ombreiras os caneletes dos tijolos ficam abertos para o exterior sendo depois revestidos de acordo com o acima descrito. Esta prática, como já foi anteriormente referido, será de evitar embora seja corrente.

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Em geral, o encontro faz-se nos pilares da estrutura ficando os tijolos de topo encostados aos mesmos. Nas restantes situações, o tijolo das paredes interiores penetra alternadamente no tijolo das fachadas, mas sem ser em toda a espessura destas.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação existentes são as previstas na estrutura ao longo dos blocos. A sua vedação é feita utilizando mastique e empanque respectivo.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Como já foi descrito o isolamento térmico reveste em contínuo todo o exterior dos edifícios de acordo com o previsto no projecto. O tipo de material é o previsto no projecto.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

A correcção das pontes térmicas é executada com o próprio material de isolamento térmico.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As caixas de estores são executadas em betão armado no seguimento da execução das vigas da estrutura (ver Foto.C.4) e revestidas exteriormente com o sistema de isolamento térmico

do revestimento das fachadas. De acordo com o projecto não existe qualquer sistema de isolamento térmico ou acústico específico no interior.

Nalgumas janelas que não possuem estores, as padieiras são executadas em tijolo armado apoiando lateralmente nas alvenarias das fachadas embora, com largura insuficiente (ver Foto.C.1).

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

Para o assentamento das caixilharias é seguido o pormenor de execução do projecto, ficando os caixilhos à face dos revestimentos exteriores (Foto.C.9). A vedação dos caixilhos é feita à face do enquadramento dos vãos com "mastique", de acordo com o previsto no projecto.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

As platibandas são executadas em betão armado (Foto.C.1 e C.2) e revestidas em toda a sua extensão com o sistema de isolamento térmico exterior.

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

O revestimento empregue é o previsto no projecto.

- Espessuras e modo de execução:

De acordo com o previsto no projecto.

- Remates junto a arestas:

Foram usadas cantoneiras de alumínio no remate das arestas, embora não tenha sido possível verificar o seu tipo.

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas situações deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observadas situações deste género.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observadas situações deste género.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas situações deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observadas situações deste género.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observadas situações deste género.

j) Reparações já efectuadas:

De acordo com as informações prestadas pelo construtor, não foram até à data efectuadas quaisquer reparações embora a obra não se encontre ainda concluída.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Foram em geral seguidos, os pormenores do projecto.

l) Notas:

Uma vez que esta empreitada ainda se encontrava em execução à data da visita à obra, ainda era cedo para ocorrerem patologias que normalmente só aparecem mais tarde, após a conclusão das obras. Contudo, nos edifícios que se encontravam num estado de execução

mais avançado, já com os revestimentos interiores executados e após alguns meses de chuvas intensas, não se verificaram aparentemente quaisquer patologias.

6.3.3.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

A nível do projecto existem várias faltas de informação relativas não só ao modo de execução dos trabalhos, como também acerca das características exigíveis a alguns dos materiais a incorporar na empreitada. Não existe também uma especificação objectiva do rigor de execução, quer das alvenarias propriamente ditas, quer dos seus revestimentos.

Em obra, a execução dos trabalhos das fachadas segue o previsto no projecto, notando-se contudo na execução dalguns deles pouco rigor designadamente no assentamento do tijolo.

6.3.4. OBRA 4 – EMPREENDIMENTO HABITACIONAL NO GRANDE PORTO

O projecto geral de arquitectura desta obra é apresentado no **anexo D**. Não foi possível ter acesso ao respectivo projecto de estabilidade.

Este projecto em termos de documentação compreende apenas a memória descritiva do projecto de licenciamento, não existindo assim um caderno de encargos com condições técnicas de execução dos trabalhos, designadamente as alvenarias da envolvente. Pressupõem-se que todas as informações necessárias à realização da obra terão sido prestadas pela Fiscalização ao longo da empreitada.

6.3.4.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

A solução construtiva prevista no projecto original para a execução das fachadas, era constituída por paredes duplas de tijolo cerâmico furado 30x20x15 e 30x20x7 respectivamente nos panos exterior e interior, formando entre si uma caixa de ar de 8 cm. Esta solução foi por razões de ordem económica, preterida pelo empreendedor em favor do emprego de blocos de betão de grânulos de argila expandida "Leca" com 30 cm de espessura, mantendo-se assim a espessura total inicialmente prevista.

Não existe no projecto alterado, qualquer referência quanto à exigência de documentos de homologação do produto nem quaisquer outras referências relativamente à qualidade do mesmo. Prevê-se unicamente o emprego de "Bloco Leca com 30 cm de espessura" nos panos correntes e "Forras de Leca com 5 cm de espessura" no revestimento das pontes térmicas da estrutura de betão armado.

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

- referência à resistência mecânica às diversas acções a que estará sujeita e ao cumprimento das esbeltezas mínimas;

Análise:

A memória descritiva não faz qualquer referência relativamente a estes aspectos. Sabe-se contudo que para os pés direitos em causa, a espessura de 30cm nas alvenarias é suficiente para que se cumpram as esbeltezas mínimas.

Para a execução dos acrotérios da cobertura, encontra-se previsto o emprego de tijolo cerâmico furado com 11cm de espessura, não existindo qualquer outro pormenor relativamente ao travamento dos mesmos ou à execução de juntas de dilatação ao longo das coberturas. Ficará ao critério do empreiteiro ou ao cuidado da eventual fiscalização a indicação do modo de realização deste trabalho.

- coeficiente de transmissão térmica obtido e comparação com o coeficiente desejado, em função da qualidade construtiva pretendida;

Análise:

O bloco "Leca" com 30 cm de espessura possui um coeficiente de transmissão térmica de cerca de 1,0 W/m².ºC enquanto a solução inicialmente prevista de parede dupla, possuía um coeficiente de aproximadamente 1,30 W/m².ºC. Neste aspecto, a alteração da solução de parede é vantajosa, conferindo à solução em pano simples nas zonas opacas da fachada um isolamento térmico aceitável face à zona climática em que a construção se insere, não necessitando assim de um sistema de isolamento térmico complementar.

O revestimento da estrutura em betão armado com "forras" de "Leca" com 5 cm de espessura, equivale à correcção das pontes térmicas tal como se preconiza no RCCTE, diminuindo os fluxos de calor entre o interior e o exterior dos edifícios, bem como a possibilidade de ocorrência de condensações.

- referência à inércia térmica obtida e comparação com a desejada;

Análise:

Esta solução construtiva favorece a inércia térmica do edifício, situando-se os factores de amortecimento e de atraso de propagação das ondas de calor exteriores dentro dos valores recomendáveis.

- referência ao isolamento ao ruído obtido e comparação com o desejado;

Análise:

Nas zonas opacas esta solução construtiva satisfaz as exigências regulamentares. Não sendo as caixas de estores providas de qualquer isolamento acústico específico e ao serem executadas interiormente apenas por apainelados em aglomerado de madeira folheada a

madeira exótica, constituirão um ponto fraco no isolamento acústico das fachadas. As espessuras dos vidros duplos a aplicar nas caixilharias não se encontram definidas.

- referência à resistência ao fogo obtida e comparação com a desejada;

Análise:

A resistência ao fogo desta solução construtiva é superior à exigida regulamentarmente. Os revestimentos exteriores são da classe M0.

- referências à estanquidade à água; solução construtiva prevista no projecto (incluindo espessura) "versus" a conveniente;

Análise:

O projecto não especifica exigências relativamente à capacidade do complexo alvenaria - revestimento exterior garantir a estanquidade à água da chuva. Contudo, a solução prevista de blocos "Leca" revestidos exteriormente com reboco hidrofugado e "monomassa" deverá garantir em condições normais a impermeabilidade da parede, tanto mais que a construção não se situa na orla costeira.

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

Não é possível fazer esta verificação por falta de elementos estruturais do projecto.

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

Não se encontram previstos quer o tipo de argamassa de assentamento, quer os cuidados a ter no assentamento das alvenarias.

e) Tipos de perfis de juntas previstos para a execução de alvenarias aparentes; adequação aos perfis recomendados;

Análise:

Não se aplica pelo facto das alvenarias não serem aparentes.

f) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

Como já acima foi mencionado, o isolamento das pontes térmicas é efectuado por intermédio de forras "Leca" com 5 cm de espessura, que revestem em contínuo pelo exterior toda a estrutura de betão armado. A correcção assim realizada, corresponde a uma correcção dupla (segundo o RCCTE), o que para além de conferir um bom isolamento das pontes térmicas, mobiliza as capacidades de inércia térmica da estrutura.

Não se encontrando especificado o modo de fixação dessas forras à estrutura, fica ao cuidado do empreiteiro a sua realização. É de realçar que segundo o DTU 20.1, as forras devem ser colocadas nas cofragens aquando das betonagens da estrutura.

A fim de se melhorar o isolamento térmico das caixas de estores, prevê-se a realização das palas exteriores usando as forras de 5 cm. Ora, como estas são maciças, não podem ser armadas o que na prática inviabiliza esta solução (ver Fig. D.14).

g) Isolamento à subida por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

O projecto não contempla disposição construtiva com este objectivo o que pode provocar o aparecimento de humidade e sais, no arranque das alvenarias junto ao solo.

h) Forma de execução de lintéis / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

Como já foi mencionado, o pormenor das palas exteriores das caixas de estores executadas apenas com forras de Leca com 5 cm de espessura não é na prática realizável. Também não se encontram previstas as larguras de apoio dessas palas nas alvenarias adjacentes, o que poderá provocar a fissuração das alvenarias nessas zonas, se a entrega não for suficiente.

Não se encontram previstos quaisquer sistemas interiores de isolamento térmico ou acústico suplementares.

i) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

Não se encontra previsto o emprego de armaduras deste tipo. Seria de as considerar pelo menos nas zonas dos vãos de forma a evitar o aparecimento de eventuais fissuras nesses locais.

j) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Não existem pormenores de execução deste tipo de ligações. Ficará ao cuidado do construtor a sua realização.

k) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

Não se encontra previsto o uso de quaisquer dispositivos de ligação das alvenarias à estrutura. Seria de os considerar de forma a tornar as ligações mais rígidas, tanto mais que as superfícies dos blocos são lisas.

l) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

Existe uma junta de dilatação estrutural a separar os dois blocos. Face à dimensão dos mesmos, esta junta será suficiente. Na execução dos acrotérios das coberturas não se encotram previstas juntas de dilatação adicionais o que poderá ser manifestamente insuficiente.

m) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

As coberturas são do tipo tradicional em telha cerâmica. As lajes de tecto do último piso e da cobertura encontram-se relativamente protegidas das variações térmicas, pelo que não se justifica assim o uso de dispositivos especiais na sua ligação com as fachadas.

n) Forma de remate dos blocos nos cunhais e nos vãos; modo de evitar que os furos dos blocos permaneçam virados para o exterior;

Análise:

Como os blocos são perfurados verticalmente, esta questão não se coloca.

o) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

De acordo com o pormenor patente na Fig. D.14., os blocos de 30 cm destacam-se da estrutura 5 cm de forma a que as forras fiquem aprumadas com aqueles. A parcela não apoiada dos blocos é inferior a 1/3 da espessura dos mesmos, o que segundo o DTU 20.1, é admissível.

p) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

Existem apenas cortes verticais de pormenorização das caixilharias. Não existem cortes horizontais que indiquem a forma de ligação das caixilharias às alvenarias. Nas plantas à escala reduzida, depreende-se que nas ligações às ombreiras não existem golas ficando os caixilhos à face dos revestimentos.

Os peitoris serão executados em mármore moleanos que é uma pedra porosa. Deveria por isso ser previsto um corte de capilaridade entre o peitoril e o bloco "Leca" (ver Fig.D.14). Os peitoris não se encontram também devidamente pormenorizados dando a entender que o seu comprimento será igual ao dos próprios vãos (o que será de evitar).

q) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

Não existe qualquer referência a estes aspectos que são fundamentais por forma a garantir a qualidade construtiva. Apenas é referido em sentido lato que se seguirão as boas regras de construção.

r) Notas:

O projecto é não só bastante incompleto nas partes desenhadas, mas sobretudo nas partes escritas, não se compreendendo a inexistência de condições técnicas de execução.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) No caso de revestimento não tradicional, descrição exacta do tipo de revestimento de acordo com as suas características e não pela designação comercial; referência a documentos de homologação caso o revestimento seja não tradicional; pormenorizações de execução escritas e desenhadas; preparação do suporte;

Análise:

O revestimento exterior das fachadas é constituído por duas camadas. A primeira é constituída por um reboco hidrofugado de regularização e a segunda por um reboco não tradicional de ligantes hidráulicos vulgarmente designado de "monomassa".

A primeira camada será desnecessária desde que as alvenarias durante a sua execução fiquem devidamente desempenadas. Só por si, desde que devidamente aplicada, a monomassa conjuntamente com a alvenaria deve garantir a impermeabilização da fachada, constituindo assim o reboco hidrofugado um custo acrescido.

Não existe qualquer referência à exigência de documentos de homologação da monomassa o que daria garantias suplementares quanto à qualidade do produto e do controlo da sua aplicação em obra.

Os coroamentos dos acrotérios das coberturas são executados com a própria monomassa o que seria de evitar, uma vez que este produto não é estanque à água da chuva em superfícies horizontais. Em obra, esta situação irá provocar durante a época das chuvas o aparecimento de manchas de humidade na parte superior desses panos, tanto mais que essas alvenarias são em tijolo cerâmico furado.

Não existem pormenores do remate dos revestimentos nas ombreiras dos vãos.

Não existem indicações quanto ao tipo de reboco hidrofugado nem quanto à sua constituição.

b) Especificação das características das armaduras de transição entre materiais diferentes; larguras das bandas das armaduras e modo de aplicação;

Análise:

Na memória descritiva não se prevê qualquer reforço dos revestimentos com armaduras, embora existam zonas de ligação entre materiais diferentes, como sejam as ligações dos acrotérios às testas de lajes e de vigas.

c) Especificação das características das armaduras de reforço dos revestimentos nas zonas dos vãos; especificação das suas dimensões; modo de aplicação;

Análise:

Não se encontram previstas.

d) fixação de tolerâncias no que respeita ao rigor de execução tais como a planeza das superfícies, rectidão de arestas, diferenças de tonalidade, etc.:

Análise:

Não se encontram previstas o que dificultará a objectivação do controlo de execução por falta de elementos aferidores que sirvam de padrão quer para o aplicador, quer para a equipa de fiscalização da empreitada.

6.3.4.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Empreendimento habitacional no Porto*

b) Dimensão: *2 blocos para a execução de 44 habitações e comércio.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifícios em banda para habitação colectiva e comércio constituídos por Cave (aparcamentos), R/Chão e 3 Pisos.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Maio de 2000.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Habitação e garagens com 5 pisos.*

d) Data de execução: *Conclusão do empreendimento no início de 2001.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura resistente reticulada em betão armado, sendo as lajes aligeiradas, de vigotas pré-esforçadas. As alvenarias são apenas de preenchimento não tendo função resistente.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Foram usados os blocos previstos ou seja blocos perfurados de agregados de argila expandida "Leca". Na forra térmica da estrutura, foram usadas forras maciças do mesmo tipo de material.

- Dimensões dos blocos:

No enchimento dos panos os blocos possuem 30 cm de espessura tal como o previsto no projecto. As forras térmicas têm 5 cm.

- Modo de assentamento:

Ao cutelo, sendo as juntas horizontais apenas parcialmente preenchidas. As juntas verticais não são preenchidas com argamassa, pois os blocos possuem um sistema de encaixe do tipo macho-fêmea. As forras foram coladas à estrutura com argamassa de cimento o que não constitui só por si, garante de qualidade dessas ligações.

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível constatar o tipo de argamassa fabricada no local.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

As juntas apresentam-se em geral uniformes e com uma espessura normal. Nalgumas situações mais pontuais nota-se falta de argamassa e algumas irregularidades.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível verificar esta situação.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi aplicado nenhum dispositivo de ligação. Apenas para melhorar a aderência da ligação, se procedeu ao barramento do betão com cimento cola o qual foi posteriormente chapiscado (o que é hoje em dia prática corrente).

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

Tal como o previsto no projecto, os panos de enchimento destacam-se da estrutura 5cm de forma a que as forras fiquem aprumadas com aqueles.

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixes; etc.):

Como os blocos "Leca" são lisos, de forma a que as caixilharias não fiquem simplesmente encostadas de topo aos revestimentos dos mesmos, foram criadas em obra golas executadas em argamassa de cimento (ver Foto.D.8). Estas golas permitirão uma melhor vedação dos caixilhos, apesar de por vezes fissurarem ou partirem por serem realizadas apenas com argamassa. Seria aconselhável que as golas fossem executadas na própria alvenaria de forma a evitar esses inconvenientes o que seria possível se existissem peças especiais que já possuem gola, a exemplo do que se encontra noutros países.

Quanto ao assentamento dos peitoris não foi possível fazer a sua verificação, uma vez que a obra se encontrava apenas num estado de desenvolvimento de toscos.

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Nas zonas onde não existem pilares de betão armado, as paredes interiores em tijolo apenas encostam de topo às alvenarias das fachadas. Contudo, devido à pequena extensão dos panos das fachadas, o efeito de contraventamento das paredes interiores não é importante.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

Apenas existe uma junta de dilatação que se situa na separação dos dois edifícios. Não existem a nível das alvenarias quaisquer outras juntas, o que se percebe e aceita face à dimensão dos panos.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não existe qualquer sistema de isolamento térmico complementar.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

Esta correcção foi efectuada de acordo com o projecto ou seja usando "forras" em Leca com 5 cm de espessura. Contudo este isolamento exterior pensado no projecto para ser contínuo, acabou por ser interrompido nas zonas correspondentes às palas exteriores das caixas de estores (ver fotografias).

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As palas das caixas de estores não serão térmicamente isoladas uma vez que a solução prevista no projecto não é exequível. Contudo seriam possíveis outras soluções em alternativa à pala exterior unicamente em betão armado como sejam caixas pré-fabricadas em Leca ou ainda de betão, revestidas exteriormente com as forras de Leca de 5 cm de espessura. Não se prevê também o emprego no interior das caixas de qualquer material de isolamento térmico. As caixas de estores constituirão assim uma perda térmica importante (ver fotografias).

As entregas das palas de betão nas alvenarias adjacentes são demasiado curtas. Deveriam possuir no mínimo, 20cm.

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

Devido à fase em que se encontrava a construção (toscos), não foi possível fazer esta verificação.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

Os acrotérios foram executados com o material previsto no projecto (tijolo cerâmico furado com 11cm de espessura). Foi executado em obra um travamento destes panos de parede constituídos por pilaretes e uma viga cinta apesar de no projecto não existir qualquer pormenor relativo a esta situação (ver Foto.D.1). Não foram contudo executadas juntas de dilatação ao longo dos acrotérios o que seria recomendável de forma a evitar a sua fissuração (tanto mais que não se encontram termicamente isolados).

g) Revestimentos exteriores:

Não foi possível fazer qualquer observação relativa aos revestimentos devido à fase de execução da empreitada.

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas este tipo de anomalias.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observadas este tipo de anomalias.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Apenas se observaram algumas manchas esbranquiçadas localizadas, que em princípio serão atribuíveis à argamassa de assentamento dos blocos (ver Foto.D.3 e D.6). Pensa-se que depois da argamassa se encontrar bem seca e após uma escovagem dessas manchas, as mesmas desaparecerão.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas este tipo de anomalias.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram observadas este tipo de anomalias.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observadas este tipo de anomalias.

j) Reparações já efectuadas:

Não se constatou a existência de reparações já efectuadas.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Comparando os pormenores do projecto de arquitectura com os pormenores dos trabalhos realizados em obra, destacam-se algumas diferenças essencialmente devido à insuficiente pormenorização do projecto, como sejam as palas exteriores das caixas de estores, o travamento dos panos dos acrotérios, a criação em obra de golas para o assentamento das caixilharias, etc.

6.3.4.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

O projecto encontra-se deficientemente executado devido não só à falta de pormenorização e definição dos trabalhos a executar, como também pelo detalhe de trabalhos que não são exequíveis. Um caderno de encargos com condições técnicas de execução é indispensável quando se pretende promover uma boa execução dos trabalhos.

Em obra, os trabalhos foram executados seguindo o projecto onde era possível, introduzindo-se alterações onde parecia necessário, de forma a melhorar o desempenho das fachadas. Contudo, nalgumas situações as alterações não melhoraram o desempenho, antes pioraram, como seja a modificação das palas exteriores das caixas de estores.

6.3.5. OBRAS 5 E 6 – DEZ FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO; QUINZE FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO

Os projectos destas obras são apresentados nos **anexos E** e **F.**

Optou-se pela análise conjunta destas duas obras uma vez que o projectista de arquitectura é o mesmo, os edifícios são do mesmo tipo, as soluções construtivas são semelhantes e as condições técnicas dos cadernos de encargos são iguais.

Na segunda obra apenas se analisa o projecto uma vez que neste momento a empreitada ainda se encontra na fase de execução da estrutura.

6.3.5.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

O tipo de blocos a usar é de betão leve de agregados de argila expandida do tipo "Leca". As espessuras dos blocos são de 30 cm para os panos simples em fachadas e de 5 cm nas forras de pilares, vigas e platibandas. Para outros tipos de paredes, prevê-se o uso de blocos com 15 cm de espessura (associadas a parapeitos de betão) e de 20 cm de espessura em paredes de meação entre blocos.

Não existe qualquer referência quanto à obrigação de existirem documentos de homologação dos produtos (sabendo-se talvez que neste momento ainda não existem documentos deste tipo, para os produtos nacionais).

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

- referência à resistência mecânica às diversas acções a que estará sujeita e ao cumprimento das esbeltezas mínimas;

Análise:

Relativamente à análise dos projectos destas duas obras, constata-se o que já foi observado nos projectos das obras anteriores. Não existe qualquer reflexão quanto à capacidade resistente das fachadas relativamente às acções mecânicas a que estarão sujeitas.

Quanto à esbelteza, o tipo de bloco preconizado para a execução das fachadas garante o valor recomendável de acordo com o que já foi mencionado nas obras anteriores.

A estrutura resistente das platibandas é em betão armado, não desempenhando assim as forras um papel estrutural.

- coeficiente de transmissão térmica obtido e comparação com o coeficiente desejado, em função da qualidade construtiva pretendida;

Análise:

As características dos blocos de alvenaria em causa atendendo ao local das edificações, já foram analisadas na obra 1. A solução preconizada dispensa o emprego de materiais de isolamento térmico suplementares, correspondendo a aplicação de forras com 5 cm de espessura, a uma correcção dupla (de acordo com o RCCTE).

O coeficiente de isolamento térmico obtido para as zonas opacas dos panos correntes é razoável, e está de acordo com o grau genérico da qualidade construtiva pretendida.

- referência à inércia térmica obtida e comparação com a desejada;

Análise:

Como já foi analisado nos projectos anteriores, esta solução construtiva ao mobilizar a capacidade de inércia térmica dos materiais usados na construção das paredes, melhora em geral a inércia térmica global dos edifícios.

Os valores relativos aos factores de amortecimento e de atraso da transmissão das ondas de calor do exterior para o interior dos edifícios, enquadram-se dentro dos valores aceitáves.

- referência ao isolamento ao ruído obtido e comparação com o desejado;

Análise:

Aplicando os materiais previstos nas zonas opacas das fachadas os requisitos regulamentares mínimos não são excedidos.

O isolamento acústico das caixas de estores da obra 6 (ver Fig.F.15) é superior ao do projecto da obra 5 (ver Fig.E.8), uma vez que os seus interiores se encontram isoladas por um maciço em betão de maior espessura. Neste último projecto mais recentemente elaborado,

existe também a intenção de colocar pelo interior das caixas de estores um isolamento térmico/acústico que melhore o seu desempenho.

Quanto às caixilharias, a eficácia do isolamento variará com o tipo de vidro a ser empregue e a qualidade de vedação das mesmas.

- referência à resistência ao fogo obtida e comparação com a desejada;

Análise:

Os materiais empregues na execução das fachadas são da classe M0. A classe corta-fogo conseguida é superior ao exigido nos regulamentos em vigor.

- referências à estanquidade à água; solução construtiva prevista no projecto (incluindo espessura) "versus" a conveniente;

Análise:

A zona climática correspondente à localização destes edifícios é considerada muito severa no que respeita à pluviosidade. Neste sentido, as fachadas têm de garantir a estanquidade à penetração das águas da chuva. O conjunto dos materiais que impedem o aparecimento da humidade nos paramentos interiores das fachadas, são os blocos de Leca com 30cm de espessura e os revestimentos exteriores constituídos por um reboco de regularização sobre o qual será aplicada "monomassa".

Apesar de para esta exposição à água ser aconselhável um revestimento de estanquidade e não de impermeabilização como o proposto, admite-se que, se bem executado, o proposto possa ter um desempenho aceitável.

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

A falta do projecto de betão armado impede a observação deste parâmetro. No entanto, ambos os projectos de arquitectura prevêem a existência de vigas de fundação das fachadas com dimensões generosas.

Contudo, enquanto o projecto da obra 5 prevê, correctamente, que a viga de fundação sobressaia alguns centímetros do terreno (Fig.E.8), no projecto da obra 6 o nível exterior do terreno encontra-se acima, o que será de evitar a fim de minimizar o aparecimento de humidade na zona inferior das paredes (Fig.F.15).

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

A argamassa de assentamento prevista é bastarda com a dosagem de 150 a 225kg de cimento adicionada de 200 a 125kg de cal apagada por m³ de areia seca o que se aproxima das dosagens recomendadas (ver 3.3.1.2.3).

A especificação da espessura máxima das juntas em 1cm é importante como forma de assegurar algumas características das alvenarias como seja o seu coeficiente de isolamento térmico.

e) Tipos de perfis de juntas previstos para a execução de alvenarias aparentes; adequação aos perfis recomendados;

Análise:

Não aplicável pelo facto de as alvenarias não serem aparentes.

f) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

O isolamento das pontes térmicas é nos dois projectos efectuado pelo exterior com "forras" de 5 cm de espessura executadas com o mesmo material que constitui os blocos das alvenarias. Desta forma, toda a estrutura é forrada com um material que como já foi anteriormente afirmado, confere uma correcção dupla (ver Fig.E.8, E.9, E.15, E.16, F.2, F.10, F.14, F.15 e F.16).

Contudo, as forras possuem uma estrutura diferente dos blocos, pois enquanto estes são perfurados, as forras são maciças. Levanta-se assim a questão de saber se o comportamento das mesmas com a variação da temperatura exterior é semelhante ao dos blocos. Será assim conveniente prever o reforço dos revestimentos nessas zonas com armadura.

Também não se encontra previsto o modo de fixação das forras, ficando ao critério do empreiteiro a sua aplicação.

O isolamento térmico na zona das caixas de estores encontra-se melhor especificado na obra 6 (mais recente) do que na obra 5, pelo facto de se prever um isolamento pelo interior das caixas e da parte frontal das mesmas estar na sua maior parte protegida pela estrutura e pelas forras (ver Fig.E.8 e Fig.F.15).

g) Isolamento à subida por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

Apenas se prevê nas partes escritas que a primeira fiada de blocos será assente sobre argamassa hidrofugada. Esta barreira, não sendo estanque, poderá não evitar por completo o aparecimento de humidade no paramento interior das alvenarias junto ao solo.

Deveria aparecer também nos pormenores desenhados uma menção a este trabalho de forma a que em obra não seja facilmente esquecido e se dê a devida relevância ao mesmo.

h) Forma de execução de lintéis / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

Como já foi referido, prevê-se nos desenhos da obra 6 a aplicação de um material pelo interior das caixas de estores que provavelmente será de isolamento térmico e/ou acústico. Contudo, não aparece qualquer outra referência a esse trabalho.

Na obra 5, não só não se prevê esse trabalho como também não se prevê o isolamento pelo exterior sendo a caixa de estores apenas pré-fabricada em betão armado. Também não existe qualquer referência quanto ao modo de apoio destas caixas nem quanto à sua entrega nas alvenarias adjacentes.

i) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

As partes escritas referem de forma sumária a execução deste trabalho nos vãos, não explicitando contudo qual o comprimento dos reforços nem as características exactas dos mesmos.

Estes reforços deveriam estar representados nas peças desenhadas de pormenorização dos vãos.

j) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Não se encontram previstas (ver Fig.E.15 e F.8).

k) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

É mencionado nas partes escritas que o travamento dos panos de parede aos pilares de betão armado deverá ser executado por intermédio de grampos, sem contudo se especificarem as suas características, o modo de execução e o seu número.

l) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

As juntas existentes são estruturais, não existindo juntas específicas para as alvenarias (o que faz sentido atendendo às dimensões dos panos de paredes confinados pela estrutura). As duas juntas situam-se aproximadamente a meio do comprimento das duas maiores fachadas do edifício, desenvolvendo-se em toda a altura do mesmo (incluindo platibandas). Estas juntas serão suficientes de forma a que se cumpra o previsto no REBAP quanto às distâncias máximas entre juntas.

m) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

Sendo as coberturas inclinadas executadas de forma tradicional com telha cerâmica e as lajes de esteira isoladas termicamente, não se justifica em princípio a realização de dispositivos especiais na ligação às fachadas.

As platibandas são em betão armado, revestidas exteriormente com as "forras" "Leca" de 5 cm de espessura.

n) Forma de remate dos blocos nos cunhais e nos vãos; modo de evitar que os furos dos blocos permaneçam virados para o exterior;

Análise:

Pelo facto dos blocos serem perfurados, esta questão torna-se irrelevante.

o) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

Devido ás forras possuírem 5 cm de espessura, os blocos encontram-se salientes da estrutura desse valor, sendo consequentemente a largura de apoio dos blocos suficiente (superior a 2/3 da sua espessura).

p) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

No projecto da obra 5 prevê-se a execução de golas na própria alvenaria de forma a que a vedação da caixilharia seja optimizada. Em obra esta tarefa seria facilitada se o fornecedor dos blocos "Leca" dispusesse de peças de remate deste tipo (ver Fig.E.8, E.15, E.16). Na obra 6 estes rebaixos a existirem, serão executados com a própria argamassa de regularização (ver Fig.F.14 e F.16). A primeira situação, embora mais difícil de executar é preferível à segunda, pois esta por vezes resulta na fissuração e destacamento das "placas" de argamassa como já anteriormente foi mencionado.

O modo de calafetagem da caixilharia e os materiais empregues na sua realização não aparecem descritos.

O modo de assentamento dos peitoris não aparece descrito, não se prevendo assim a colocação de uma barreira estanque entre eles e a alvenaria.

q) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

É fixado como limite máximo na execução das alvenarias 5 mm no desvio dos alinhamentos e verticalidade. Não é contudo referido sobre que comprimentos esse desvio é admissível.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) No caso de revestimento não tradicional, descrição exacta do tipo de revestimento de acordo com as suas características e não pela designação comercial; referência a documentos de homologação caso o revestimento seja não tradicional; pormenorizações de execução escritas e desenhadas; preparação do suporte;

Análise:

O revestimento final preconizado para ambas as empreitadas é em "monomassa", fazendo-se menção a uma marca de produtos de forma a servir de referência. É exigido o documento

de homologação do produto a usar de forma a que existam garantias não só da qualidade do material, como também da forma como deve ser efectuada a sua aplicação.

São fixados nas peças escritas alguns dos principais critérios de aplicação deste tipo de produtos e do estado do suporte sobre o qual serão aplicados.

Prevê-se a aplicação da monomassa sobre um reboco de cimento de regularização. Este reboco poderá ser evitado desde que a estrutura e os panos de alvenaria fiquem devidamente desempenados e aprumados. Deverá assim ser considerado como um recurso para desempeno dos panos e não como fazendo parte do sistema base.

b) Especificação das dosagens e das características das diversas camadas dos rebocos tradicionais, bem como dos materiais constituintes; pormenorização da execução escrita e desenhada; adequação do especificado relativamente ao aconselhado; preparação do suporte;

Análise:

Não existe qualquer referência quanto à especificação deste trabalho. Apenas se menciona que a monomassa será aplicada sobre um reboco de argamassa de cimento e areia com acabamento areado. A sua constituição deveria ser apropriada a um revestimento com monomassa.

c) Especificação das características das armaduras de transição entre materiais diferentes; larguras das bandas das armaduras e modo de aplicação;

Análise:

É mencionado que na transição entre materiais de suporte diferentes (incluindo na ligação entre os blocos e as "forras"), serão aplicadas linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro (sem especificar as suas características).

Não são especificadas as larguras das bandas nem o modo de execução do trabalho.

d) Especificação das características das armaduras de reforço dos revestimentos nas zonas dos vãos; especificação das suas dimensões e modo de aplicação;

Análise:

É mencionado de uma forma abstracta que as bandas indicadas no ponto anterior serão também aplicadas nos cantos envolventes dos vãos (sem qualquer outra indicação).

e) fixação de tolerâncias no que respeita ao rigor de execução tais como a planeza das superfícies, rectidão de arestas, diferenças de tonalidade, etc.:

Análise:

São fixados alguns parâmetros quanto aos desvios de ortogonalidade, de verticalidade e de desempeno. Não existem para os desvios de ortogonalidade parâmetros de referência suficientes.

Apesar de não serem referidos todos os parâmetros possíveis, os indicados são um avanço relativamente a outros projectos em que nada é dito relativamente a este assunto.

6.3.5.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Nesta parte da análise das obras apenas é focada a obra 5 pois a obra 6 ainda se encontrava na fase de estruturas.

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Dez fogos para habitação social na orla costeira a norte do Porto.*

b) Dimensão: *Um edifício de dimensões aproximadamente de 50m x 11m, com 7,5m de altura.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifício para habitação colectiva constituído por dez apartamentos Duplex (R/C e 1º Piso).*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Junho de 2000.*

b) Endereço: *Orla costeira a norte do Porto.*

c) Tipo de edifício: *Habitação a custos controlados.*

d) Data de execução: *Conclusão em Outubro de 2000.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de limpos.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Foram usados os blocos fornecidos pela firma "Pavileca" de betão com grânulos de argila expandida.

- Dimensões dos blocos:

Nas fachadas foram usados os blocos previstos no projecto ou seja em geral blocos perfurados com 30 cm de espessura e forras a revestir exteriormente a estrutura, com 5 cm de espessura (segundo informações prestadas pelo encarregado da obra).

- Modo de assentamento:

Ao cutelo, sem preenchimento das juntas verticais com argamassa devido ao sistema de encaixe que estes blocos possuem (segundo informações prestadas pelo encarregado da obra).

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Posicionamento na estrutura (saliente; aprumada):

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Foram executadas nos próprios blocos, as golas previstas no projecto, ficando assim o sistema de vedação esmagado entre os caixilhos e esses rebaixos. Os peitoris foram

executados com a configuração prevista no projecto, ficando à face das ombreiras dos vãos (o que seria de evitar).

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As duas juntas de dilatação existentes situam-se no local indicado no projecto (ver Fig.E.2, E.3 e Foto.E.1 e E.2). A vedação das mesmas será executada por cordão de mastique de qualidade ainda indefinida.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não existente, de acordo com a solução construtiva preconizada.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

Constatou-se no local que as caixas de estores foram executadas com palas em betão armado pré-fabricadas no local (Foto.V.7), ao contrário do que aparece desenhado no projecto (caixas inteiramente pré-fabricadas). Esta alternativa construtiva se bem que aparentemente mais económica, tecnológica e estruturalmente é pior.

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

Foi cumprido o previsto no projecto, sendo a vedação com mastique (não sendo possível verificar integralmente o modo de colocação) de qualidade indefinida.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

Não foi possível verificar pelo facto do edifício se encontrar na fase de acabamentos.

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

Na altura da deslocação ao local, apenas estavam revestidas exteriormente as fachadas com o reboco de regularização previsto no projecto.

- Espessuras e modo de execução:

Não foi possível fazer esta verificação pois o trabalho já se encontrava terminado.

- Remates junto a arestas:

Não foram usadas quaisquer cantoneiras (como é procedimento usual).

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas situações deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Foram detectadas no exterior das fachadas ao nível das paltibandas das coberturas, uma série de fissuras localizadas com largura significativa, atravessando toda a espessura das mesmas. Essas fissuras aparecem sobretudo de uma forma ritmada ao longo do comprimento da fachada virada a Sul (Foto.E.1 e E.2).

Essas fissuras dever-se-ão à falta de juntas de dilatação suplementares ao longo das platibandas que minorem as tensões originadas pelas dilatações e contracções dos materiais que as constituem (ver 2.2.5). Esta patologia será imputável ao projecto que não previu as referidas juntas.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observadas situações deste género.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram observadas situações deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Foram observadas algumas fissuras capilares que em princípio dirão respeito apenas a fenómenos de retracção do revestimento interior das paredes (reboco estanhado).

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não foram observadas situações deste género.

j) Reparações já efectuadas:

Foram reparadas as fissuras das platibandas colmatando-as com argamassa de cimento. Pensa-se que esta reparação de nada servirá porque com as variações de temperatura as fissuras voltarão a abrir. Será necessário executar juntas de dilatação suplementares e colmatá-las com produtos estanques à água da chuva.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Do que foi possível verificar, a maior disparidade surge na execução das caixas de estores que estando previstas serem integralmente pré-fabricadas foram improvisadas com palas de betão armado pré-fabricadas em obra.

l) Notas:

Esta visita foi efectuada após alguns meses de intensas chuvadas não se verificando nos paramentos interiores das fachadas, quaisquer manchas resultantes de humidades.

6.3.5.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Da análise dos projectos das obras 5 e 6 verifica-se que comparativamente a outros projectos já analisados existe um maior cuidado quer na pormenorização quer na descrição dos trabalhos complementares à execução das alvenarias da envolvente exterior. Nota-se que houve a preocupação em estudar de forma mais aprofundada este tipo de alvenarias. Ainda

assim existem ao nível do projecto algumas insuficiências importantes de informação deixando ao cuidado do empreiteiro a resolução dessas situações.

Da visita à obra não se constataram patologias significativas, para além das fissuras nas platibandas das coberturas. Alterações às caixas de estores tal como estavam definidas no projecto, não deveriam ser admissíveis.

6.3.6. OBRA 7 – MORADIAS GEMINADAS SITUADAS NO GRANDE PORTO

O projecto desta obra é apresentado no **anexo G.**

6.3.6.1 Apreciação da qualidade da parede exterior ao nível da concepção

ALVENARIAS:

a) Descrição correcta do material a aplicar na execução das fachadas e especificação das suas dimensões (nomeadamente a espessura); necessidade de especificação de documentos de homologação do produto.

Análise:

Apenas é referido no projecto de licenciamento que serão usados na construção das fachadas, blocos do tipo "Leca" com 30 cm de espessura. A estrutura será forrada com forras de 5 cm de espessura. Este tipo de solução construtiva por já ter sido tratada em obras anteriormente analisadas, não será aqui comentada. A forma de executar os trabalhos não é referida e não existem pormenores de execução das alvenarias.

Apenas nas plantas aparece a intenção de revestir a estrutura, passando parte da alvenaria pelo seu exterior.

b) Verificação da conformidade da fachada relativamente às principais exigências funcionais:

O comportamento desta solução construtiva face ás exigências funcionais já foi analisado em obras anteriores. No projecto nada é referido no que respeita a este assunto.

c) Fundação prevista para o arranque das fachadas e respectivas dimensões;

Análise:

As dimensões previstas no projecto para as fundações, parecem ser à partida suficientes, mesmo se o solo for fraco. (ver 3.3.1.3.1).

d) Tipo de argamassa ou de cola de assentamento previsto; definição da espessura máxima das juntas;

Análise:

Não se encontra previsto no projecto.

e) Tipos de perfis de juntas previstos para a execução de alvenarias aparentes; adequação aos perfis recomendados;

Análise:

Não se encontra previsto.

f) Pormenores construtivos relativos ao isolamento das pontes térmicas; modo de execução e tipo de material empregue; avaliação da sua eficácia;

Análise:

Não existem nenhuns pormenores, embora nas plantas de arquitectura se preveja o revestimento da estrutura com forras "Leca".

g) Isolamento à subida por capilaridade da água do solo; modo de execução;

Análise:

Não se encontra previsto.

h) Forma de execução de lintéis / caixas de estores; pormenorização; existência ou não de isolamentos térmicos e/ou acústicos nas caixas de estores; larguras de apoio e eventuais fixações suplementares;

Análise:

Os cortes de arquitectura não prevêem quaisquer isolamentos térmicos ou acústicos das caixas de estores. Não são fornecidos pormenores relativamente a estes elementos construtivos.

i) Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descargas de cargas concentradas:

Análise:

Não se encontram previstos.

j) Modo de execução das ligações das paredes interiores com as paredes exteriores;

Análise:

Não se encontram previstos.

k) Execução de travamentos à estrutura; distâncias dos travamentos; modo de execução das ligações;

Análise:

Não se encontram previstos.

l) Existência de juntas de dilatação e de contracção; distâncias entre juntas e modo de execução;

Análise:

Não se justificam dadas as dimensões dos panos de parede.

m) Modo de ligação das coberturas em terraço às paredes de fachada; disposições técnicas que minimizem a fissuração das fachadas;

Análise:

Não se encontram previstas embora uma parte da cobertura seja em terraço.

n) Forma de remate dos blocos nos cunhais e nos vãos; modo de evitar que os furos dos blocos permaneçam virados para o exterior;

Análise:

Não se encontram previstas quaisquer medidas relativamente a este assunto.

o) Verificação da largura mínima de apoio da alvenaria na estrutura portante nos casos em que a mesma se encontra saliente da estrutura;

Análise:

Os pormenores de arquitectura não são suficientemente esclarecedores, embora se deduza que as alvenarias ficarão salientes cinco centímetros (largura das forras).

p) Posicionamento das caixilharias nas alvenarias e pormenorizações de assentamento; modos previstos de calafetagem (incluindo materiais);

Análise:

Nada é referido acerca deste assunto. Nos desenhos de arquitectura não se encontram previstas golas nos vãos para a fixação das caixilharias.

q) Fixação de tolerâncias na execução das alvenarias (defeitos das superfícies; rectidão das arestas; planeza das superfícies, etc.);

Análise:

Nada é referido relativamente a este assunto.

REVESTIMENTOS EXTERIORES:

a) Especificação das dosagens e das características das diversas camadas dos rebocos tradicionais, bem como dos materiais constituintes; pormenorização da execução escrita e desenhada; adequação do especificado relativamente ao aconselhado; preparação do suporte;

Análise:

As fachadas serão revestidas exteriormente por um reboco tradicional, com acabamento pintado. Não existem quaisquer pormenores relativamente a estes trabalhos.

b) Especificação das características das armaduras de transição entre materiais diferentes; larguras das bandas das armaduras e modo de aplicação;

Análise:

Não existem pormenores relativamente a este assunto.

c) Especificação das características das armaduras de reforço dos revestimentos nas zonas dos vãos; especificação das suas dimensões e modo de aplicação;

Análise:

Não existem pormenores relativamente a este assunto.

d) Descrição do esquema de pintura preferencialmente de forma exigencial e não por designação comercial do produto; compatibilidade com as exigências funcionais das paredes; preparação do suporte; modo de aplicação;

Análise:

Não existem pormenores relativamente a este assunto.

e) Fixação de tolerâncias no que respeita ao rigor de execução tais como a planeza das superfícies, rectidão de arestas, diferenças de tonalidade, etc.:

Análise:

Não existem pormenores relativamente a este assunto.

6.3.6.2 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Moradias geminadas situadas no Grande Porto.*

b) Dimensão: *Quatro vivendas.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Vivendas geminadas em banda, constituídas por Cave, Rés-do-chão e Andar.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Junho de 2000.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Vivenda situada numa das extremidades da banda.*

d) Data de execução: *Conclusão em finais de 2000.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura porticada de betão armado sendo as lajes de vigotas pré-esforçadas. As lajes em consola são em betão armado.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Blocos "Leca" com 30 cm de espessura, sendo a estrutura (pilares, vigas e topos de lajes) forrada com forras do mesmo material com 5cm de espessura.

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível observar o tipo de argamassa utilizado.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

As juntas apresentam um aspecto regular e os blocos encontram-se devidamente assentes. Não foi executada a interrupção aconselhada nas juntas horizontais dos blocos. As juntas verticais não se encontram argamassadas, de acordo com o sistema de encaixe dos blocos.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível observar esta situação devido ao avançado estado de execução da empreitada.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi executada nenhuma ligação específica para além do salpico das superfícies de betão.

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

As alvenarias das fachadas encontram-se balançadas 5 cm de forma a que se mantenha o aprumo das mesmas depois de assentes as forras da estrutura.

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Pelo facto dos peitoris não se encontrarem ainda assentes, não foi possível fazer esta verificação. Contudo, de acordo com o pormenor da Foto. G.2 havendo uma sobreposição do revestimento das fachadas aos peitoris resultará que o comprimento dos peitoris seja ligeiramente superior ao dos vãos.

Não se encontra previsto nas alvenarias qualquer gola para a fixação das caixilharias o que não é de modo nenhum recomendável (ver Foto. G.2 e G.6).

- Modo de execução de remates com as paredes interiores e nos cunhais:

Esta questão não se põem com premência pelo facto desses encontros se darem essencialmente nas zonas onde se encontram pilares de betão armado. Nos restantes locais, o encontro faz-se por penetração do tijolo nos blocos (no caso de paredes interiores) e por cruzamento das fiadas dos blocos nos cunhais das fachadas, seguindo-se assim os procedimentos recomendáveis.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação existentes são apenas as que separam as paredes de empena entre as vivendas. Não se justifica a criação de outras juntas atendendo às dimensões dos edifícios e dos panos de alvenarias.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não existe qualquer sistema suplementar de isolamento térmico das fachadas, para além do conferido pelos blocos das alvenarias.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

Segundo a informação prestada em obra, a correcção foi executada com forras "Leca" maciças de 5 cm de espessura, coladas com argamassa à estrutura (procedimento já anteriormente classificado de desaconselhável).

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As caixas de estores são pré-fabricadas em betão. Não existe qualquer correcção térmica das mesmas quer interiormente quer exteriormente. As forras da estrutura não se prolongam no seu recobrimento embora tal fosse possível (ver Foto. G.6).

As larguras de apoio são as recomendadas, exceptuando nos apoios nos pilares em que a largura é apenas a do recobrimento das armaduras (ver Foto. G.4 e G.7)

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

As caixilharias não se encontravam ainda assentes na altura da visita.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

As pequenas platibandas existentes nas coberturas foram executadas apenas em tijolo de 20 cm de espessura, colado às lajes com argamassa de cimento. Embora as alturas sejam diminutas, será de recear alguma fissuração ao longo das juntas de ligação com as lajes.

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

As fachadas foram revestidas exteriormente com argamassa de cimento não sendo possível constatar a sua constituição e modo de execução. O aspecto do acabamento do reboco nalgumas fachadas, é pouco uniforme (ver Foto. G.3). Após a pintura, essas imperfeições salientar-se-ão ainda mais.

Foi transmitida na obra a informação de que foram usadas redes de fibra de vidro na ligação entre materiais de suporte diferentes, embora fossem desconhecidas as suas características.

- Remates junto a arestas:

Não foram usadas quaisquer cantoneiras de reforço nestas zonas (o que constitui prática corrente).

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram verificados fenómenos deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Nalgumas zonas dos rebocos, aparecem disseminadas pequenas fissuras capilares que deverão ter origem ou no tipo de argamassa empregue, ou nas condições de aplicação. Contudo não são preocupantes, uma vez que em princípio não atravessam o reboco em toda a sua profundidade.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Durante a visita não foram visíveis manchas com esta origem.

- Outras:

Como já atrás foi mencionado, o aspecto superficial do reboco (areado) não está uniforme nalgumas zonas levando a crer que a granulometria do agregado usado na última camada não foi a mais indicada, ou que a operação de arear o revestimento foi mal conduzida.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não se detectaram quaisquer anomalias.

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram constatadas.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Na altura da visita, os rebocos interiores ainda se encontravam por realizar. Porém, a base do seu assentamento encontrava-se em perfeitas condições.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

No paramento interior dos blocos "Leca" não se constataram quaisquer manchas atribuíveis a estas origens, apesar da chuva intensa que ocorreu nos dias que antecederam a visita.

j) Reparações já efectuadas:

Tanto quanto foi possível observar, nenhuma reparação de fundo teria sido executada.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Pelo facto de o projecto ser apenas de licenciamento, faltando toda a pormenorização correspondente à execução da obra, esta foi realizada de acordo com os parcos pormenores existentes nesses desenhos e segundo as indicações que foram sendo prestadas ao empreiteiro, durante a realização da empreitada.

6.3.6.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Como já foi realçado, o projecto existente é apenas o de licenciamento. A pormenorização respeitante à execução das fachadas é inexistente, faltando as indicações necessárias que garantam a qualidade de execução das mesmas.

Apesar de todos os condicionalismos impostos pela falta de pormenorizações respeitantes quer às alvenarias quer aos revestimentos exteriores, a obra não aparenta patologias relevantes, não se encontrando vestígios de humidade nos paramentos interiores das fachadas, nem fissurações nos blocos de alvenaria. Porém, a avaliação correcta do comportamento das fachadas só poderá ser feita quando a obra se encontrar habitada.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Na altura da visita, os rebocos interiores ainda se encontravam por realizar. Porém, a base do seu assentamento encontrava-se em perfeitas condições.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

No paramento interior dos blocos "Leca" não se constataram quaisquer manchas atribuíveis a estas origens, apesar da chuva intensa que ocorreu nos dias que antecederam a visita.

j) Reparações já efectuadas:

Tanto quanto foi possível observar, nenhuma reparação de fundo teria sido executada.

k) Confronto entre a especificação de projecto e o observado em obra:

Pelo facto de o projecto ser apenas de licenciamento, faltando toda a pormenorização correspondente à execução da obra, esta foi realizada de acordo com os parcos pormenores existentes nesses desenhos e segundo as indicações que foram sendo prestadas ao empreiteiro, durante a realização da empreitada.

6.3.6.3 Apreciação final a partir da análise da concepção e da visita à obra

Como já foi realçado, o projecto existente é apenas o de licenciamento. A pormenorização respeitante à execução das fachadas é inexistente, faltando as indicações necessárias que garantam a qualidade de execução das mesmas.

Apesar de todos os condicionalismos impostos pela falta de pormenorizações respeitantes quer às alvenarias quer aos revestimentos exteriores, a obra não aparenta patologias relevantes, não se encontrando vestígios de humidade nos paramentos interiores das fachadas, nem fissurações nos blocos de alvenaria. Porém, a avaliação correcta do comportamento das fachadas só poderá ser feita quando a obra se encontrar habitada.

6.3.7. OBRAS DIVERSAS

No **anexo H**, são apresentadas de forma genérica as reportagens fotográficas referentes a três obras, para as quais não foi possível obter os respectivos projectos. Devido quer à falta desses projectos, quer à pouca disponibilidade dos representantes dos empreiteiros nessas obras para nos acompanharem durante a visita, não foi possível colher alguns esclarecimentos fundamentais para a análise crítica acerca do modo de execução das fachadas desses edifícios. Deste modo, no que respeita a essas obras, são apenas tiradas algumas ilações de carácter geral.

6.3.7.1. OBRA 8 – MORADIAS SITUADAS NO GRANDE PORTO

6.3.7.1.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Moradias em banda situadas no Grande Porto.*

b) Dimensão: *Oito moradias.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Vivendas geminadas, constituídas por R/Chão, 1º Andar e Desvão na cobertura.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Julho de 2000.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Vivenda situada numa das extremidades da banda.*

d) Data de execução: *Julho de 2000.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura porticada de betão armado sendo as lajes de vigotas pré-esforçadas. As lajes em consola são em betão armado.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de blocos usados:

Blocos "Leca" com 30 cm de espessura, sendo a estrutura (pilares, vigas e topos de lajes) revestida com forras do mesmo material com 5 cm de espessura.

- Execução de remates nos vãos (peitoris; rebaixes; etc.):

Os peitoris são constituídos por chapas lisas em mármore, sem inclinação na sua face superior (o que contraria as boas regras de execução).

A gola respeitante à fixação das caixilharias é executada pelo próprio reboco, que ao dobrar nos enquadramentos dos vãos faz o respectivo remate.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação existentes são apenas as que separam as paredes de empena entre as vivendas. Não se justifica a criação de outras juntas, atendendo às dimensões dos edifícios e dos panos de alvenarias.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

Não existe qualquer sistema suplementar de isolamento térmico das fachadas, para além do conferido pelos blocos das alvenarias.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

Segundo a informação prestada em obra, a correcção foi executada com forras "Leca" maciças de 5 cm de espessura, coladas com argamassa à estrutura.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As caixas de estores são pré-fabricadas em betão. Não existe qualquer correcção térmica das mesmas quer interiormente quer exteriormente. As forras não se prolongam no seu recobrimento embora tal fosse possível (ver Foto. H.1).

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

As caixilharias assentam directamente nas alvenarias e nos peitoris em mármore. A gola para a sua vedação é executada pelo revestimento exterior.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

As pequenas platibandas existentes nas coberturas foram executadas apenas em tijolo de 7 cm de espessura, colado às lajes com argamassa de cimento. Embora as alturas sejam diminutas, será de recear alguma fissuração ao longo das juntas de ligação com as lajes (ver Foto.H.1e H.2).

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

As fachadas foram rebocadas exteriormente com argamassa de cimento com acabamento areado e pintado, não sendo possível constatar a sua constituição e modo de execução. O aspecto do acabamento do reboco e da pintura é uniforme.

Foi transmitida na obra a informação de que foram usadas redes de fibra de vidro na ligação entre materiais de suporte diferentes, embora fossem desconhecidas as suas características.

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram verificados fenómenos deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram verificados fenómenos deste género.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Durante a visita não foram visíveis manchas com esta origem.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram constatadas.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram constatadas.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Não se verificaram quaisquer manchas, exceptuando no sótão em que eram visíveis alguns bolores. Esta situação dever-se-á à falta de ventilção do compartimento, uma vez que este se encontrava totalmente encerrado sem que houvesse circulação de ar.

j) Reparações já efectuadas:

Tanto quanto foi possível observar, nenhuma reparação de fundo teria sido executada.

6.3.7.1.2 Conclusões da visita à obra

Não se vislumbraram problemas de maior. Algumas situações deveriam contudo ser melhor acauteladas, tais como os peitoris das janelas, a execução das pequenas platibandas nas coberturas, etc. Salvaguarda-se que não foi possível constatar a execução ou não, de alguns pormenores construtivos que podem fazer a diferença relativamente à ocorrência mais tarde, de patologias de construção.

6.3.7.2. OBRA 9 – URBANIZAÇÃO CONSTITUÍDA POR EDIFÍCIOS SITUADOS NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO

6.3.7.2.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Urbanização constituída por edifícios situados na orla marítima do grande Porto.*

b) Dimensão: *Quatro edifícios.*

c) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifícios geminados de habitação colectiva, com 10 pisos.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Fevereiro de 2001.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Edifício destinado à habitação.*

d) Data de execução: *Conclusão em finais de 2001.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura porticada de betão armado sendo as lajes de vigotas pré-esforçadas. As lajes em consola, são em betão armado.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de tijolo usado:

Tijolo cerâmico perfurado de comportamento térmico melhorado, com 24cm de espessura (de origem espanhola).

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível constatar o tipo de argamassa produzido.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

As juntas apresentam um aspecto regular e os blocos encontram-se devidamente assentes. Foi executada uma interrupção da argamassa nas juntas horizontais dos blocos. As juntas verticais não se encontram argamassadas, de acordo com o sistema de encaixe dos blocos.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível observar esta situação devido ao avançado estado de execução da empreitada.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

Não foi executada nenhuma ligação específica para além do salpico das superfícies de betão.

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

As alvenarias das fachadas encontram-se aprumadas com a estrutura (ver Fotos H.5 e H.6).

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Devido ao estado de execução da empreitada, não foi possível verificar esta situação.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação existentes são apenas as estruturais. Não se justifica a criação de outras juntas, atendendo às dimensões dos panos de alvenaria.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

A complementar o isolamento térmico garantido pelo próprio tijolo cerâmico, todos os paramentos exteriores (incluindo a estrutura) são revestidos com 3 cm de espessura de poliuretano projectado.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

A correcção das pontes térmicas é executada pelo poliuretano projectado que reveste em contínuo o paramento exterior das alvenarias (ver Foto. H.7 e H.9). Salienta-se contudo que nalguns locais, para além da espessura desse material ser pouco regular, encontrava-se já muito alterado devido à incidência directa do Sol.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As padieiras para a execução das caixas de estores são pré-fabricadas, de acordo com o sistema proposto pelo fabricante do tijolo. As larguras de apoio são as recomendadas.

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

As caixilharias não se encontravam ainda assentes na altura da visita.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

As platibandas existentes nas coberturas são executadas em betão armado. Não existem nestes elementos outras juntas de dilatação, para além das constatadas na estrutura (o que será contraproducente).

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

Após a aplicação do poliuretano projectado, as fachadas serão revestidas com placas de granito seguras por intermédio de gatos em aço inoxidável, chumbados ao tijolo. As placas de pedra ao garantirem uma caixa de ar livre entre as mesmas e o poliuretano, fazem com que este revestimento seja considerado de estanquidade (Ver Foto. H.7, H.8 e H.9).

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram verificados fenómenos deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram verificados no tijolo, fenómenos deste género.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Durante a visita, não eram visíveis manchas com esta origem.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram constatadas.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Na altura da visita, os rebocos interiores ainda se encontravam por realizar. Porém, a base do seu assentamento encontrava-se em perfeitas condições.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

No paramento interior dos tijolos, não se constataram quaisquer manchas com estas origens, apesar da chuva intensa que ocorreu nos meses que antecederam a visita.

j) Reparações já efectuadas:

Tanto quanto foi possível observar, nenhuma reparação de fundo teria sido executada.

6.3.7.2.2 Conclusões da visita à obra

Esta obra foi visitada numa fase em que as fachadas se encontravam ainda em tijolo, iniciando-se nalguns locais a aplicação do poliuretano projectado e o revestimento com as placas de pedra natural. Neste contexto, qualquer apreciação acerca do desempenho das fachadas é prematuro.

O poliuretano projectado encontrava-se nalguns locais já muito queimado pelo Sol o que faz diminuir as suas capacidades de isolamento.

Talvez como conclusão principal da visita efectuada a esta obra, será a de que a solução das paredes em pano simples apenas existe nas fachadas revestidas a placagem de pedra natural. Nas restantes, revestidas a "monomassa", apesar de poderem ser realizadas em pano simples com o mesmo tipo de tijolo, são executadas em pano duplo. Conclui-se deste facto, que ou existe um desconhecimento por parte dos projectistas das possibilidades tecnológicas dos materiais que advogam para as suas obras, ou optam por jogar pelo seguro, em função dos hábitos construtivos já há muito adquiridos.

6.3.7.3. OBRA 10 – EDIFÍCIO SITUADO NA ORLA MARÍTIMA DO GRANDE PORTO

6.3.7.3.1 Apreciação "in situ" da qualidade de execução e do desempenho

Caracterização do empreendimento:

a) Designação da obra: *Edifício situado na orla marítima do grande Porto.*

b) Tipos de edifícios do empreendimento (edifícios em torre ou em banda, de utilização colectiva ou unifamiliar) e número de pisos: *Edifício de habitação colectiva, com 7 pisos.*

Identificação e análise da obra:

a) Data da visita: *Março de 2001.*

b) Endereço: *Grande Porto.*

c) Tipo de edifício: *Edifício destinado à habitação.*

d) Data de execução: *Conclusão em finais de 2001.*

e) Descrição da estrutura (estrutura reticulada; estrutura laminar; alvenarias resistentes, etc.):

Estrutura porticada de betão armado sendo as lajes de vigotas pré-esforçadas. As lajes em consola, são em betão armado.

f) Descrição das alvenarias da envolvente exterior:

- Tipo de Tijolo usado:

Tijolo cerâmico perfurado de comportamento térmico melhorado, com 19 cm de espessura (de origem espanhola).

- Argamassa de assentamento:

Não foi possível constatar o tipo de argamassa produzido.

- Qualidade da execução das juntas entre blocos (bem preenchidas; uniformidade; espessuras; perfis; etc.) :

As juntas apresentam um aspecto regular e os blocos encontram-se devidamente assentes. Foi executada uma interrupção da argamassa nas juntas horizontais dos blocos (ver Foto.

H.16). As juntas verticais não se encontram argamassadas, de acordo com o sistema de encaixe dos blocos.

- Tipo de fundação da parede exterior ao nível do solo:

Não foi possível observar esta situação devido ao avançado estado de execução da empreitada.

- Ligação à estrutura (modo e localização):

A ligação é efectuada aos pilares de betão armado, por intermédio de chapas embebidas nas juntas horizontais dos tijolos (de três em três fiadas), pregadas aos pilares (ver Foto. H.15).

- Posicionamento relativamente à estrutura (saliente; aprumada):

As alvenarias das fachadas encontram-se aprumadas com a estrutura (ver Foto. H.10).

- Forma de execução dos remates nos vãos (peitoris; rebaixos; etc.):

Devido ao estado de execução da empreitada, não foi possível verificar esta situação.

- Localização e modo de execução das juntas de dilatação e de contracção (espessuras e vedação):

As juntas de dilatação existentes são apenas as estruturais. Não se justifica a criação de outras juntas, atendendo às dimensões dos panos de alvenaria.

- Localização de isolamento térmico (tipo, espessura e modo de assentamento):

A complementar o isolamento térmico facultado pelo próprio tijolo cerâmico, todos os paramentos exteriores (incluindo a estrutura) serão revestidos com 3cm de espessura de placas de poliestireno extrudido.

- Correcção de pontes térmicas (tipo de material e modo de execução):

A correcção das pontes térmicas é executada pelas placas de poliestireno extrudido que revestirão em contínuo o paramento exterior das alvenarias.

- Modo de execução das caixas de estores e respectivas larguras de apoio; existência de isolamentos no seu interior:

As padieiras para a execução das caixas de estores, são executadas pelas próprias vigas em betão armado das lajes (ver Foto. H.12, H.13 e H.14).

- Assentamento da caixilharia (modo e vedação):

As caixilharias não se encontravam ainda assentes na altura da visita.

- Execução de platibandas (tipo de material e modo de execução):

As platibandas existentes nas coberturas, são executadas em betão armado. Não existem nestes elementos outras juntas de dilatação para além das constatadas na estrutura (o que será contraproducente).

g) Revestimentos exteriores:

- Tipo de revestimento empregue:

Após a execução do tijolo, este e a estrutura, serão revestidos por um reboco de regularização após o qual, serão aplicadas placas de poliestireno extrudido. As fachadas serão finalmente revestidas com placas de granito, seguras por intermédio de gatos em aço inoxidável, chumbados ao tijolo. As placas de pedra ao garantirem uma caixa de ar livre entre as mesmas e o poliestireno, fazem com que este revestimento seja considerado de estanquidade.

h) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo exterior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram verificados no tijolo, fenómenos deste género.

- Fissurações (local onde ocorrem; disseminadas ou localizadas; espessura e profundidade):

Não foram verificados no tijolo, fenómenos deste género.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

Durante a visita, não foram visíveis manchas com esta origem.

i) Anomalias das paredes exteriores detectadas pelo interior:

- Deformações identificáveis a olho nu e respectiva amplitude:

Não foram constatadas.

- Fissurações (local; disseminadas; localizadas; espessuras; profundidades):

Na altura da visita, os rebocos interiores ainda se encontravam por realizar. Porém, a base do seu assentamento encontrava-se em perfeitas condições.

- Caracterização de manchas existentes (de humidade; de sujidade; de bolores; de degradação) – localização:

No paramento interior dos tijolos, não se constataram quaisquer manchas com estas origens, apesar da chuva intensa que ocorreu nos meses que antecederam a visita.

j) Reparações já efectuadas:

Tanto quanto foi possível observar, nenhuma reparação de fundo teria sido executada.

6.3.7.3.2 Conclusões da visita à obra

O procedimento de execução das fachadas analisadas neste edifício, é muito semelhante ao da obra anterior, diferindo apenas o tipo de isolamento térmico colocado no paramento exterior do tijolo e a espessura do mesmo.

Por coincidência (ou não), as fachadas revestidas com outros materiais que não a placagem de pedra natural são duplas, reforçando assim as conclusões já referidas a propósito da obra anterior.

CAPÍTULO 7 - PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

7.1 – INTRODUÇÃO

7.2 – PLANO DE INSPECÇÃO

7. PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE PAREDES EXTERIORES DE EDIFÍCIOS EM PANO SIMPLES

7.1 INTRODUÇÃO

Durante a execução dos projectos de edifícios, na fase de selecção e dimensionamento das soluções construtivas para a execução das paredes exteriores, para além das preocupações de carácter estético que têm a ver com a composição arquitectónica dos alçados e ainda com os tipos de acabamentos a utilizar, há que ter em conta alguns outros parâmetros fundamentais tais como a localização geográfica e a exposição. O clima da zona de implantação do edifício, o regime de ventos, o nível de ruído, a durabilidade, o desempenho pretendido e o tipo de utilização, devem condicionar a constituição, a robustez, o acabamento e a protecção superficial dos elementos. A qualidade dos materiais usados e a sua criteriosa escolha, são fundamentais ao bom desempenho das paredes.

A forma como as fachadas e as empenas são executadas em obra seguindo ou não o previsto no respectivo projecto, condicionará definitivamente o funcionamento das mesmas ao longo da sua vida podendo acarretar mais tarde repercussões de índole económica. Interessa assim assegurar que sejam executadas em conformidade com o projecto, seguindo de perto as recomendações dos fabricantes dos materiais, dos documentos de homologação e das diversas normativas nacionais e internacionais que possam ser aplicáveis.

Em função das diversas situações de menor qualidade detectadas e descritas no capítulo anterior, não só ao nível de execução em obra, mas sobretudo ao nível de concepção das paredes em projecto, entendeu-se por bem organizar este capítulo de forma a que possa servir de guia desde a concepção até à execução das paredes exteriores em pano simples.

As fichas de inspecção são de carácter geral, sendo aplicáveis à generalidade das soluções construtivas. A sua adaptação, consoante o tipo de materiais a usar, será facilmente realizada depois de conhecidas as características e particularidades dos mesmos.

7.2 PLANO DE INSPECÇÃO

A concepção das fichas de inspecção resulta da análise dos diversos conceitos expostos nos capítulos 2, 3 e 4 e dos diversos pontos expostos na apreciação da qualidade das fachadas, no capítulo 6.

Os diversos itens apresentados serão válidos tanto na apreciação dos projectos, como na análise durante a realização das empreitadas, embora alguns dos parâmetros enunciados sejam mais característicos das definições em projecto.

O plano de inspecção aqui organizado contempla os seguintes assuntos:

- características dos materiais de construção empregues na execução das alvenarias;
- exigências funcionais das alvenarias;
- concepção das alvenarias;
- características e modo de execução dos revestimentos exteriores focados no capítulo 4.

Cada assunto é dividido em diversos aspectos sendo para cada um deles, analisadas as seguintes questões:

- verificação da ponderação em projecto e em obra do aspecto focado, considerando todas as suas implicações;
- objectivos do aspecto considerado, de forma a avaliar a sua importância;
- documentos de referência que se relacionem com o aspecto considerado e que sirvam como elementos de consulta;
- recomendações e comentários diversos acerca do aspecto focado.

Apresentam-se de seguida as diversas fichas que formam o plano de inspecção proposto.

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
1.	**ALVENARIAS - MATERIAIS**					
1.1	- Descrição correcta do material constituinte da alvenaria sem apelar em geral, a designações comerciais	- Ler atentamente quer as partes escritas quer as desenhadas do projecto	- Evitar o fornecimento de materiais com características diferentes das desejadas	- Documentos de homologação - Normas portuguesas e europeias - Especificações dos fabricantes - Ver capítulo 2 e sub-capítulo 3.2 deste trabalho	- Especificar devidamente as características, indicando os principais parâmetros como sejam coeficientes de isolamento térmico, resistência mecânica, inércia térmica, isolamento sonoro, etc.	
1.2	- Para materiais não "tradicionais", verificação da exigência de existência de documentos de homologação	- Ler atentamente quer as partes escritas quer as desenhadas do projecto	- Assegurar a qualidade dos produtos por um organismo independente - Controlo da aplicação dos materiais seguindo os procedimentos indicados nos documentos	- Documentos de homologação	- Mencionar esta exigência nas condições técnicas dos cadernos de encargos dos projectos	
1.3	- Especificação das dimensões do material principal da alvenaria (principalmente da sua espessura) e modo de assentamento	- Verificação e confrontação do indicado nas partes escritas e nas desenhadas	- Assegurar que as condições exigenciais das alvenarias da envolvente sejam satisfeitas	- Ver capítulos 2 e 3 deste trabalho	- Especificar as dimensões (sobretudo a espessura) quer nas peças escritas quer nas desenhadas. Mencionar o modo de assentamento	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
2.	**ALVENARIAS – EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS**					
2.1	- Avaliação da resistência mecânica da solução de parede exterior preconizada em função das acções a que estará sujeita - Esbelteza mínima	- Verificar se algum dos documentos do projecto se refere a este aspecto	- Garantir a resistência mecânica da parede às acções a que porventura estará sujeita	- Ver 2.2.1 deste trabalho	- Esta questão é não só posta nas alvenarias resistentes, como também nas de preenchimento - Dever-se-ão executar os cálculos de resistência de acordo com os documentos normativos correspondentes - Nas alvenarias não resistentes normalmente interessa assegurar determinados pormenores construtivos e assegurar as esbeltezas mínimas	
2.2	- Coeficiente de transmissão térmica em função da qualidade de construção pré-estabelecida - Avaliação do grau e método de correcção das pontes térmicas	- Avaliar se o isolamento térmico das fachadas conferido pelos materiais empregues, se coaduna com o nível geral da construção	- Garantir o conforto dos ocupantes minimizando o custo de construção - exploração do edifício - Evitar a existência de zonas frias pontuais	- Ver 2.3.1, 2.3.2, 2.3.2.3 e 3.2 deste trabalho	- Assegurar que o isolamento térmico não se restringe apenas aos valores limites definidos pelo RCCTE - Evitar a existência de zonas frias	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
2.	**ALVENARIAS – EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS**					
2.2		- Avaliação do grau de correcção das pontes térmicas	- Evitar o aparecimento de fungos devido ao fenómeno das condensações		- Evitar as condensações generalizadas e pontuais	
2.3	- Análise da inércia térmica das paredes exteriores	- Verificar o contributo das paredes exteriores para o aumento da inércia térmica do edifício - Verificar os factores de atraso e de amortecimento conferidos pelo sistema	- Garantir que a solução construtiva adoptada (conjunto alvenaria – revestimentos) contribui para a inércia térmica do edifício, para o conforto dos utentes e para a minimização dos gastos de energia	- Ver 2.3.2.4. deste trabalho	- Evitar que materiais de isolamento térmico sejam aplicados de uma forma contínua no paramento interior das paredes, a fim de se mobilizar a massa das alvenarias. - Garantir que os factores de amortecimento e de atraso das paredes se enquadrem dentro dos valores recomendáveis	
2.4	- Análise do isolamento das paredes exteriores ao ruído	- Análise do isolamento ao ruído das zonas opacas (incluindo caixas de estores) e das zonas envidraçadas - Verificação dos pormenores de execução	- Garantir o bem estar dos ocupantes face ao ruído proveniente do exterior do edifício	- Ver 2.5.2, 2.5.3 e 3.2 deste trabalho	- Garantir que as zonas envidraçadas e as caixas de estores não comprometam o isolamento das zonas opacas	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:	DATA DE ELABORAÇÃO:		N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
2.	**ALVENARIAS – EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS**					
2.5	- Análise do comportamento ao fogo das paredes exteriores	- Análise das características de resistência ao fogo e de combustibilidade dos materiais empregues na execução das alvenarias e dos seus revestimentos - Cumprimento das disposições de índole arquitectónica previstas nos regulamentos	- Garantir a segurança contra incêndio das fachadas, fazendo com que satisfaçam os requisitos exigidos pelos regulamentos em vigor.	- Ver 4.5.3, 4.5.4 e 3.2 deste trabalho.	- Assegurar que os materiais de isolamento térmico usados nos revestimentos dos paramentos interiores e exteriores das paredes da envolvente, satisfazem as exigências mínimas dos regulamentos de segurança contra incêndio.	
2.6	- Estanquidade à água das zonas correntes das paredes exteriores - Estanquidade à água dos pontos singulares	- Verificar se a solução construtiva preconizada (alvenaria mais revestimento exterior) assegura o não aparecimento de humidade no paramento interior, em função da exposição à chuva incidente da zona climática em que se situa o edifício - Verificação da estanquidade de zonas críticas como sejam os vãos e vigas de fundação.	- Evitar a penetração da água da chuva ou proveniente do solo, no interior dos edifícios - Assegurar a estanquidade das caixilharias e da sua envolvente	- Ver 2.4.4, 2.4.5, 3.2, 3.3.1.1, 3.3.1.3 e 4.4. deste trabalho	- Verificar o detalhe de assentamento dos peitoris, a forma e modo de vedação da caixilharia, a qualidade das caixilharias, o arranque das paredes, os coroamentos das platibandas e a execução de outros pontos singulares das alvenarias	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
2.	**ALVENARIAS – EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS**					
2.7	- Outras exigências	- Verificação de outras exigências de menor importância relativamente ás anteriores, mas que devido a circunstâncias particulares, possam assumir uma maior relevância	- Assegurar outros desempenhos como sejam a construção sustentada dos edifícios, a não emissão de substâncias nocivas, a facilidade de execução, etc.	- Ver 2.7 a 2.8.9	- É cada vez de maior importância que determinadas exigências até à pouco tempo desprezadas passem a ter uma importância maior sendo a reciclagem dos materiais, um bom exemplo.	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.1	- Fundação prevista para o arranque das alvenarias. Especificação do tipo de fundação e respectivas dimensões	- Verificar a existência da fundação e verificar quer a sua rigidez quer a sua interligação a outros elementos estruturais	- Assegurar uma base rígida para o assentamento das paredes atendendo à capacidade de carga do terreno, de forma a evitar fissurações.	- Ver 3.3.1.3.1 deste trabalho.	- Prever no respectivo projecto de estabilidade a existência de vigas de fundação devidamente dimensionadas	
3.2	- Definição do tipo de argamassa (corrente ou cola para juntas delgadas) de assentamento dos blocos constituintes da alvenaria - Indicação dos constituintes e respectivas dosagens	- Comparação das características indicadas com as recomendáveis	- Assegurar que o tipo de argamassa indicado se adequa quer ao tipo de alvenaria em causa, quer às exigências funcionais das fachadas	- Ver 3.3.1.2.3 deste trabalho.	- Corrigir as indicações prestadas no projecto após a confrontação do previsto com o recomendável	
3.3	- Definição das espessuras máximas das juntas entre blocos de alvenaria e da qualidade de execução desejada em função do tipo de alvenaria considerado.	- Verificar as indicações do caderno de encargos e procurar informações nas peças desenhadas - Verificar se as condições de execução são as recomendadas (juntas descontínuas; ausência de argamassa nas juntas verticais, etc.)	- Assegurar que algumas das exigências funcionais sejam cumpridas como sejam o coeficiente de isolamento térmico, a resistência mecânica, o isolamento sonoro, etc.	- Ver 3.3.1.2.1 e 3.3.1.2.3 deste trabalho	- Indicar as tolerâncias nas peças escritas - Preferencialmente deverão também ser representadas nos desenhos de pormenorização das fachadas	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.4	- Perfil das juntas nas alvenarias aparentes - Modo de execução	- Análise do perfil previsto e confrontação com os recomendados - Análise do método de execução	- Assegurar que as juntas são resistentes à penetração da água da chuva	- Ver 2.4.4 e 3.3.1.2.2 deste trabalho	- Prever o desenho a uma escala visível dos perfis das juntas, indicando o modo da sua execução	
3.5	- Correcção das pontes térmicas - Modo de execução	- Analisar a existência de isolamento das pontes térmicas, as suas características e o método adoptado para a sua execução - Procura de detalhes de execução	- Assegurar que o isolamento das pontes térmicas é realizado da melhor forma possível - Prever o modo de realização de acordo com as praticas recomendáveis	- Ver 2.3.2.3.2 e 3.3.1.3.2 deste trabalho	- Prever quer nas condições escritas quer nos desenhos de pormenorização, o tipo de isolamento e o modo de realização do seu assentamento	
3.6	- Isolamento à ascensão por capilaridade da água do solo - Materiais previstos para o corte de capilaridade e modo de execução	- Analisar as disposições previstas no projecto e avaliá-las em termos de eficácia	- Assegurar que a água existente no solo não se transmite às fachadas por capilaridade	- Ver 2.4.2 e 3.3.1.1 deste trabalho	- Estabelecimento de uma barreira estanque que evite a progressão da humidade do terreno para as paredes	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.7	- Forma de execução dos lintéis e caixas de estores	- Verificar a constituição da solução avaliando a sua resistência mecânica para as acções habituais - Avaliar as entregas nos apoios	- Assegurar que a solução prevista se encontra em conformidade com as exigências de estabilidade - Evitar o aparecimento de fissurações nas zonas de inserção	- Ver 3.3.1.3.5 deste trabalho	- Promover a alteração dos pormenores no sentido de satisfazer as finalidades - Evitar a execução das caixas de estores com palas de betão armado moldadas "in situ" - Prever fixações suplementares à padieira, se necessário	
3.8	- Análise do tipo de peitoris, do seu formato e do modo de assentamento	- Verificação da porosidade do material que constitui os peitoris - Eventual necessidade de prever uma barreira estanque entre os peitoris e as alvenarias - Avaliação da entrega lateral nas alvenarias - Avaliação em corte, do seu formato	- Assegurar que os peitoris não constituem nas zonas dos vãos, pontos de infiltração da água da chuva	- Ver 3.3.1.3.6 deste trabalho	- Assegurar uma entrega de pelo menos de 4cm lateralmente nas alvenarias e executar rigorosamente a sua vedação - Os perfis dos peitoris devem possuir os requisitos mínimos de acordo com o indicado em 3.3.1.3.6 - O conjunto peitoril - base de assentamento deve ser impermeável	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.8		- Avaliação da sua vedação na ligação ao vão				
3.9	- Avaliação da existência de isolamentos térmicos e/ou acústicos no interior das caixas de estores - Avaliação da sua necessidade e tipologia em função das características das caixas	- Análise das peças escritas e desenhadas de pormenorização das caixas	- Melhoria das características térmicas e acústicas em áreas significativas das fachadas	- Ver 2.3.2.3.2 e 2.5.2 deste trabalho	- Verificar se a caixa de estores é executada com materiais pesados sendo a vedação entre os elementos, estanque ao ar - Prever a colocação, pelo interior, de materiais de isolamento térmico e de absorção do ruído	
3.10	- Reforços das alvenarias com armaduras nas zonas dos vãos ou nas zonas de descarga de cargas concentradas	- Análise das peças escritas e desenhadas quanto à sua existência, localização e posicionamento	- Evitar a fissuração das alvenarias junto aos vãos e aumentar a sua capacidade resistente na zona de descarga de cargas concentradas	- Ver 3.3.1.3.7.6 e 3.3.1.3.8 deste trabalho	- Será de promover a colocação das referidas armaduras nas zonas críticas, principalmente quando os vãos são de dimensão significativa	
3.11	- Investigar a forma de ligação / travamento entre as paredes interiores e as paredes de fachada	- Avaliar a forma de realização da ligação entre as paredes interiores e as de fachada	- Assegurar que as ligações entre as paredes conferem o contraventamento pretendido	- Ver 3.3.1.3.9 deste trabalho	- Prever a interpenetração entre paredes ou a utilização de dispositivos que garantam a devida ligação entre elas	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.12	- Ligação dos panos de alvenaria aos pilares da estrutura	- Avaliar a forma de realização da ligação entre as paredes de fachada e os pilares da estrutura	- Melhorar a aderência e a rigidez das ligações entre as alvenarias e a estrutura que as confinam	- Ver 3.3.1.3.4 deste trabalho	- Toscagem das superfícies de betão e aplicação de ligadores entre os elementos - Em alternativa, promover a penetração do betão nas alvenarias deixando-as "endentadas"	
3.13	- Averiguar a largura de apoio das alvenarias na estrutura - Verificação do tipo de elementos aplicados na correcção térmica da estrutura	- Determinar a largura de apoio das alvenarias e confrontá-la com o valor mínimo recomendado - Avaliar se as "forras" da estrutura são constituídas e executadas segundo as recomendações aconselhadas	- Assegurar que o apoio das paredes é o mínimo suficiente para assegurar a estabilidade das mesmas - Evitar a fissuração das alvenarias na zona de revestimento da estrutura	- Ver 3.3.1.3.2 deste trabalho	- Assegurar que os panos de parede ficam apoiados no mínimo de 2/3 da sua espessura - Rectificar o tipo de forras e o modo de assentamento em função do material usado nos panos correntes, de acordo com os procedimentos recomendados - Marcação das juntas ou armação dos revestimentos entre elementos de	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
3.	**ALVENARIAS – CONCEPÇÃO**					
3.13					constituição diferentes	
3.14	- Verificação da existência de juntas de dilatação / contracção nas alvenarias para além das previstas na estrutura	- Determinar a distância máxima entre juntas, a sua largura e modo de vedação - Analisar cuidadosamente ao nível das platibandas	- Evitar o aparecimento de fissurações das alvenarias nas zonas críticas devido ás variações de temperatura, do teor de humidade, etc.	- Ver 2.2.5 deste trabalho	- Prever se necessário a execução de juntas adicionais, de acordo com o previsto em 2.2.5	
3.15	- Localização de montantes em betão armado nas alvenarias resistentes	- Determinar a localização dos montantes, e a sua constituição - Verificar o número de pisos abrangidos pelos mesmos	- Aumentar a resistência da envolvente da construção em zonas sísmicas e nos locais onde as variações térmicas podem instalar nas alvenarias tensões adicionais.	- Ver 2.2.3. e 3.3.1.3.3 deste trabalho	- Prever a existência de montantes nos pisos e locais adequados segundo o indicado em 3.3.1.3.3	
3.16	- Assentamento dos caixilhos e seu posicionamento - Existência de golas - Vedação das caixilharias	- Posicionamento dos caixilhos nos vãos e remates no seu enquadramento - Existência de gola - Tipo de calafetagem prevista e modo de execução	- Assegurar a estanquidade do vão ao ar e à água - Melhorar o isolamento ao ruído - Assegurar uma calafetagem eficaz e duradoura	- Ver 2.4.4, 2.8.1 e 3.3.1.3.7	- Considerar um posicionamento do caixilho no vão, que melhor o defenda da penetração da água - Prever a execução de golas no assentamento das caixilharias	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES		ELABORAÇÃO			N.º Pág.:
OBRA:		ELABORADO POR:	DATA DE ELABORAÇÃO:		
Item	Aspectos a analisar	Verificação	Objectivo	Documentos de referência	Recomendações / Comentários	Respon-sável
3.	ALVENARIAS – CONCEPÇÃO					
3.16					- Especificar a qualidade dos mastiques a usar e a forma de os aplicar - Especificar tolerâncias de assentamento	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4. **4.1.**	**REVESTIMENTOS EXTERIORES** **REBOCOS TRADICIONAIS**					
4.1.1	- Qualidade da argamassa em função do tipo de suporte e do seu acabamento	- Ligantes considerados - Qualidade e granulometria dos inertes - Qualidade da água - Traços das argamassas - Adjuvantes	- Assegurar que a argamassa é a mais indicada em função da sua exposição ao clima, do tipo de suporte e do seu acabamento	- Ver 4.4.1.1 e 4.4.1.6 deste trabalho	- É essencial que o reboco seja definido em função do suporte sobre o qual será aplicado, das condições de exposição a que estará sujeito e do seu revestimento	
4.1.2	- Número de camadas dos rebocos, suas características e condições de aplicação	- Descrição das camadas constituintes do reboco - Condições admissíveis de aplicação	- Assegurar a aderência, impermeabilização e acabamento do revestimento - Assegurar que o reboco será aplicado nas condições recomendáveis	- Ver 4.4.1.4 e 4.4.1.6 deste trabalho	- Do cumprimento das boas regras de execução e do respeito escrupuloso das diferentes camadas dos rebocos, dependerá o seu desempenho	
4.1.3	- Armaduras de reforço e de suporte	- Homologação das rede - Qualidade dos materiais - Dimensões das malhas - Resistência mínima à tracção	- Assegurar a longevidade e resistência das armaduras a incorporar nos rebocos - Evitar fissurações dos rebocos sobretudo nas ligações entre suportes de origem distinta	- Ver 4.4.1.1 e 4.4.1.4 deste trabalho	- É imprescindível a armação nas zonas críticas de forma a evitar fissurações (ou assumir as juntas, colmatando-as com materiais elásticos e estanques)	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.1.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REBOCOS TRADICIONAIS**					
		- Locais de aplicação			- A qualidade das malhas deve ser referida para evitar a sua putrefacção	
4.1.4	- Inserção de cantoneiras nas arestas do revestimento	- Existência de cantoneiras protectoras nas arestas - Protecção contra a corrosão	- Assegurar uma maior resistência das arestas aos choques	- Ver 4.4.1.4 deste trabalho	- As cantoneiras devem ser incorporadas na camada de base	
4.1.5	- Estado e preparação do suporte	- Limpeza do suporte - Desempeno e aprumo do suporte	- Optimizar a aderência ao suporte - Evitar espessuras de reboco demasiado elevadas	- Ver 4.4.1.2 e 4.4.1.3 deste trabalho	- É importante que se fixem tolerâncias de execução das alvenarias a fim de minimizar reparações do suporte	
4.1.6	- Tolerâncias do rigor de execução	- Existência de parâmetros limitativos da qualidade de execução	- Assegurar o desempeno e o aspecto final regular e homogéneo do revestimento	- Ver 4.4.1.7 deste trabalho	- Especificar os parâmetros mais importantes (ver 4.4.1.7)	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.2.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REBOCOS NÃO TRADICIONAIS DE LIGANTES HIDRAULICOS**					
4.2.1	- Especificação das características do produto - Exigência do documento de homologação do produto	- Verificar se as características da "monomassa" se adequam ao revestimento pretendido, considerando as sujeições de ordem arquitectural e climatérica	- Assegurar que o produto seleccionado é o mais indicado, em função da sua exposição ao clima e do tipo de suporte	- Ver 4.4.2.3 deste trabalho	- A selecção criteriosa do tipo de reboco é fundamental para a sua durabilidade, aspecto e cumprimento das diversas exigências que terá de respeitar	
4.2.2	- Verificação das condições exigenciais mais importantes	- Avaliar as exigencias mais significativas tendo em vista a localização do edifício e o papel a desempenhar pelo revestimento	- Assegurar que o produto seleccionado é o mais indicado, em função da sua exposição ao clima e das acções a que estará sujeito	- Ver 4.2. deste trabalho	- Esta verificação é importante para que se verifique o sucesso do trabalho	
4.2.3	- Número de camadas dos rebocos, suas características e condições de aplicação	- Descrição das duas camadas constituintes do reboco (em geral) - Condições admissíveis de aplicação	- Assegurar a aderência, impermeabilização e acabamento do revestimento - Assegurar que o reboco será aplicado nas condições recomendáveis	- Ver 4.4.2.2 deste trabalho	- Do cumprimento das boas regras de execução e do respeito escrupuloso das diferentes camadas dos rebocos, dependerá o seu desempenho. É importante a especificação das condições limites de aplicação	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.2.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REBOCOS NÃO TRADICIONAIS DE LIGANTES HIDRAULICOS**					
4.2.4	- Armaduras de reforço e de suporte	- Homologação das armaduras - Qualidade das armaduras - Dimensões das malhas - Resistência mínima à tracção - Locais de aplicação	- Assegurar a longevidade e resistência das armaduras a incorporar nas "monomassas" - Evitar fissurações dos rebocos sobretudo nas ligações entre suportes de origem distinta	- Ver 4.4.1.4 e 4.4.2.2 deste trabalho	- É imprescindível a armação nas zonas críticas de forma a evitar fissurações (ou assumir as juntas, colmatando-as com materiais elásticos e estanques) - A qualidade das malhas deve ser referida para evitar a sua putrefacção	
4.2.5	- Inserção de cantoneiras nas arestas do revestimento	- Existência de cantoneiras protectoras nas arestas - Protecção contra a corrosão	- Assegurar uma maior resistência das arestas aos choques	- Ver 4.4.2.2 deste trabalho	- As cantoneiras devem ser incorporadas na camada de base	
4.2.6	- Estado e preparação do suporte	- Limpeza do suporte - Desempeno e aprumo do suporte	- Optimizar a aderência ao suporte - Evitar espessuras de reboco demasiado elevadas, respeitando os limites indicados nos documentos de homologação	- Ver 4.4.2.2 deste trabalho	- É importante que se fixem tolerâncias de execução quer das alvenarias quer dos revestimentos, a fim de se minimizarem reparações do suporte antes da aplicação do revestimento final	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.2.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REBOCOS NÃO TRADICIONAIS DE LIGANTES HIDRAULICOS**					
4.2.7	- Tolerâncias do rigor de execução	- Existência de parâmetros limitativos da qualidade de execução	- Assegurar o desempeno e o aspecto final regular e homogéneo do revestimento	- Ver 4.4.1.7 deste trabalho	- Especificar os parâmetros mais importantes (ver 4.4.1.7)	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.3.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS POR ELEMENTOS DESCONTÍNUOS COM FUNÇÃO DE ACABAMENTO**					
4.3.1	- Regularização das superfícies de revestimento com reboco tradicional, para os revestimentos colados	- Ver o indicado nas fichas 4.1	- Assegurar o desempeno das superfícies, a impermeabilização do suporte e a aderência do revestimento	- Fichas 4.1	- Da qualidade do reboco do suporte dependerão algumas das exigências principais, tais como a impermeabilidade do sistema. Será assim importante não descurar a especificação das suas propriedades	
4.3.2	- Especificações dos materiais de revestimento	- Normas exigenciais europeias sobre o tipo de material a aplicar - Fichas técnicas do produto	- Caracterização do produto, as suas qualidades e modo de aplicação	- Ver 4.4.5.2 deste trabalho	———	
4.3.3	- Colagem com colas industriais	- Exigência de documentos de homologação - Selecção das colas em função das condições climatéricas (calor e humidade), do suporte e da natureza do revestimento	- Assegurar uma aderência eficaz e duradoura do revestimento - Ausência de manchas	- Ver 4.4.5.2 deste trabalho	- Ao contrário do que é habitual, não deve ficar a cargo do aplicador a selecção do produto de colagem	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.3.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS POR ELEMENTOS DESCONTÍNUOS COM FUNÇÃO DE ACABAMENTO**					
4.3.4	- Juntas entre peças de revestimento	- Verificação das larguras das juntas previstas em função das recomendadas - Documentos de homologação para os materiais de betumação preparados em fábrica	- Absorver as irregularidades dimensionais, dissipação de tensões, variações dimensionais e permeabilidade ao vapor de água do revestimento - Garantir a qualidade e a adequação do produto de betumação em função do clima a que estará sujeito	- Ver 4.4.5.2 deste trabalho	- Estabelecimento das larguras das juntas em função do tipo de produto, do local de aplicação e da respectiva documentação técnica - A qualidade do produto a usar nas juntas é importante, principalmente nos locais em que a agressão do meio ambiente seja grande	
4.3.5	- Juntas de dilatação	- Verificação do fraccionamento em painéis, das peças de revestimento - Largura e profundidade das juntas - Preenchimento das juntas - Localização	- Evitar o descolamento das peças em consequência de movimentos diferenciais ladrilho – suporte	- Ver 4.4.5.2 deste trabalho	- A existência de juntas de dilatação será tanto mais importante, quanto maiores forem as superfícies a revestir - A importância das juntas é grande na inserção de elementos rígidos, tais como vãos	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.4.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO POR REVESTIMENTO DELGADO SOBRE ISOLANTE**					
4.4.1	- Exigência de documento de homologação	- Constatação da exigência de documento de homologação	- Garantir a qualidade do sistema comercializado - Assegurar o conhecimento das regras e condições ideais de aplicação - Adequação do revestimento ao suporte	- Ver 4.4.4.1 deste trabalho	- O documento de homologação é fundamental de forma a se poder verificar em obra se o sistema está a ser aplicado de acordo com as prescrições exigidas	
4.4.2	- Preparação do suporte	- Descrição acerca da preparação do suporte - Eventual exigência de ensaios de resistência ao arrancamento - Irregularidade das alvenarias - Secagem das alvenarias	- Garantir a aderência necessária do revestimento ao suporte - Garantir o desempeno e a inexistência de irregularidades na alvenaria - Evitar a migração da água da alvenaria para o isolamento térmico do revestimento	- Ver 4.4.4.2 deste trabalho	- A preparação do suporte é importante não só no que respeita ao desempenho e longevidade do revestimento, quer ao seu aspecto final	
4.4.3	- Isolante	- Classe de reacção ao fogo - Larguras de eventuais juntas entre paineis	- Garantir que o sistema de isolamento é compatível com a regulamentação contra incêndios em vigor - Garantir o isolamento	- Ver 4.4.4.2 deste trabalho	- Este sistema só pode ser aplicado desde que seja compatível com a legislação em vigor. Para prédios com mais de 28m de altura, a sua	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.4	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – SISTEMAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO POR REVESTIMENTO DELGADO SOBRE ISOLANTE**					
4.4.3		- Diferenças de planidade e de alinhamento entre placas	térmico em toda a sua extensão		aplicação é interdita	
4.4.4	- Armaduras	- Verificação do cumprimento das exigências do documento de homologação do produto - Previsão de armaduras reforçadas nas zonas mais críticas	- Garantir que a duração das armaduras seja pelo menos igual à dos restantes elementos	- Ver 4.4.4.2 e 4.4.4.3.2 deste trabalho	- A armadura a usar deve ser a indicada em função do tipo de acções a que o revestimento poderá estar sujeito (prever situações de vandalismo, etc.)	
4.4.5	- Acessórios	- Previsão dos remates junto a vãos, arestas, cantos, etc.	- Garantir a resistência mecânica junto dos pontos singulares	- Ver 4.4.4.4 deste trabalho	- A qualidade dos componentes deve ser a exigida pelo documento de homologação	
4.4.6	- Pormenorização	- Juntas de dilatação - Interrupções do sistema - Arestas - Sobreposições de armaduras - Remates e reforços em vãos - Extremidades laterais	- Garantir que a pormenorização do projecto cobre os pontos singulares mais importantes das fachadas	- Ver 4.4.4.4 e 3.3.3.2 deste trabalho	- Não bastará remeter a pormenorização para os documentos de homologação. O desenho da mesma a uma escala perceptível é fundamental de forma a que possa ser cumprida em obra	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.5.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL (FIXAÇÃO INDIRECTA)**					
4.5.1	- Características da pedra	- Verificação se o tipo de pedra escolhido se adequa ao local da construção - Avaliação da porosidade, resistência à abrasão e permeabilidade	- Garantir que o tipo de pedra seleccionado é o indicado em função das condições atmosféricas a que estará sujeito (ar marítimo, gelo – degelo, poluição, pluviosidade, etc.)	- DTU 55.2, Sub - Capítulo 4.4.3.1.2 deste trabalho	- Seleccionar um tipo de pedra que mantenha o seu aspecto e integridade ao longo da vida da fachada	
4.5.2	- Dimensões das placas de pedra	- Verificação das dimensões das placas em função do método de assentamento - Inclinação das superfícies a revestir	- Garantir a resistência mecânica das placas em função das acções a que estarão submetidas	- DTU 55.2, Sub - Capítulo 4.4.3.1.2 deste trabalho	- Dimensionar as pedras de forma a que as mesmas não fissurem na zona das fixações e não se partam durante a utilização do edifício	
4.5.3	- Dimensões das placas em zonas mais sujeitas a choques	- Eventual reforço das espessuras ou diminuição de dimensões das placas nessas zonas de forma a torná-las mais resistentes às acções mecânicas	- Evitar a eventual quebra de placas em zonas críticas	- Ver 4.4.3.1.2 deste trabalho	- É necessário não esquecer que as fachadas podem não estar igualmente solicitadas em toda a sua superfície	
4.5.4	- Estudo económico da solução	- Solução mais económica considerando as dimensões das placas e os métodos possíveis de assentamento	- Tornar o sistema de revestimento o mais económico possível garantindo o aspecto desejado	- Ver 4.4.3.1.2 deste trabalho	-As soluções construtivas passam todas pelo compromisso entre os aspectos tecnológico e económico. Sendo estas soluções bastante onerosas, o aspecto económico é importante	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.5.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL (FIXAÇÃO INDIRECTA)**					
4.5.5	- Localização dos furos ou rebaixos na pedra para a sua fixação nos suportes	- Verificar o posicionamento nas pedras dos locais onde se fará a fixação dos agrafos ou dos gatos	- Evitar a fissuração e destaque da pedra nas ligações aos suportes - Assegurar a resistência mecânica da pedra considerada no projecto	- Ver 4.4.3.1.3 deste trabalho	- Este aspecto não deve ser desprezado no projecto de forma a que em obra se possa verificar este parâmetro	
4.5.6	- Isolamento térmico	- Tipo de material a aplicar - Resistência ao fogo - Espessuras - Conciliação com o sistema de fixação previsto	- Assegurar que as exigências dos regulamentos contra incêndio são satisfeitas - Compatibilização com o sistema adoptado de suporte das placas - Cumprimento do coeficiente de isolamento térmico previsto para a fachada	- Ver 4.4.3.1.3 deste trabalho	- Existem certos materiais de isolamento térmico que devido à sua reacção ao fogo não serão os mais indicados para este tipo de revestimento	
4.5.7	- Caixa de ar entre as placas de revestimento e a alvenaria ou o isolamento térmico	- Avaliação da espessura da caixa de ar entre o revestimento e o isolamento (ou alvenaria) de forma a que se cumpram os valores mínimos recomendáveis	- Garantir a eventual estanquidade do sistema	- Ver 4.4.3.1.3 deste trabalho	- O desimpedimento da caixa de ar (se existente) e a folga considerada são fundamentais para garantir que o revestimento se comporta de forma estanque	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.6.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL - FIXAÇÃO POR AGRAFOS**					
4.6.1	- Suporte	- Adequação ao suporte previsto - Resistência do suporte às acções introduzidas pelo revestimento	- Assegurar a resistência do suporte à cravação dos dispositivos e às acções a que ficará sujeito	- Ver 4.4.3.1.3. e 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- Esta verificação é fundamental à resistência mecânica do conjunto alvenaria – revestimento	
4.6.2	- Documentos de homologação	- Existência de documentos de homologação	- Assegurar a qualidade do sistema e da sua montagem	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A exigência destes documentos é importante de forma a se evitarem os "improvisos"	
4.6.3	- Tipo de material - Diâmetro dos fios dos agrafos	- Qualidade do metal e respectiva protecção dos agrafos - Adequação dos diâmetros em relação às placas de pedra do revestimento	- Assegurar a resistência à corrosão - Assegurar a resistência mecânica dos dispositivos e das pedras	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A segurança a longo prazo das ligações dependerá destes factores	
4.6.4	- Posicionamento dos agrafos nas pedras	- Verificação dos locais de fixação relativamente ás extremidades das placas	- Evitar a fissuração e o desprendimento das placas nesses locais	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- Convém especificar este parâmetro de forma a que em obra se siga esse procedimento	
4.6.5	- Distância entre o suporte e o tardoz das placas	- Verificação da largura mínima recomendável	- Assegurar a estanquidade do sistema	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A existência de uma caixa de ar com uma largura mínima livre entre as placas de revestimento e a base de suporte é garante da	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.6.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL - FIXAÇÃO POR AGRAFOS**					
4.6.5					estanquidade do sistema	
4.6.6	- Juntas entre placas - Juntas elásticas	- Largura das juntas entre placas - Existência de juntas elásticas junto a elementos rígidos e na divisão do revestimento por painéis	- Assegurar as variações dimensionais do revestimento sem a introdução de tensões adicionais	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A indicação do modo de execução das juntas é importante a fim de evitar futuros destacamentos das placas de pedra	
4.6.7	- Dimensão máxima admissível das placas de pedra	- Verificação da dimensão máxima das pedras em função do tipo de agrafos	- Assegurar que a resistência mecânica dos suportes e das placas não é ultrapassada	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A dimensão das placas virá em função do tipo de agrafos, não se devendo contudo, ultrapassar as dimensões máximas especificadas em 4.4.3.1.3.1	
4.6.8	- Pormenorizações de execução principalmente junto aos pontos singulares	- Verificação da existência de elementos desenhados a uma escala perceptível que abranjam zonas de dificuldade de execução acrescida	- A pormenorização de execução junto a vãos, remates de platibandas, socos, arestas, etc. é importante para assegurar quer a boa ligação do revestimento à alvenaria,	- Ver 4.4.3.1.3.1 deste trabalho	- A pormenorização é importante de forma a não deixar apenas ao cuidado do construtor a forma de executar esses remates	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.6.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL - FIXAÇÃO POR AGRAFOS**					
4.6.8			quer a estanquidade à água nessas zonas			
4.6.9	- Ventilação da caixa de ar	- Verificação da existência de aberturas localizadas superiormente e inferiormente nas fachadas	- Existência de dispositivos que favoreçam a ventilação da caixa de ar assim como a evacuação da água aí infiltrada	- Ver 4.4.3.1.2 deste trabalho	- Deve-se assegurar uma área mínima de aberturas que promovam a ventilação da caixa de ar	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.7.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL – FIXAÇÃO POR GATOS**					
4.7.1	- Suporte	- Adequação ao suporte previsto - Resistência do suporte às acções introduzidas pelo revestimento	- Assegurar a resistência do suporte à cravação dos dispositivos e às acções a que ficará sujeito	- Ver 4.4.3.1.3.2 deste trabalho	- Esta verificação é fundamental à resistência mecânica do conjunto alvenaria – revestimento	
4.7.2	- Documentos de homologação	- Existência de documentos de homologação	- Assegurar a qualidade do sistema e da sua montagem	- Ver 4.4.3.1.3.2 deste trabalho	- A exigência destes documentos é importante de forma a se evitarem os "improvisos"	
4.7.3	- Tipo de gatos e de material que os constitui	- Qualidade do metal e respectiva protecção - Adequação dos dispositivos em relação às placas de pedra do revestimento	- Assegurar a resistência à corrosão - Assegurar a resistência mecânica dos dispositivos e das pedras	- Ver 4.4.3.1.3.2 deste trabalho	- A segurança a longo prazo das ligações dependerá destes factores	
4.7.4	- Posicionamento dos gatos nas pedras	- Verificação dos locais de fixação relativamente às extremidades das placas	- Evitar a fissuração e o desprendimento das placas nesses locais	- Ver 4.4.3.1.3.2 deste trabalho	- Convém especificar este parâmetro de forma a que em obra se siga esse procedimento	
4.7.5	- Distância entre o suporte e o tardoz das placas	- Verificação da largura mínima recomendável	- Assegurar a estanquidade do sistema	- Ver 4.3.3.1.3.1 deste trabalho	- A existência de uma caixa de ar com uma largura mínima livre entre as placas de revestimento e a base de suporte é garante da estanquidade do	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR:		DATA DE ELABORAÇÃO:	N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.7.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL – FIXAÇÃO POR GATOS**					
4.7.5					sistema.	
4.7.6	- Juntas entre placas - Juntas elásticas	- Largura das juntas entre placas - Existência de juntas elásticas junto a elementos rígidos e na divisão do revestimento por painéis	- Assegurar as variações dimensionais do revestimento sem a introdução de tensões adicionais	- Ver 4.4.3.1.3.2 deste trabalho	- A indicação do modo de execução das juntas é importante a fim de evitar futuros destacamentos das placas de pedra	
4.7.7	- Dimensão máxima admissível das placas de pedra	- Verificação da dimensão máxima das pedras em função do tipo de gatos adoptados	- Assegurar que a resistência mecânica dos suportes e das placas não é ultrapassada	- Ver documentos de homologação	- A dimensão das placas será função do tipo de gatos não se devendo contudo, ultrapassar as dimensões máximas especificadas	
4.7.8	- Pormenorizações da execução, principalmente junto aos pontos singulares	- Verificação da existência de elementos desenhados a uma escala perceptível que abranjam zonas de dificuldade de execução acrescida	- A pormenorização de execução junto a vãos, remates de platibandas, socos, arestas, etc. é importante para assegurar quer a boa ligação do revestimento à alvenaria,	- Ver documentos de homologação	- A pormenorização é importante de forma a não deixar apenas ao cuidado do construtor a forma de executar esses remates	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.7	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL – FIXAÇÃO POR GATOS**					
4.7.8			quer a estanquidade à água nessas zonas			
4.7.9	- Ventilação da caixa de ar	- Verificação da existência de aberturas localizadas superiormente e inferiormente nas fachadas	- Existência de dispositivos que favoreçam a ventilação da caixa de ar assim como a evacuação da água aí infiltrada	- Ver 4.4.3.1.2 deste trabalho	- Deve-se assegurar uma área mínima de aberturas que promovam a ventilação da caixa de ar.	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.8.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL – ESTRUTURA INDIRECTA**					
4.8.1	- Homologação do sistema	- Exigência de documentos de homologação do sistema	- Assegurar a qualidade do produto e da aplicação do sistema em obra	- Ver 4.4.3.1.3.3 deste trabalho	- A exigência de documentos de homologação é segundo o RGEU, obrigatória	
4.8.2	- Resistência das zonas de fixação do sistema	- Estudo dos locais de fixação do sistema	- Comprovação da resistência dos locais de fixação do sistema de revestimento	- Ver 4.4.3.1.3. deste trabalho	- A fixação deverá ser executada em peças de betão armado ou em zonas previamente reforçadas para este fim	
4.8.3	- Dispositivos a empregar e a sua natureza	- Tipo de metal usado e respectiva protecção	- Estudo dos materiais e acessórios a usar em função da sua exposição a agentes agressivos	- Ver 4.4.3.1.3.3 deste trabalho e documentos de homologação	- Existem localizações particularmente agressivas, tal como a orla costeira	
4.8.4	- Largura da caixa de ar	- Avaliação da caixa de ar prevista	- Assegurar a estanquidade do conjunto, mantendo uma caixa de ar com a largura recomendada, desimpedida	- Ver 4.4.3.1.3. deste trabalho	- Uma largura substancial de caixa de ar absorve alguns defeitos construtivos da parede sem que exista colmatação completa da mesma	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.8.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – REVESTIMENTOS COM PLACAS DE PEDRA NATURAL – ESTRUTURA INDIRECTA**					
4.8.5	- Dimensões máximas admissíveis das placas de pedra e posicionamento das fixações	- Comparação das dimensões máximas admitidas pelo sistema com as previstas no projecto - Verificação do modo previsto para a inserção das fixações nas pedras	- Compatibilização das dimensões das placas de pedra e do posicionamento das fixações, com o sistema previsto - Assegurar a resistência mecânica do revestimento	- Ver os documentos de homologação do produto	- O estudo dos documentos de homologação do sistema, é em geral esclarecedor destas questões	
4.8.6	- Pormenorizações de execução principalmente dos pontos singulares	- Estudo do remate do revestimento junto a pontos singulares tais como vãos, arestas, etc.	- Assegurar não só a devida fixação das peças, como também a estanquidade do revestimento nessas zonas	- Ver os documentos de homologação do produto	- A pormenorização é importante de forma a não deixar apenas ao cuidado do construtor a forma de executar esses remates	
4.8.7	- Ventilação da caixa de ar	- Verificação da existência de aberturas localizadas superiormente e inferiormente nas fachadas	- Existência de dispositivos que favoreçam a ventilação da caixa de ar assim como a evacuação da água aí infiltrada	- Ver 4.4.3.1.2 deste trabalho	- Deve-se assegurar uma área mínima de aberturas que promovam a ventilação da caixa de ar	
4.8.8	- Estudo económico da solução preconizada	- Verificar se no estudo da solução foi contemplado o aspecto económico para além do tecnológico	- Estudar soluções alternativas que porventura para o mesmo fim, se tornem mais económicas	- Custos de mão de obra, de materiais e de equipamentos	- Este estudo é importante, uma vez que esta solução construtiva é muito custosa	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.9.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – PINTURAS SOBRE REBOCOS**					
4.9.1	- Preparação do suporte	- Imperfeições das superfícies - Sujidades - Fissuras - Alcalinidade - Teor de humidade - Depósitos de sais visíveis - Diferenças de porosidade do suporte	- Evitar que após a pintura as superfícies fiquem não homogéneas ou se notem defeitos que anteriormente passavam despercebidos	- Ver 4.4.6 deste trabalho	- Não deixar ao critério do aplicador o tipo de trabalhos a realizar	
4.9.2	- Condições de aplicação	- Primários de protecção - Temperatura ambiente - Temperatura das superfícies - Humidade relativa do ar - Número de demãos e modo de execução	- Especificar os principais parâmetros que garantam o sucesso da realização das pinturas	- Ver 4.4.6 deste trabalho	- Estas especificações são importantes uma vez que servirão de guia das condições de aplicação durante a realização da empreitada	

PLANO DE INSPECÇÃO DE PAREDES EXTERIORES EM PANO SIMPLES OBRA:			ELABORAÇÃO ELABORADO POR: DATA DE ELABORAÇÃO:			N.º Pág.:
Item	**Aspectos a analisar**	**Verificação**	**Objectivo**	**Documentos de referência**	**Recomendações / Comentários**	**Respon-sável**
4.9.	**REVESTIMENTOS EXTERIORES – PINTURAS SOBRE REBOCOS**					
4.9.3	- Tintas	Selecção criteriosa em função de: - Protecção duradoura do substracto - Fácil aplicação - Fraca toxicidade - Secagem rápida - Boa resistência à lavagem - Aspeto decorativo agradável - Boa resistência à intempérie - Boa aderência à base - Estabilidade de cor - Neutralidade química em relação à base - Aspecto decorativo - Boa resistência aos fungos - Aspecto económico	- A selecção das tintas deve ser bem objectiva não devendo a escolha recair num determinado fabricante apenas pela imagem que possui no mercado	- Ver 4.4.6 deste trabalho	- Esta metodologia de escolha é importante tanto mais que normalmente as tintas são escolhidas em função da imagem que o fabricante possui no mercado e do aspecto económico	

CAPÍTULO 8 – CONCLUSÕES

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

8.3 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

8. CONCLUSÕES

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as exigências funcionais das paredes exteriores de edifícios discutidas no Capítulo 2, existem soluções construtivas apropriadas à execução de paredes em pano simples, conforme ficou demonstrado nos Capítulos 3 e 4, capazes de satisfazer as referidas exigências tendo em conta as particularidades do edifício e condições climatéricas em que este se insere. Porém, o emprego destes sistemas, já existentes ou outros, no mercado nacional passará essencialmente pela formação e consciencialização dos projectistas relativamente às vantagens e desvantagens de ordem técnica e económica que os mesmos apresentam (Capítulo 5). O hábito de construção de paredes duplas encontra-se profundamente enraizado, abdicando dele apenas um punhado de projectistas que conhecem suficientemente o comportamento das paredes exteriores em pano simples para as poderem usar.

Em face da análise efectuada aos projectos das obras visitadas apresentadas no Capítulo 6, constata-se em geral que estes se encontram deficientemente concebidos no que concerne às paredes exteriores dos edifícios. A informação contida nos projectos é insuficiente, não só no que respeita ao tipo de trabalhos a efectuar, como na completa definição dos trabalhos previstos. Se nalguns projectos se nota um maior cuidado dos projectistas relativamente à especificação da tecnologia de construção das paredes em pano simples, noutros remete-se essencialmente para os conhecimentos do construtor a forma de as executar.

Em função dos parâmetros analisados nos diversos projectos, serão de destacar os seguintes aspectos mais relevantes na concepção:

- não são em geral exigidos documentos de homologação dos produtos considerados não tradicionais, exceptuando em dois projectos do mesmo autor em que para os revestimentos exteriores, esses documentos são exigidos;

- a definição das soluções construtivas preconizadas (conjunto alvenaria – revestimentos exteriores) não é suportada por uma análise objectiva de desempenho não se equacionando parâmetros importantes tais como a estanquidade à água, o isolamento ao ruído, a inércia térmica, etc.;

- não são feitas referências aos aspectos ligados à estabilidade das paredes nem à capacidade resistente das alvenarias, o que traduz a menor importância atribuída pelos projectistas a esta matéria;

- em geral há preocupação com o tratamento das pontes térmicas, o que denota algum conhecimento da influência deste factor por parte dos projectistas, não sendo contudo referida a forma de aplicação das forras o que pode gerar patologias superiores às que se pretendem evitar. A importância dada ao tratamento das pontes térmicas estruturais, contrasta porém com a falta de isolamento térmico e / ou acústico das caixas de estores;

- não são consideradas medidas eficazes para assegurar a estanquidade quer da base de assentamento dos peitoris, quer da interface de ligação entre as vigas de fundação e o arranque das alvenarias. A pormenorização relativa a estes trabalhos, é insuficiente;

- não se prevê em geral a aplicação de armaduras de reforço nos leitos de assentamento das alvenarias nas zonas dos vãos, embora alguns projectistas advoguem a sua existência, mas sem pormenorizarem devidamente estes trabalhos;

- indefinição quanto aos dispositivos de ligação das alvenarias à estrutura, não se focando sequer nalguns projectos este aspecto;

- indefinição acerca do modo de realizar os travamentos dos acrotérios e as respectivas juntas de dilatação / contracção ao longo dos mesmos. Fica em geral ao critério do empreiteiro, a sua concepção;

- nalguns projectos não existe a preocupação de detalhar suficientemente os pormenores de fixação das caixilharias, não se prevendo sequer a execução de golas nem o modo de executar a vedação da ligação caixilho - parede;

- apenas em casos pontuais são fixados parâmetros no que respeita ao rigor de execução das alvenarias e dos revestimentos exteriores;

- o tipo de argamassa de assentamento previsto para a execução das juntas nem sempre é o mais adequado em função do tipo de bloco usado na execução das alvenarias. O grau de rigor da execução das juntas apenas é mencionado nalguns projectos, não sendo o corte térmico da junta horizontal da argamassa referido na maioria das situações em que tal deveria ser imposto;

- a forma de evitar que a furação dos tijolos fique voltada para o exterior, assim como a forma de realizar a ligação das paredes entre si nem sempre aparece referida;

- as larguras de apoio das caixas de estores e das padieiras em geral são referidas de uma forma correcta em apenas dois casos. Nos restantes, este aspecto é menosprezado;

- na ligação das coberturas em terraço às fachadas, não se observaram quaisquer dispositivos específicos que minorem a fissuração da ligação entre as alvenarias e as vigas em betão armado;

- não são devidamente especificadas as condições de execução dos revestimentos exteriores, tais como a preparação dos suportes, as condições atmosféricas, a aplicação de redes de reforço na ligação entre materiais de suporte diferentes e os procedimentos gerais de aplicação;

- a constituição dos rebocos tradicionais não é em geral a mais conveniente para os suportes em causa e nalguns projectos não é sequer especificada;

- a exigência de cantoneiras de reforço nas arestas dos revestimentos apenas se verifica em duas situações;

- as características das armaduras de reforço dos revestimentos, a sua largura e modo de aplicação não constam em geral dos projectos analisados;

- no único projecto em que se prevê o revestimento com mosaicos cerâmicos no exterior, não se encontram previstas juntas de fraccionamento do revestimento, nem qualquer referência quanto à qualidade do produto para o seu assentamento.

Nas visitas às obras não foram detectadas patologias de maior, parecendo assim comprovar-se o bom comportamento da solução das fachadas em pano simples atendendo ao clima da nossa orla marítima . As patologias detectadas terão mais a ver com as indefinições e má concepção dos projectos do que com eventuais vícios de execução. Contudo, é de salientar que nalgumas situações os pormenores de projecto não são integralmente respeitados durante a execução, tentando-se de forma indevida, simplificar a construção das paredes exteriores. Ao deixar ao critério do construtor a pormenorização das tarefas a executar faz-se depender o sucesso ou o insucesso das soluções, do empenho e do conhecimento tecnológico que o construtor eventualmente possua.

Das visitas efectuadas, destacam-se os seguintes aspectos:

- o tijolo cerâmico nacional é por vezes de menor qualidade, encontrando-se com frequência fissurado;

- a qualidade e regularidade de execução das juntas de assentamento das alvenarias é em geral deficiente, variando as espessuras numa mesma fachada de local para local;

- a ligação das alvenarias à estrutura poderá ser melhorada se se introduzirem dispositivos de fixação apropriados;

- as forras térmicas são em geral "coladas" à estrutura com argamassa de cimento (sendo em geral a responsabilidade dos projectistas ao não referirem nos projectos procedimentos adequados);

- as larguras de apoio das caixas de estores nas alvenarias adjacentes são em geral insuficientes;

- o número de juntas de dilatação nas platibandas é em geral insuficiente (por omissão dos projectos);

- na aplicação dos revestimentos, é geral a falta de cantoneiras de protecção das arestas;

- as caixilharias são em geral colocadas à face das regularizações dos enquadramentos, sem que se executem golas para o seu assentamento.

Em função das anomalias detectadas, quer na concepção dos projectos quer na execução das paredes exteriores, torna-se útil a criação de uma manual de boa prática que oriente, quer os projectistas quer os empreiteiros, acerca dos diversos aspectos a ter em conta na concepção e na execução. O objectivo do capítulo anterior, é o de dar um contributo nesse sentido.

A adopção do sistema alvenaria / revestimento exterior correcto, a definição completa e pormenorizada no projecto do modo de execução e o cumprimento em obra do previsto no projecto segundo as boas regras de construção serão, aliados às vantagens económicas, os ingredientes fundamentais para o sucesso e a divulgação entre nós da execução das paredes exteriores em pano simples.

8.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O número de projectos e de obras analisadas, juntamente com o tipo de soluções construtivas abordadas constituem os principais condicionalismos deste trabalho. Ao cingir a análise a um número limitado de situações, torna-se difícil a extrapolação das conclusões ao universo dos edifícios em que as paredes exteriores são executadas em pano simples nas mais variadas formas. O tempo útil de execução deste trabalho e a morosidade no acesso à informação dos projectos, impossibilitou uma maior abrangência dos dados colhidos. Porém, pensamos que as conclusões tiradas serão aplicáveis a uma percentagem muito significativa das obras deste tipo já executadas no nosso país.

A recusa de alguns projectistas no acesso à informação relativa aos projectos, denota em nosso entender o receio e a insegurança dos mesmos quanto à qualidade de execução dos seus projectos. Este factor penalizou também este trabalho relativamente à diversidade dos elementos que poderiam ter sido analisados.

8.3 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da execução de paredes exteriores de edifícios em pano simples vai depender num futuro próximo dos seguintes factores:

- da contínua degradação da qualidade (qualificação) da mão-de-obra existente hoje em dia neste sector de actividade económica, penalizando a execução de sistemas mais complexos, como seja o das paredes duplas;

- do aumento do custo da mão-de-obra tornando mais dispendiosos os trabalhos em que a sua incorporação mais se faz sentir;

- do aumento das vantagens económicas que este tipo de paredes pode oferecer relativamente às paredes duplas;

- da existência de documentos de homologação que comprovem a qualidade dos sistemas construtivos actualmente no mercado e que imponham regras quanto à sua execução;

- da formação dos projectistas relativamente às propriedades dos materiais e à tecnologia construtiva subjacente à execução deste tipo de paredes;

- da informação prestada acerca das vantagens e inconvenientes destes sistemas a donos de obra e a empreiteiros.

No seguimento deste trabalho, designadamente da metodologia de análise apresentada no Capítulo 7, será útil a criação de fichas de inspecção e de ensaio de paredes exteriores em pano simples. Estas fichas servirão como "Check-List" de todas as particularidades relacionadas com estes sistemas construtivos desde a sua concepção, até à sua execução.

BIBLIOGRAFIA

[1] BRANCO, J. PAZ – *Manual do Pedreiro*. M-3. LNEC. Lisboa, 1981.

[2] BEALL, CHRISTINE – *Masonry Design and Detailing : for Architects, Engineers and Contractors*. McGraw-Hill 1997.

[3] SOUSA, H. J. C. – *Materiais para Alvenaria. Apreciação de Algumas Produções e Sugestões Visando a Melhoria da Sua Qualidade*. Tese de Mestrado. FEUP, 1988.

[4] BERNSTEIN,D.; CHAMPETIER, J.P.; PFEIFFER, F. – *La Maçonnerie Sans Fard – Méthodes récentes de maçonnerie apparente* ; Editions du Moniteur, Paris, 1982.

[5] SOUSA, H. J. C. – *Melhoria do Comportamento Térmico e Mecânico das Alvenarias por Actuação na Geometria dos Elementos*. Tese de Doutoramento. FEUP, 1996.

[6] RGEU – *Regulamento Geral das Edificações Urbanas*. Decreto-Lei n.º 38 382, de 7 de Agosto de 1951 e alterações sequentes.

[7] DTU N° 20.1 – *Parois et Murs en Maçonnerie de Petits Éléments – Document Technique Unifié. Régles de Calcul et dispositions construtives minimales*. Septembre 1985.

[8] LNEC – *Segurança de Edifícios de Pequeno Porte de Alvenaria Confinada em Relação à Acção dos Sismos*. Regras Práticas. LNEC, Lisboa, 1990.

[9] BSI Standards – *BS 5628:Part 3:1985. Use of Masonry Part 3*. UK, 1985.

[10] RSA – Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio.

[11] CARVALHO, E. C. e OLIVEIRA, C. S. – *Construção Anti-Sísmica. Edifícios de Pequeno Porte*. Informação Técnica Estruturas. LNEC, Lisboa, 1985.

[12] S. V. POLYAKOV – *Cálculo de Paredes de Edifícios com Estrutura Reticulada, Sujeitas a Forças Horizontais no Seu Plano*. Informação Técnica Edifícios. Tradução 304. LNEC, Lisboa, 1992.

[13] MOP – *Recomendações Técnicas Para Habitação Social*. Lisboa, 1986.

[14] BSI Standards – *BS 5628:Part 2:1985. Use of Masonry Part 2*. UK, 1985.

[15] Syndicat d'études interindustries-construction IC-IB – *Guide des Performances du Bâtiment. Façades 2*. Bruxelles, 1980.

[16] ENV 1996-1-1:1995 – *Eurocode 6 Part 1-1: General rules for buildings*. June 1995

[17] DTU N° 20.1 – *Parois et Murs en Maçonnerie de Petits Éléments – Document Technique Unifié. Cahier des clauses techniques*. Septembre 1985.

[18] TUBI, NORBERTO – *La Realizzazione di Murature in Laterizio.* Andil, Sezione murature, 1986.

[19] *Energy Conscious Design. A Primer for Architects* – Batsford, for the Commission of the European Communities. London. 1992

[20] LNEC – *Curso de Especialização Sobre Isolamento Térmico de Edifícios.* LNEC, Lisboa, 1995.

[21] CORVACHO, MARIA HELENA – *Comportamento Térmico de Edifícios. Disciplina do 7º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios.* 1998/2000.

[22] US Green Building Council – *Sustainable Building Technical Manual.* 1996

[23] RCCTE – *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.* Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro.

[24] ABRANTES, V. e FREITAS, V. P. – *O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios Face ao Novo Regulamento.* – Dow. 1993

[25] SANTOS, C. A. P. e PAIVA, J. A. V. – *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios.* Informação Técnica Edifícios ITE28. LNEC, Lisboa, 1990.

[26] DIAS A. B., SOUSA H. e LUCAS J. C. - *Estudo do Redesenho do Tijolo.* Associação Portuguesa de Industriais da Cerâmica de Construção, Junho 1993.

[27] FEUP - *Humidade na Construção* – 6as Jornadas de Construções Civis. FEUP, 1998.

[28] CORVACHO, MARIA HELENA – *Catálogo de Pontes Térmicas.* NIT – 003 – LFC. FEUP 1999.

[29] CHEMILLIER, PIERRE – *Sciences et Bâtiment. La démarche scientifique appliquée à la construction.* – Presses de lécole nationale des Ponts et chaussées ; CSTB, Paris 1986.

[30] BERNSTEIN, D. ; CHAMPETIER, J. ; VIDAL, T. – *Anatomie de l'énveloppe des bâtiments.* Le Moniteur, Paris 1997.

[31] PINCHETTI, LUIGI – *Progettare e costruire con murature in Lecablocchi* ; Laterlite. 1990

[32] LNEC - *Paredes de Edifícios* – Especialização e Aperfeiçoamento CPP 510. LNEC, Lisboa, 1983.

[33] HENRIQUES, FERNANDO, M.A. – *Humidade em Paredes.* Área temática - Edifícios. Conservação e Reabilitação. 2ª edição. LNEC, 1995

[34] OXLEY, T.A.; GOBERT, E.G. – *Dampness In Buildings*. Butterworths, London, 1983.

[35] FREITAS, V.P. e PINTO, P.S. – *Permeabilidade ao Vapor de Materiais de Construção*. NIT – 002 – LFC. FEUP 1998.

[36] EPPELL, FRANK J. – *Rain penetration of Masonry*. Report #44. Masonry Research Foundation of Canada, March 1981.

[37] COLLOMBET, RAYMOND – *L'humidité des bâtiments anciens. Cause et effets, Diagnostic et remédes*. Editions Moniteur, Paris. 1989

[38] MAMILLAN, MARC – *Le mécanisme de pénétration de l'eau de pluie dans les murs*.

[39] PINTO, FERNANDO M. – *Influência da pressão exterior na embebição de materiais de construção*. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil. FEUP 1998.

[40] PAIVA, J. VASCONCELOS – *Compilação de dados climáticos directamente ligados aos problemas da humidade*. Curso de Especialização 117 – 69/70. LNEC, 1970.

[41] FLORI, JEAN-PAUL – *Le mouillage et le séchage des murs, les effets du climat*. CSTB Magazine n.º 26. 1989.

[42] LUCAS, JOSÉ A. C. – *Exigências funcionais de Revestimentos de Paredes*. Informação Técnica Edifícios ITE25. LNEC, 1990.

[43] CARVALHO, A. P. OLIVEIRA – *Acústica de Edifícios*. Disciplina do 7º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios 1998/2000.

[44] EDITORA REI DOS LIVROS – *Legislação sobre o ruído*. 2ª edição, Novembro de 1997.

[45] SILVA, P. MARTINS – *Acústica de edifícios*. Informação técnica edifícios 8. LNEC, 1998.

[46] SERRANO, MANUEL B. – *Regulamentação e Normalização em Segurança Contra Incêndio*.

[47] PORTO, JOÃO – *Segurança Contra Incêndio de Edifícios*. Disciplina do 7º Curso de Mestrado em Construção de Edifícios 1998/2000.

[48] LNEC – *Resistência ao fogo de elementos de construção* – Especificação LNEC E364. Lisboa, 1990.

[49] PORTO EDITORA – *Regulamento de Segurança Contra Incêndio*. Porto, Julho 1999.

[50] VIEGAS, J. C. e BRÁS, A. J.– *Selecção de janelas em função da sua exposição* – Informação Técnica Edifícios ITE 36. LNEC, 1994.

[51] SANTOS, C. ; PAIVA, J. – *Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria.* ITE 12. LNEC, Lisboa 1986.

[52] APICER – *Manual de Alvenaria de Tijolo.* Coimbra, Setembro 2000.

[53] LNEC – *Avaliação Experimental Duma Parede de Alvenaria de Blocos de Betão de Argila Expandida do Ponto de Vista da Resistência à Penetração da Água da Chuva.* Lisboa, 1999.

[54] PAVILECA – *Alvenarias Simples. Blocos Leca.* Guia de construção.

[55] LNEC – *Caracterização Térmica de Uma Solução de Parede de Alvenaria de Blocos "Pavileca" de Betão de Argila Expandida.* Relatório 104/99. Lisboa, 1999.

[56] LNEC – *Revestimentos Para Paramentos Interiores de Paredes de Alvenaria de Blocos de Betão Celular Autoclavado.* Volume II. Relatório 109/87. LNEC, Lisboa, 1987.

[57] FREITAS, V.P. e PINTO, M. – *Metodologia Para a Definição Exigencial de Isolantes Térmicos.* NIT – 001 – LFC. FEUP 1997.

[58] ISIDRO, F. – *Manual para el uso del bloque Termoarcilla.* Madrid, Abril 1999.

[59] ENV 1996-2 – *Eurocode 6 Part 2: Design, selection of materials and execution of masonry.* August, 1997.

[60] DTU N° 37.1 – *Menuiseries métalliques. Cahier des clauses techniques.* Mars 1984.

[61] CSTB – *Travaux de Menuiseries Métalliques. Commentaires sur le DTU 37.1.* Dossier Technique n.° 13. 1984.

[62] BUREAU VERITAS – *Couvertures Toitures-terasses.* LE MONITEUR. Paris, 1997.

[63] LNEC – *Curso de Especialização Sobre Revestimentos de Paredes.* 1° Módulo. Lisboa, Novembro de 1990.

[64] DTU N° 26.1 – *Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et de mélange plâtre et chaux aérienne – Document Technique Unifié.* Cahier des clauses techniques. Mai 1990.

[65] BUREAU VERITAS – *Guide Veritas du Bâtiment, Tome 2.* Editions du Moniteur, Paris, 1992.

[66] LUCAS, JOSÉ A. C. – *Classificação e Descrição Geral de Revestimentos Para Paredes de Alvenaria ou de Betão*. Informação Técnica Edifícios ITE24. LNEC, 1999.

[67] APPLETON, J.; CABRITA, A.; AGUIAR, J. – *Guião de Apoio à Reabilitação de Edifícios Habitacionais*. Volume 2. LNEC, 1998.

[68] SCHWARTZ, BERTRAND – *Enduits de Façade* – CATED. 1995

[69] CSTB – *Certification CSTB Des Enduits Monocouches D'Imperméabilisation. Classification MERUC*. Cahiers du CSTB. Paris, Juillet 1993.

[70] HALFEN – *Fixações de Pedra* – Guia Produto 02/98.

[71] BARONNIE, P. – *Manuel de mise en oeuvre des enduits minces sur isolant. K'Plic*. CSTB, 1983.

[72] LNEC – *Directivas UEAtc Para a Homologação de Sistemas de Isolamento Térmico Exterior de Fachadas Por Revestimento Delgado Sobre Isolante*. Tradução 739. Lisboa, 1980.

[73] LNEC – *Tintas, Vernizes e Revestimentos Por Pintura Para a Construção Civil*. Lisboa, Julho de 1990.

[74] MARQUES, M. ; RODRIGUES, M. – *Revestimentos por pintura para a construção civil. Preparação de superfícies*. ITMC 18. LNEC, 1991.

[75] IDICT – *Campanha para a Melhoria da Segurança No Trabalho da Construção*. Maio, 1995.

[76] Instituto Superior Técnico, Academia de Engenharia, Associação Industrial Portuguesa, Ordem dos Engenheiros – *Engenharia e Tecnologia 2000*. Lisboa, 2000.

[77] MANSO, ARMANDO; FONSECA, MANUEL; ESPADA, J. – *Informação Sobre Custos*. LNEC, Vol. 1 e 2. Lisboa, 1997.

[78] ENV 1998-1-2: 1994 – *Eurocódigo 8 – Parte 1-2 (DNA): Regras gerais para edifícios.*

ANEXO A

OBRA 1

EDIFÍCIO PARA HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NA ORLA MARÍTIMA
A NORTE DO PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS DE ARQUITECTURA:

- Fig. A.1 - Planta da urbanização;
- Fig. A.2 - Alçado Norte;
- Fig. A.3 - Alçado Sul;
- Fig. A.4 – Alçados Laterais;
- Fig. A.5 - Planta da garagem;
- Fig. A.6 - Planta do piso tipo (1ª metade);
- Fig. A.7 - Planta do piso tipo (2ª metade);
- Fig. A.8 - Planta de cobertura;
- Fig. A.9 - Planta de cobertura;
- Fig. A.10 - Corte;
- Fig. A.11 - Pormenores construtivos;
- Fig. A.12 - Pormenores construtivos;
- Fig. A.13 - Pormenores construtivos;
- Fig. A.14 - Pormenores construtivos;
- Condições técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias A. 1 a A. 12.

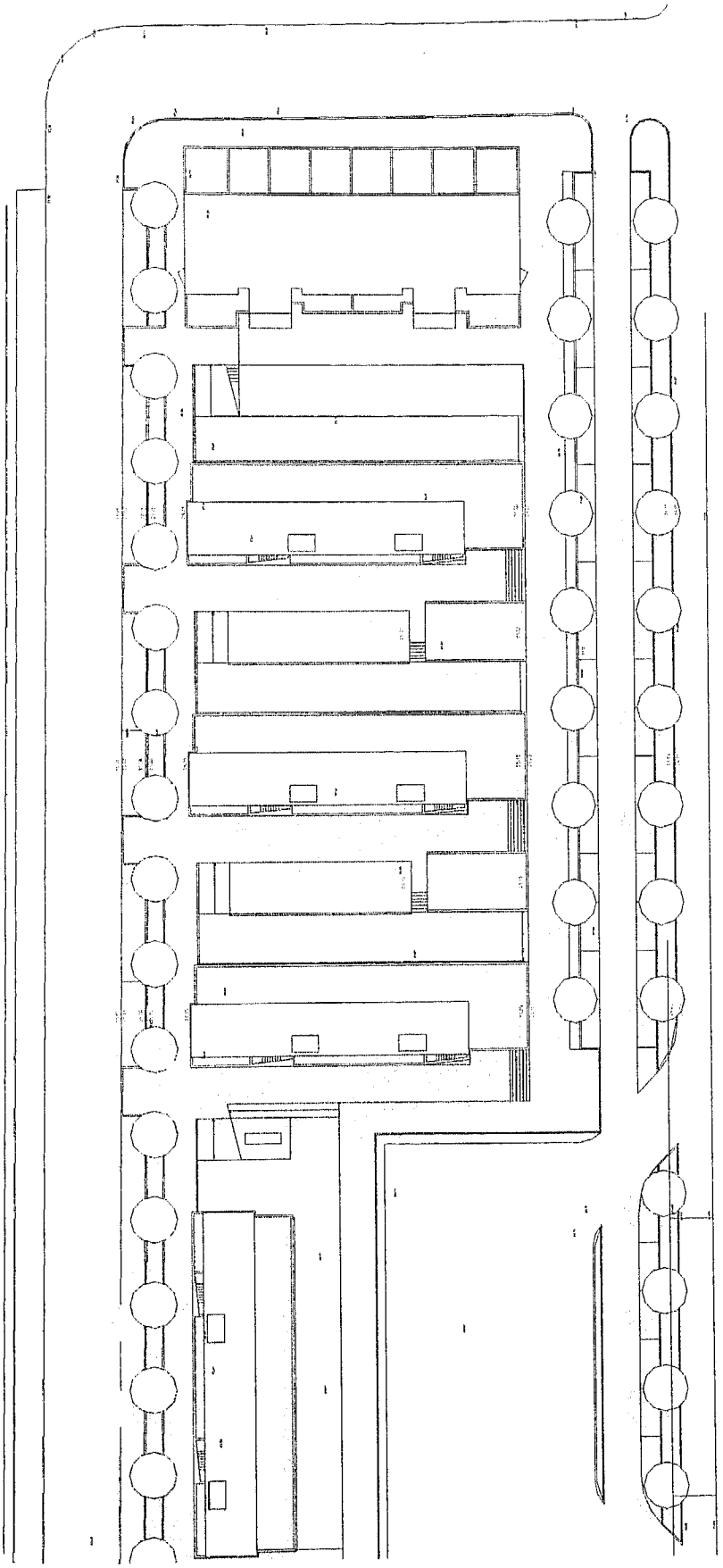


Fig. A.1 - PLANTA DA URBANIZAÇÃO

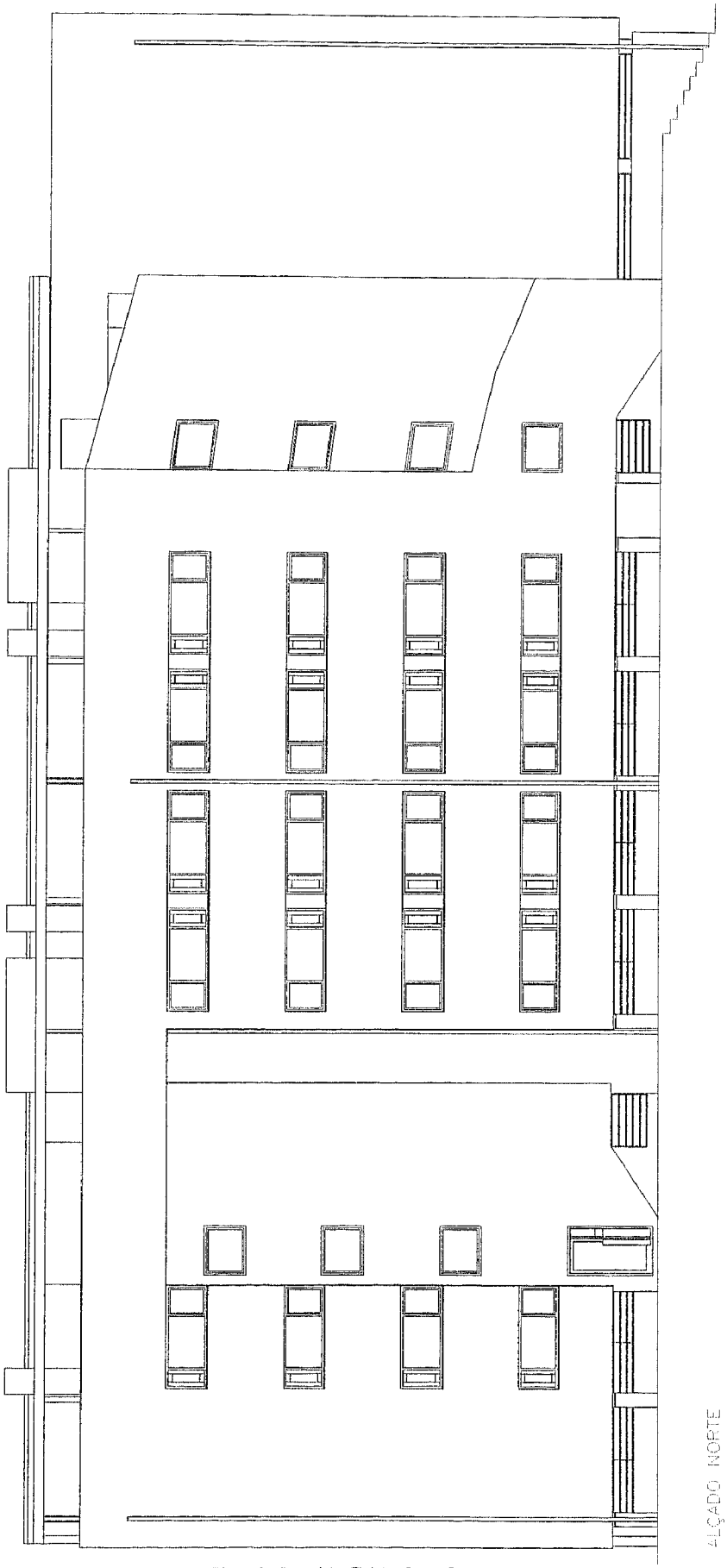


Fig. A.2 - ALÇADO NORTE

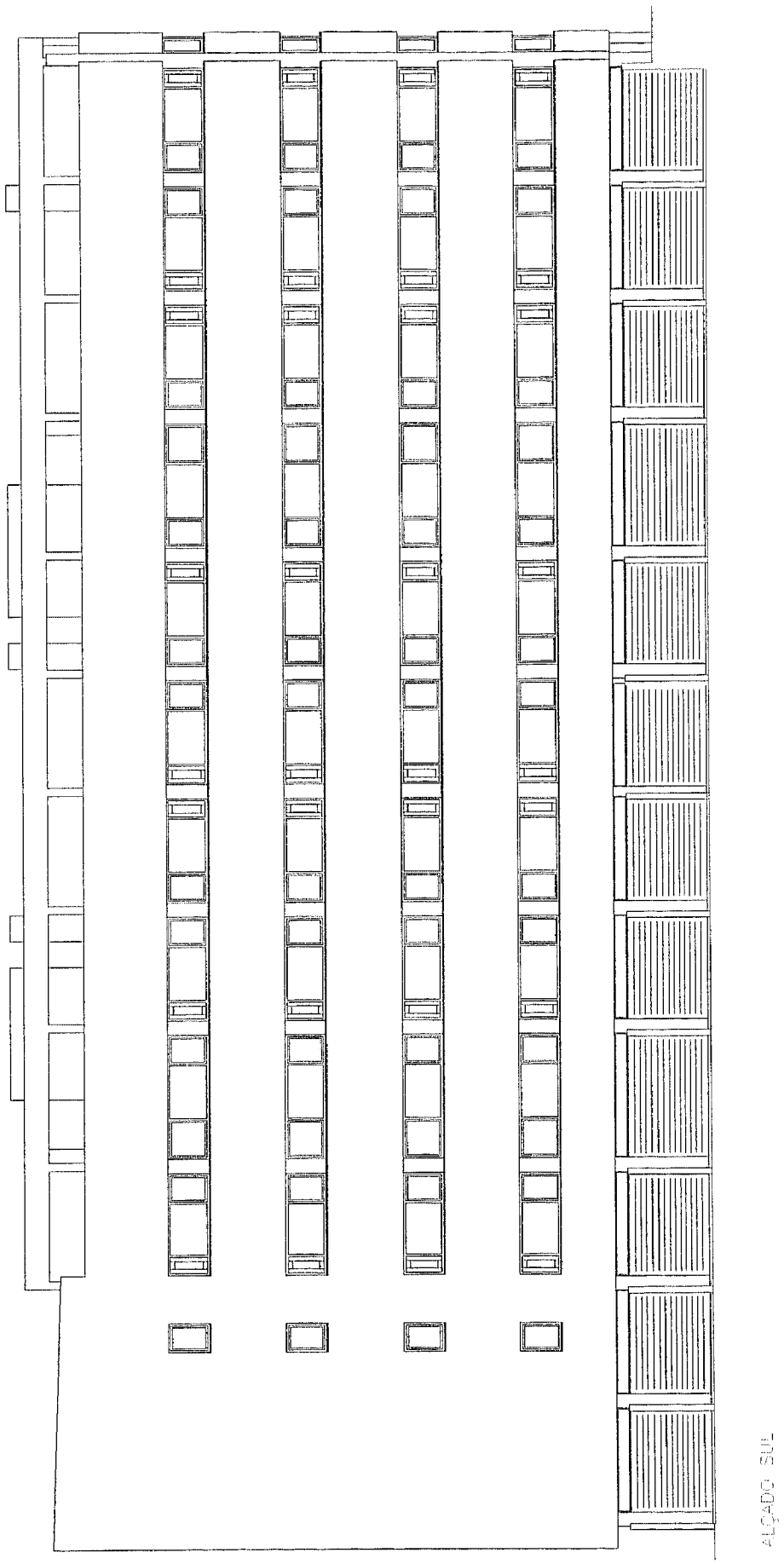


Fig. A.3 - ALÇADO SUL

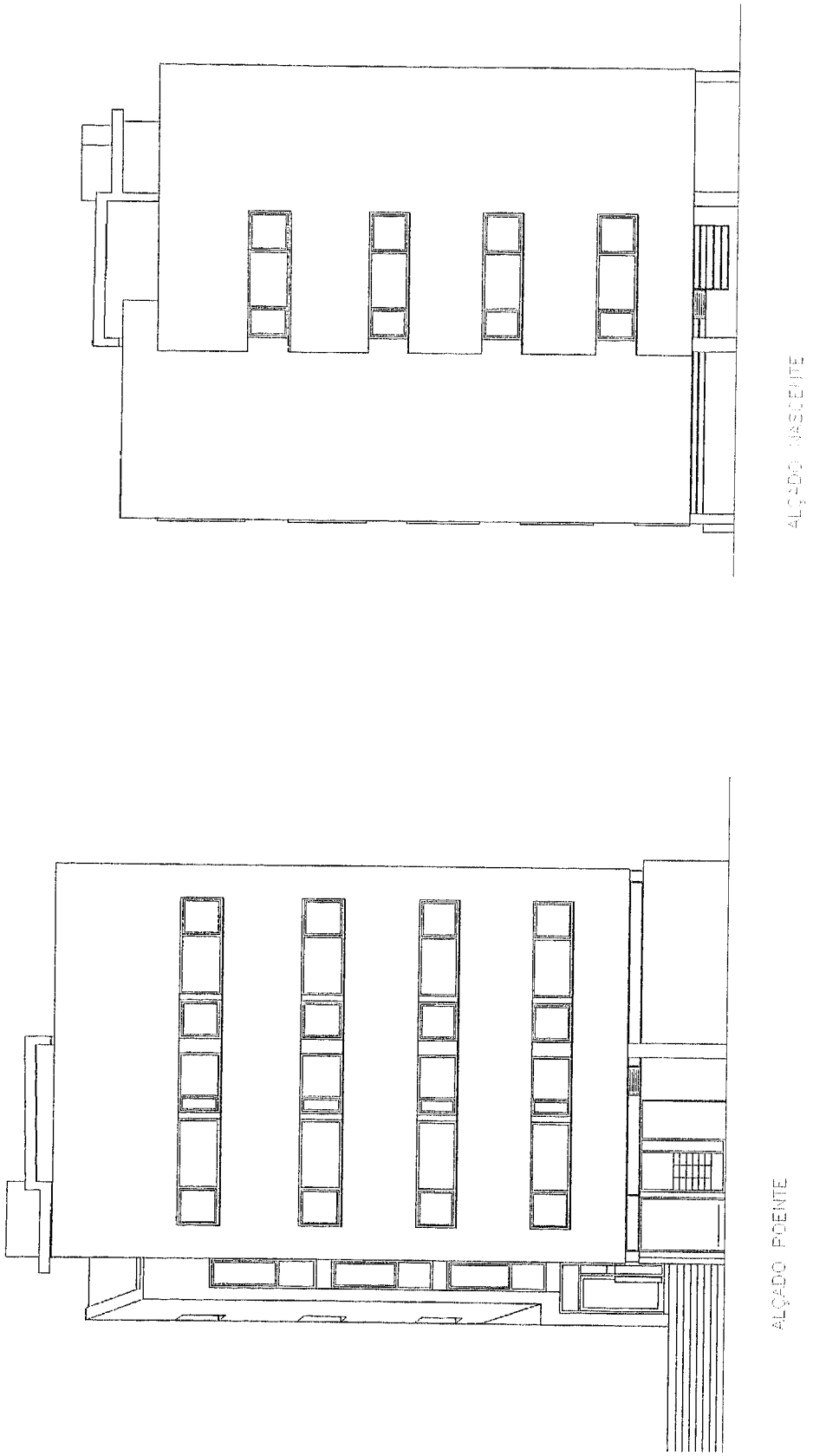


Fig. A.4 - ALÇADOS LATERAIS

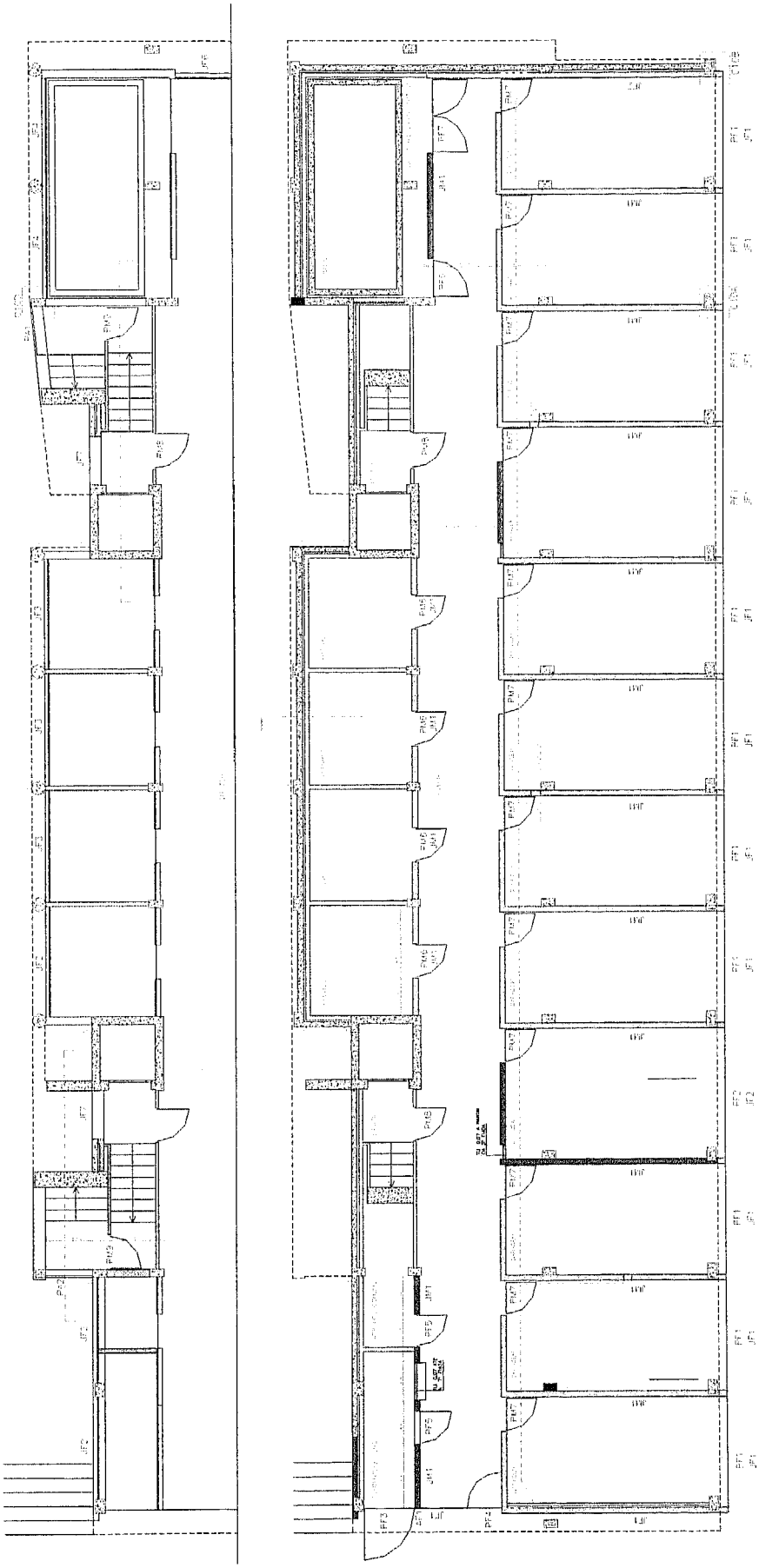


Fig. A.5 - PLANTA DA GARAGEM



Fig. A.6 - PLANTA DO PISO TIPO (1ª metade)

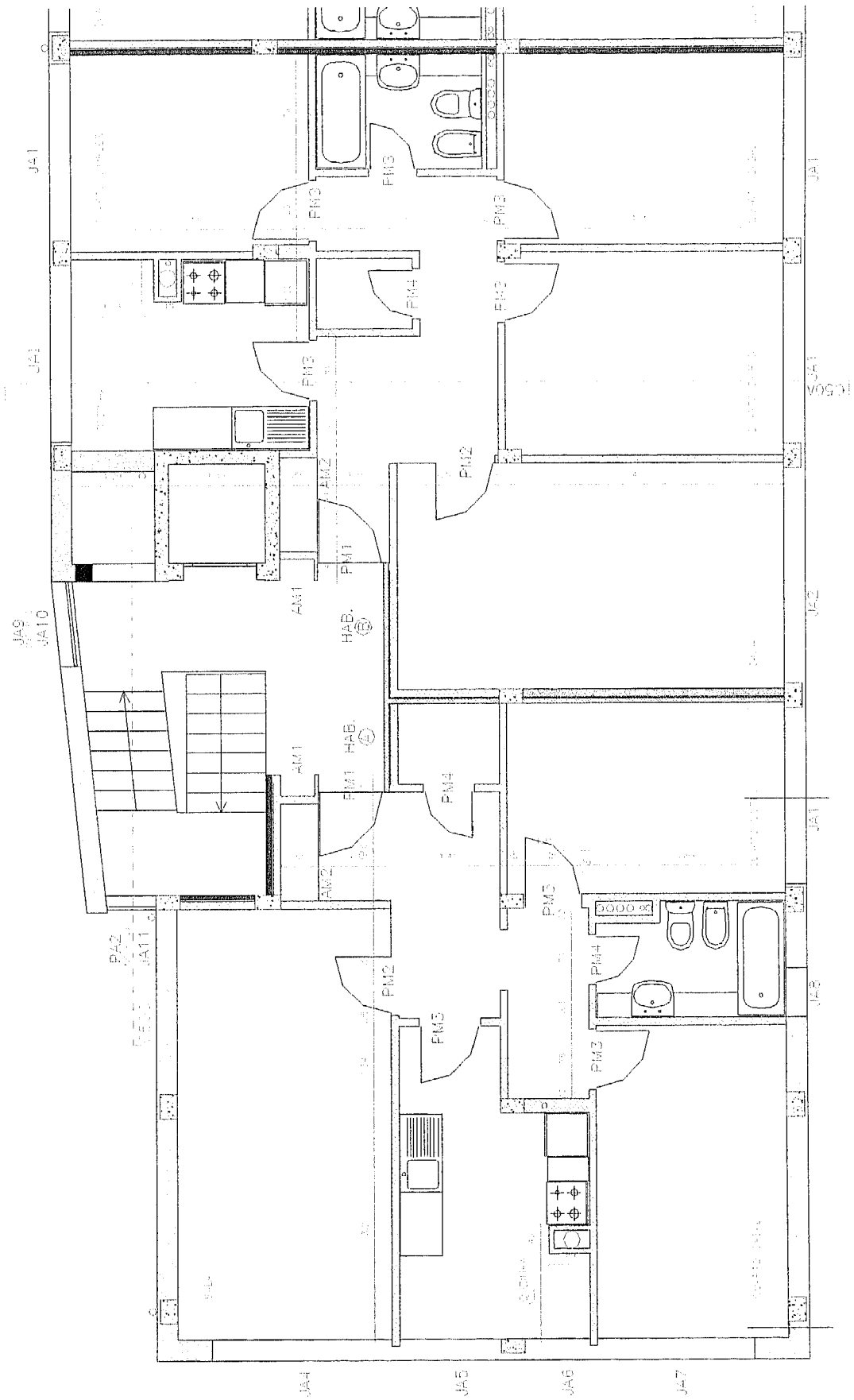


Fig. A.7 - PLANTA DE PISO (2ª metade)

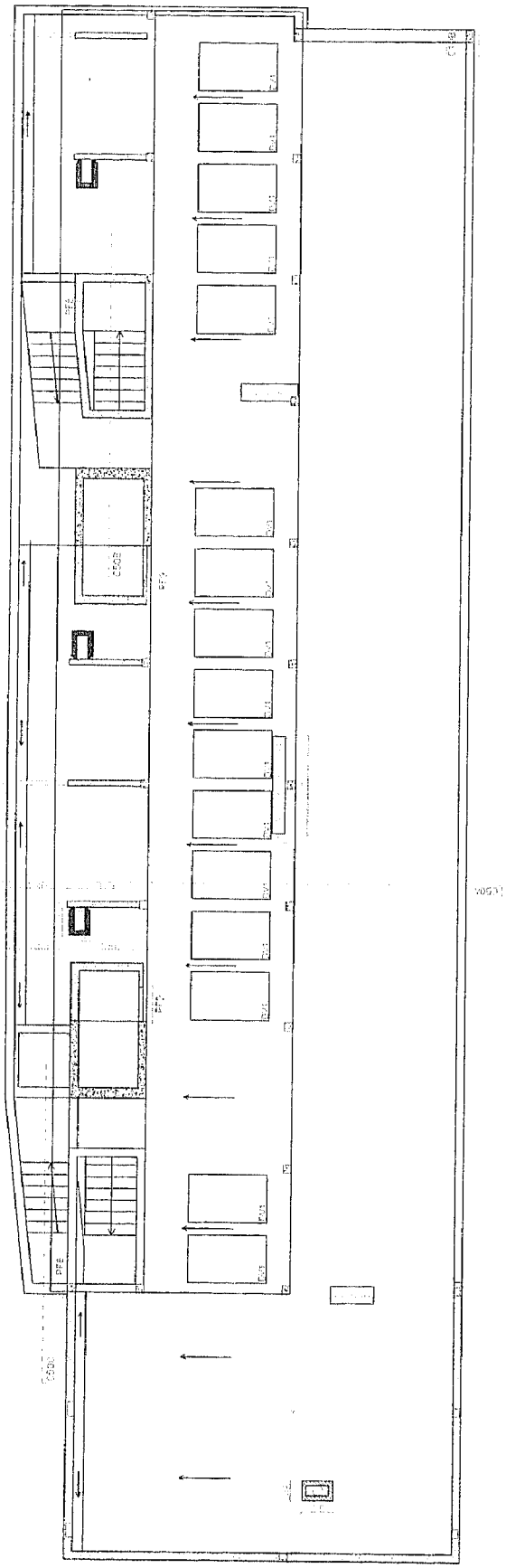


Fig. A.8 - PLANTA DE COBERTURA

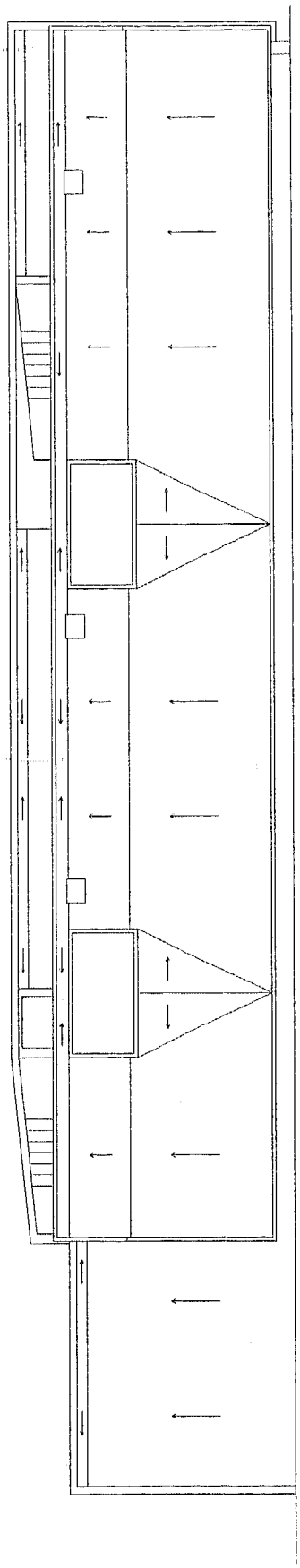


Fig. A.9 - PLANTA DE COBERTURA

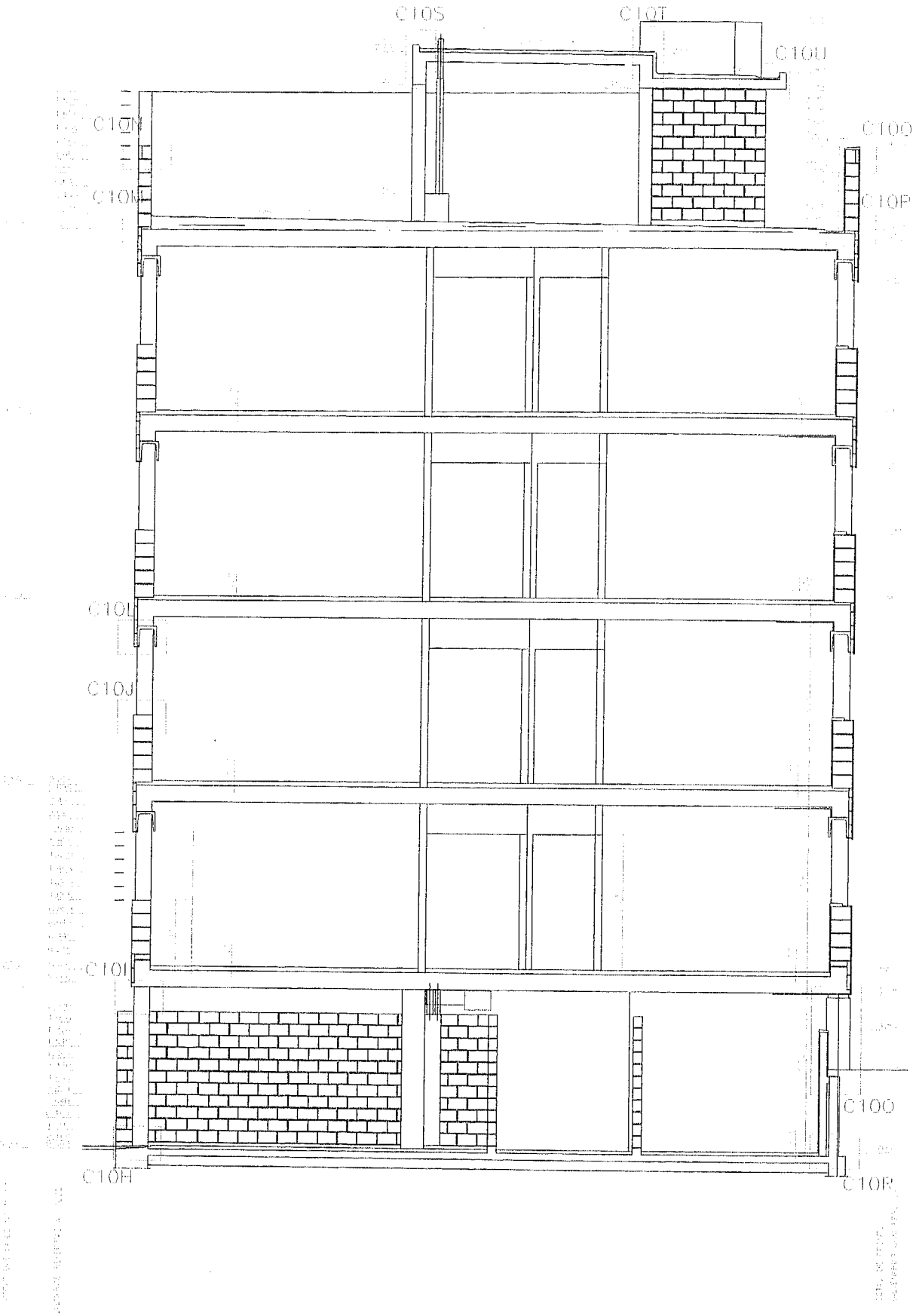


Fig. A.10 - CORTE

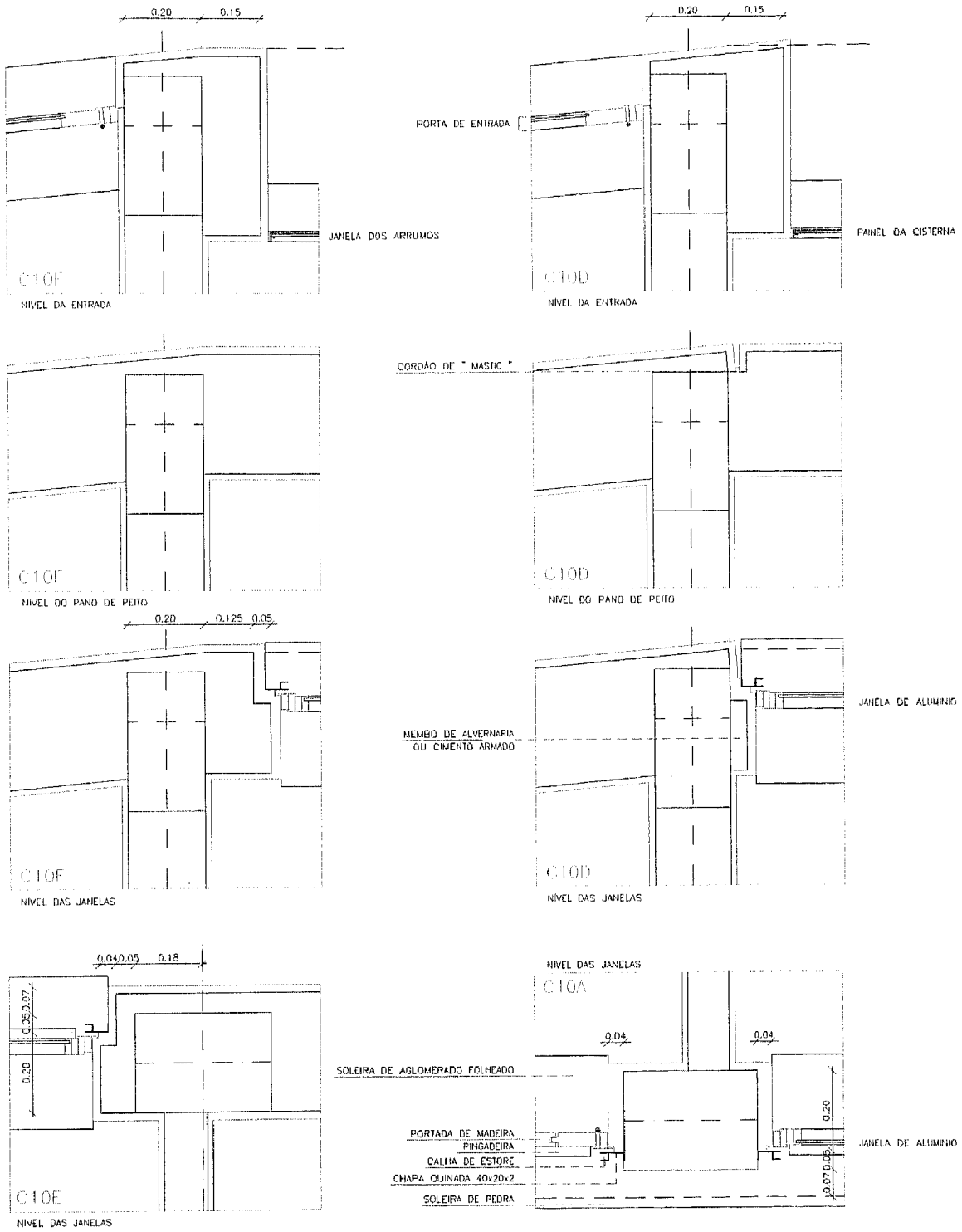


Fig. A.11 - PORMENORES CONSTRUTIVOS

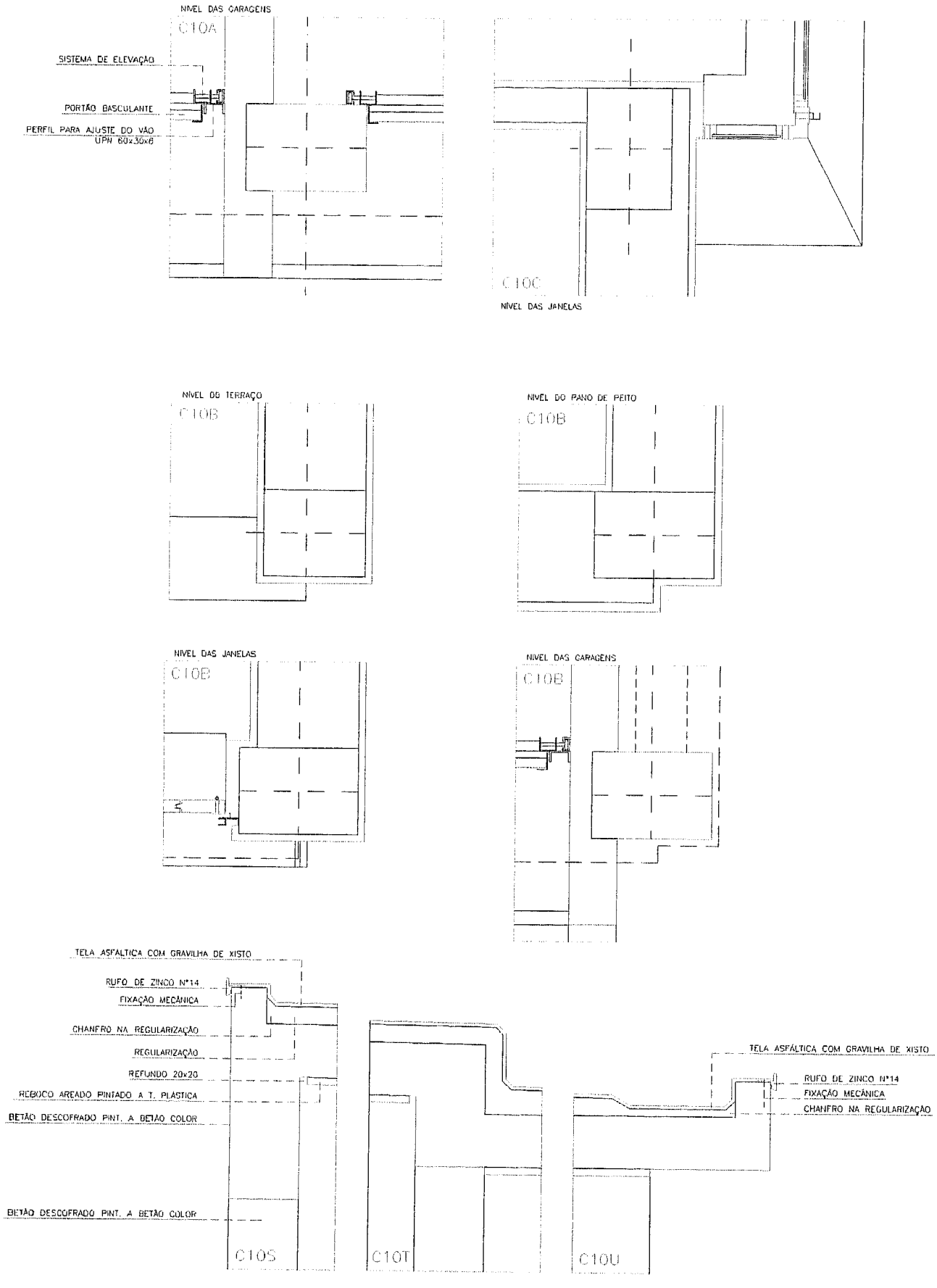


Fig. A.12 - PORMENORES CONSTRUTIVOS

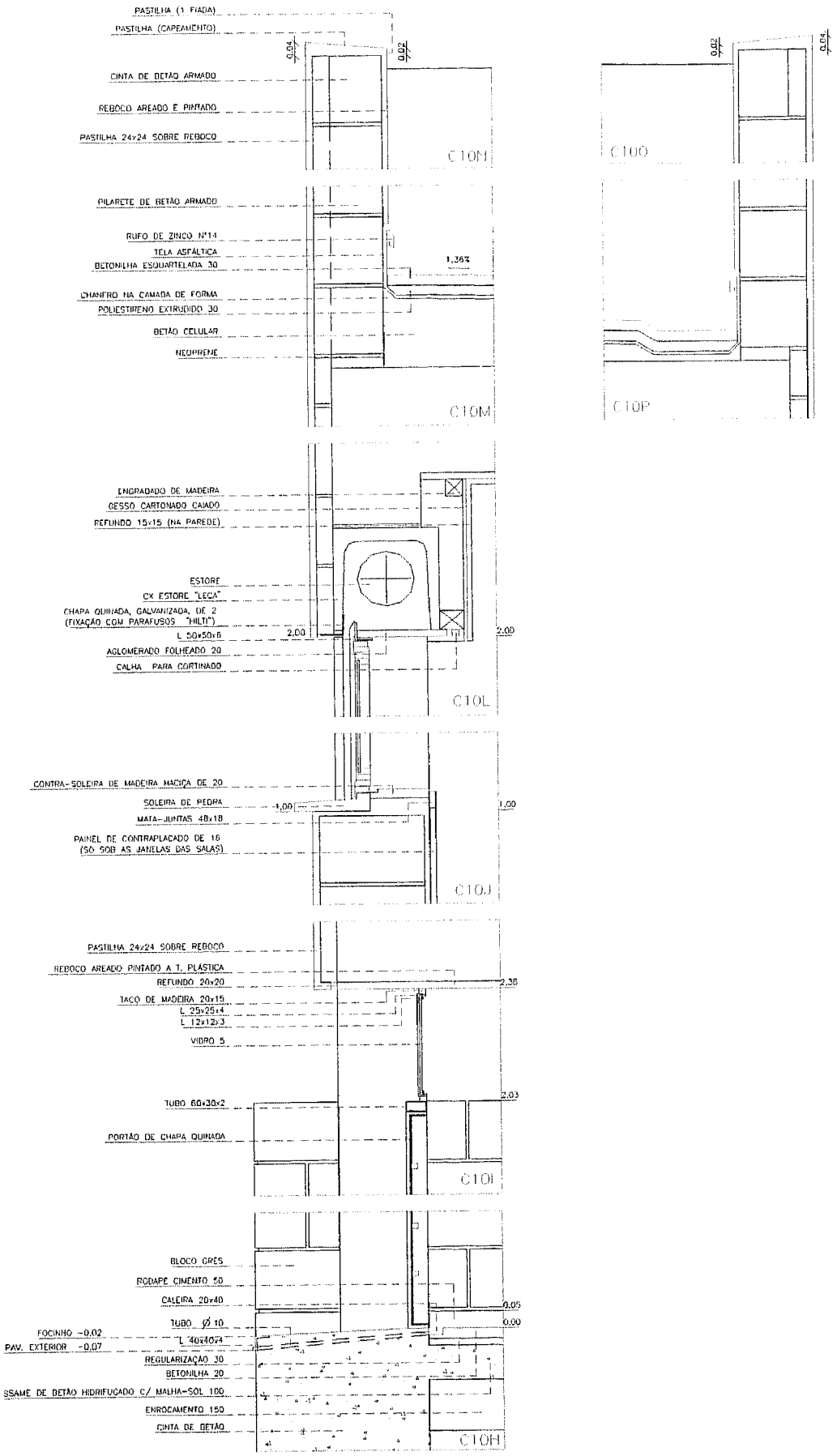


Fig. A.13 - PORMENORES CONSTRUTIVOS

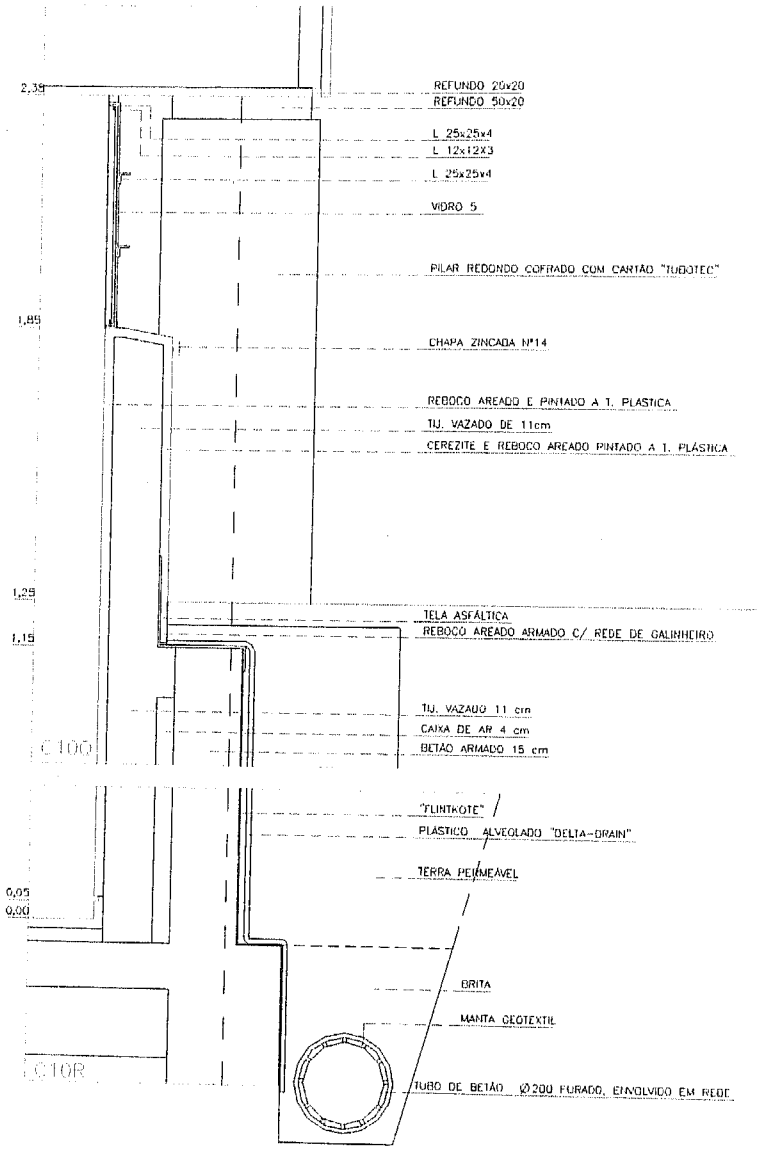


Fig. A.14 - PORMENORES CONSTRUTIVOS

CONDIÇÕES TÉCNICAS
(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

C4 - ALVENARIAS

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

1.1 - ASPECTOS GERAIS

a) A tolerância de localização da obra de alvenaria é de mais ou menos 5mm relativamente ao eixo da referida obra. A admissão desta tolerância, não isenta o empreiteiro de tomar em consideração que a utilização de materiais pré-fabricados tais como portas e janelas não deverá ser prejudicada.

b) As alvenarias devem apresentar-se bem alinhadas e desempenadas, a tolerância na verticalidade e alinhamentos das paredes de alvenaria será de 5mm, como máximo admissível.

c) Depois de executadas, as paredes de alvenaria devem ser limpas de quaisquer resíduos ou massas escorridas, de forma a poderem servir de suporte conveniente a obras posteriores.

1.2 - ALVENARIA DE TIJOLO E DE BLOCOS DE CIMENTO

b) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de que comprimidos os tijolos contra as juntas e leitos, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura dos leitos e juntas não será superior a 1cm.

1.3 - VERGAS E PARAPEITOS

As vergas dos vãos que existem nas paredes de alvenaria serão executadas em betão armado, arco de tijolo ou tijolo armado, conforme a solução mais adequada a cada situação.

1.4 - UNIÃO DE PANOS DE PAREDE

c) No topejamento de panos com elementos de betão (pilares, montantes, etc.) deverá ser executado o seu travamento. A ligação dos panos de blocos exteriores aos elementos da estrutura, deverá ser convenientemente assegurada por intermédio de grampos. Os grampos a utilizar serão do tipo indicado para a união de panos de alvenaria.

d) As ligações entre todos os panos (simples, duplos interiores, exteriores) e a estrutura de betão armado ou as caixas de estore deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal ou rede fibra de vidro, devidamente impregnadas com calda de cimento.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

4:01 Fornecimento e assentamento de alvenaria simples de blocos de betão leve com argila expandida, com 30cm de espessura, do tipo "LECA B30", incluindo forras de 5cm em pilares e vigas, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes de fachada.

4:02 Fornecimento e assentamento de alvenaria simples de blocos de betão leve com argila expandida, com 20cm de espessura, do tipo "LECA B20", incluindo pilaretes e cinta de betão armado, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de muretos.

4.01 e 4.02

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Os blocos deverão ser aplicados contrafiados e a junta vertical entre blocos não deverá ser argamassada, salvo nos tipos que não tenham encaixe. O traço recomendado para a argamassa de assentamento de blocos a serem rebocados pelo exterior é 1:1:6 (cimento portland, cal hidráulica e areia)

c) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de que comprimidos os blocos contra as juntas horizontais, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura das juntas horizontais não será superior a 1cm.

d) deverá ser usada uma régua para dividir a argamassa de assentamento na zona de ruptura térmica dos blocos e calibrar a altura da junta.

e) Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante relativamente aos processos de armazenamento e manuseamento dos blocos.

f) As ligações entre os panos e a estrutura de betão armado deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal, devidamente impregnadas com calda de cimento.

4:09 Fornecimento e aplicação de caixas de estore em betão do tipo "Pregaia", com todos os materiais e trabalhos inerentes.

4.09

a) As caixas de estores serão apoiadas em cachorros metálicos chumbados aos topos dos pilares, a meio vão serão fixas às vigas com buchas do tipo " Hilti ". O encontro ao betão da estrutura será agarrado com argamassa forte (traço 1:3).

Na primeira fiada serão fixados à padieira um em cada encosto dois blocos.

b) A forra de blocos termicos tipo " Leca" de 5 cm apoia inferiormente numa chapa quinada galvanizada de 2mm, com parafusos tipo " Hilti ". Toda a forra será agarrada à parede com argamassa.

c) Só serão permitidos produtos homologados.

C6 - REVESTIMENTO DE PAREDES

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

6.2 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Os paramentos em geral, depois de acabados, terão de observar as tolerâncias máximas seguintes :

- Implantação e cotas principais : 5mm
- Desvios de esquadria : 10mm
- Verticalidade : 4mm na altura de um andar
- Desempenamento:1mm em relação a régua de 0,20m e 2mm em relação a régua de 2,00mm

6.3 - EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

d) Revestimento contínuo com monomassas:

Suporte - O revestimento será aplicado sobre alvenarias de blocos de betão leve.

Condições do suporte - O suporte deve ser resistente, homogéneo e limpo (isento de materiais friáveis ou pulvurentos, óleos de descofragem, salitre, gesso ou musgos). - O suporte deverá apresentar-se rigorosamento plano, sem mossas ou saliências, e sem texturas diferenciadas.

Preparação da mistura - A amassadura deve ser efectuada mecanicamente, na própria máquina de projecção ou em betoneira, quando a aplicação é manual. - Os componentes adicionados e misturados em obra, deverão ser utilizados sempre nas mesmas percentagens, observando os mesmos métodos de preparação, de modo a obter revestimentos uniformes. - As quantidades de material preparado deverá corresponder ás áres de revestimento a executar, sendo interdita a adição de novos componentes ou a reutilização de material sobrante. - Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante e documento de homologação relativamente aos processos armazenamento, manuseamento e preparação do revestimento.

Aplicação - A aplicação do revestimento será executado em camada única, obtida a partir da aplicação de duas demãos do produto. A primeira demão, aplicada manual ou mecanicamente, é cuidadosamente apertada e alisada com régua e assegura mínima uniforme de 10 mm. A segunda demão, projectada, confere ao paramento a rugosidade de superficie pretendida e pode ser aplicada imediatamente após o inicio de endurecimento da primeira demão ou num periodo que não ultrapasse 3 dias. A espessura final situar-se-à entre 12 e 15 mm.

- O revestimento será aplicado por projecção, com recurso a pistola apropriada, com a afinação recomendada pelo fabricante e adequada ao acabamento pretendido. Condições de aplicação - Não deve ser aplicado em temperaturas ambiente superiores a 35°C e inferiores a 8°C. - Não deve ser aplicado em tempo chuvoso, com vento forte e logo que os raios solares incidam sobre a superfície a trabalhar. - As superfícies serão revestidas de uma só vez, de acordo com as áreas previamente estabelecidas, sendo interdita a suspensão da aplicação ou a utilização de emendas. - As superfícies a revestir deverão ser rigorosamente delimitadas com fita adesiva, e protegidos todos os elementos que não serão revestidos. Juntas - O revestimento será obrigatóriamente interrompido ao nível das juntas estruturais do edifício, e em todos os locais definidos em projecto.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

06:01	Fornecimento e aplicação de pastilha cerâmica tipo "Cinca" em cor branco, incluíndo salpisco, emboço, impermeabilização com argamassa hidrófuga e reboco, com todos os trabalhos e materiais inerentes
06:02	idem, em cor azul
06:03	Execução de salpisco, emboço, impermeabilização com argamassa hidrófuga e reboco areado fino, pronto para receber pintura a tinta plástica em paredes de fachada

6.01, 6.02 e 6.03

A pastilha será do tipo "Cinca", de 24x24mm, não vidrada, podendo ser aceites outros tipos, nomeadamente de 48x48 mm ou similares.

A junta é tomada à cor da pastilha e deverá garantir-se a mesma espessura em todas as juntas, nomeadamente entre os cartões. As referências de côr são:

201 para o branco.

214 para o azul.

140 para o preto.

O preto destina-se à definição de frisos a colocar à base da fachada norte, de acordo com indicações no respectivo alçado e indicações a dar em obra.

a) O emboço hidrofugado será constituído por argamassa de cimento e areia ao traço 1:1,5 com aditivo hidrofugo tipo "Diatimite" ou "Hidromedon".

9.4 - SOLEIRAS E PEITORIS

a) As soleiras e peitoris terão batente, canal, drenos e lacrimal na sua face interior. O topo do batente será inclinado para o exterior com inclinação superior a 10%, e a inclinação do canal será de 0.5%. As soleiras e peitoris deverão ainda incluir reentrância para cordão impermeabilizante. Serão aplicadas ao traço 1:3 de argamassa de cimento CPN.

b) As soleiras e peitoris com mais de 1.00m de comprimento terão duas furações ou canais para o exterior, em princípio não paralelas entre si e não perpendiculares à maior dimensão das peças.

c) As peças uma vez assentes devem ficar niveladas com as arestas bem marcadas e formando os ângulos necessários a que os desenhos do projecto se realizem, mesmo que o levantamento da obra apresente uma geometria ligeiramente diferente por motivo de variação de cotas. Sempre que essa variação fôr superior a 50mm deve ser dado conhecimento à Fiscalização.

09:01 Fornecimento e assentamento de soleiras completas em mármore vidraço polido com batente, canal, drenos e lacrimal, incluindo aplicação de cordão de mastique, com todos os trabalhos e materiais inerentes.

09:02 Fornecimento e assentamento de soleiras completas em ardósia polida com batente, canal, drenos e lacrimal, incluindo aplicação de cordão de mastique, com todos os trabalhos e materiais inerentes.

9.02

a) As soleiras das janelas largas das salas, quartos e cozinha são feita em duas peças; as juntas situam-se uma aproximadamente a meio-vão, e outra rigorosamente a meio dos pilares.

b)Nos topos de cada soleira ou fiada de soleiras será aberto um canal para drenagem das águas de modo a evitar os babados na fachada.

c) Inclui a aplicação de cordão de espuma de poliuretano comprimido, recoberto a mastique.

d) Inclui a regularização de peitoris em argamassa hidrofugada de cimento, areia e aditivo do tipo "Diatimite" ou "Hidromedon".

C10 - SERRALHARIAS DE ALUMÍNIO

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

a) Ao Empreiteiro compete a execução, assentamento, e calafetagem de todas as caixilharias de alumínio, que serão executadas de acordo com os indicações do projecto,e em conformidade com o dimensionamento referido nos pormenores.

b) O Empreiteiro deve proceder ao levantamento na obra de todas as medidas que são necessárias para o fabrico das serralharias, quando a execução de elementos primários não lhe garantir o cumprimento das cotas do projecto. Quando as exigências de fabrico não permitirem aguardar o levantamento em obra daquelas medidas, o Empreiteiro deve assegurar que a concepção e o fabrico das serralharias permitem adaptar-se perfeitamente às tolerâncias admitidas para a execução das diferentes partes da obra em que assentam.

d) Os elementos e estruturas deverão resultar bem alinhadas e nivelados depois de assentes, e estar rigorosamente de acordo com as dimensões e equidistâncias do projecto aprovado para a sua execução.

C17 - PINTURAS E ACABAMENTOS FINAIS

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

17.1 - ASPECTOS GERAIS

a) Ao Empreiteiro compete a execução de todos os trabalhos deste projecto relativos a pinturas, envernizamentos, enceramentos e outros acabamentos de película fina, incluindo o fornecimento e aplicação de todos os materiais e com todos os trabalhos inerentes, conforme desenhos e caderno de encargos.

b) Para a realização das pinturas deve obedecer-se, em particular, às especificações do D.T.U. -nº59 1952. " Cahier des Prescriptions Techniques Générales applicables aux travaux de Peinture, Nettoyage, Mise en Service, Vitreries, Papier de Teinture".

d) O Empreiteiro deve tomar as precauções necessárias para assegurar a protecção das superfícies (mármores, parquets, alumínios, etc.) que possam ser atacadas, manchadas ou alteradas pela realização dos acabamentos. O Empreiteiro deve submeter à aprovação da Fiscalização, no período de preparação da execução da obra, as medidas que pretende adoptar para atingir este objectivo tal como as técnicas de execução das pinturas e outras.

b) As bases de aplicação devem ser cuidadosamente limpas de poeiras, substâncias gordurosas, manchas e de todos os resíduos resultantes da realização de trabalhos anteriores.

c) O teor de humidade e o acabamento das bases, e as condições de temperatura e higrométricas do meio ambiente devem satisfazer as prescrições de aplicação do fabricante, uma vez aprovadas pela Fiscalização.

d) As deficiências da base de aplicação, fissuras, cavidades, irregularidades, e outras, devem ser reparadas quer com o mesmo material do revestimento quer com produtos de isolamento e de barramento adequados às pinturas a aplicar. O Empreiteiro, antes do início destes trabalhos deve, obrigatoriamente, submeter à aprovação da Fiscalização as soluções que pretende executar.

g) As superfícies acabadas devem apresentar uma coloração uniforme e regular. A correcção das deficiências das superfícies pintadas - bolhas, manchas, fissuras e outras - só será iniciada depois do Empreiteiro ter apresentado à aprovação da Fiscalização as medidas necessárias à sua eliminação. Em princípio as correcções de deficiências em zonas localizadas obriga a repintura de toda a superfície.

i) Sempre que haja dúvidas quanto à qualidade das tintas, vernizes ou outros produtos de acabamento a aplicar, deve o Empreiteiro manda-las ensaiar ao LNEC, e submeter o respectivo parecer à Fiscalização que só aceitará a sua aplicação se tal parecer for favorável.

a) As argamassas, betões e estuques a pintar devem, em regra, ter sido concluídas trinta dias antes do início das pinturas, devendo ser previamente preparadas com uma demão de primário anti-alcalino, o qual, em locais húmidos como cozinhas e casas de banho, deverá ser também anti-fungos.

b) Sempre que o prazo seja inferior a trinta dias deverá o Empreiteiro aplicar uma demão de primário anti-alcalino adequado ao tempo de execução dos suportes.

c) Quando as superfícies se apresentem porosas deve, ser aplicado um primário adequado, bastante penetrante e aglutinante.

g) Salvo indicação explícita em contrário nas especificações dos trabalhos, a execução da pintura deve obedecer ao seguinte esquema:

- 1 demão de primário
- 2 demãos de acabamento

Preparação das superfícies : Devem deixar-se curar todas as superfícies a pintar, reparando-se defeitos e fissuras superficiais. Devem remover-se todos os vestígios de gorduras, poeiras, fungos ou outros contaminantes.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA

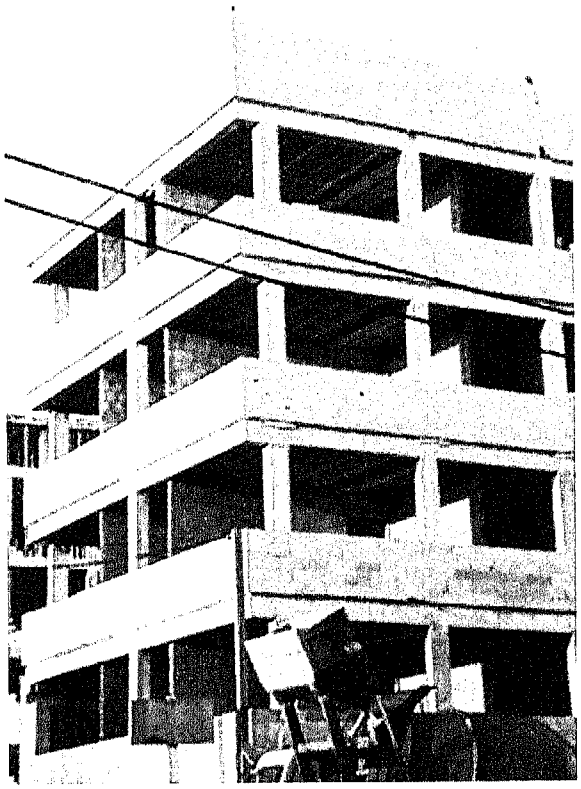


Foto. A.1

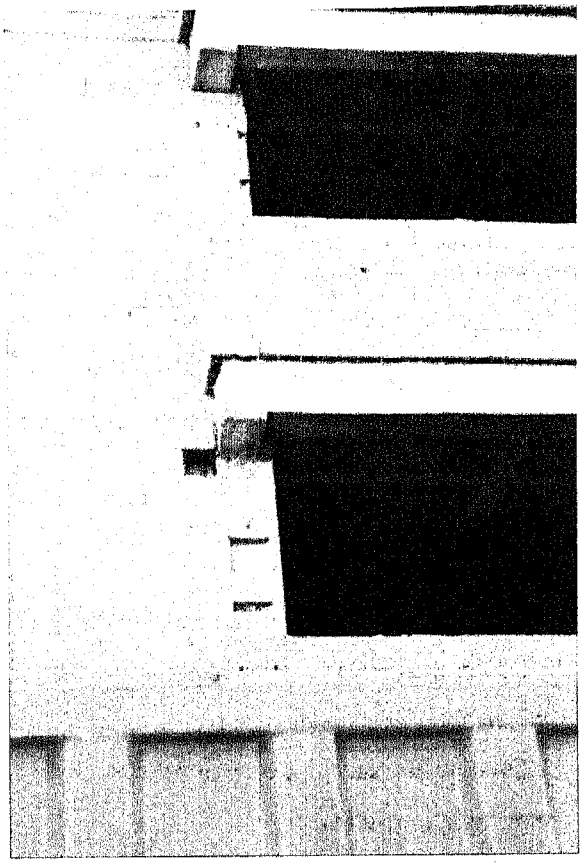


Foto. A.2

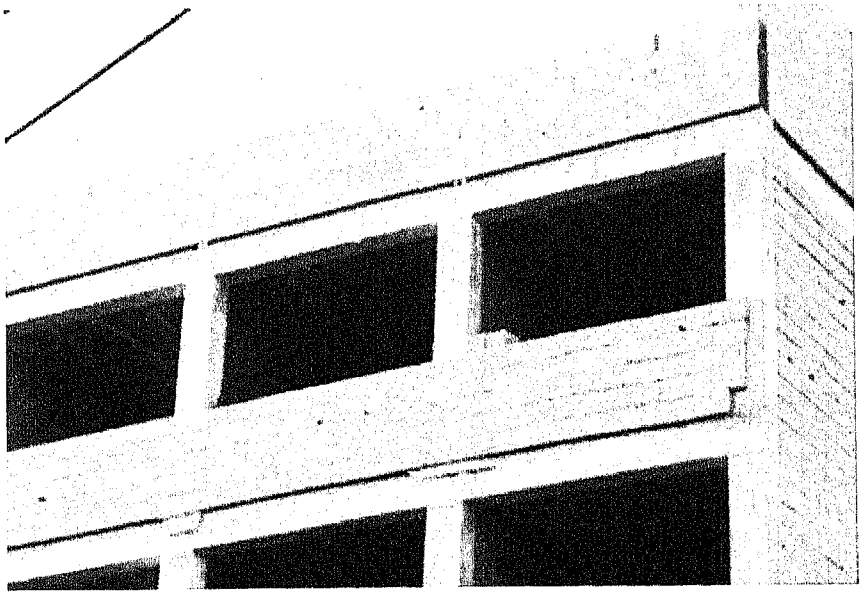


Foto. A.3

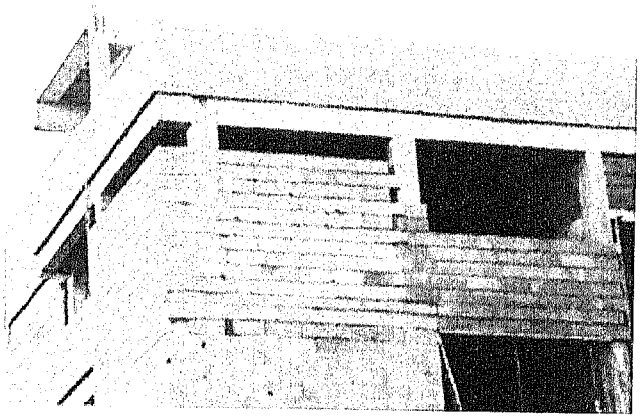


Foto. A.4

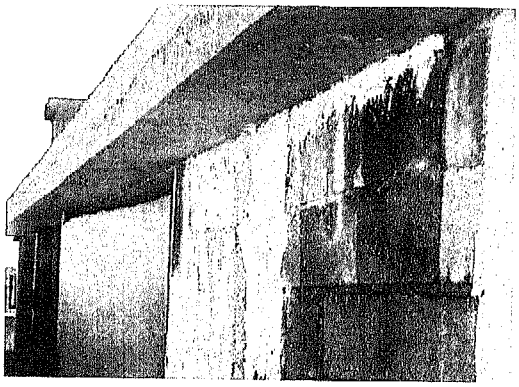


Foto. A.5

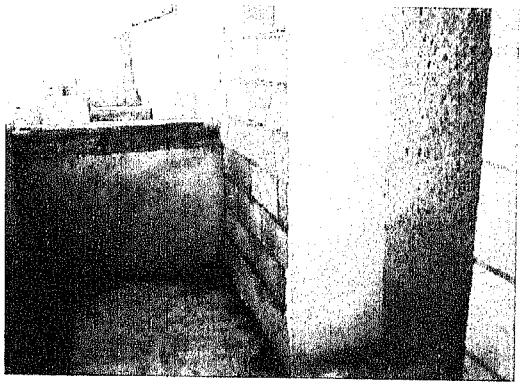


Foto. A.6



Foto. A.7

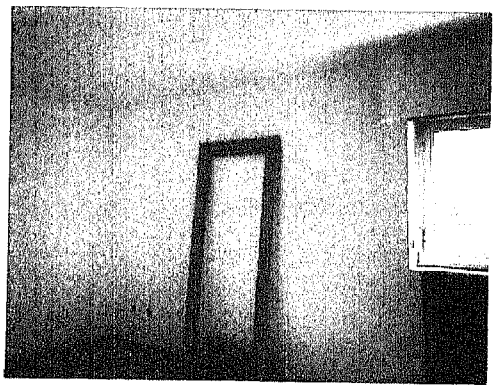


Foto. A.8

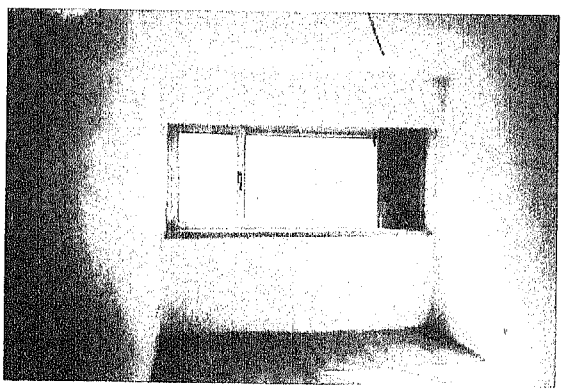


Foto. A.9



Foto. A.10

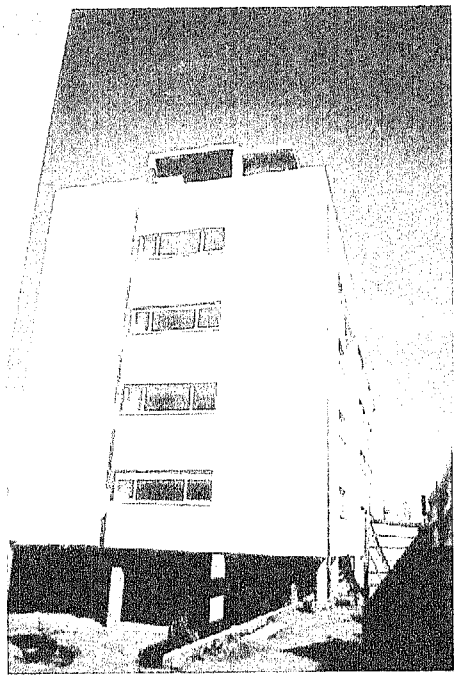


Foto. A.11

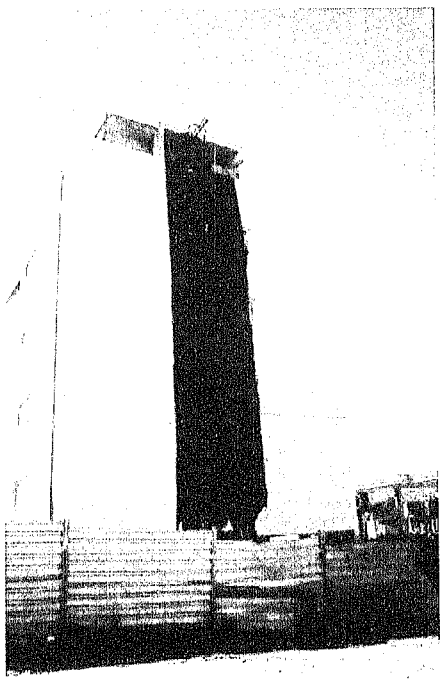


Foto. A.12

ANEXO B

OBRA 2

ESCOLA PROFISSIONAL SITUADA NO INTERIOR, A 30KM DO PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS DE ARQUITECTURA:

- Fig. B.1 - PLANTA DO PISO 0;
- Fig. B.2 - PLANTA DO PISO –1;
- Fig. B.3 - PLANTA DO PISO –2;
- Fig. B.4 - PLANTA DO PISO –3;
- Fig. B.5 - CORTE LONGITUDINAL E CORTES TRANSVERSAIS;
- Fig. B.6 - CORTE VERTICAL TIPO DAS FACHADAS;
- Fig. B.7 - CORTES HORIZONTAIS TIPO DAS FACHADAS;
- Condições técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias B. 1 a B. 17.

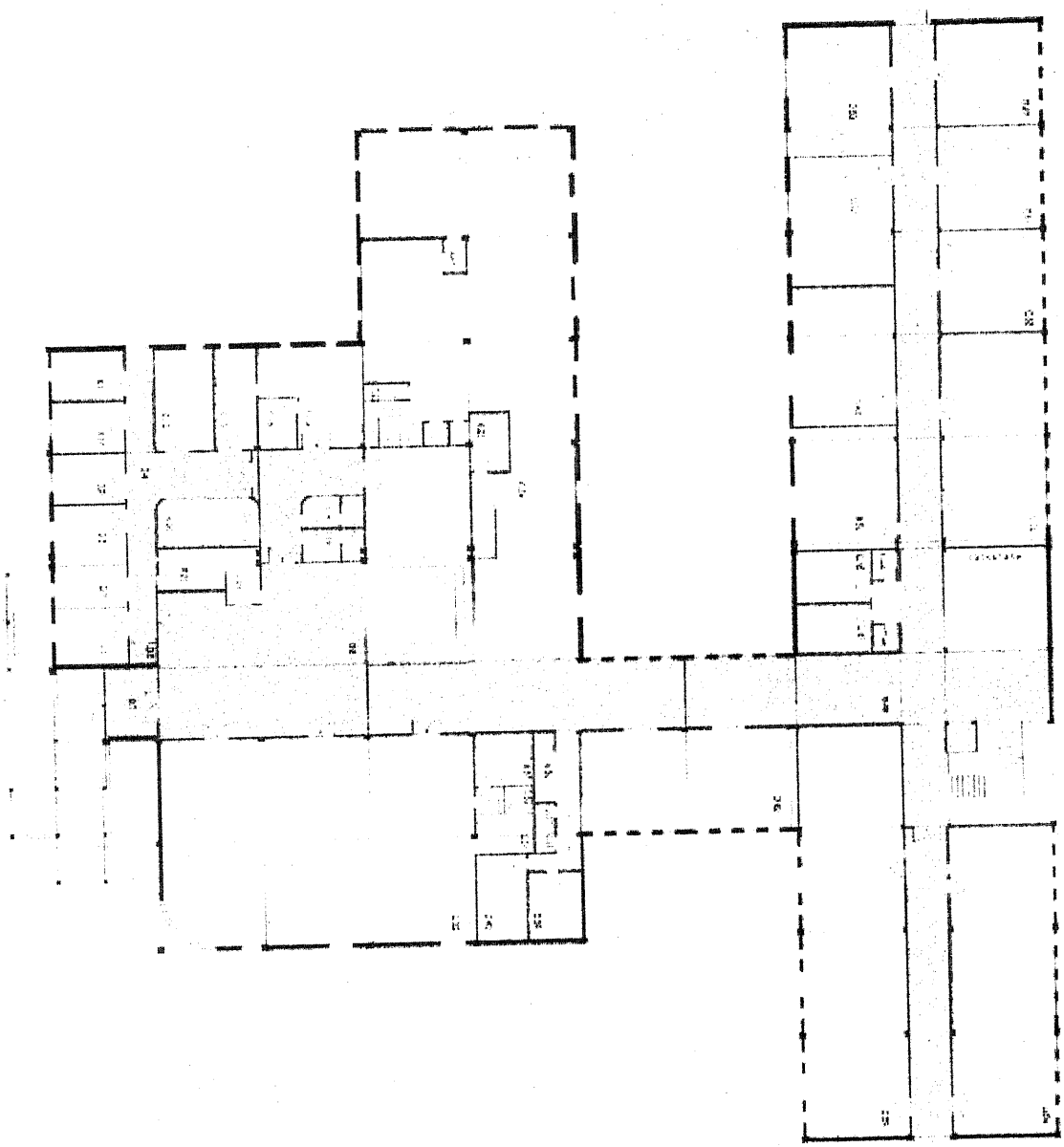


Fig. B.1 - PLANTA DO PISO 0

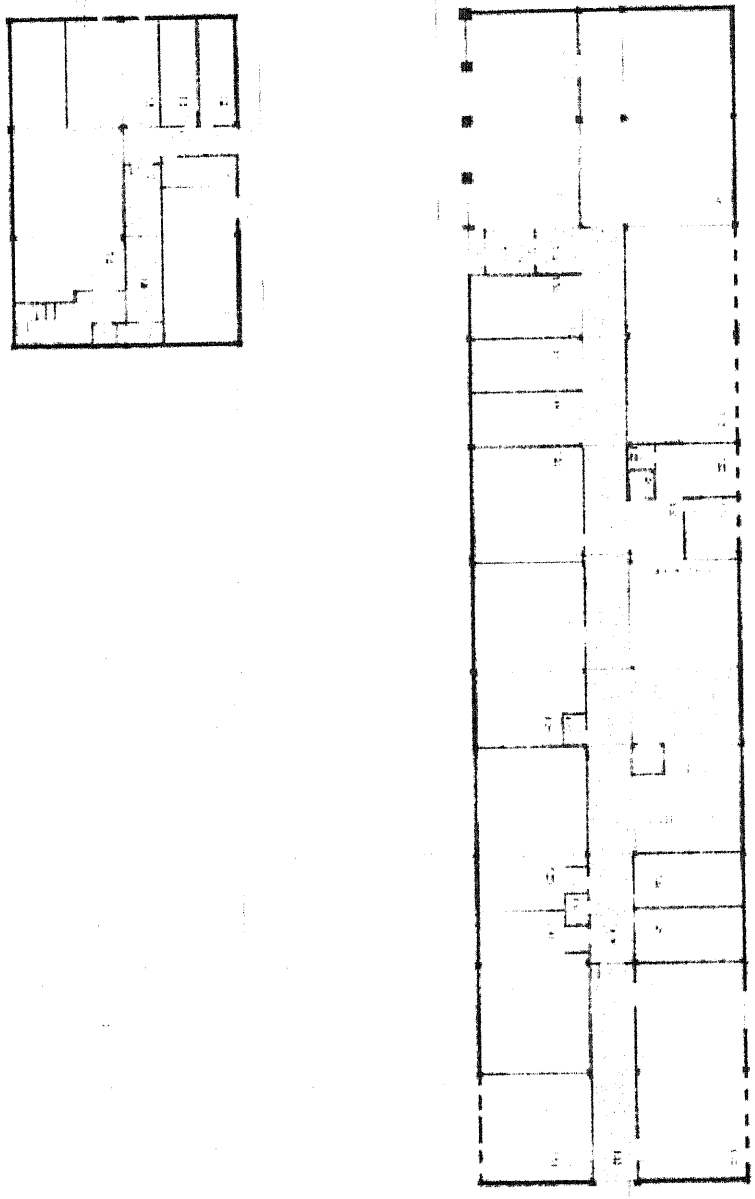


Fig. B.2 - PLANTA DO PISO -1

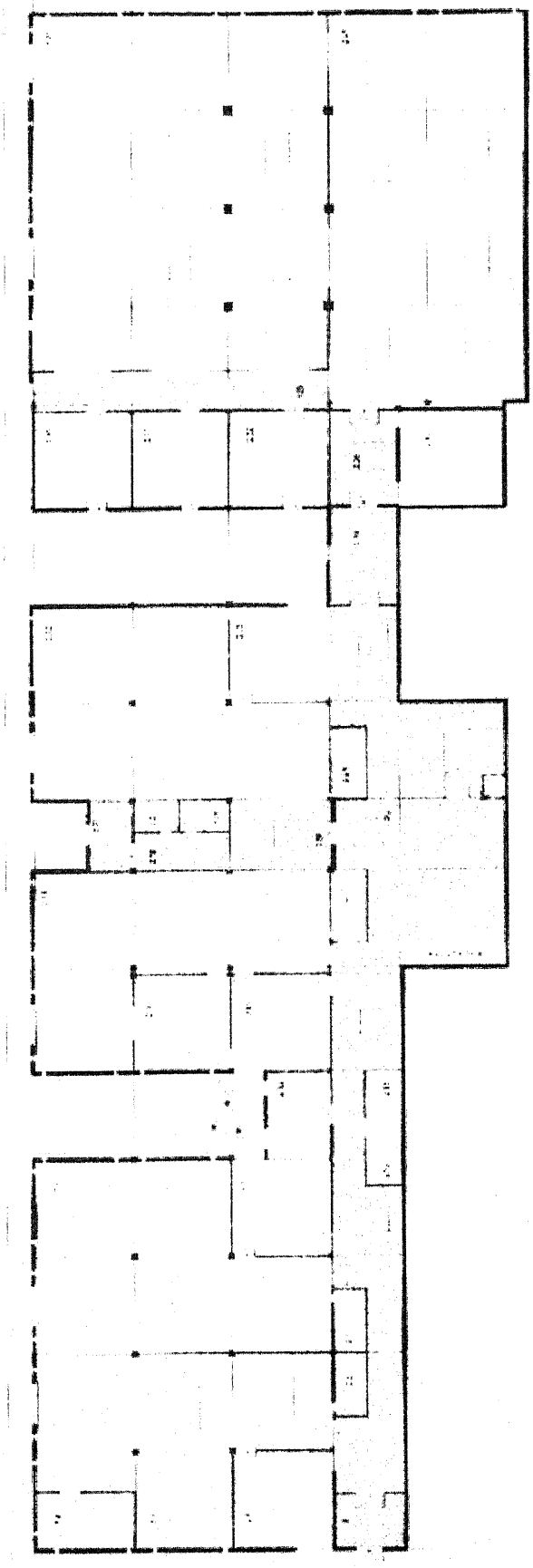


Fig. B.3 - PLANTA DO PISO -2

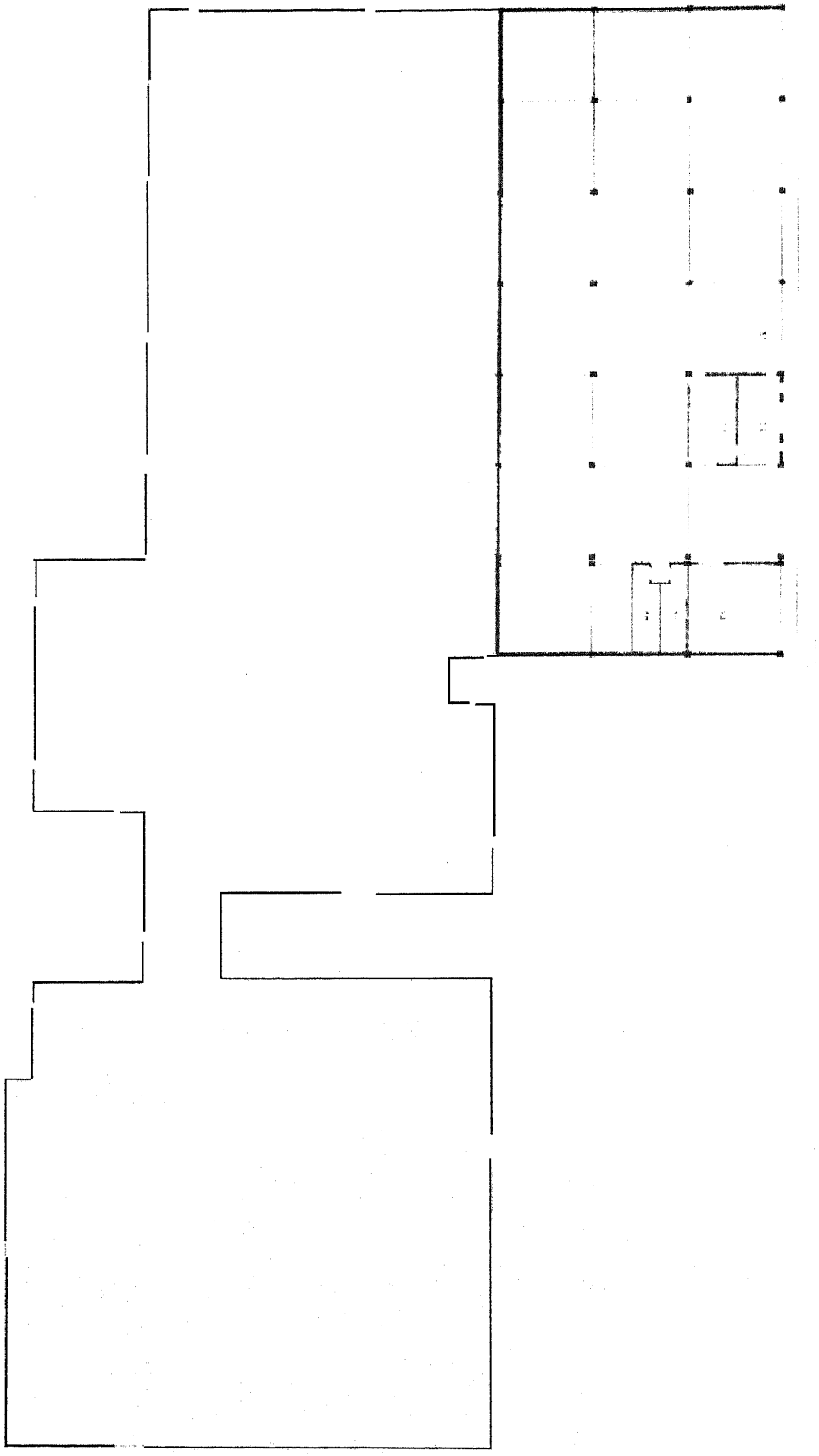


Fig. B.4 - PLANTA DO PISO -3

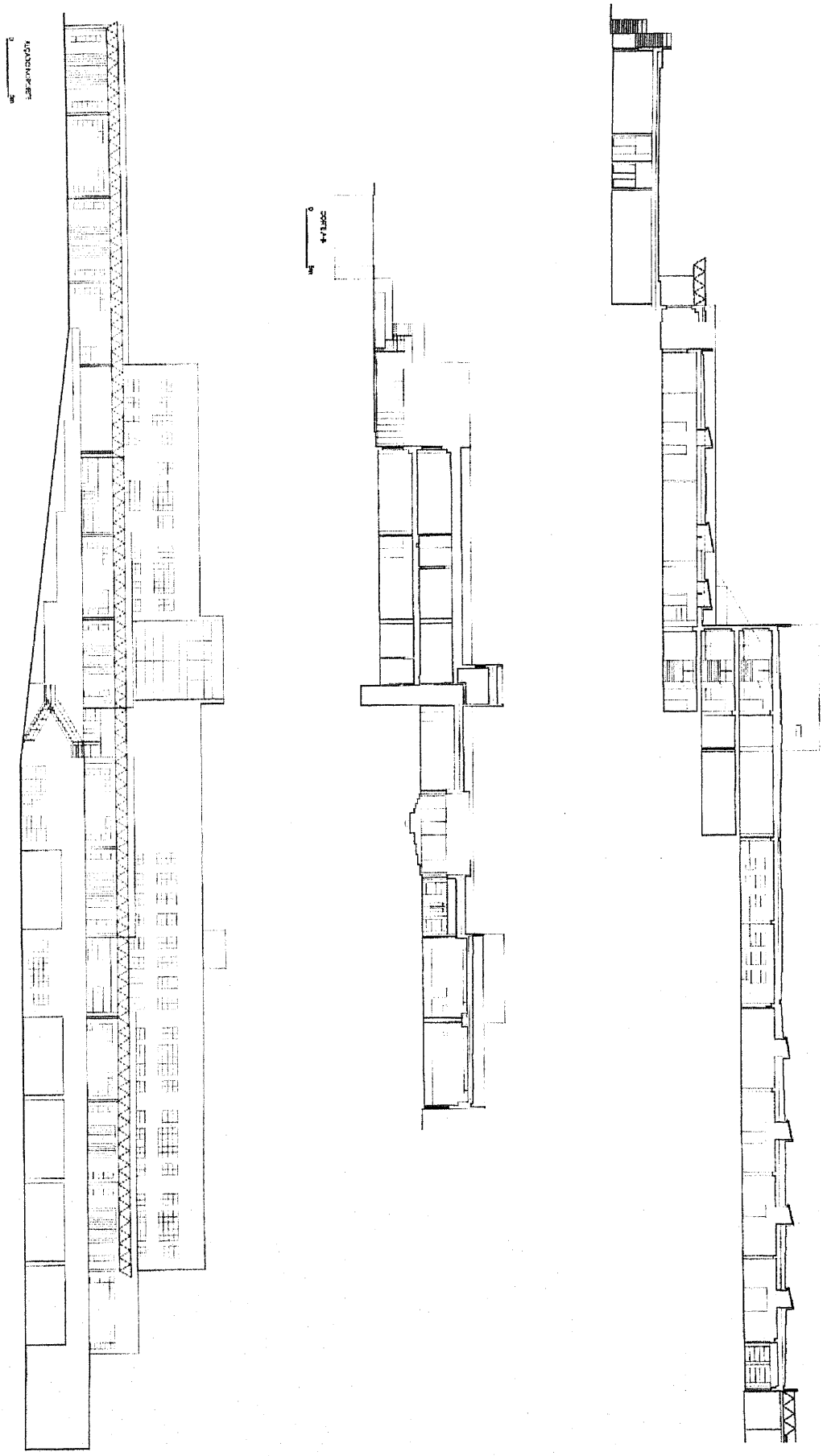


Fig. B.5 – CORTE LONGITUDINAL E CORTES TRANSVERSAIS

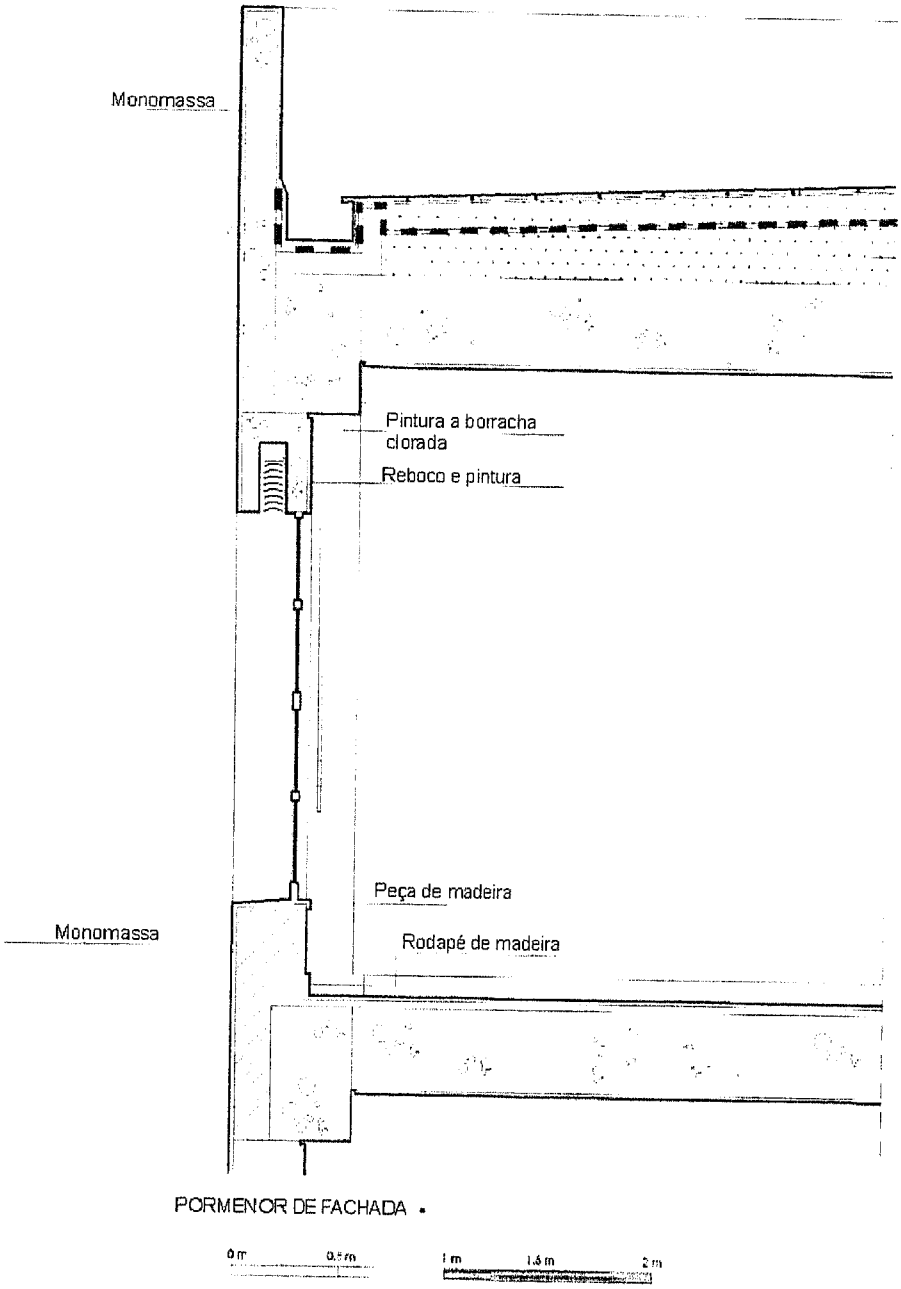


Fig. B.6 – CORTE VERTICAL TIPO DAS FACHADAS

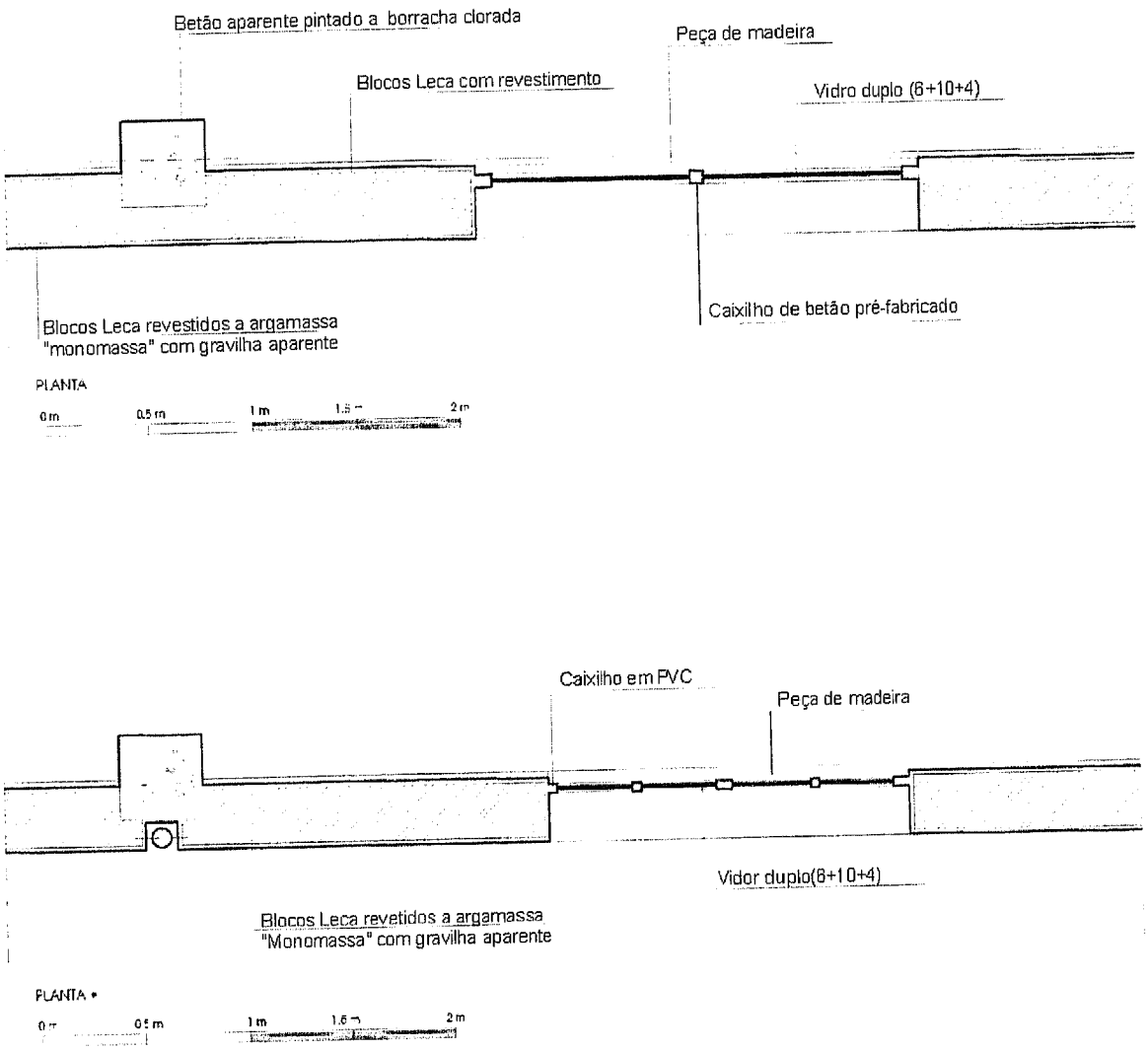


Fig. B.7 – CORTES HORIZONTAIS TIPO DAS FACHADAS

CONDIÇÕES TÉCNICAS
(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

Nº	DESIGNAÇÃO	Un	Quan.
1.	ALVENARIAS		
1.1.	Alvenaria de blocos de leca assente com 0.08 m, incluindo argamassa de assentamento.	m2	307
1.2.	Alvenaria de blocos de leoa assente com 0.12m , incluindo argamassa de assentamento.	m2	175
1.3.	Alvenaria de blocos de leca assente com 0.15m, incluindo argamassa de assentamento.	m2	4744
1.4.	Alvenaria de blocos de leca assente com 0.20m, incluindo argamasso de assentamento,	m2	69
1.5.	Alvenaria de blocos de leca assente com 0.30m, incluindo argamassa de assentamento,	m2	2267

BLOCOS DE LECA

1 - CONDIÇÕES GERAIS

1.1.- Os blocos de leca devem obedecer às prescrições seguintes e às condições que resultem das prescrições deste Caderno de Encargos para os trabalhos em que são aplicados.

1.2.- Os blocos devem ser geometricamente perfeitos, de faces desempenadas, isentos de fendas e de falhas nas arestas, ou de outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento correcto.

1.3.- As dimensões nominais dos blocos serão as indicadas pelo fabricante sendo as tolerâncias admitidas as que constam das cláusulas relativas a cada um dos tipos de blocos.

1.4.- A manipulação dos blocos deve limitar-se ao mínimo indispensável e será feita com os cuidados necessários paro evitar o formação de rachas ou de falhos.

1.5.- Os blocos deverão ser armazenados em locais abrigados e empilhados de tal forma que os seus furos, se os houver, fiquem orientados verticalmente.

1.6.- Para a realização dos ensaios de recepção, considera-se cada fornecimento de blocos da mesma marca, tipo, dimensões e forma, repartidos por lotes de 5 000 blocos, contando-se igualmente como lote toda a fracção superior a 1 000 blocos. As fracções inferiores serão incluídas num dos lotes já formados. No caso de fornecimentos inferiores a 1000 blocos, todos eles serão considerados pertencentes a um só lote.

1.7.- Um lote será rejeitado quando algum dos ensaios de recepção não satisfizer as prescrições indicadas nas cláusulas respectivas.

2 - BLOCOS DE LECA PARA ALVENARIAS

2.1.- Os blocos de leca para alvenaria deverão obedecer às prescrições das cláusulas seguintes e ao que lhes couber do seguinte documento:

- NP 147.- Blocos maciços de argamassa celular. Características e ensaios.

2.2.- Os blocos poderão ser maciços ou furados. Nos blocos furados, a área dos furos não será superior a 50% da secção aparente normal à orientação dos furos. A espessura dos septos e das paredes não pode ser inferior a 3 cm.

2.3.- Os blocos destinados à construção de paredes a revestir com argamassas deverão apresentar rugosidade suficiente para garantir a aderência dessas argamassas.

(O autor do projecto poderá indicar condições especiais de forma e acabamento de uma das faces, quando destinada a superfícies aparentes)

2.4.- A resistência mínima à compressão referida aos 28 dias de idade será em função das categorias dos blocos. Salvo especificação em contrário do projecto ou do Caderno de Encargos, as diversas categorias correspondem às seguintes aplicações e resistências:

- Categoria A - Paredes que se destinam a receber cargas.

Resistência média - 50 kgf/cm2 Resistência individual - 40 kgf/cm2

- Categoria B - Paredes que não recebem carga além do seu peso próprio.

Resistência média - 25 kgf/cm2 Resistência individual - 20 kgf/cm2

- Categoria C - Paredes divisórias cuja função é desempenhada por rebocos armados aplicados em ambas as faces

Resistência individual - 5 kgf/cm2

(Quando for caso disso, o autor do projecto especificará valores diferentes para a resistência à compressão).

2.5.- O peso especifico aparente para os blocos de argamassa celular deverá estar compreendido entre os limites impostos pelo documento referido em 1.0.

(O autor do projecto poderá especificar para outros tipos de blocos valores limites do peso especifico aparente).

2.6.- Os valores da absorção de água e do teor de humidade dos blocos deverão ser inferiores a 25% e a 40% da absorção total, respectivamente.

2.7.- A condutância térmica a exigir aos blocos será a seguinte:

(O autor do projecto especificará, quando necessário, valores limites para a condutância térmica).

2.8.- Prevê-se a realização das seguintes diligências de recepção:

a) Verificação das dimensões

b) Determinação da resistência à compressão

c) Determinação da massa especifica (quando especificada)

d) Determinação da absorção de água e do teor de humidade

e) Determinação da condutibilidade térmica (quando especificada)

2.9.- Paro o realização das diligências e dos ensaios referidos na cláusula anterior, cada amostra constituída por 5 blocos inteiros,

2.10- Na verificação das dimensões, as tolerâncias admitidas são as referidos no documento citado na cláusula 1.0.

2.11- Os ensaios prescritos nas alíneas b), c) e d) da cláusula 1.7 serão, em geral, realizados de acordo com o especificado no seguinte documento:

- ASTM Designqtion: C 140.- Method of Sampling and Testing Concrete Masonry Units.

2.12- Para blocos maciços de argamassa celular, os ensaios previstos nos alíneas b) e c) da cláusula 1.7 serão realizados de acordo com o especificado no documento referido em 1.0.

2.13- A determinação da condutibilidade térmica será realizada de acordo com o especificado no seguinte documento:

- NP 116.- Materiais de construção. Determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente.

3. - TRABALHOS COMPLEMENTARES INCLUÍDOS NO PREÇO

A argamassa a empregar no assentamento dos blocos será de cimento portland normal e areia ao traço 1:5.

A geometria das juntas é a indicada nas peças desenhadas.

Nas alvenaria em que a alvenaria não é rebocada, deve-se considerar alvenaria com "face à vista", pelo que não são aceites blocos partidos ou com falhas e as juntas devem ser tomadas (i.é. ligeiramente recolhidas e afagadas com um taco de madeira) conforme previsto no projecto.

Todos os panos de alvenaria deverão apresentar-se devidamente desempenados, não sendo permitidos enchimentos o massas para rectificação de nivelamento nem será permitido deixar blocos com os furos à vista.

Na construção de paredes de pano duplo deverão ser previstas "borboletas" em varão de ferro de ϕ6 mm, para contraventamento, devidamente recobertas por calda de cimento e areia.

Para esgoto das águas de condensação na caixa de ar, devem ser deixados no pano exterior furos junto à base com 0,02x0,02 m2, a meio de cada pano. A caleira da caixa de ar deve ter um acabamento afagado e ser impermeabilizada com 2 demãos de produto betuminoso à escolha da Fiscalização, Na primeira fiada do pano interior deixar-se-á por assentar 1 bloco em cada 3, para

permitir o limpeza final das argamassas caídas na caixa, só se procedendo à colocação destes últimos blocos após limpeza da caleira.

Nas paredes enterradas e quando existem paredes de blocos configurando parede dupla com os paredes de betão, nas caleiras para além do preconizado no parágrafo anterior, devem ser deixados pontas de tubo em PVC para a drenagem da caixa de ar. Na laje do piso térreo deve ser prevista uma ligação da caleira à caixa de da rede de esgoto mais próxima.

Os tacos para a fixação de aduelas ou rodapés de madeira serão tratados com um produto à base de pentaclorofenol ou cloronaftalenos ininflamável e não miscível com a água.

Deverão também, onde necessário, ser executados reforços, travamentos, pilaretes e vergas em betão armado.

Na execução das alvenarias deverão ser previstos todos os trabalhos de abertura e tapamento de roços necessários para o assentamento de tubagens das instalações especiais.

A medição das alvenarias é por m2, sempre que outra unidade não seja indicada no Mapa de Quantidades de Trabalhos.

O preço unitário das alvenarias deverá incluir para além de todos os trabalhos referidos nos parágrafos anteriores, todos os fornecimentos necessários à sua boa execução assim como os meios de elevação, o montagem e a desmontagem de andaimes.

Todos os pormenores que digam respeito a estes artigos serão executados CG acordo com o preconizado pelo fabricante.

ALVENARIAS

1.5. e 1.6. - Alvenaria de pano simples em blocos de betão leca, em paredes.

CM - Critério de medição

Por metro quadrado.

DA - Descrição do artigo

Encontram-se compreendidos no preço deste artigo todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua boa execução e aplicação, salientando-se de entre os trabalhos e fornecimentos a efectuar, os que abaixo se indicam:

a) O fornecimento dos blocos e o respectivo assentamento.

b) Os tacos para fixação dos guarnecimentos das portos interiores.

c) Os tacos para fixação dos rodapés de madeira.

d) Os tacos ou outros dispositivos adequados para fixação do equipamento indicado no projecto (quadros, prateleiros, armários, toalheiros, espelhos, suportes de papel higiénico, cabides, letreiros, extintores, etc.).

e) A abertura e o tapamento de roços para passagem de canalização de águas, esgotos, gás, etc..

ET - Especificações técnicas

Entre as várias condições a que deve obedecer o trabalho indicado neste artigo mencionam-se, como merecendo referência especial, as seguintes:

a) A parede será constituída por blocos de betão leca de modo a obter a espessura total no tosco indicada no projecto e no Mapa de Quantidade de Trabalhos.

b) Os blocos deverão satisfazer às prescrições regulamentares aplicáveis, e ainda:.

I - Terem textura homogénea.

II - Serem isentos de quaisquer corpos estranhos.

III - Terem formas e dimensões regulares e uniformes, com as tolerâncias indicadas nas especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

IV - Terem cor uniforme.

V - Apresentarem fractura de grão compacto

VI - Terem absorção de água em 24 horas inferior a 1 /5 do seu volume cheio.

c) A argamassa de assentamento a empregar deverá ter 280 quilos de cimento portland normal por metro cúbico de argamassa (troço em volume de 1:5).

d) Na construção dos panos não serão deixados furos à vista.

e) A ligação dos panos aos pilares e paredes laterais deverá ser feita de acordo com os pormenores desenhados correspondentes, depois de bem aferroados estes elementos.

f) Os tocos para a fixação de aduelas ou rodapés de madeira serão tratados com um produto base de pentaclorofenol ou cloronaftolenos ininflamável e não miscível com água.

g) No assentamento dos blocos, deverá ter-se por norma que os juntas se devem reduzir ao mínimo de espessura compatível, sempre que a espessura da junta não seja expressa no projecto.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA

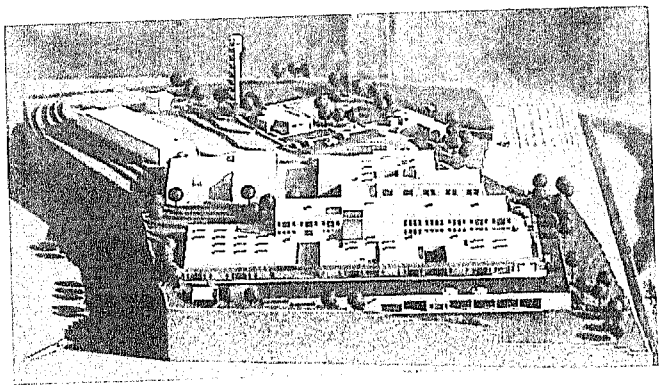


Foto. B.1



Foto. B.2

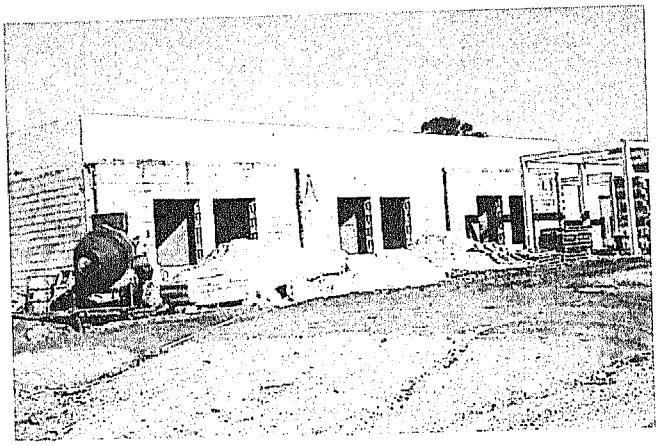


Foto. B.3

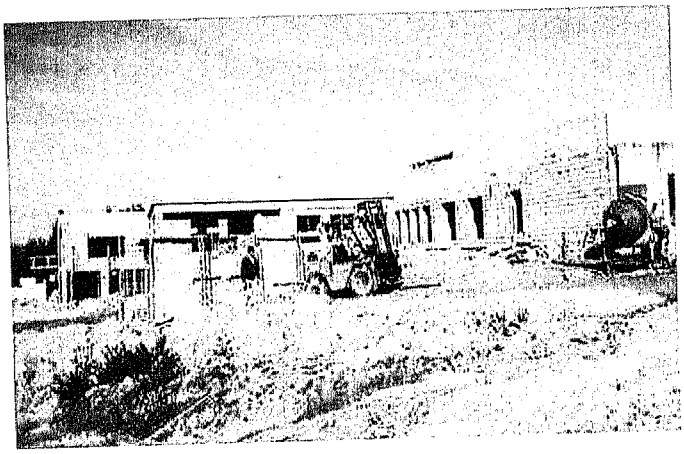


Foto. B.4

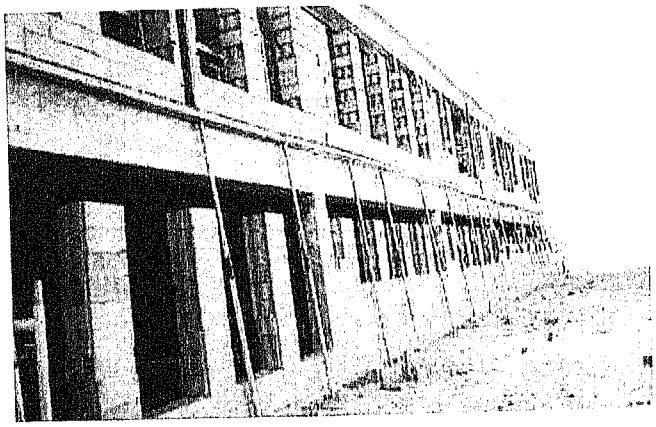


Foto. B.5



Foto. B.6

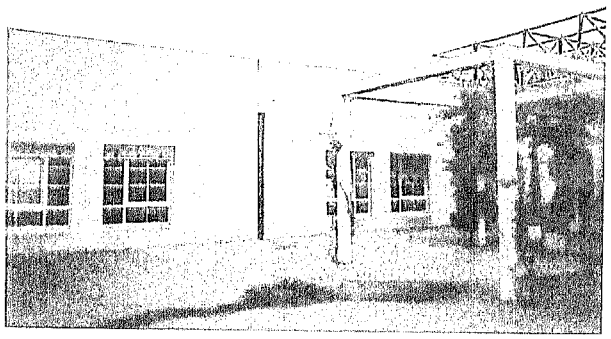


Foto. B.7

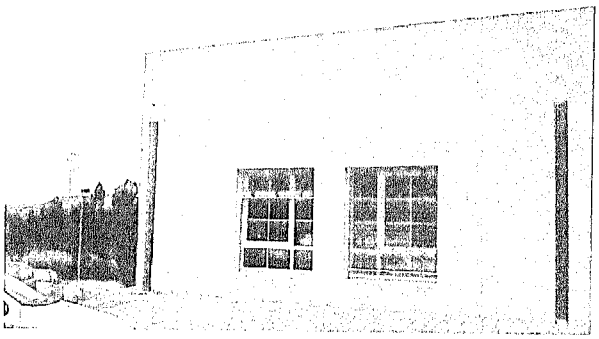


Foto. B.8

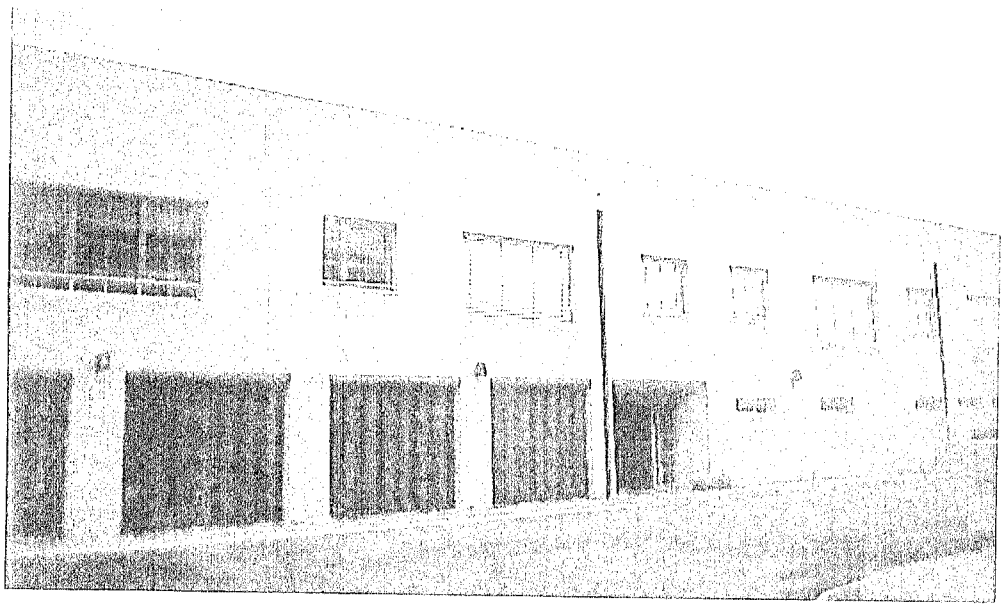


Foto. B.9

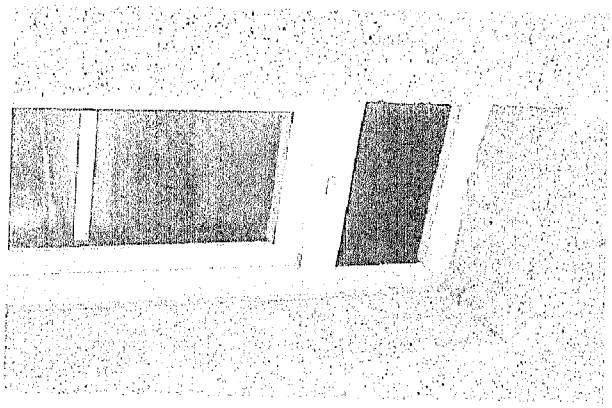


Foto. B.10

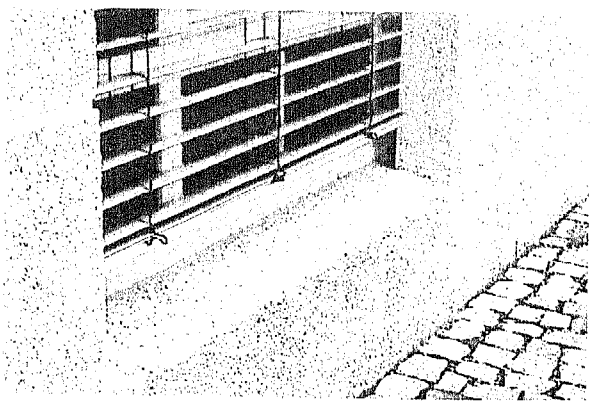


Foto. B.11

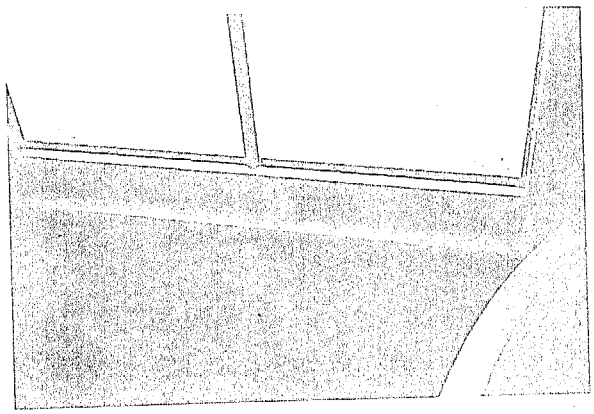


Foto. B.12

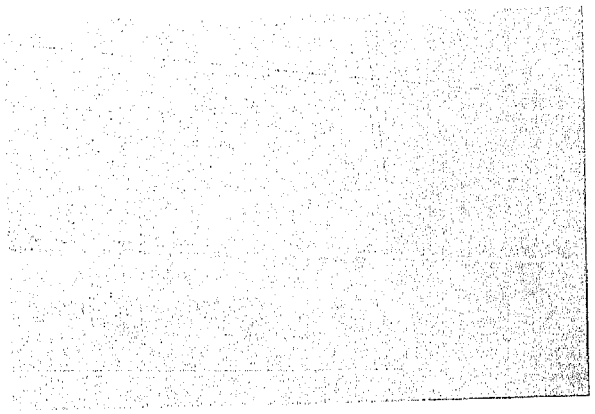


Foto. B.13

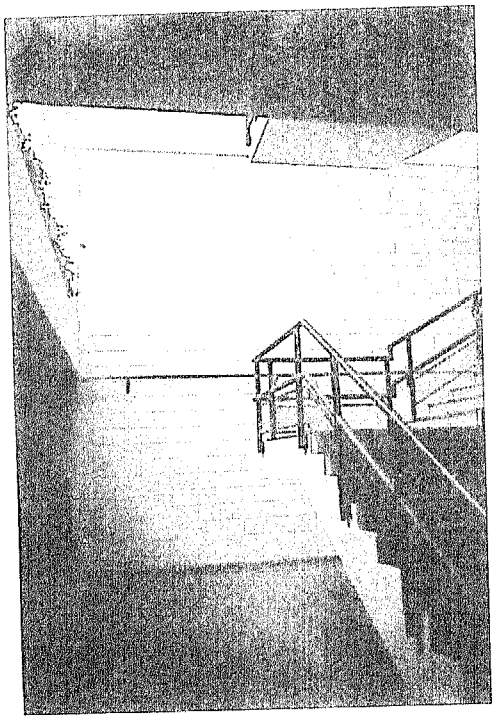


Foto. B.14

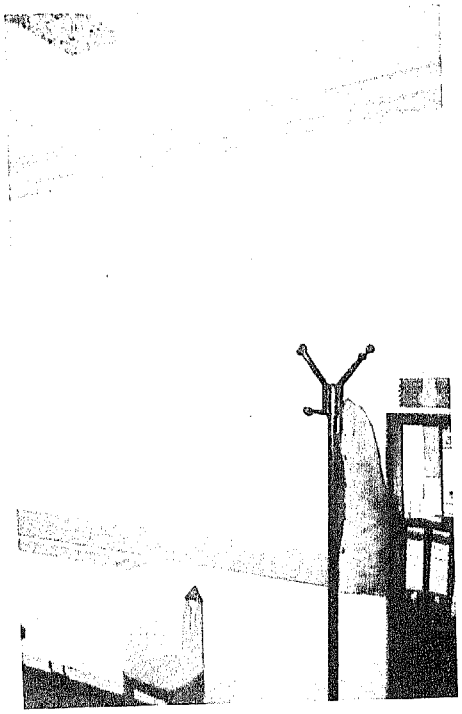


Foto. B.15

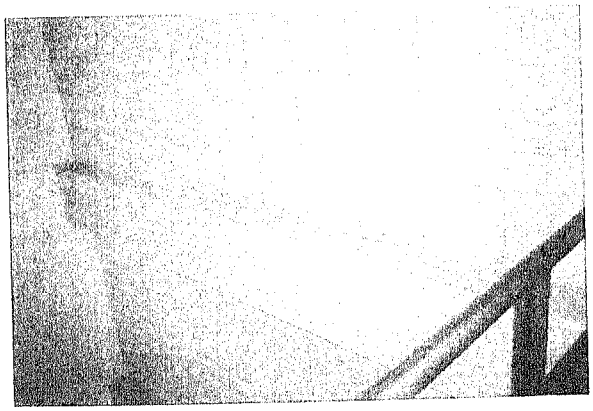


Foto. B.16

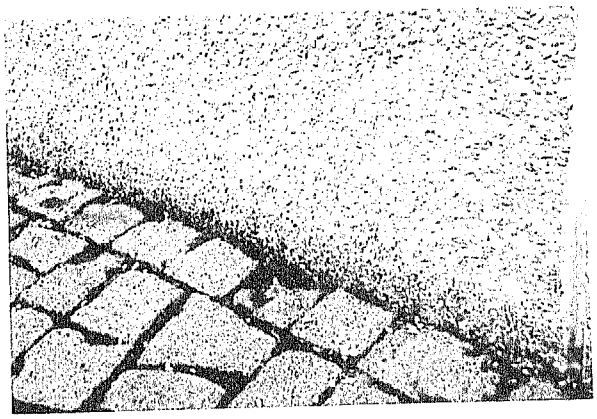


Foto. B.17

ANEXO C

OBRA 3

EMPREENDIMENTO DE HABITAÇÃO SOCIAL SITUADO NO GRANDE PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- Fig. C.1 – Alçado Principal
- Fig. C.2 - Alçado Posterior;
- Fig. C.3 - Alçado Lateral Esquerdo;
- Fig. C.4 - Alçado Lateral Direito;
- Fig. C.5 – Corte Transversal B-B1;
- Fig. C.6 – Planta do R/Chão;
- Fig. C.7 - Planta do Piso Tipo;
- Fig. C.8 - Planta da Cobertura;
- Fig. C.9 – Corte Transversal Y-Y1;
- Fig. C.10 – Corte Vertical da Fachada;
- Fig. C.11 – Corte Vertical da Fachada junto ao Pavimento Térreo;
- Fig. C.12 – Cortes verticais da Fachada junto ás Platibandas;
- Fig. C.13 – Planta de Fundações;
- Fig. C.14 – Pormenor dos Linteis de Fundação;
- Fig. C.15 – Planta Estrutural do R/Chão;
- Fig. C.16 – Planta Estrutural do 1° Andar;
- Fig. C.17 – Planta Estrutural do 2° Andar;
- Fig. C.18 – Planta Estrutural do 3° Andar;
- Fig. C.19 – Planta Estrutural da Cobertura;
- Fig. C.20 – Cortes Estruturais da Cobertura;
- Condições Técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias C.1 a C.9.

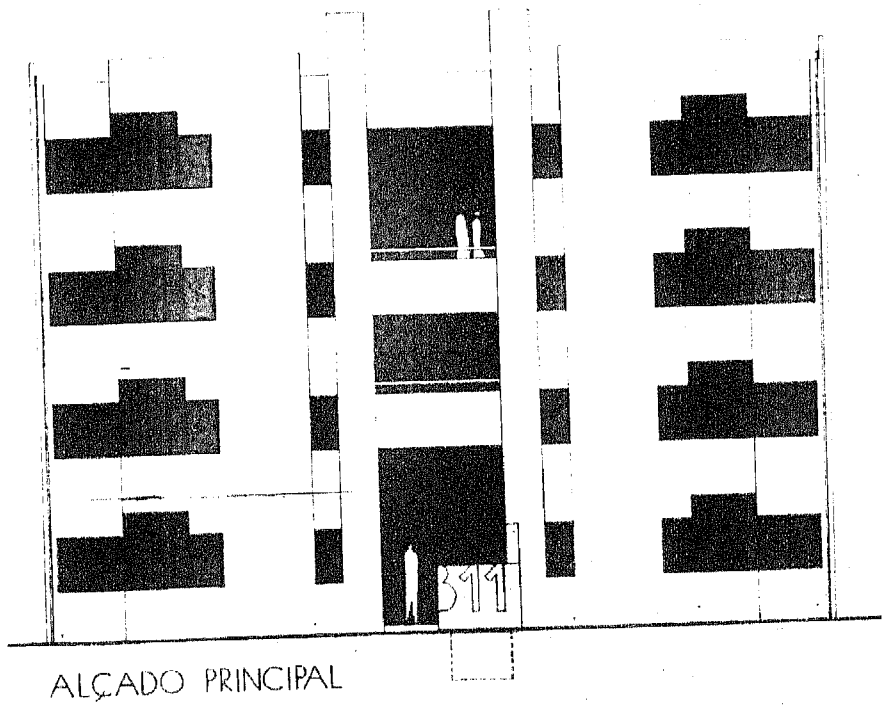


Fig. C.1 – ALÇADO PRINCIPAL

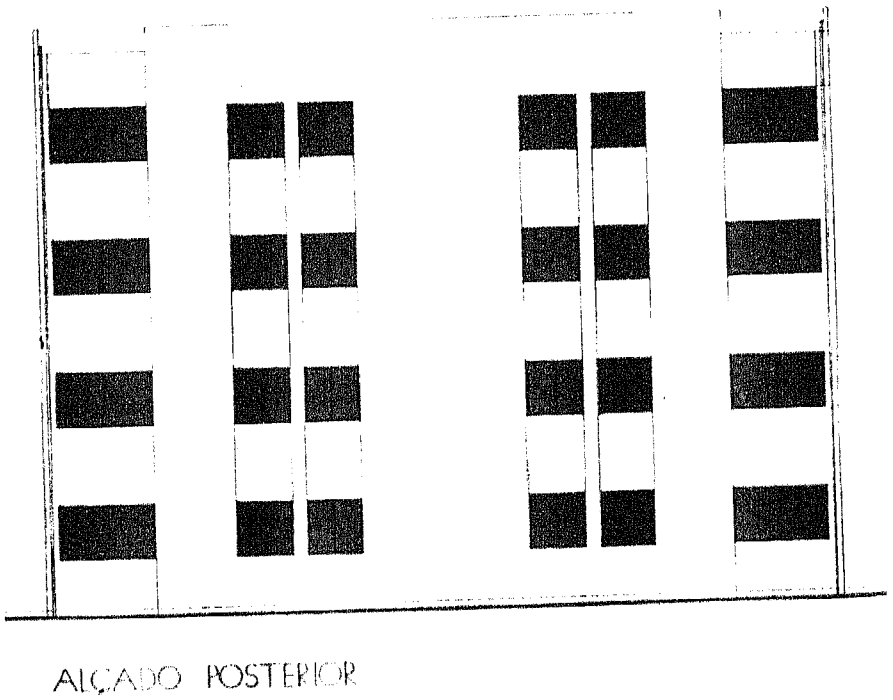


Fig. C.2 – ALÇADO POSTERIOR

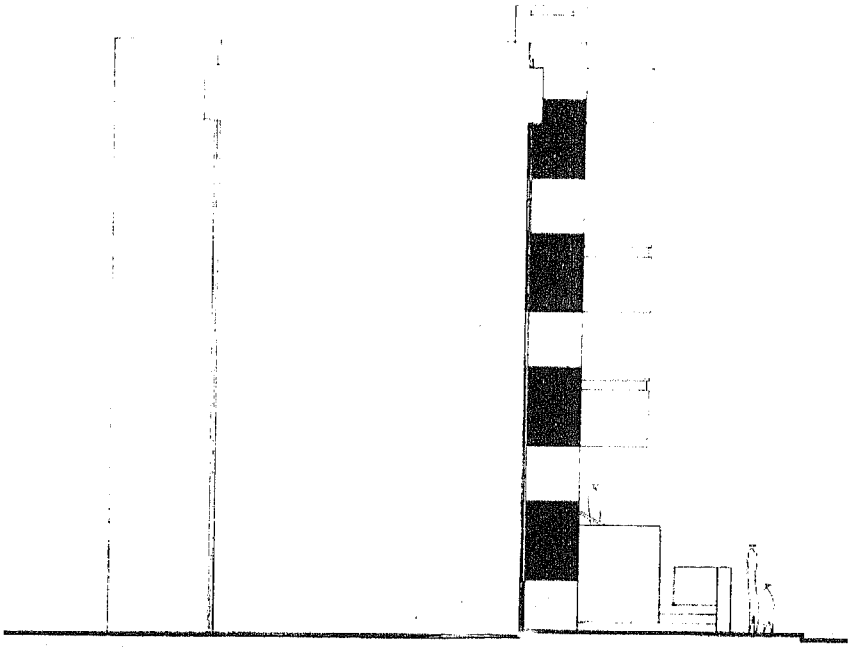


Fig. C.3 – ALÇADO LATERAL ESQUERDO

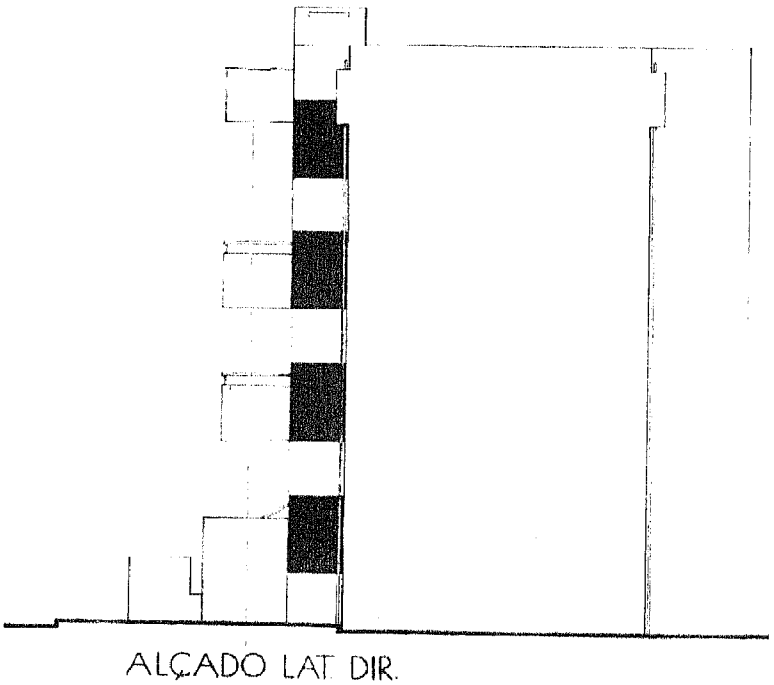


Fig. C.4 – ALÇADO LATERAL DIREITO

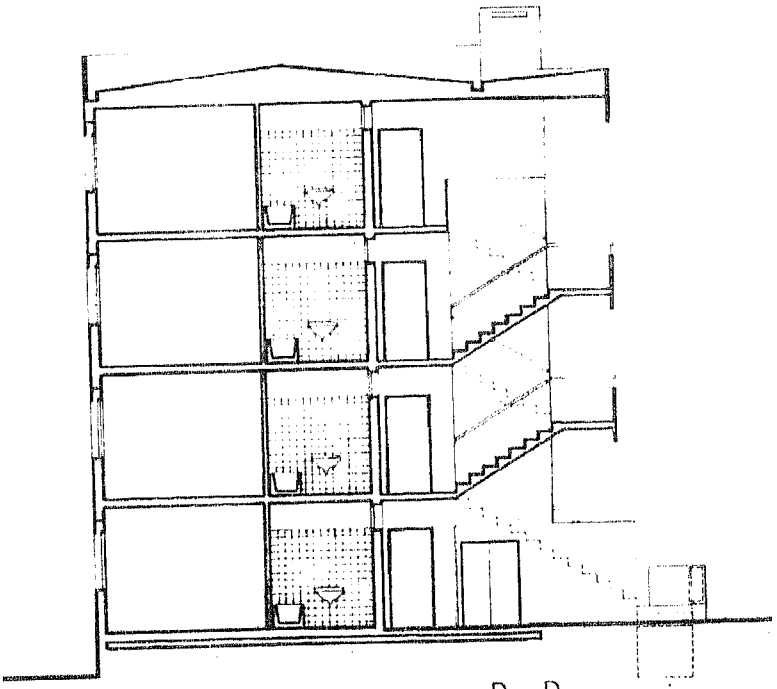


Fig. C.5 – CORTE TRANVERSAL B-B1

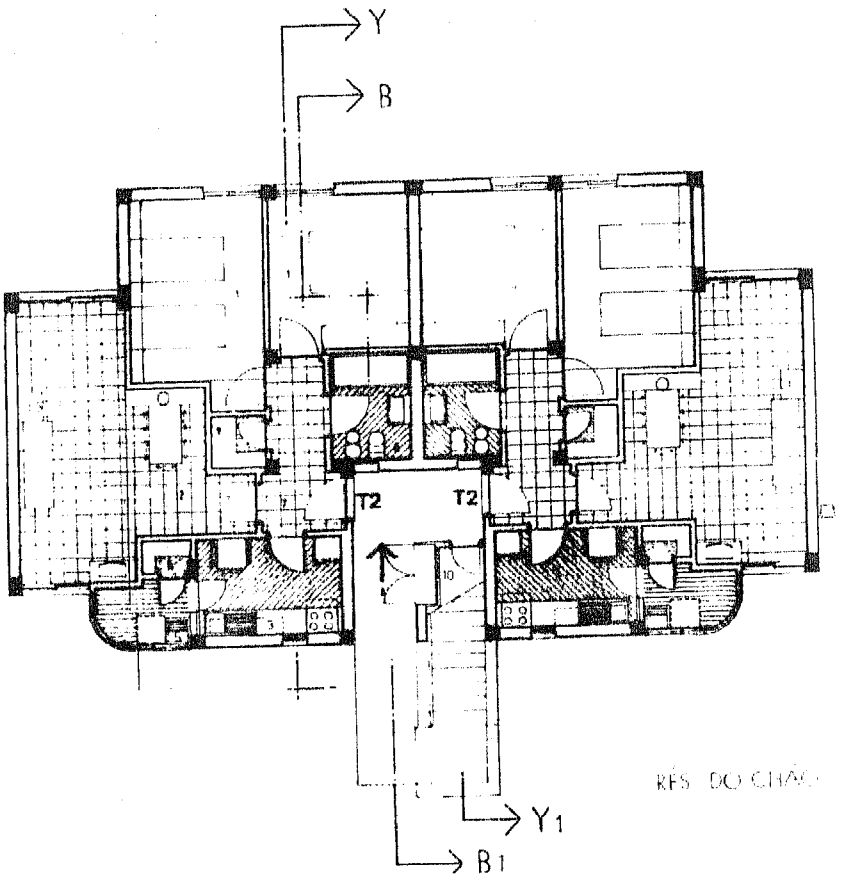


Fig. C.6 – PLANTA DO RÉS DO CHÃO

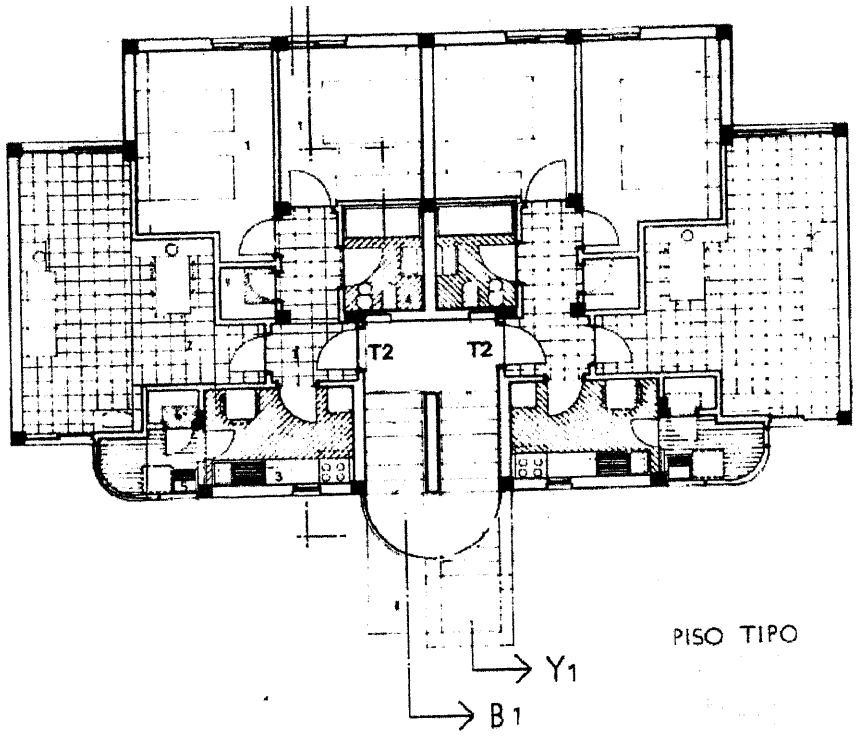


Fig. C.7 – PLANTA DO PISO TIPO

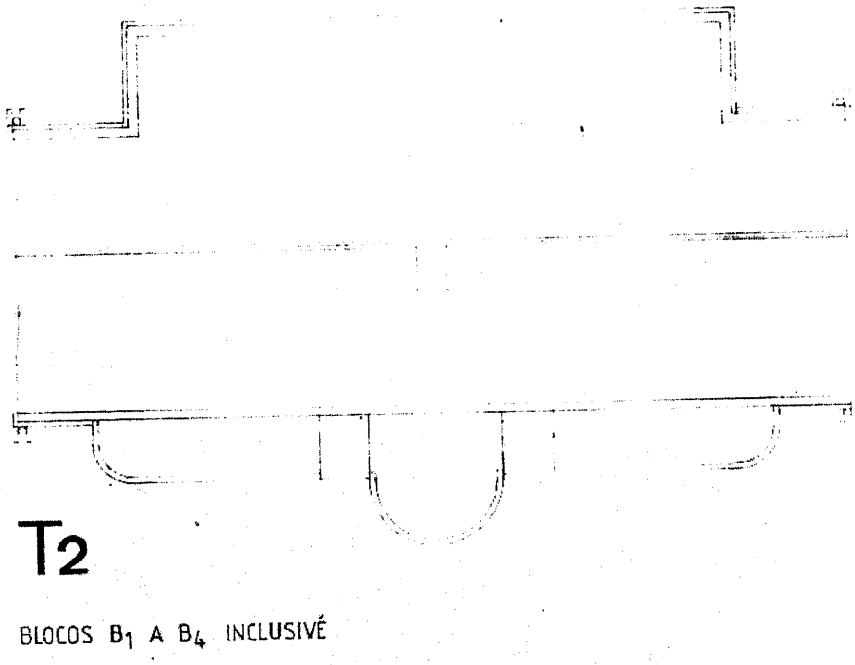


Fig. C.8 – PLANTA DA COBERTURA

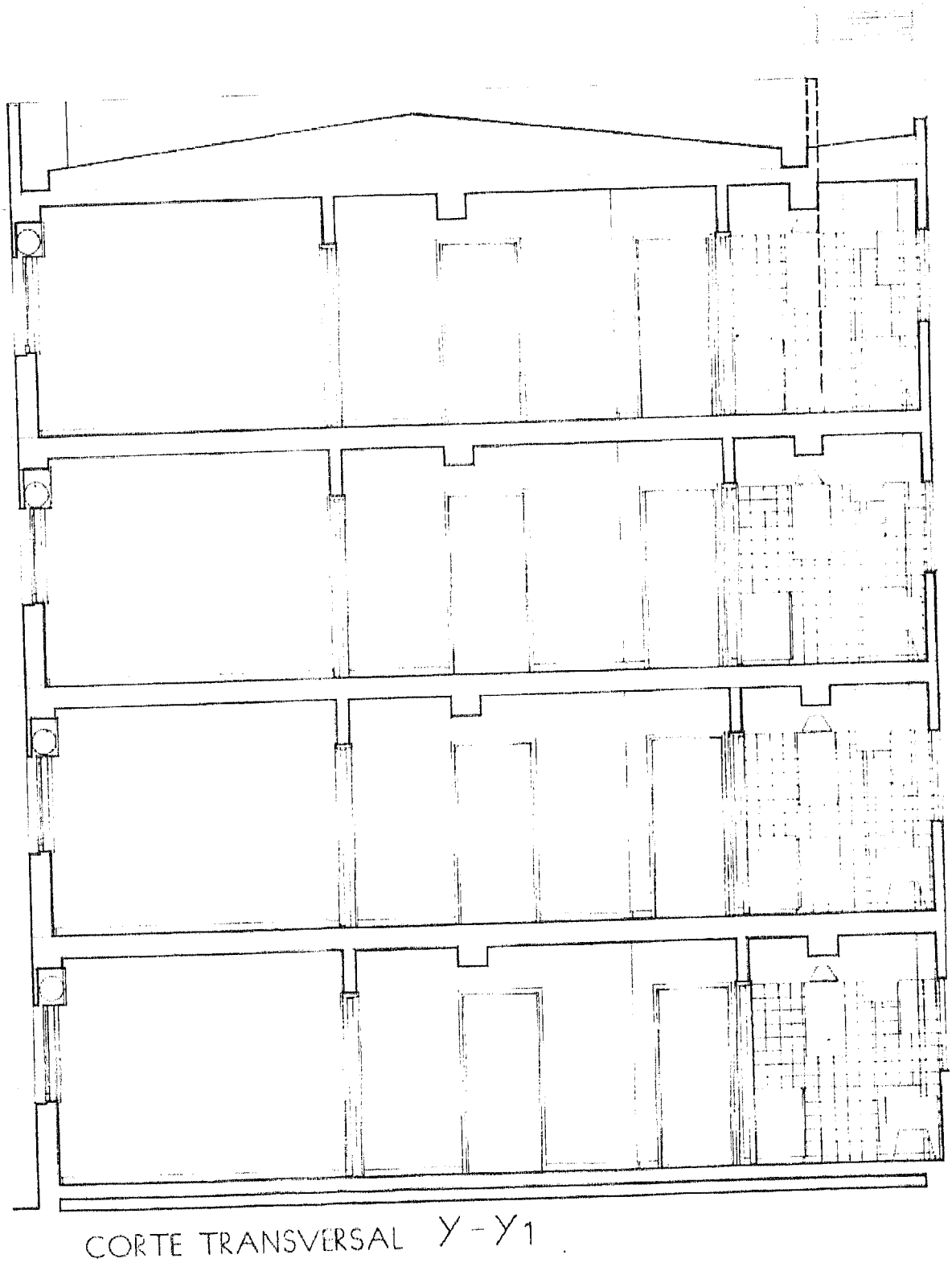


Fig. C.9 – CORTE TRANSVERSAL Y-Y1

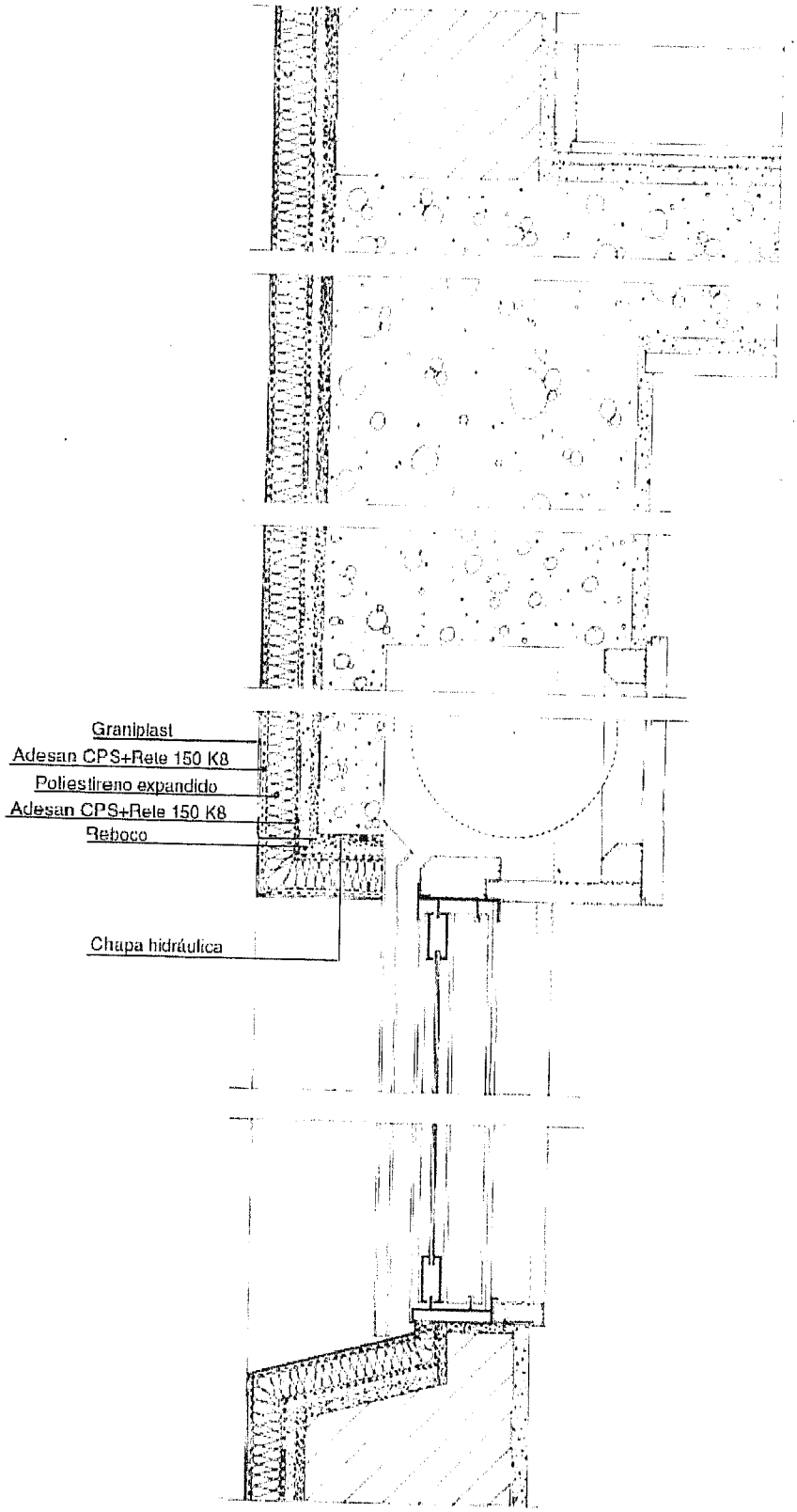


Fig. C.10 – CORTE VERTICAL DA FACHADA

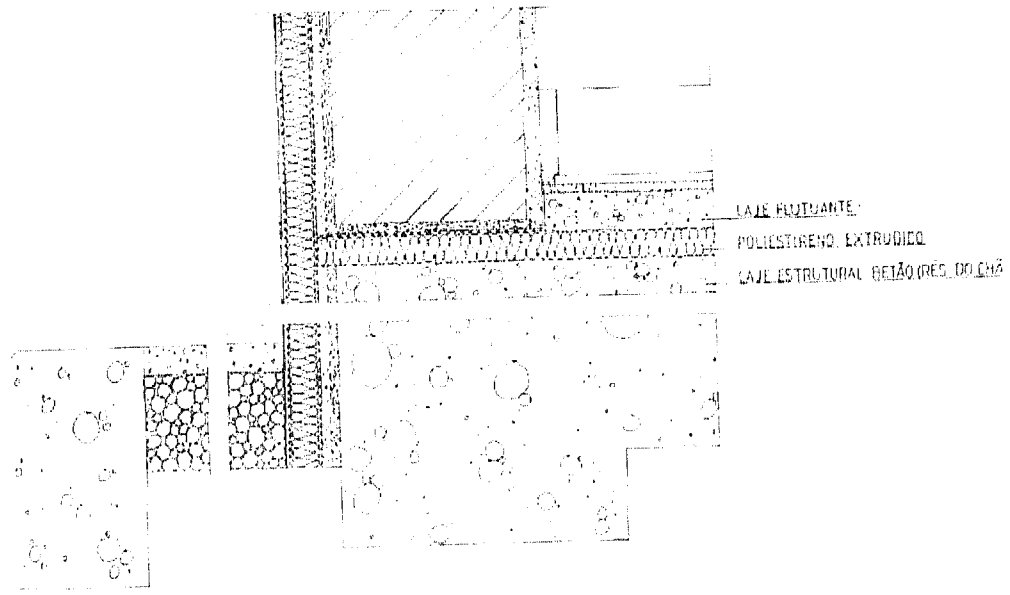


Fig. C.11 – CORTE VERTICAL DA FACHADA JUNTO AO PAVIMENTO TÉRREO

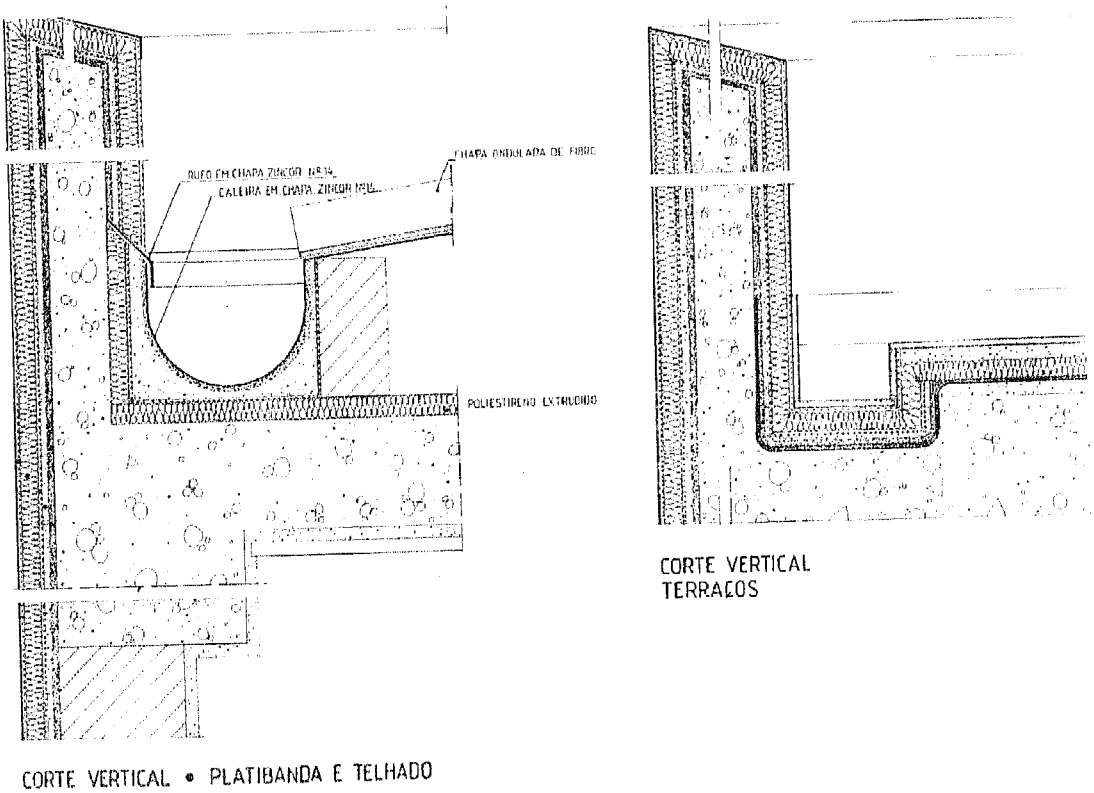
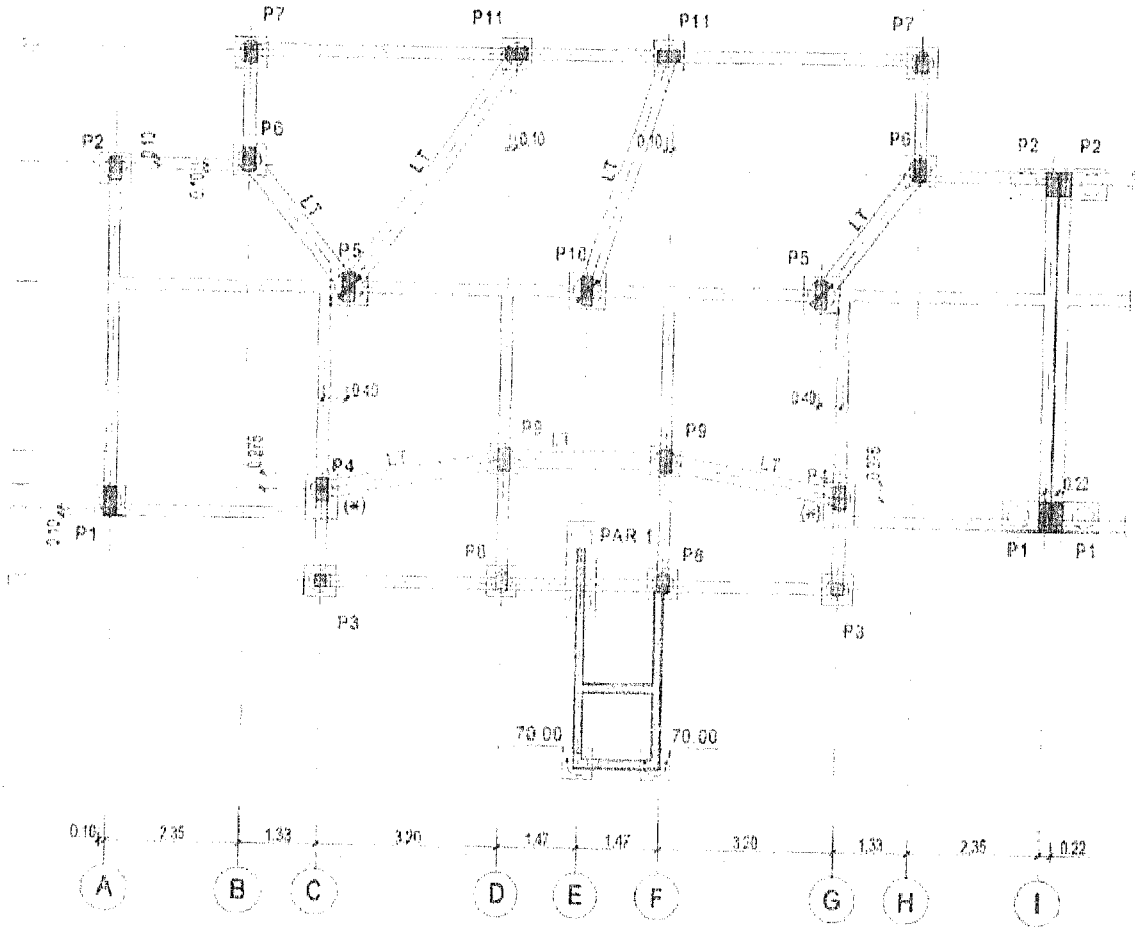


Fig. C.12 – CORTES VERTICAIS DA FACHADA JUNTO ÀS PLATIBANDAS



PLANTA DE FUNDAÇÕES

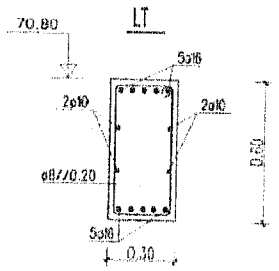
LEGENDA

Estacas ø400 com 5ø16 e cintas ø6//0.15

Estacas ø500 com 6ø16 e cintas ø6//0.15

PLANTA PARCIAL DA JUNTA B2/B3

Fig. C.13 – PLANTA DE FUNDAÇÕES



NOTA:
Restantes linteis, ver Planta Estrutural do R/C

Fig. C.14 – PORMENOR DOS LINTEIS DE FUNDAÇÃO

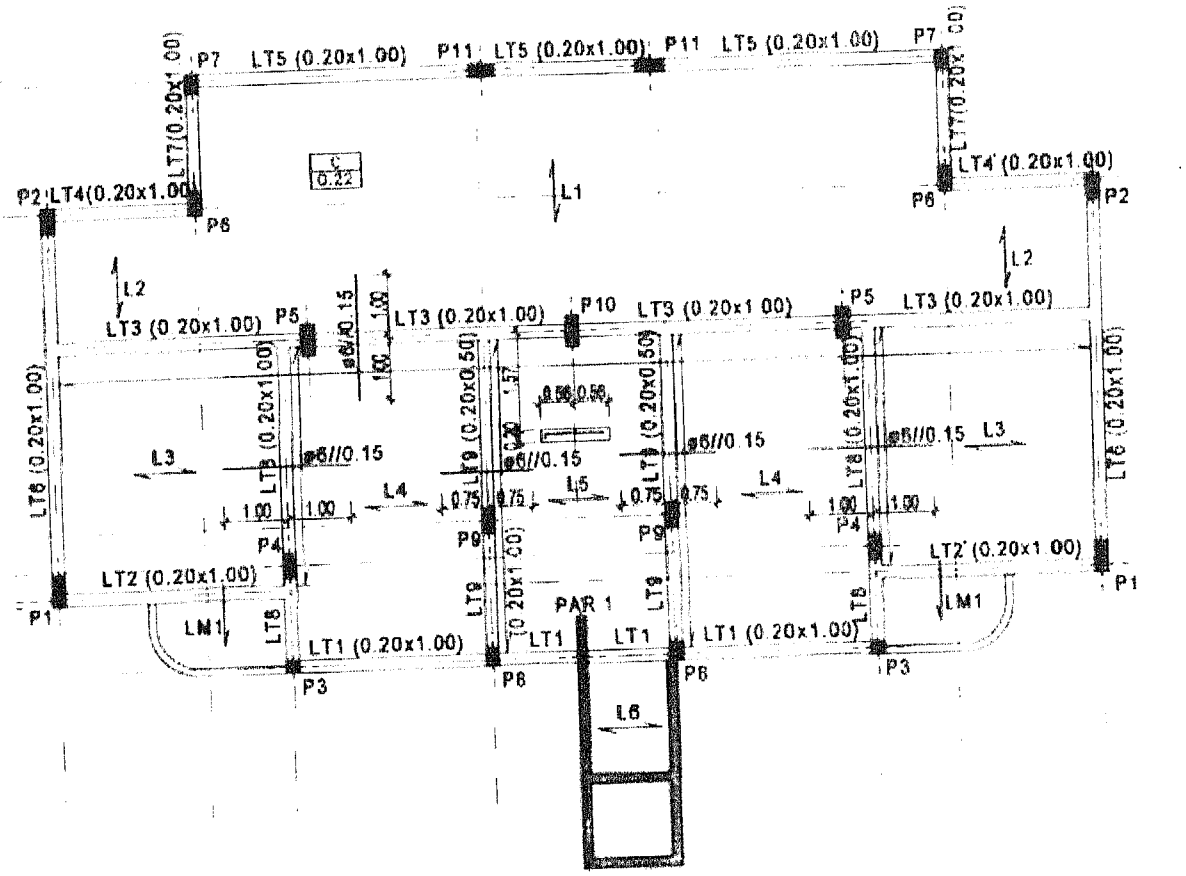


Fig. C.15 – PLANTA ESTRUTURAL DO R/CHÃO

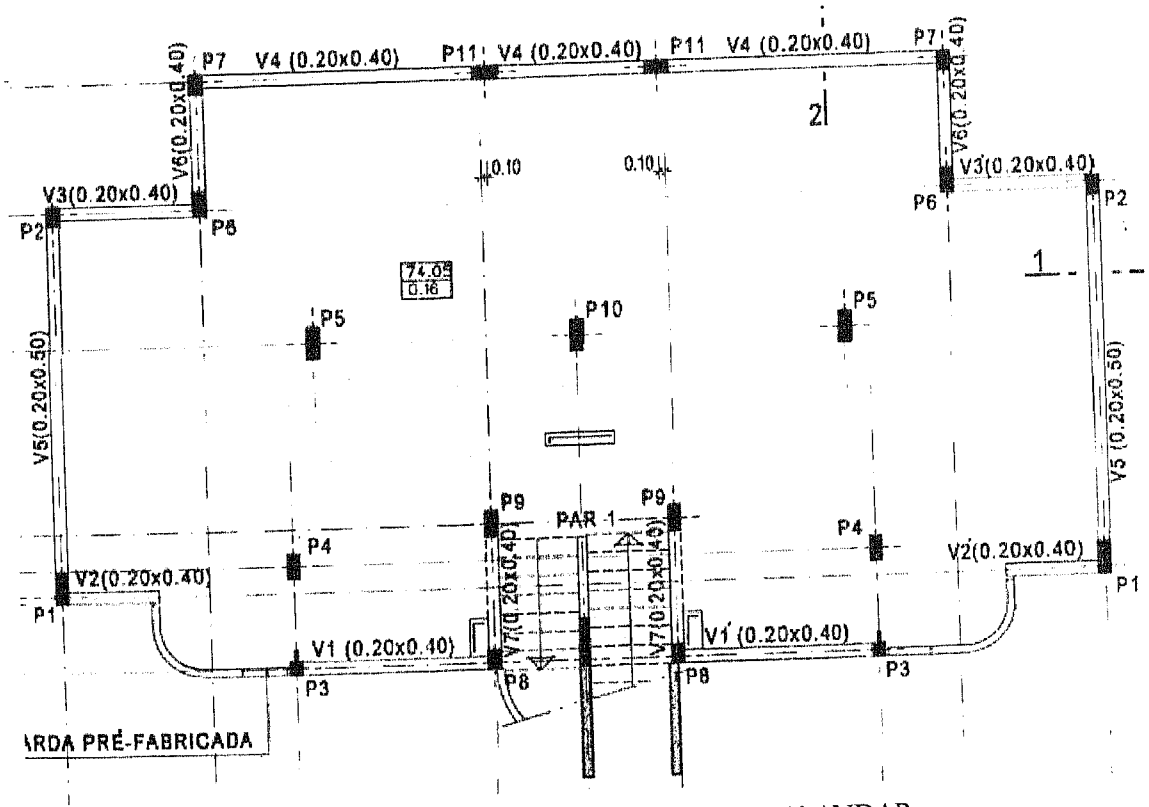


Fig. C.16 – PLANTA ESTRUTURAL DO 1º ANDAR

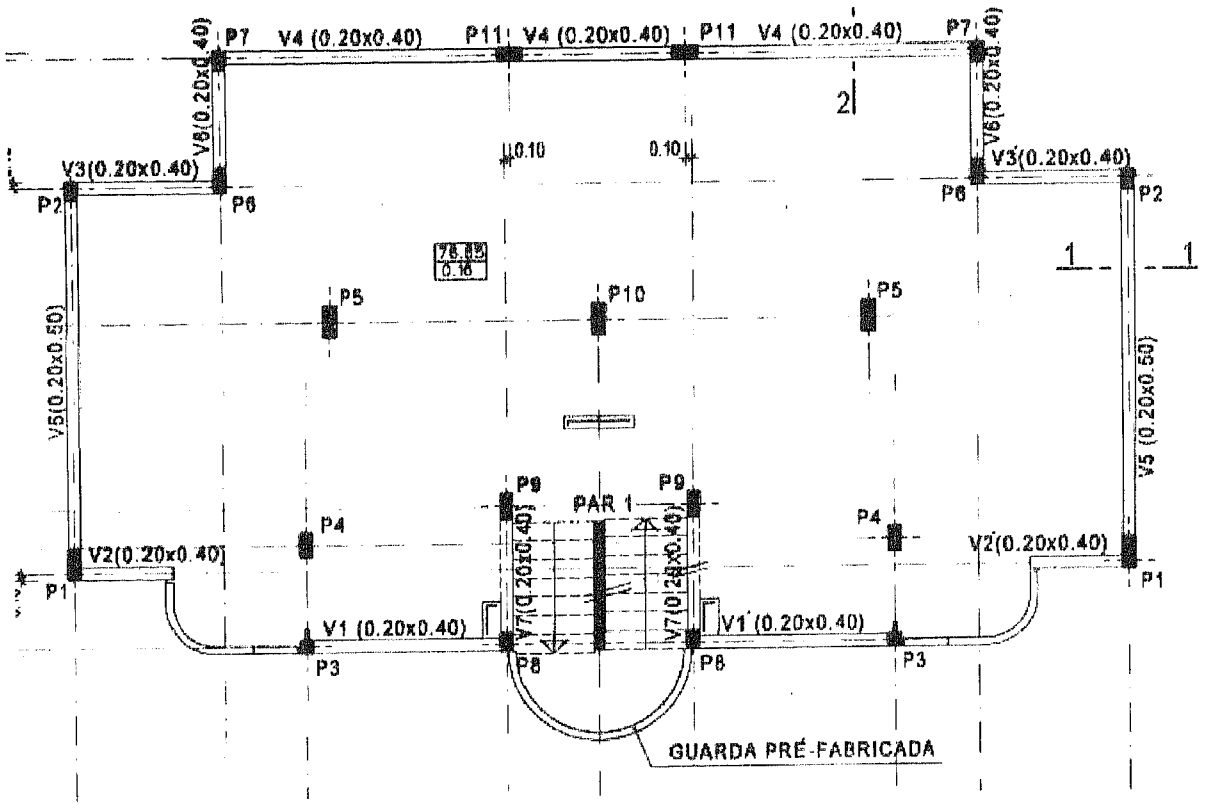


Fig. C.17 – PLANTA ESTRUTURAL DO 2º ANDAR

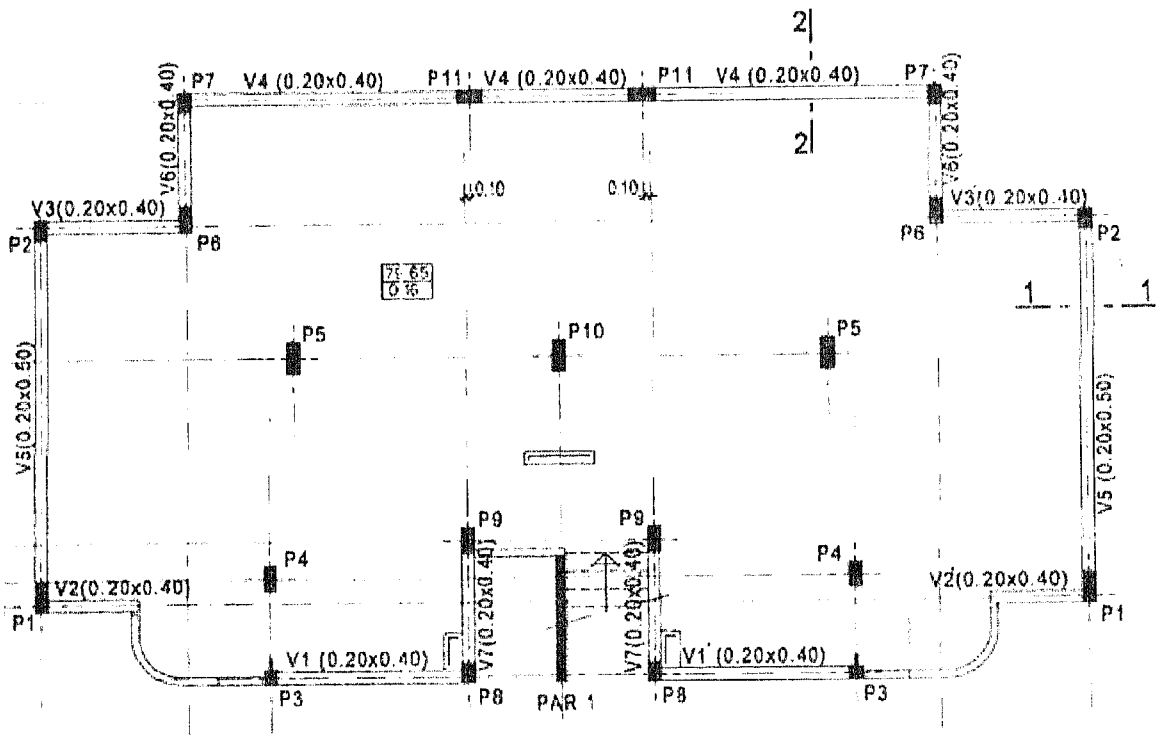


Fig. C.18 – PLANTA ESTRUTURAL DO 3º ANDAR

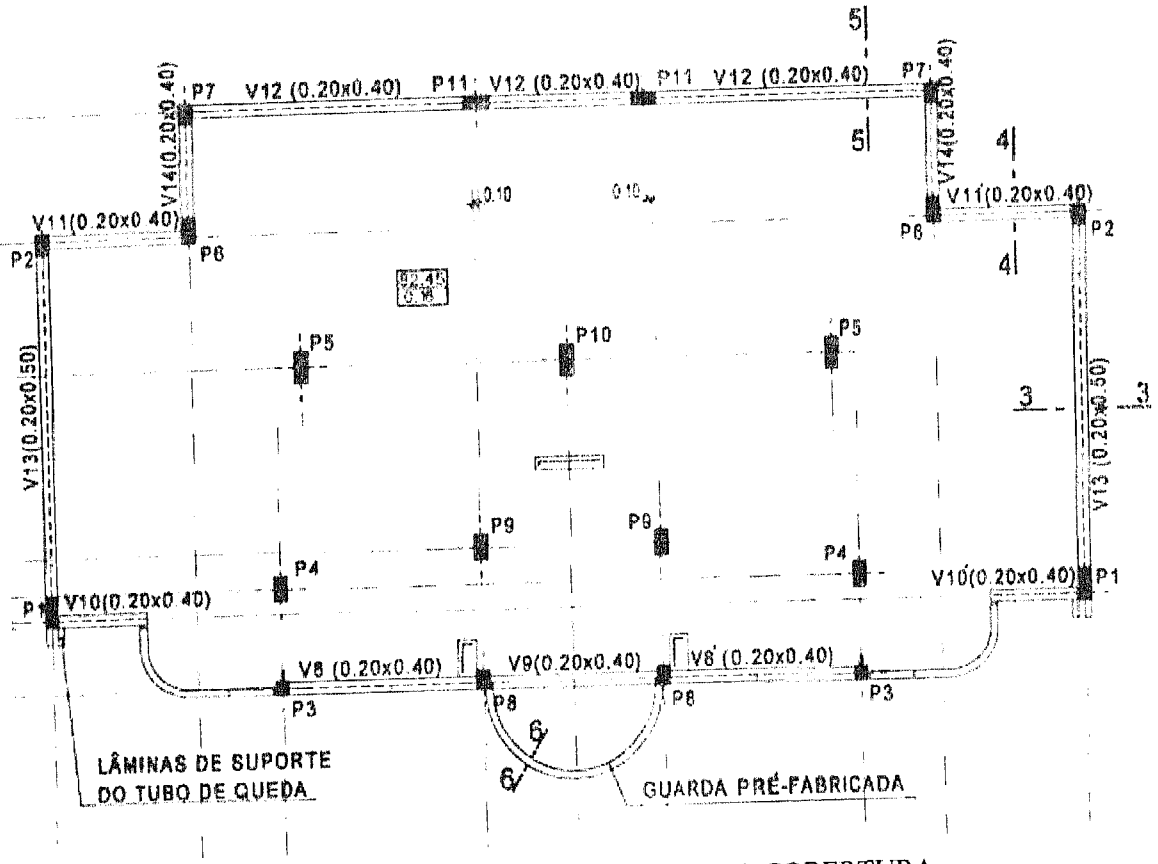


Fig. C.19 – PLANTA ESTRUTURAL DA COBERTURA

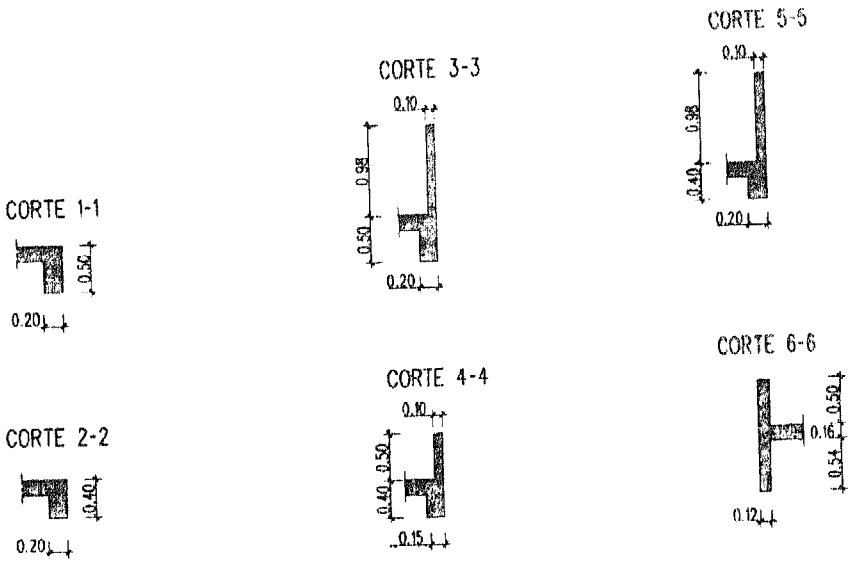


Fig. C.20 – CORTES ESTRUTURAIS DA COBERTURA

CONDIÇÕES TÉCNICAS

(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

CAPITULO 2 ALVENARIAS

02.1 - PAREDES EM ELEVAÇÃO

Faz parte desta empreitada a execução de todas as paredes exteriores e interiores, em tijolo vazado, com a espessura indicada em desenhos e neste Caderno de Encargos.

- As paredes exteriores serão executadas em tijolo vazado com 0,20 de espessura.
- Acima das lajes do tecto as chaminés serão executadas em tijolo vazado de 0.15 de espessura.
- As paredes interiores serão executadas em tijolo vazado com 0,11 de espessura.
- As guardas das escadas e as paredes de resguardo às banheiras serão executadas em tijolo vazado com 0,07 de espessura, encimada por lintel de largura igual, apoiado em pilaretes de betão embutidos na parede.
- As paredes que ladeiam as mangas de ventilação serão executadas em tijolo vazado com 0,07 de espessura.
- As paredes de meação serão executadas em tijolo vazado de 0.20. ou duplas de 0,11 + 0,11 de espessura, quando se trate de zonas com juntas de dilatação.
- As paredes exteriores de chaminés serão executadas em tijolo vazado de 0,15 de espessura.
- O assentamento do tijolo nas paredes exteriores será feito sobre o leito convenientemente hidrofugado.
- Nas frentes das caixas dos elevadores a parede será construída em tijolo vazado de 0,15.

02.2 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

a) As guardas das varandas e terraços serão construídas em painéis de betão pré-fabricados com cofragem cuidada e com armadura conveniente, devidamente chumbadas à estrutura de betão, para receberem o mesmo tratamento das paredes exteriores.

02.3 - PADIEIRAS

a) Todas as vigas padieira serão em betão armado, com as dimensões convenientes e em função da extensão do vão.

02.5 - RASGOS E RANHURAS

O empreiteiro procederá à abertura dos rasgos e ranhuras necessárias à passagem de todas as canalizações e tubagens e fixação de todas as peças de carpintaria, serralharia e equipamento fixo.

02.6 - CAIXAS DE ESTORE PRÉ-FABRICADAS

Fornecimento e aplicação de caixas de estore, pré-fabricadas, com armadura conveniente e com apoio lateral mínimo de 0,12.

02.7 - GATEIRAS

Sob as Lages de rés-do-chão o empreiteiro abrirá gateiras com diâmetro aproximado de 0,12, nas paredes exteriores, defendidas por rede mosquiteira assente em aro metálico.

CAPITULO 5 REVESTIMENTO DE PAREDES

05.1 - LEVANTAMENTOS E GUARNECIMENTOS EXTERIORES

Todas as paredes exteriores serão argamassadas de acordo com os materiais de revestimento a receber.

Todas as superfícies ficarão lisas, desempenadas e com arestas finas e rectas.

05.2 - ISOLAMENTO TÉRMICO E REVESTIMENTO DAS PAREDES EXTERIORES

As paredes exteriores e guardas de terraços e varandas de todos os edifícios, serão isolados com a aplicação de poliestireno.

As paredes exteriores e respectivos aros para vãos, depois de devidamente guarnecidas com chapa hidráulica, chapisco e reboco, serão isoladas térmicamente com a aplicação de Poliestireno Expandido com 3 cm de espessura em toda a sua superfície, da forma que passamos a discriminar:

- Sobre a camada exterior de reboco, o empreiteiro procederá ao barramento contínuo de argamassa acrílica "ADESAN CPS", armada com rede "RETE 150 K8". sobre o qual fará a aplicação das placas de Poliestireno expandido.

Sobra superfície contínua de poliestireno expandido, o empreiteiro procederá a novo barramento de argamassa acrílica "ADESAN CPS". armada com rede de fibra de vidro anti-alcalina "RETE 150 K8".

Em todos os edifícios, em todo o seu perímetro, do extremo inferior das paredes exteriores até à cota de 2,00 m acima do solo. esta rede será dupla. As paredes exteriores na totalidade do seu perímetro, apoiar-se-ão sobre uma tira contínua de poliestireno extrudido de 3cm de espessura, colado em ambas as faces por meio de barramento contínuo de argamassa acrílica "ADESAN CPS". armada com rede de fibra de vidro "RETE 150 K8".

Todas as paredes exteriores serão revestidas a material tipo "GRANIPLAST" Tipo 20, nas cores a definir, aplicado sobre o primário "Vieroquartz", em cor semelhante à do acabamento.

O poliestireno expandido terá 3 cm de espessura e uma densidade de 20kg/m3 e será auto-extinguível (Classe M1).

A colmatação das juntas abertas será executada com tiras de poliestireno e nunca com massa.

As juntas das placas salientes serão regularizadas com a utilização de lixa.

Em todas as arestas o empreiteiro aplicará cantoneiras de alumínio perfurado.

Os peitoris das janelas terão forte inclinação, de maneira a facilitar o escoamento das águas.

REPORTAGEM FOTOGRAFICA

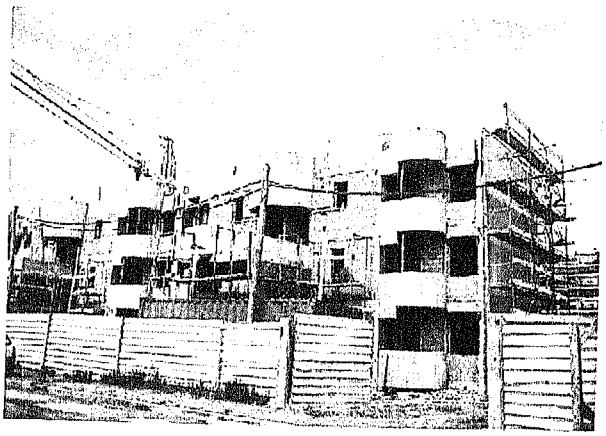


Foto.C.1

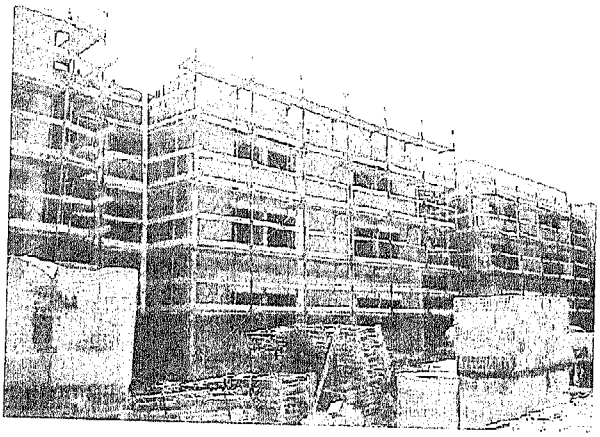


Foto.C.2

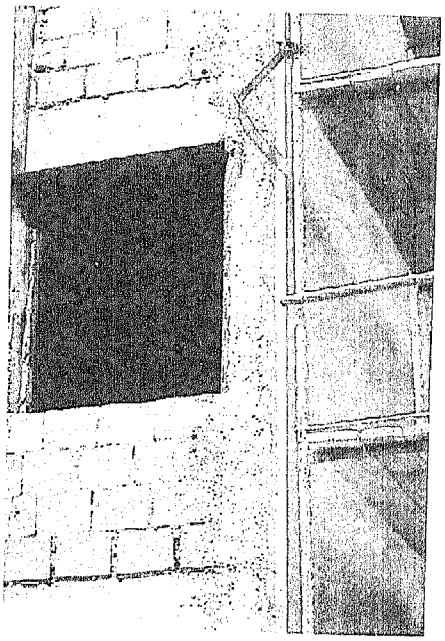


Foto.C.3

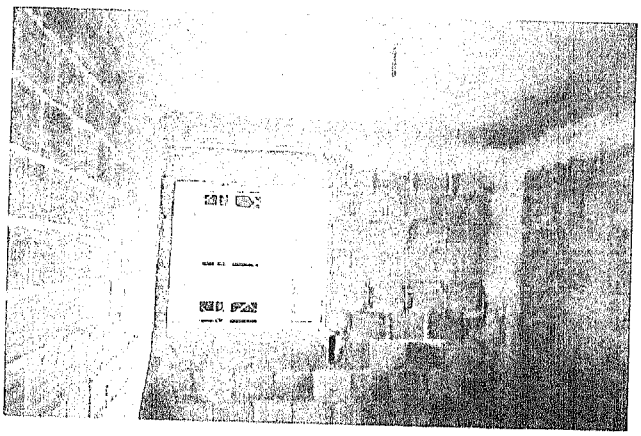


Foto.C.4

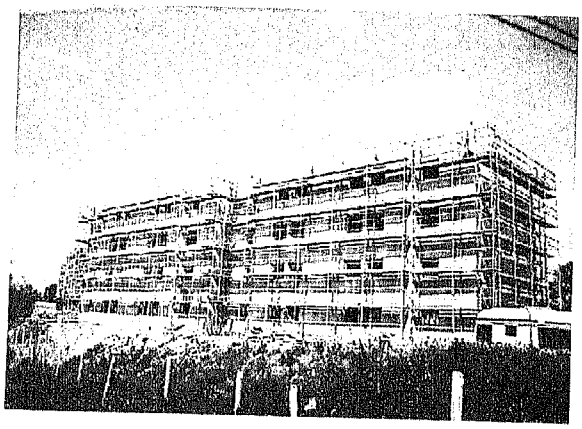


Foto.C.5

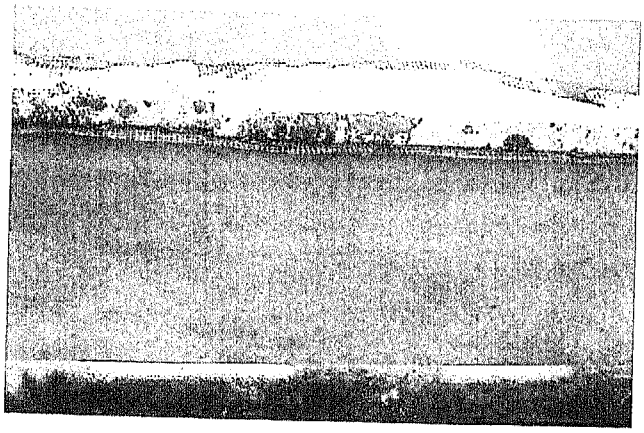


Foto.C.6



Foto.C.7

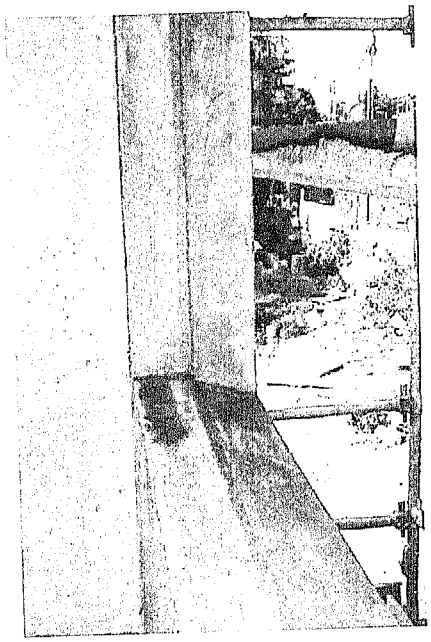


Foto.C.8



Foto.C.9

ANEXO D

OBRA 4

EMPREENDIMENTO HABITACIONAL NO GRANDE PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- Fig. D.1 – Alçado Norte
- Fig. D.2 - Alçado Poente;
- Fig. D.3 – Alçado Sul;
- Fig. D.4 – Alçado Nascente;
- Fig. D.5 – Corte Transversal 1;
- Fig. D.6 – Corte Transversal 3;
- Fig. D.7 – Planta da cave do Bloco 1;
- Fig. D.8 – Planta do R/Chão e Cave dos dois blocos;
- Fig. D.9 – Planta do R/Chão do bloco 1;
- Fig. D.10 – Planta do 1º Andar do bloco 1;
- Fig. D.11 – Planta do 2º Andar do bloco 1;
- Fig. D.12 – Planta do Sotão do bloco 1;
- Fig. D.13 – Planta da Cobertura do bloco 1;
- Fig. D.14 – Pormenor construtivo tipo;
- Fig. D.15 – Pormenor construtivo tipo;
- Condições Técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias D.1 a D.9.

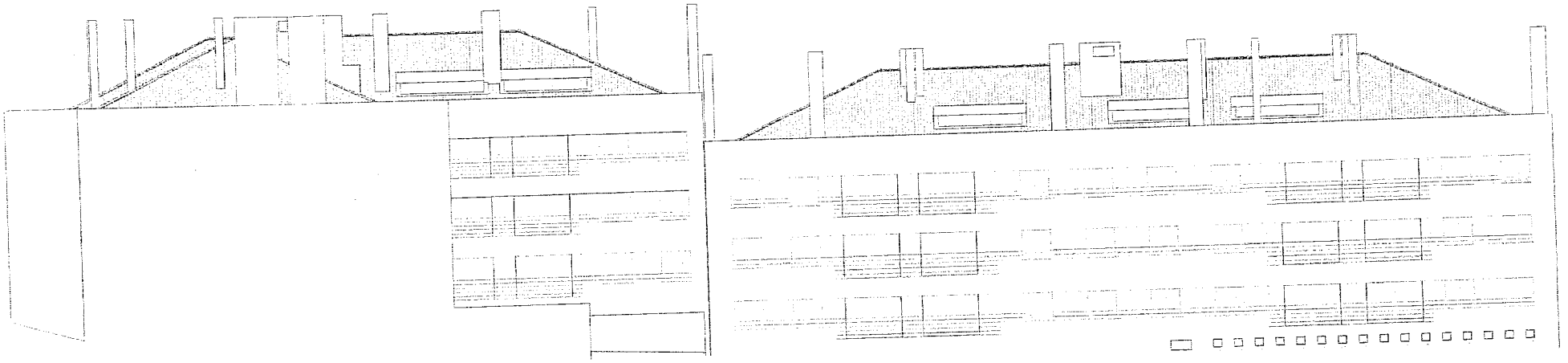


Fig. D.1 – ALÇADO NORTE

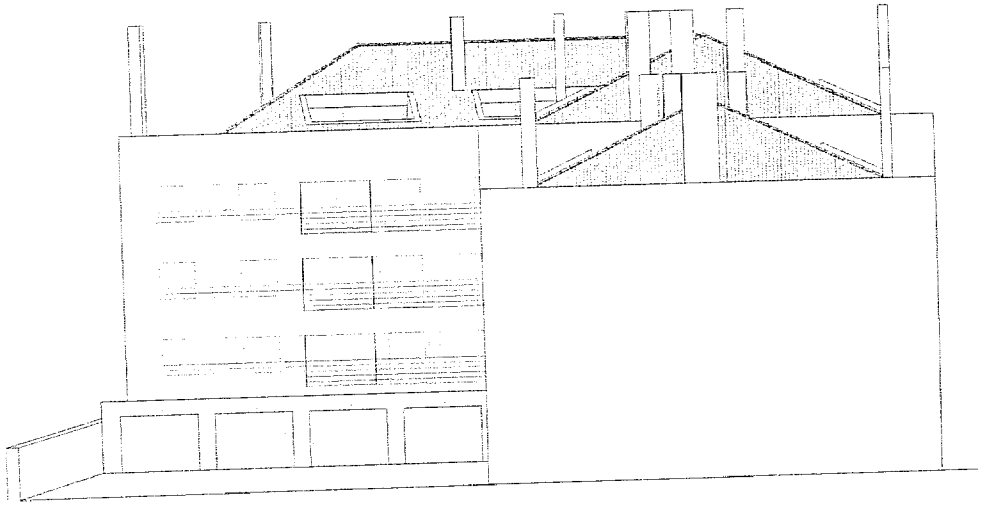


Fig. D.2 – ALÇADO POENTE

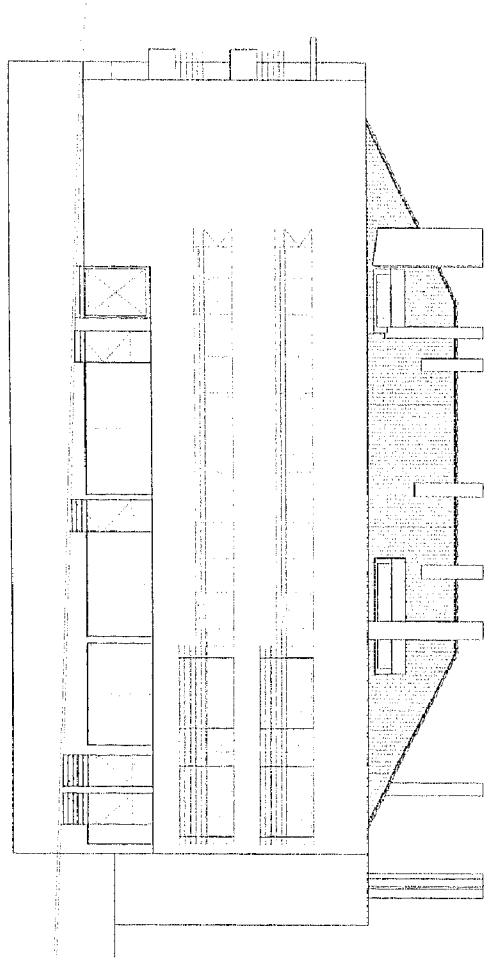


Fig. D.4 – ALÇADO NASCENTE

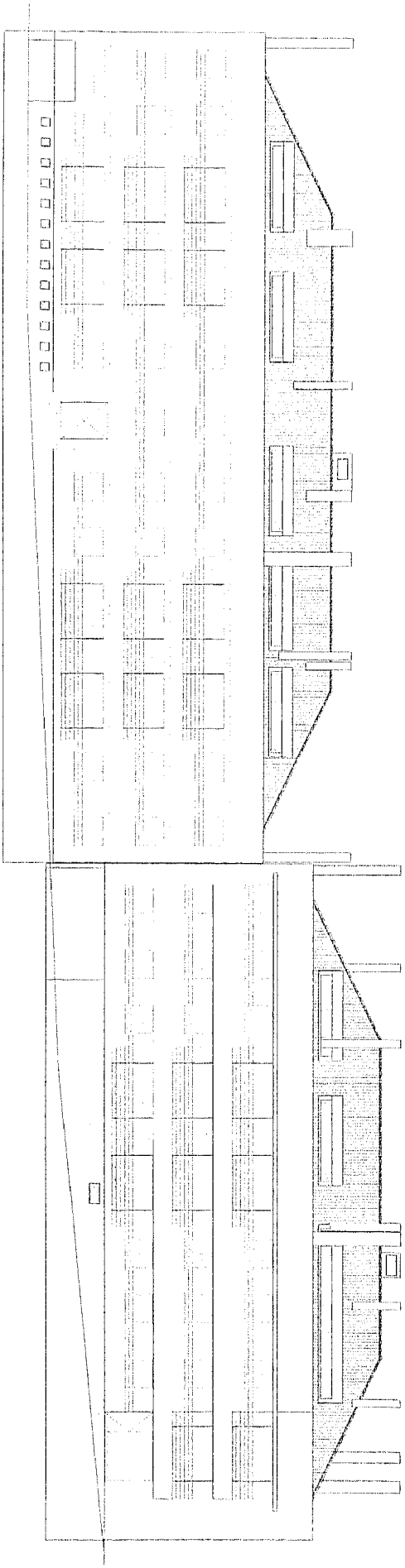


Fig. D.3 – ALÇADO SUL

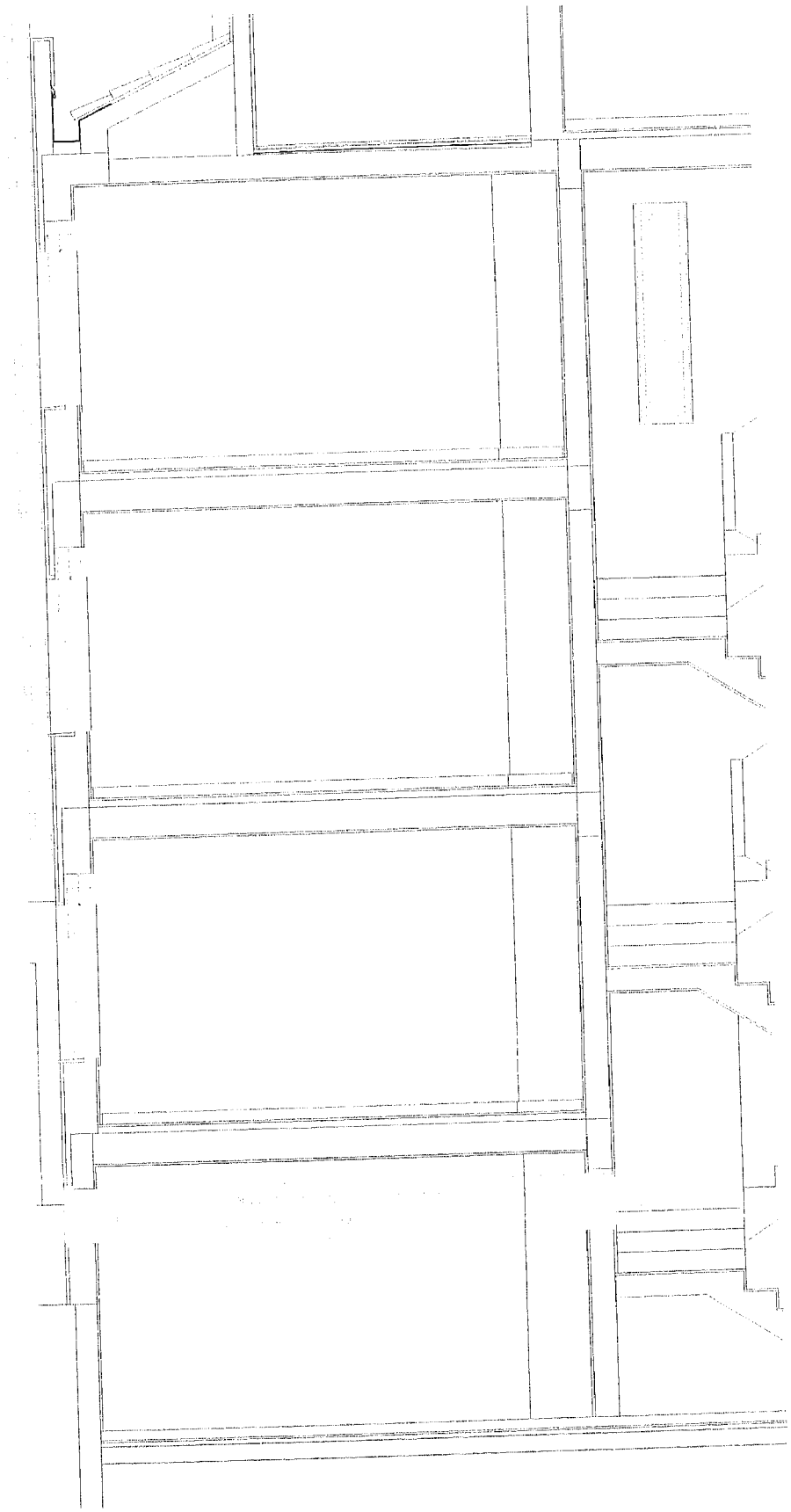


Fig. D.5 – CORTE 1

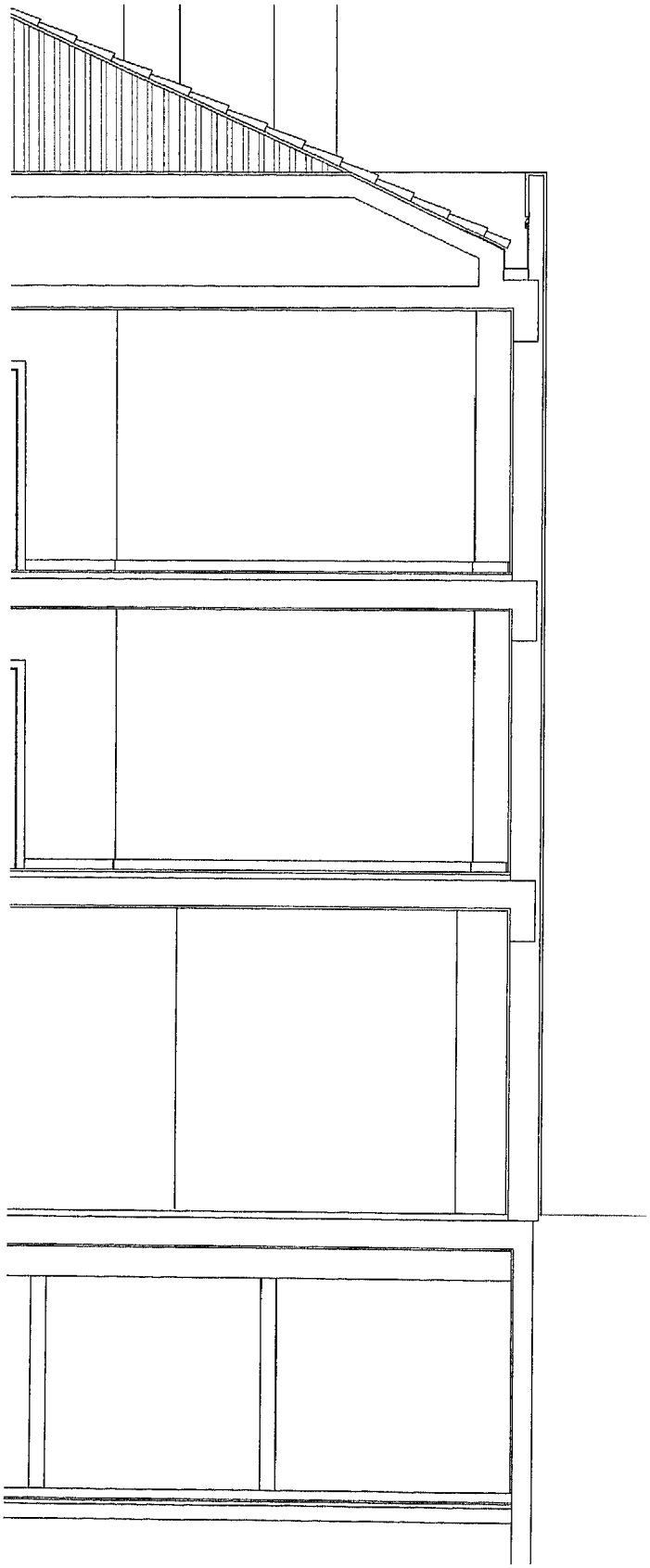


Fig. D.6 – CORTE 3

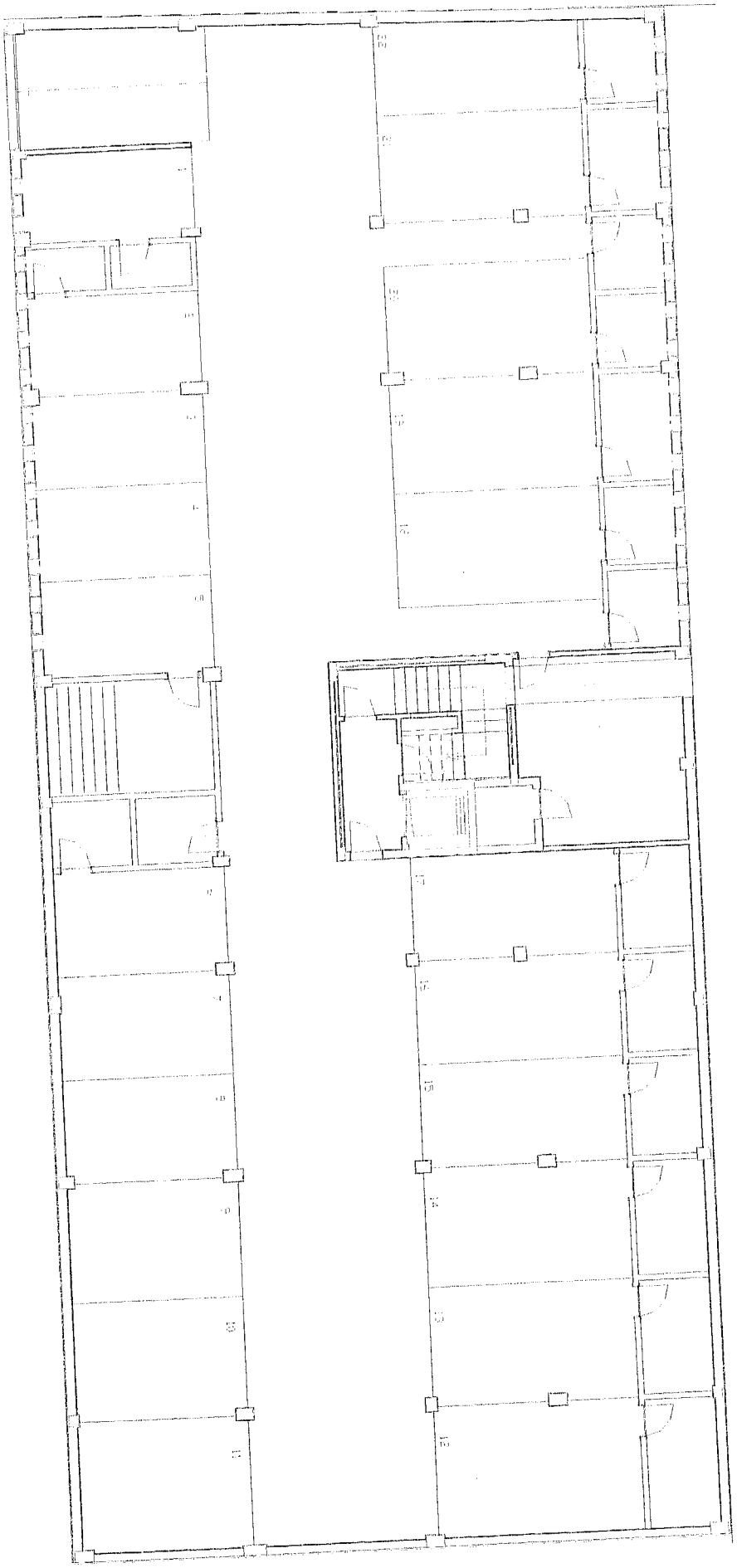


Fig. D.7 – PLANTA DA CAVE DO BLOCO 1

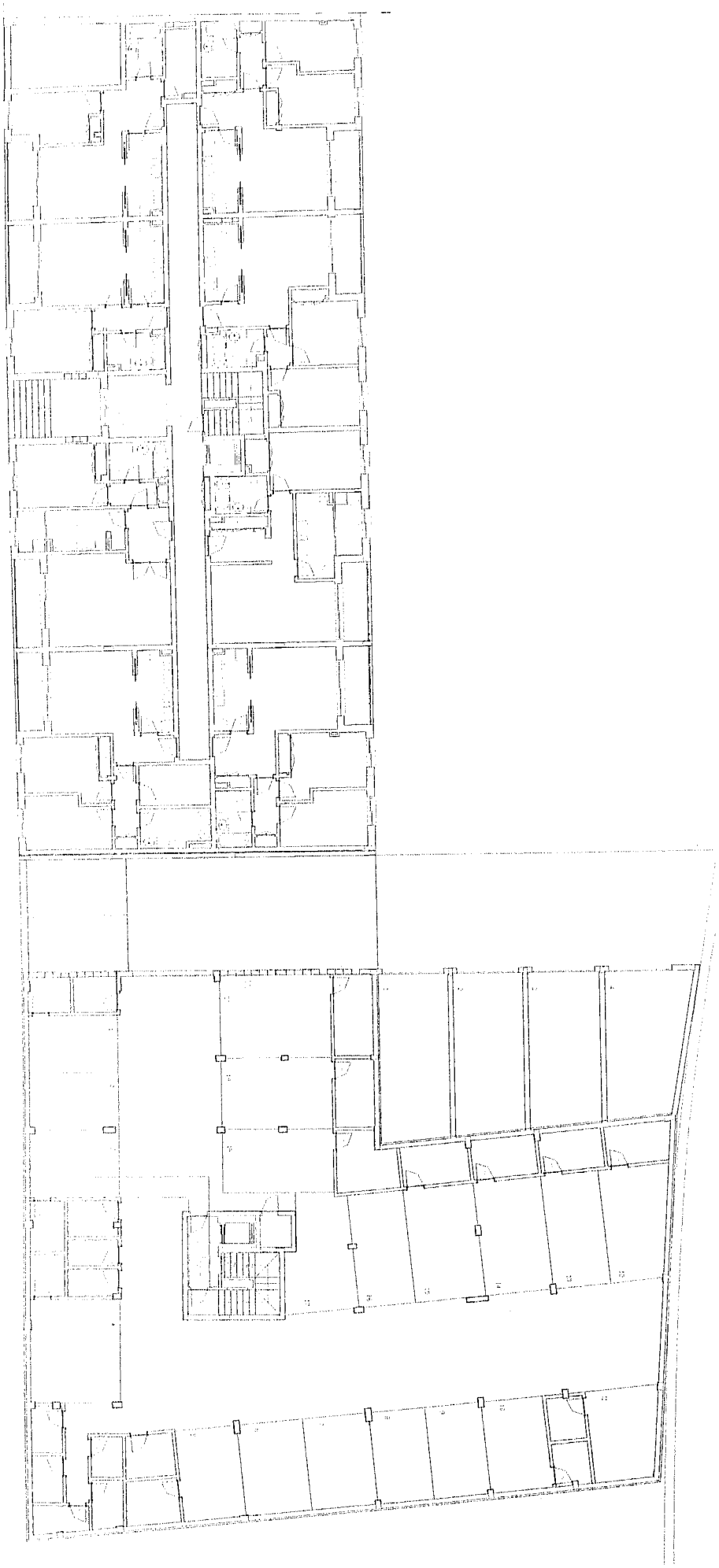


Fig. D.8 – PLANTA DO R/CHÃO E CAVE DOS DOIS BLOCOS

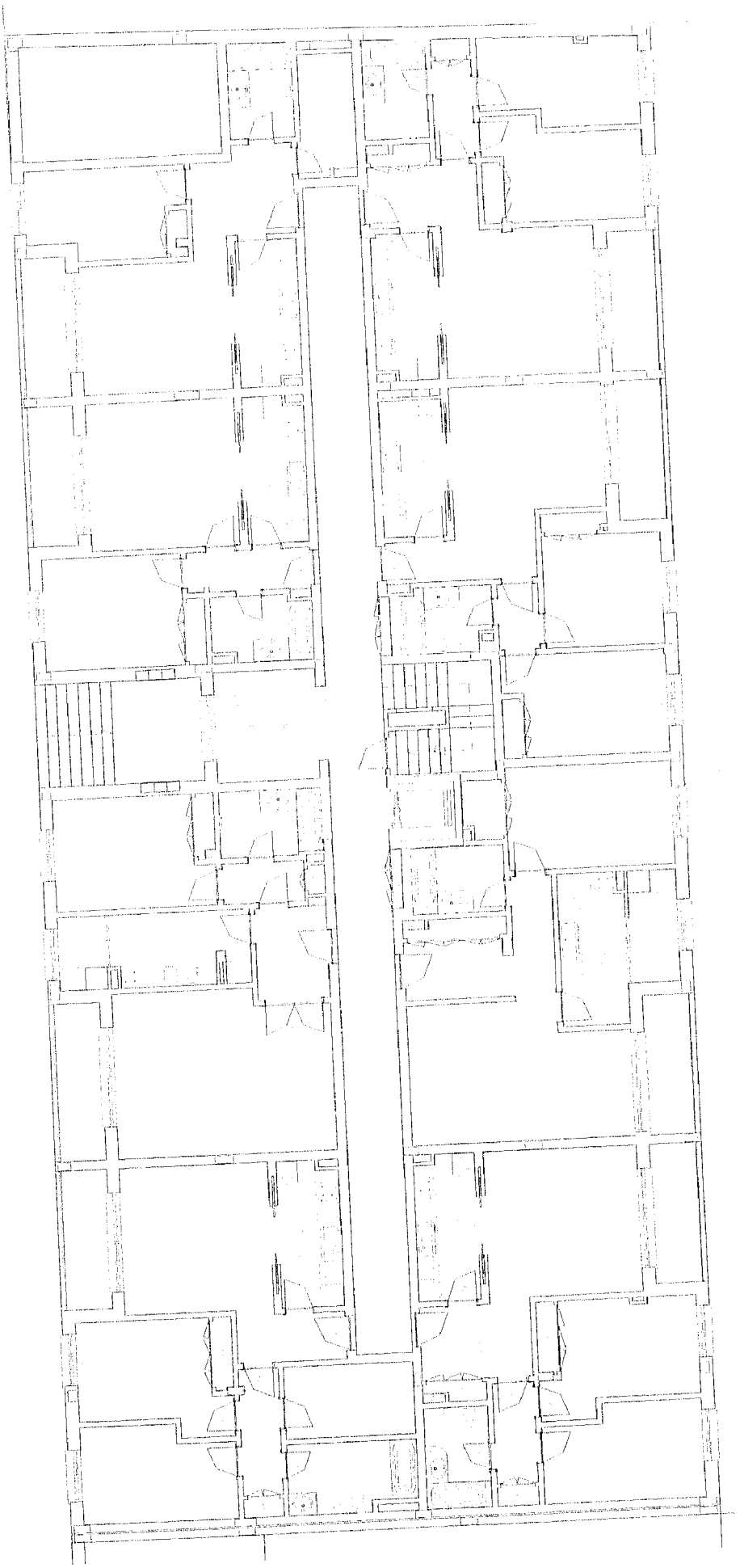


Fig. D.9 – PLANTA DO R/CHÃO DO BLOCO 1

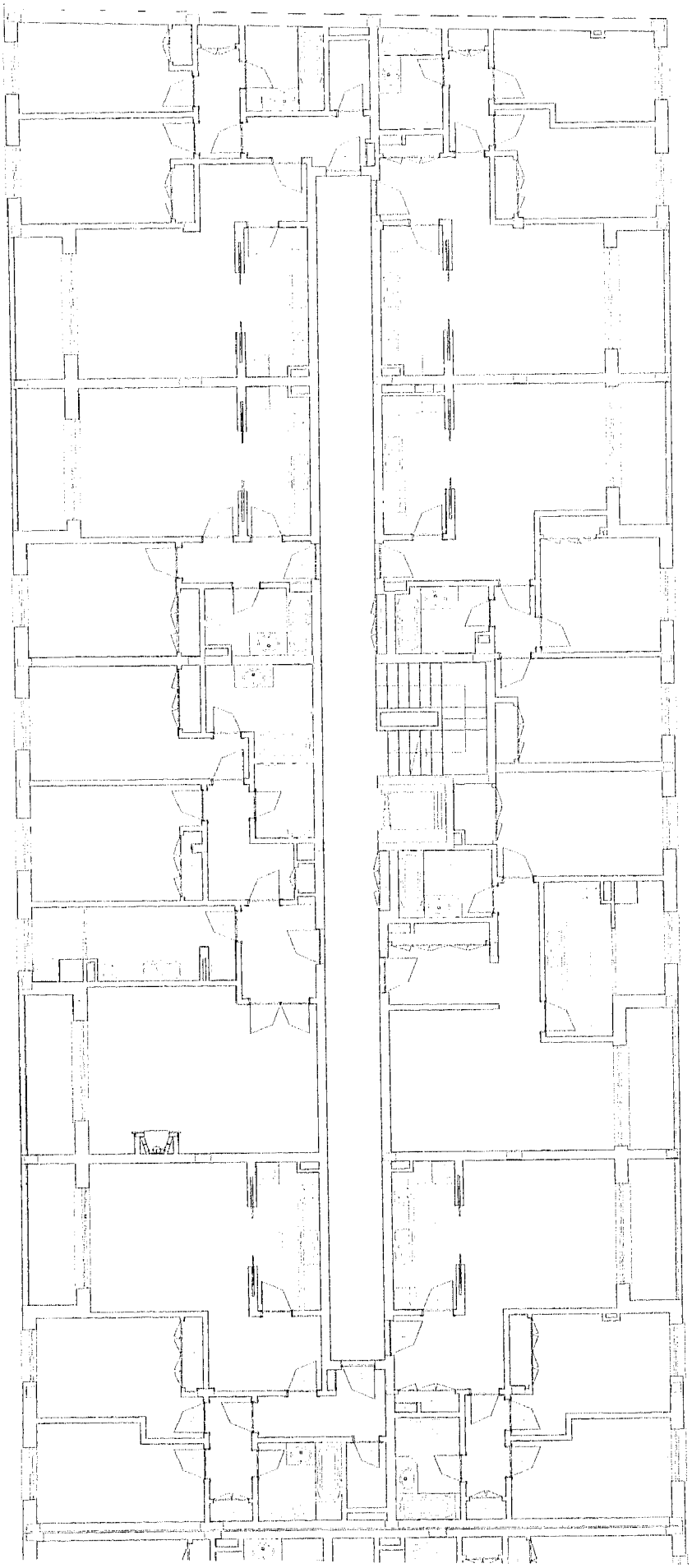


Fig. D.10 – PLANTA DO 1º ANDAR DO BLOCO 1

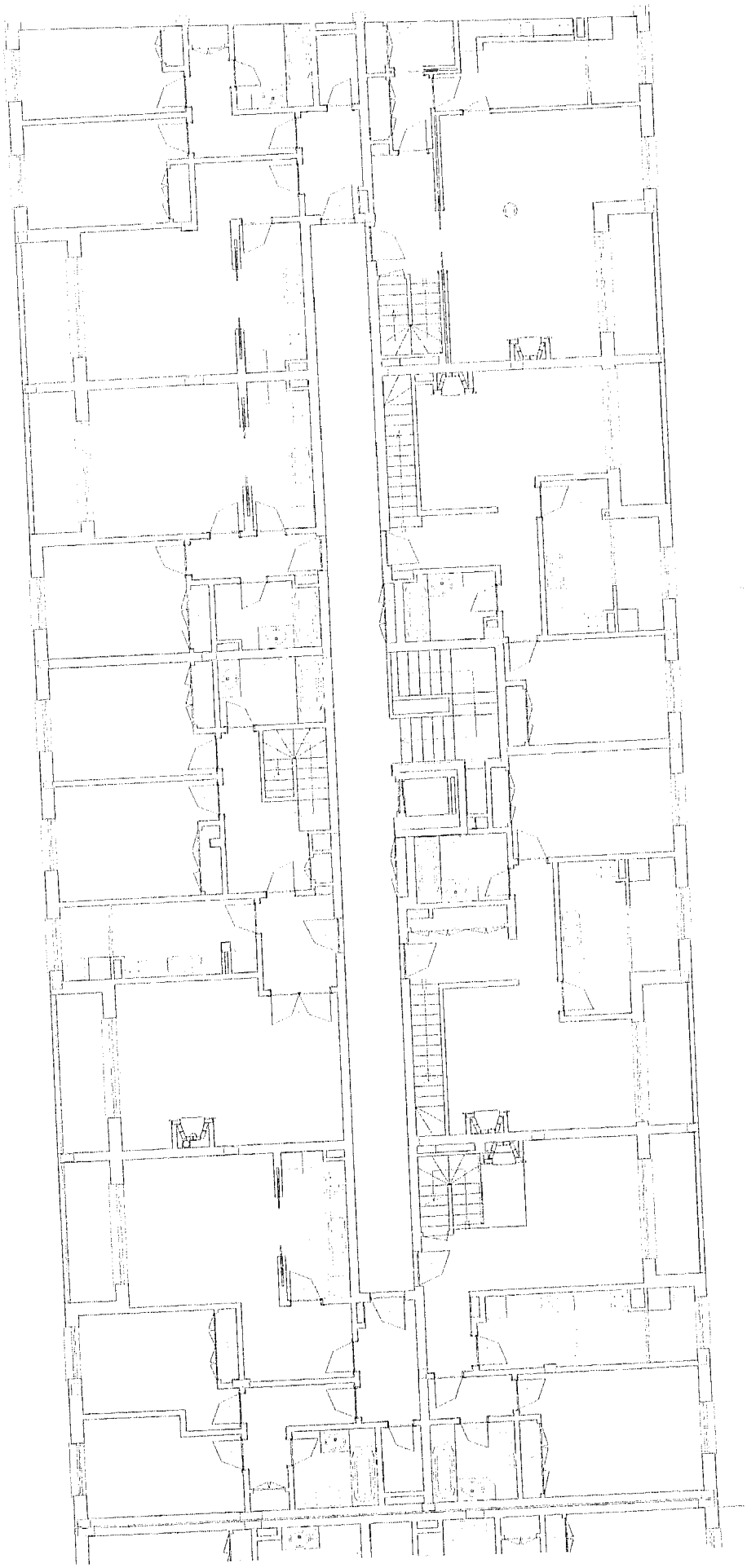


Fig. D.11 – PLANTA DO 2° ANDAR DO BLOCO 1

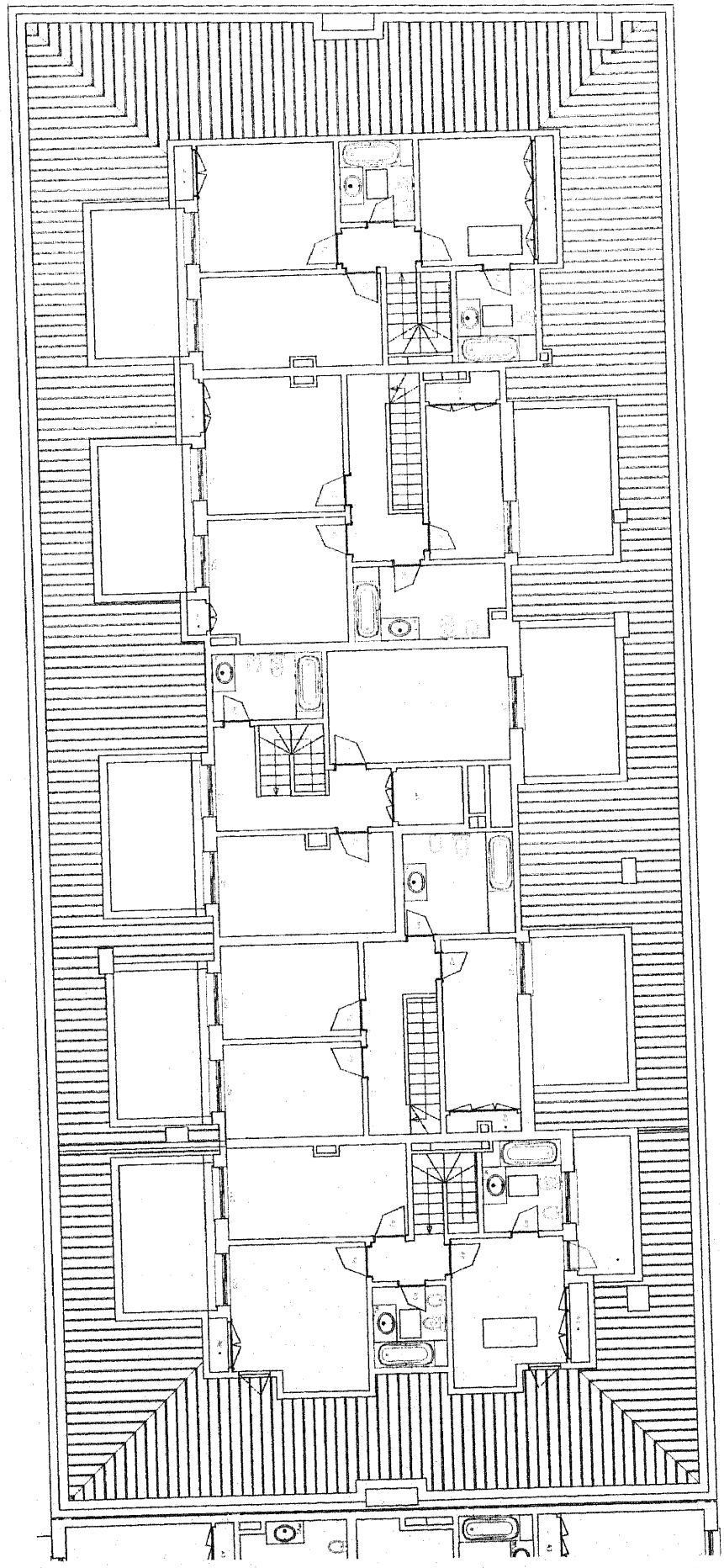


Fig. D.12 – PLANTA DO SOTÃO DO BLOCO 1

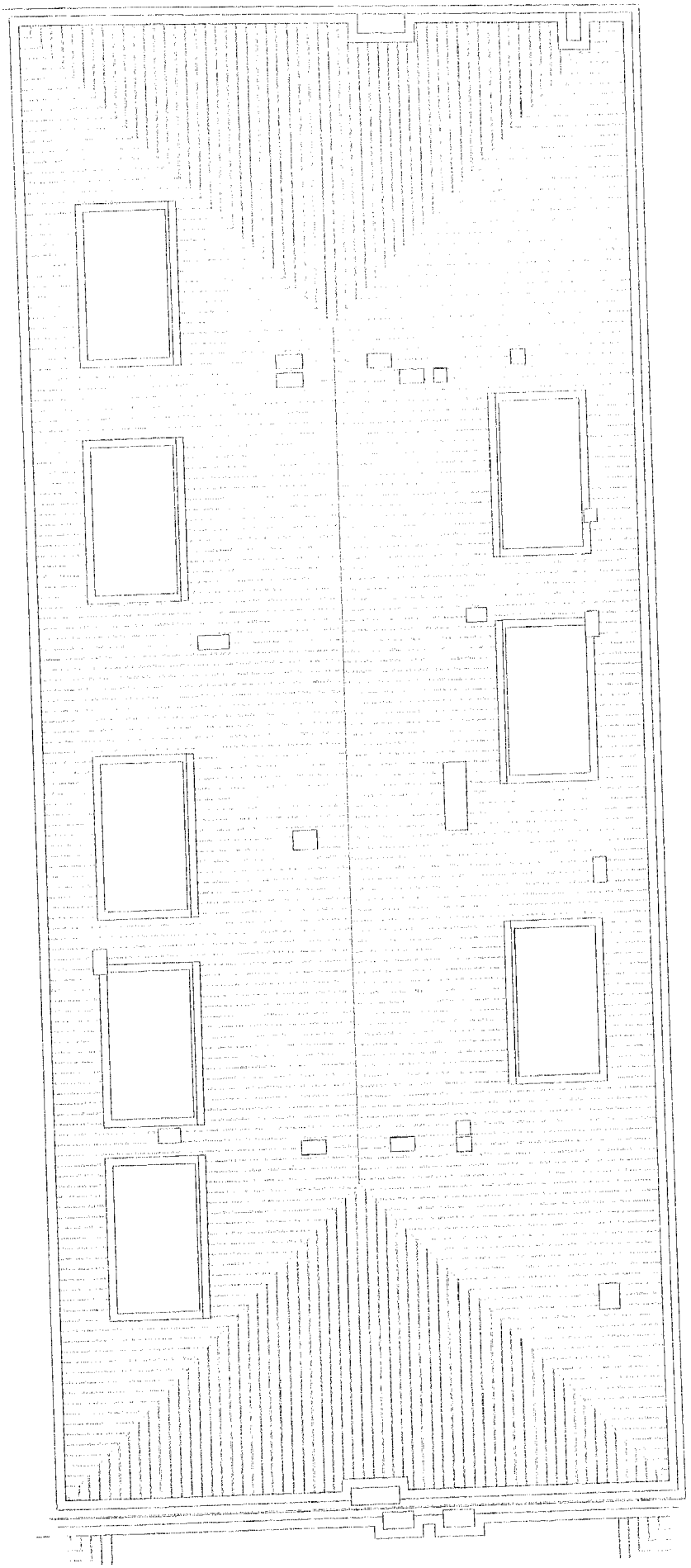


Fig. D.13 – PLANTA DA COBERTURA DO BLOCO 1

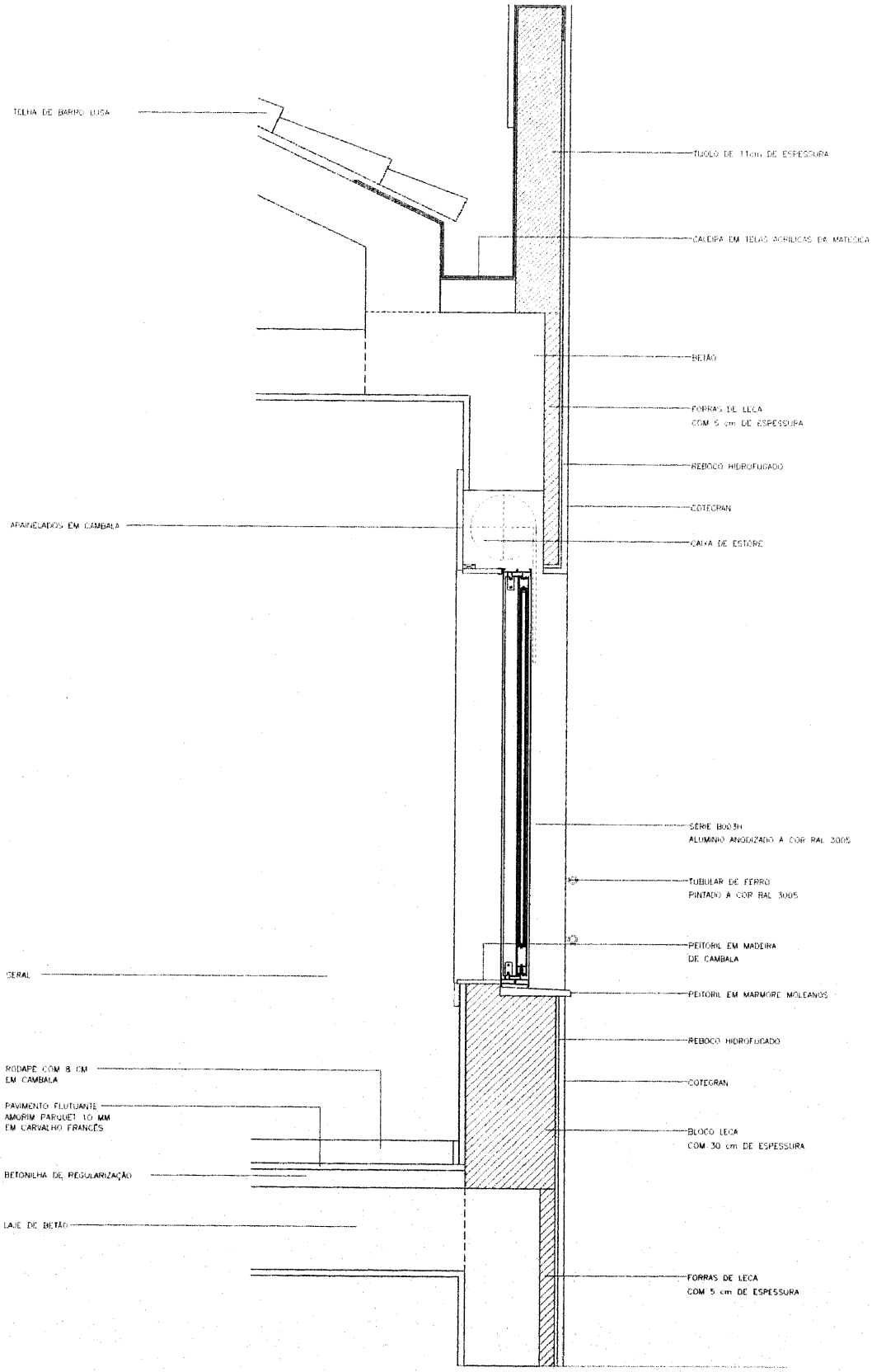


Fig. D.14 – PORMENOR CONSTRUTIVO TIPO

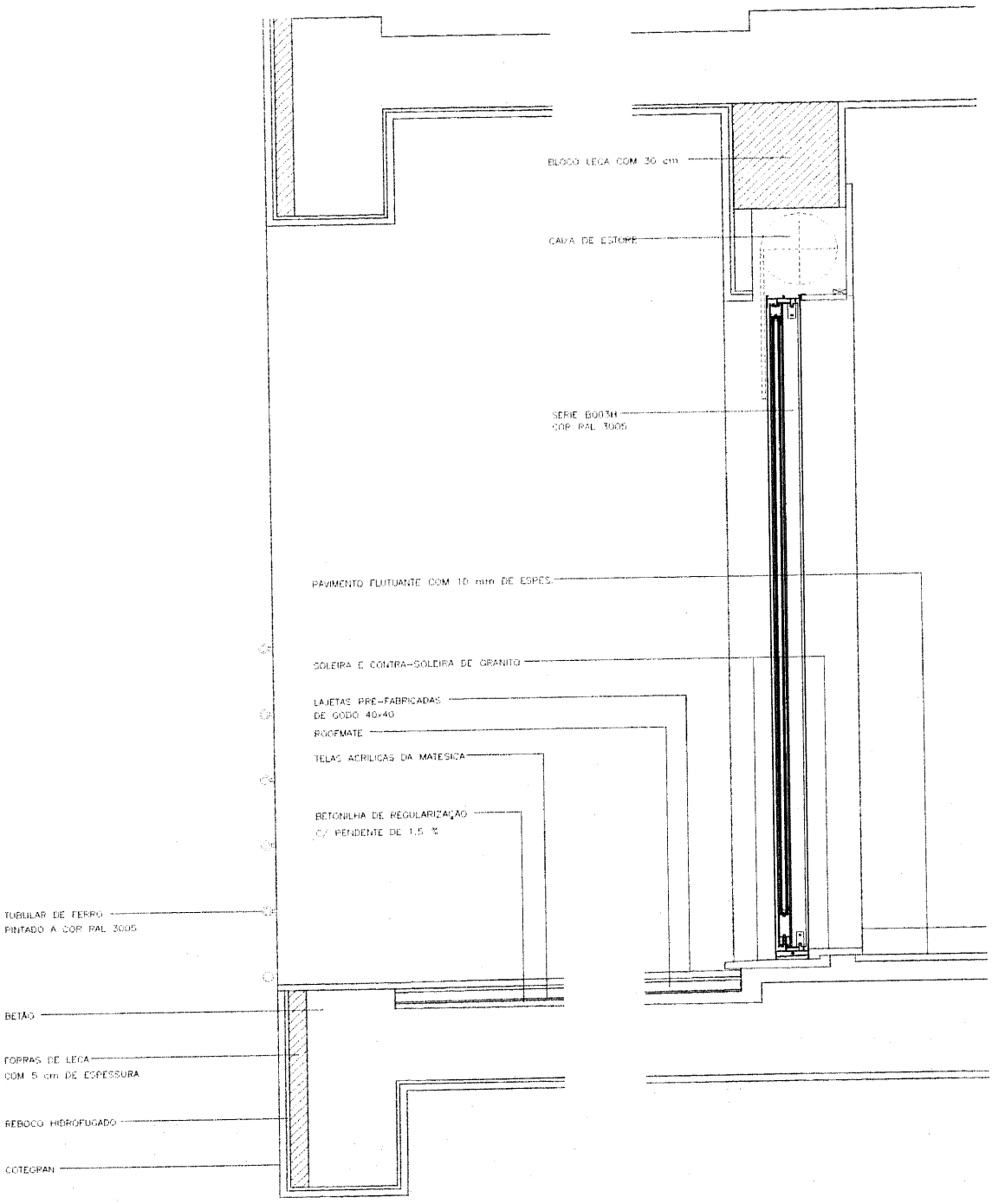


Fig. D.15 – PORMENOR CONSTRUTIVO TIPO

CONDIÇÕES TÉCNICAS

(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

2 ASPECTO ESTÉTICO

De acordo com o enquadramento e características do edifício, optou-se pela utilização de uma linguagem arquitectónica que tenta caracterizar as diversas funções do edifício, introduzindo revestimentos exteriores distintos que marquem essa diferença.

No rés-do-chão e restantes andares, foram criadas aberturas necessárias ao bom funcionamento interno do compartimento.

O revestimento exterior do edifício, será em argamassa impermeabilizante monomassa em cor a definir. As varandas e janelas terão uma guarda em varões de ferro até à altura de 1,00 m em cor a definir. As janelas, portas e montras serão em alumínio termolacado em cor a definir.

A cobertura será feita por lajes aligeiradas, cobertas por isolamento térmico e telha de barro lusa.

3 TÉCNICAS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os pavimentos serão formados por lajes aligeiradas, pré-fabricadas, assentes nas vigas da estrutura.

As paredes exteriores serão duplas de 28 cm, prevendo-se que o paramento interior seja construído por tijolo (30x30x07) e o exterior por tijolo (30x20x15), formado por caixa de ar de 0,08. As paredes interiores serão feitas em tijolo 30x20x11.

No átrio interior de acesso às habitações, o piso será em mármore, as paredes em seral e madeira e o tecto estucado e pintado.

A caixa de escadas terá o piso em marmorite e as paredes em cavan. As escadas terão guarda em murete de tijolo com chapim em mármore.

As lojas terão as paredes e tectos estucados e pintados e o piso em betonilha pronto a receber acabamento final. As casas de banho das lojas terão o piso e a parede (até 2,00 m de altura) revestidas em material cerâmico. A parte de cima das paredes e tectos serão estucados e pintados.

A cave e arrumos terão o pavimento em betonilha e as paredes e tectos rebocados e pintados, sendo até 1,50 m de altura com tinta lavável.

Os apartamentos serão como se segue:

Hall de entrada, sala, quartos e corredores, com piso em parquet e paredes e tectos estucados e pintados.

As varandas terão piso em material cerâmico e guardas em varões de ferro.

As cozinhas e casas de banho terão revestimento cerâmico no piso e na parede (até ao tecto). E o tecto será estucado e pintado.

Em todos os trabalhos seguir-se-ão as regras de boa construção e respeitar-se-ão os regulamentos vigentes.

REPORTAGEM FOTOGRAFICA

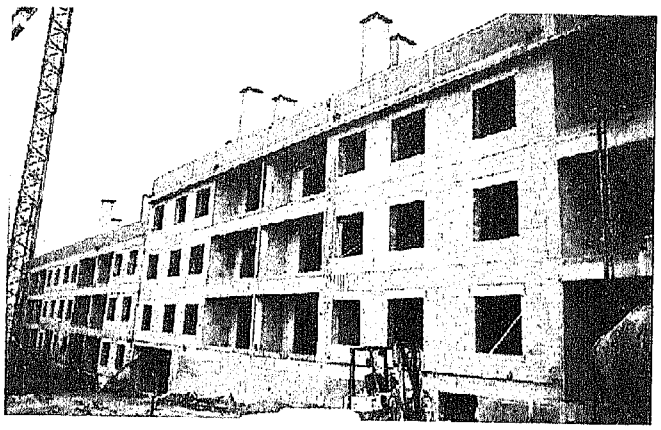


Foto. D.1

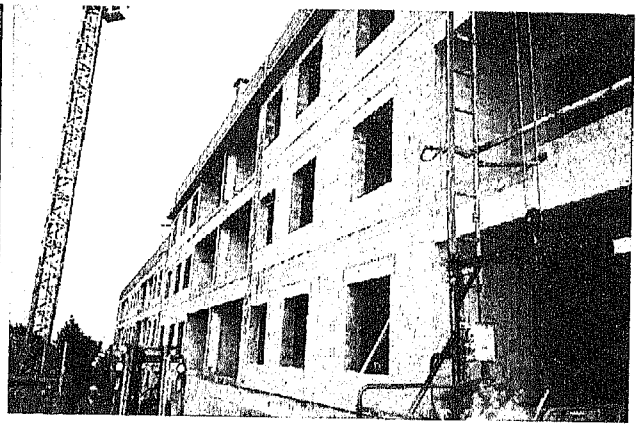


Foto. D.2

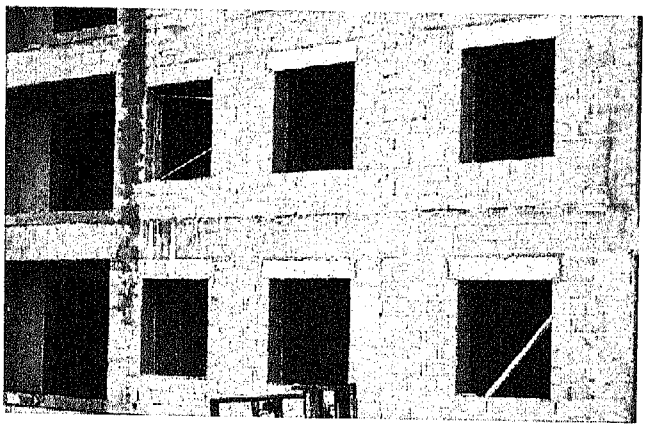


Foto. D.3

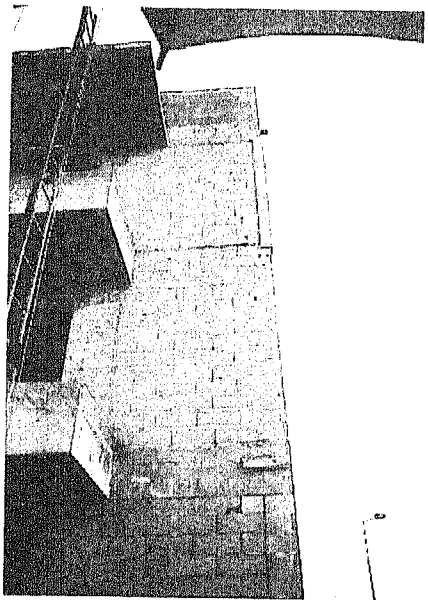


Foto. D.4

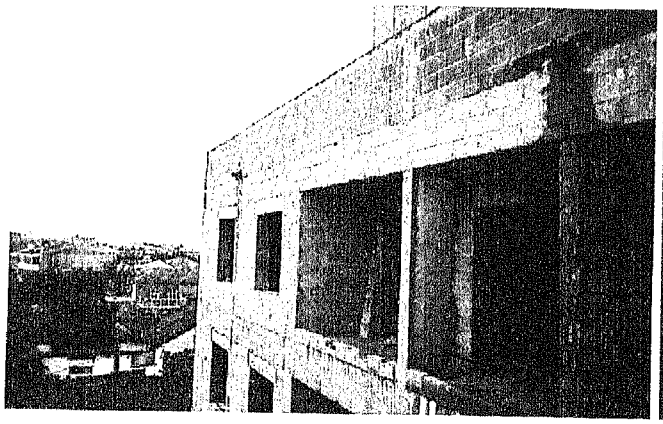


Foto. D.5

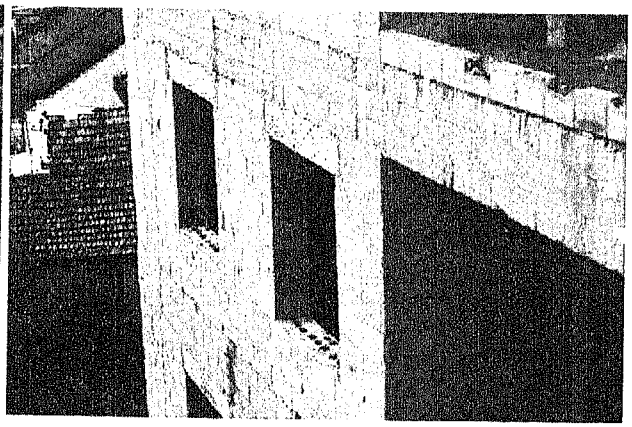


Foto. D.6

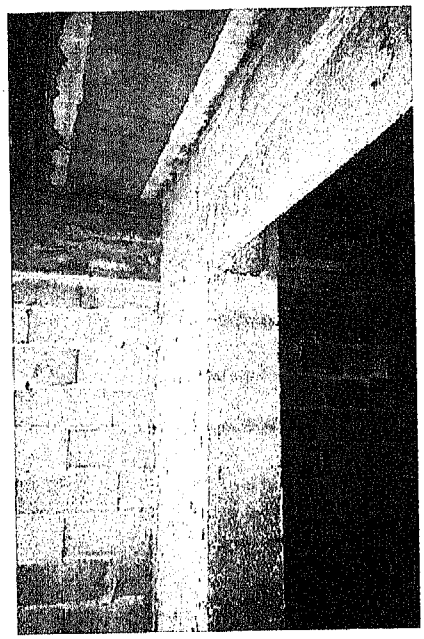


Foto. D.7



Foto. D.8

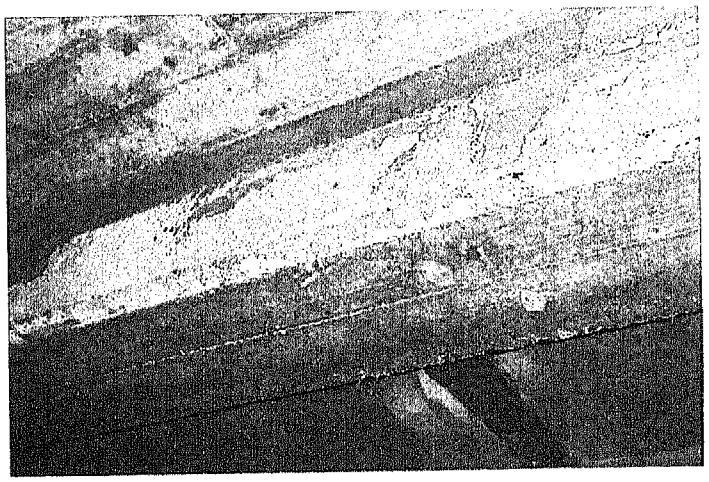


Foto. D.9

ANEXO E

OBRA 5

DEZ FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- Fig. E.1 – Planta de conjunto – Piso 0;
- Fig. E.2 – Perfil longitudinal BB';
- Fig. E.3 – Perfil longitudinal CC';
- Fig. E.4 – Perfil transversal EE';
- Fig. E.5 – Perfil transversal HH'; Perfil transversal GG';
- Fig. E.6 – Perfil transversal FF';
- Fig. E.7 – Perfil transversal FF';
- Fig. E.8 – Corte DD1;
- Fig. E.9 – Corte DD1;
- Fig. E.10 – Corte CC1;
- Fig. E.11 – Planta da Habitação T1;
- Fig. E.12 – Planta da Habitação T2;
- Fig. E.13 – Planta da Habitação T3;
- Fig. E.14 – Planta da Habitação T4;
- Fig. E.15 – Planta da Habitação T1 – Piso 0;
- Fig. E.16 – Planta da Habitação T1 – Piso 1;
- Condições Técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias E.1 a E.7

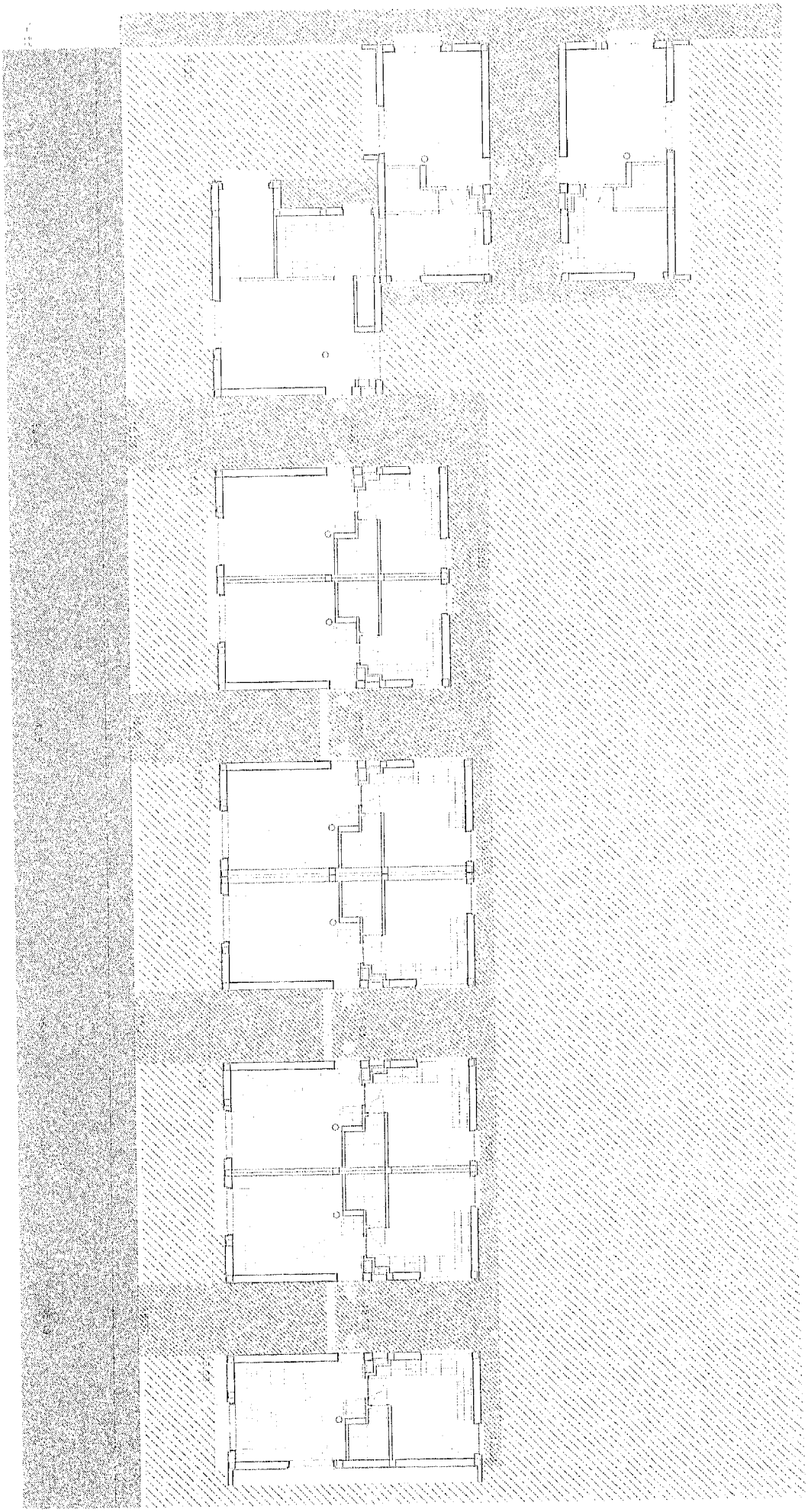


Fig. E.1 – PLANTA DE CONJUNTO – PISO 0

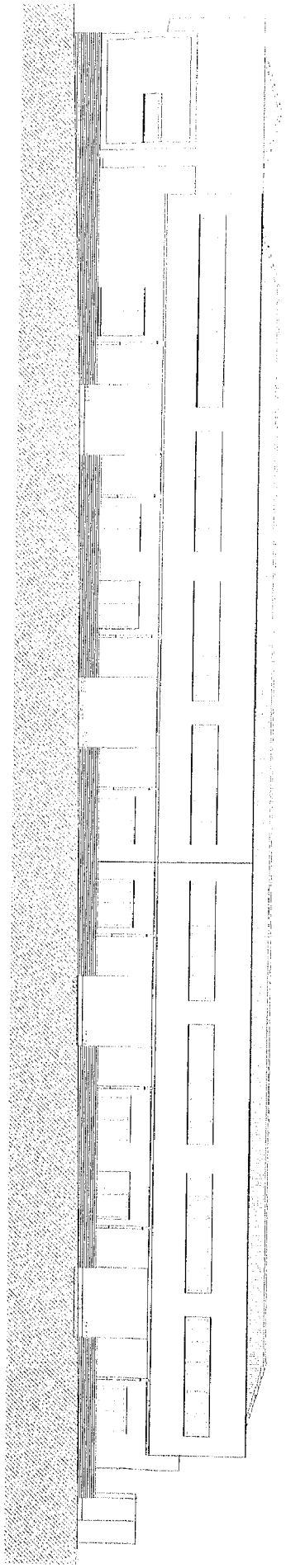


Fig. E.2 – PERFIL LONGITUDINAL BB'

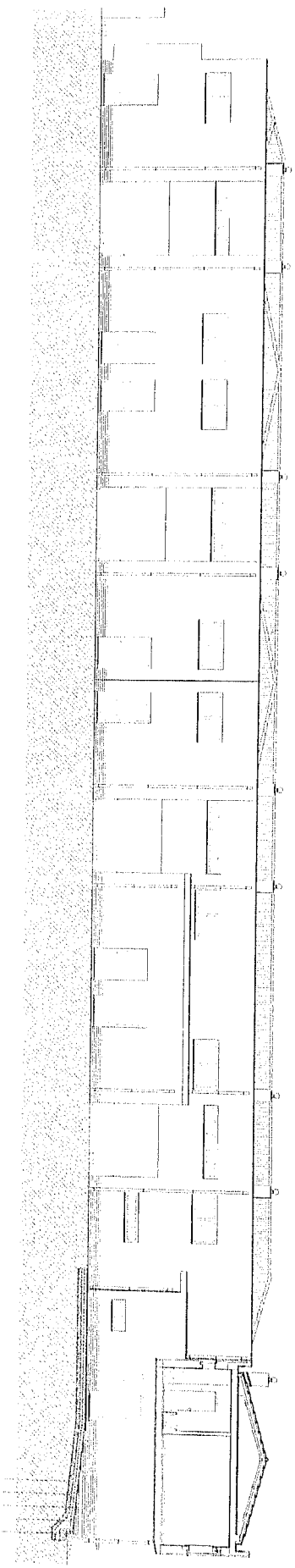


Fig. E.3 – PERFIL LONGITUDINAL CC'

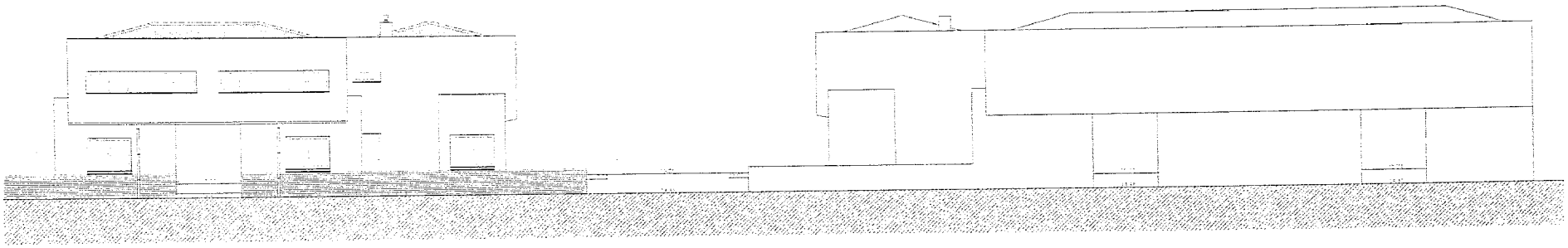


Fig. E.4 – PERFIL TRANSVERSAL EE'

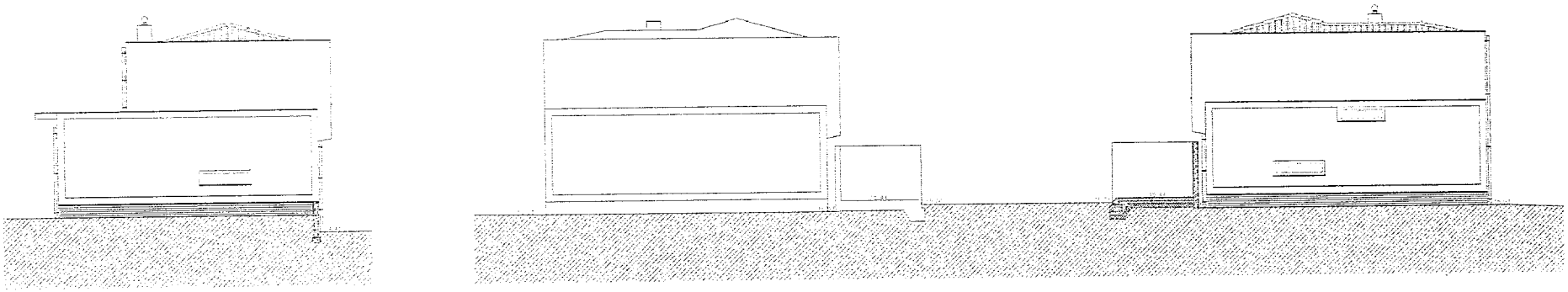


Fig. E.5 – PERFIL TRANSVERSAL HH'; PERFIL TRANSVERSAL GG'

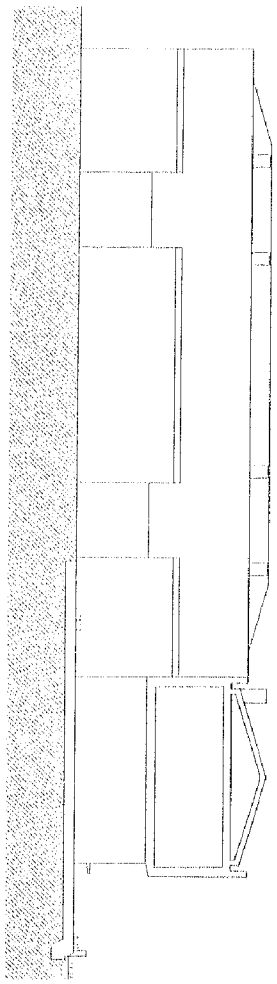


Fig. E.6 – PERFIL TRANSVERSAL FF'

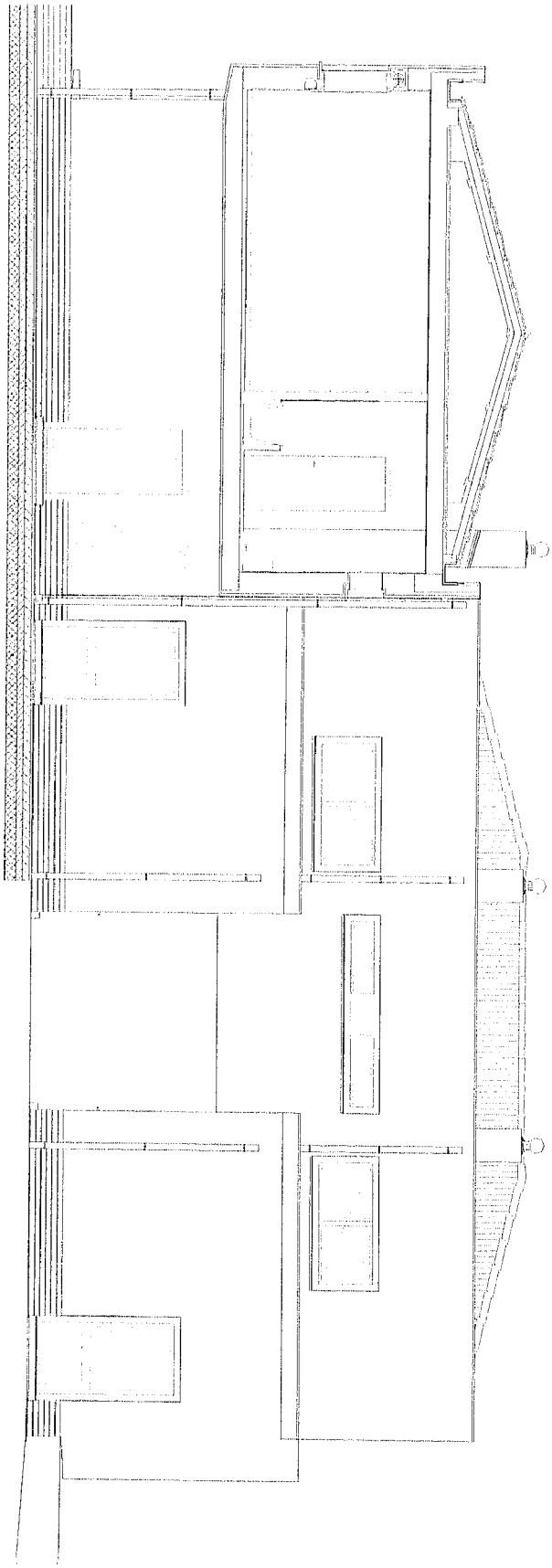


Fig. E.7 – PERFIL TRANSVERSAL FF'

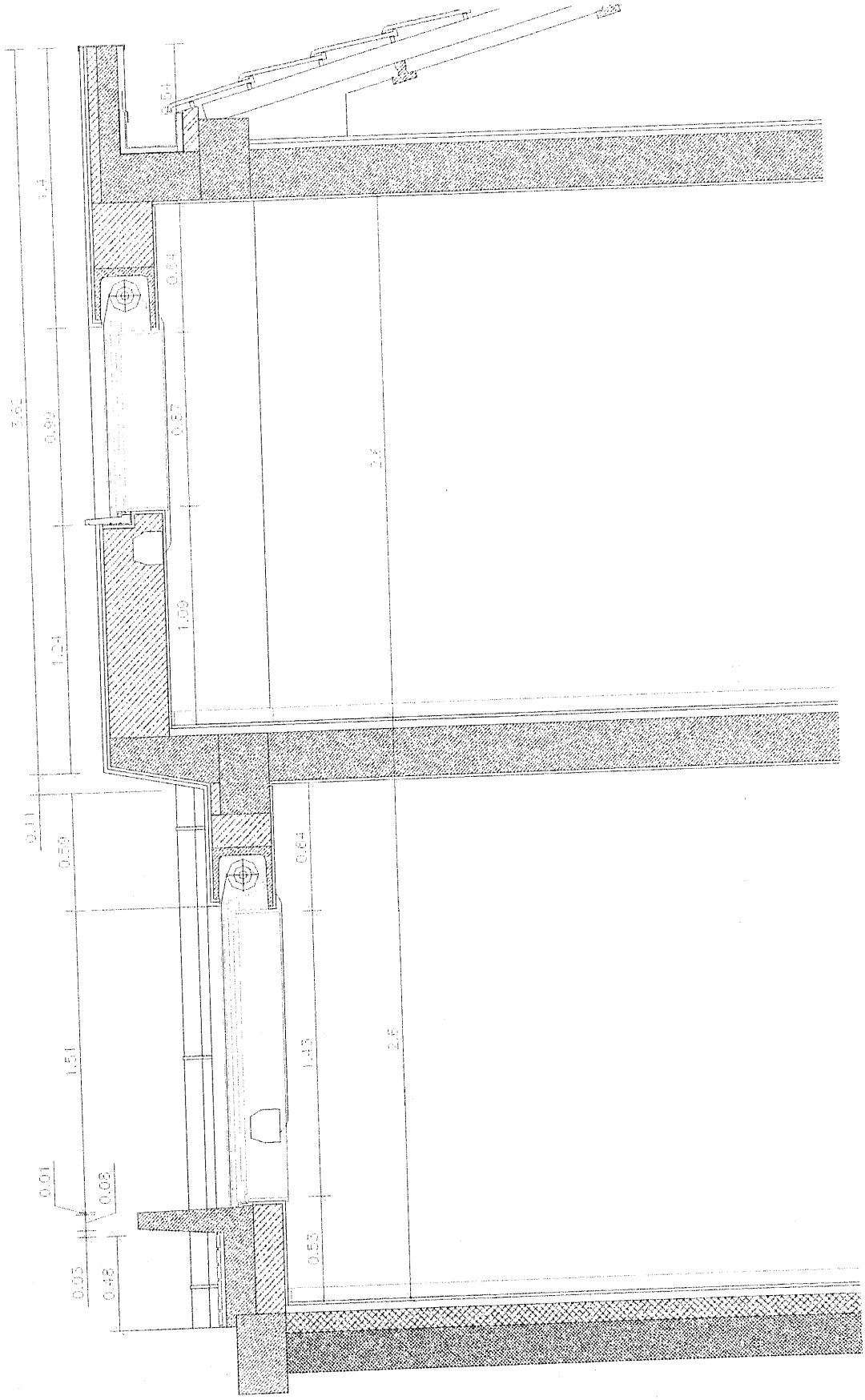


Fig. E.8 – CORTE DD1

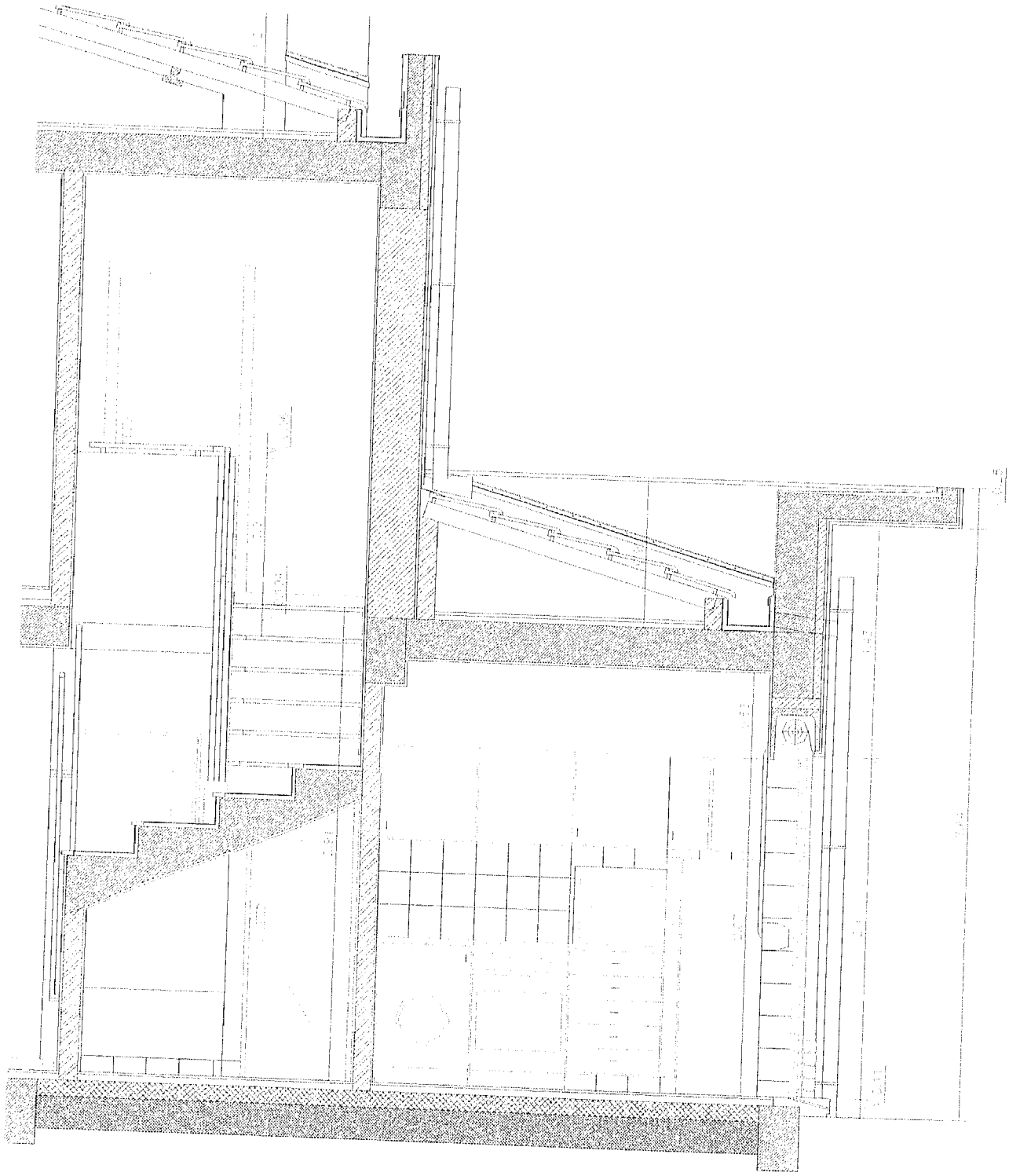


Fig. E.9 – CORTE DD1

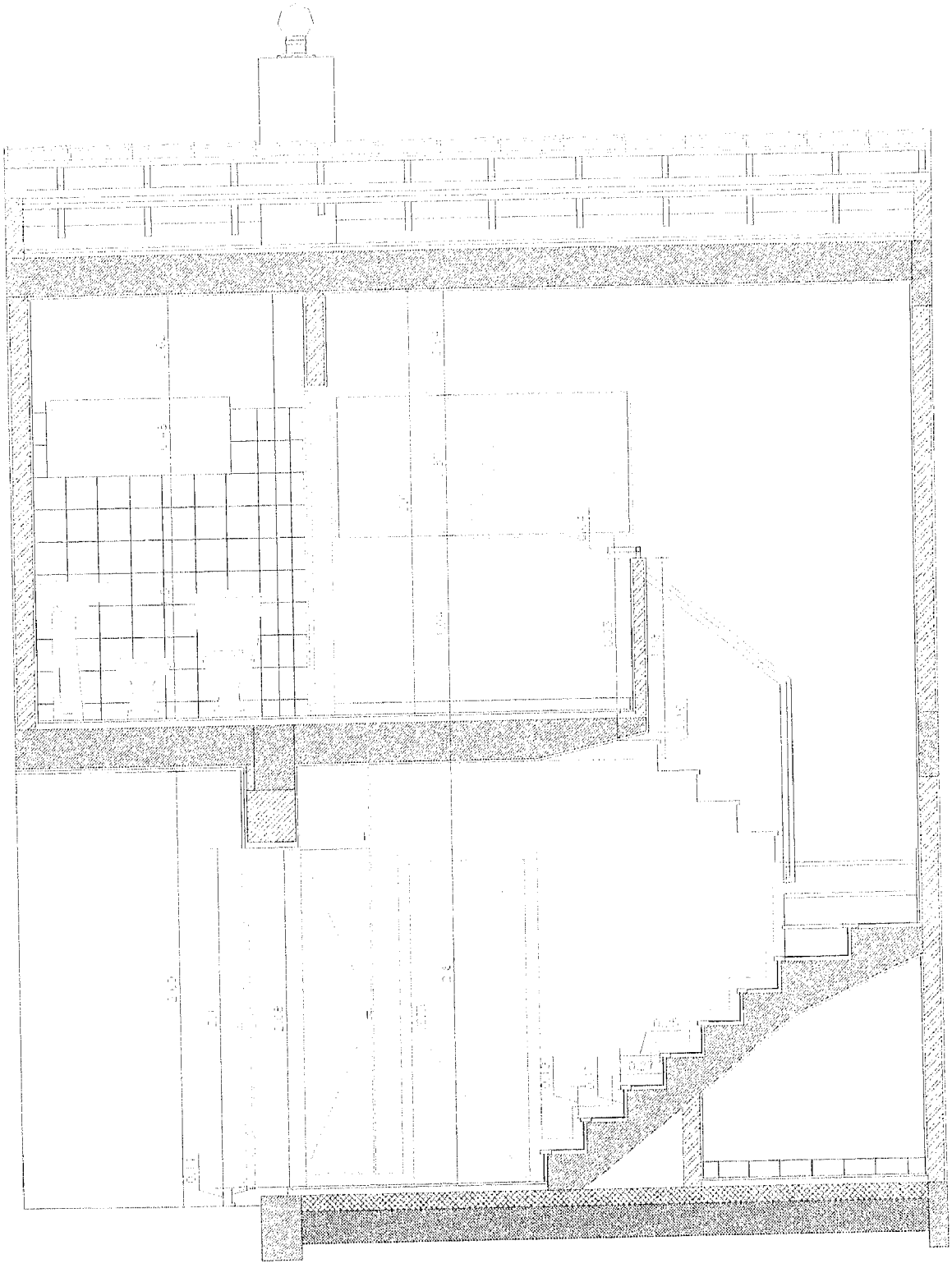


Fig. E.10 – CORTE CC1

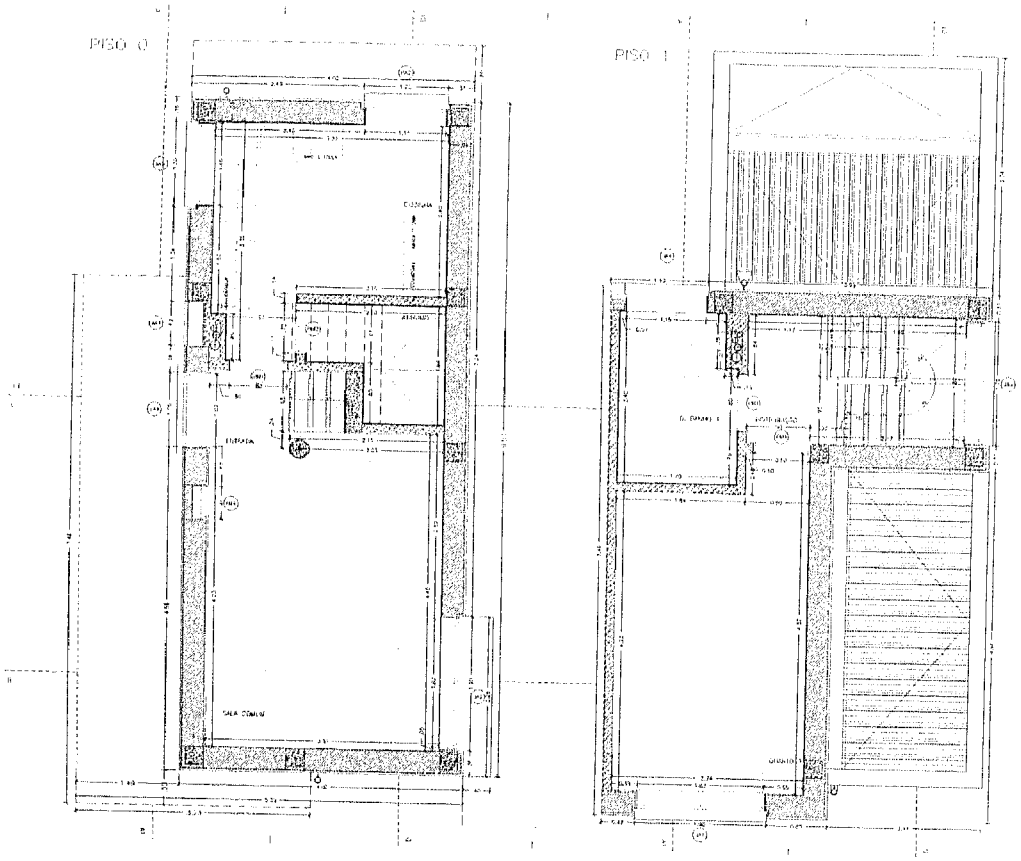


Fig. E.11 – PLANTA DA HABITAÇÃO T1

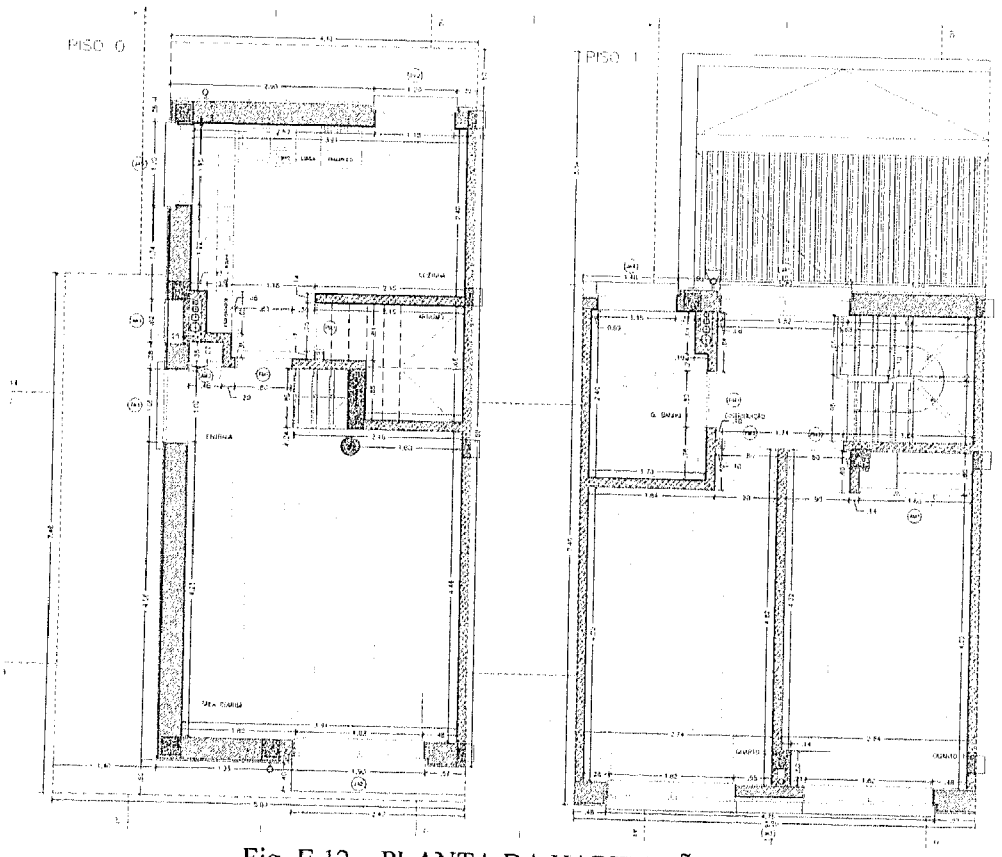


Fig. E.12 – PLANTA DA HABITAÇÃO T2

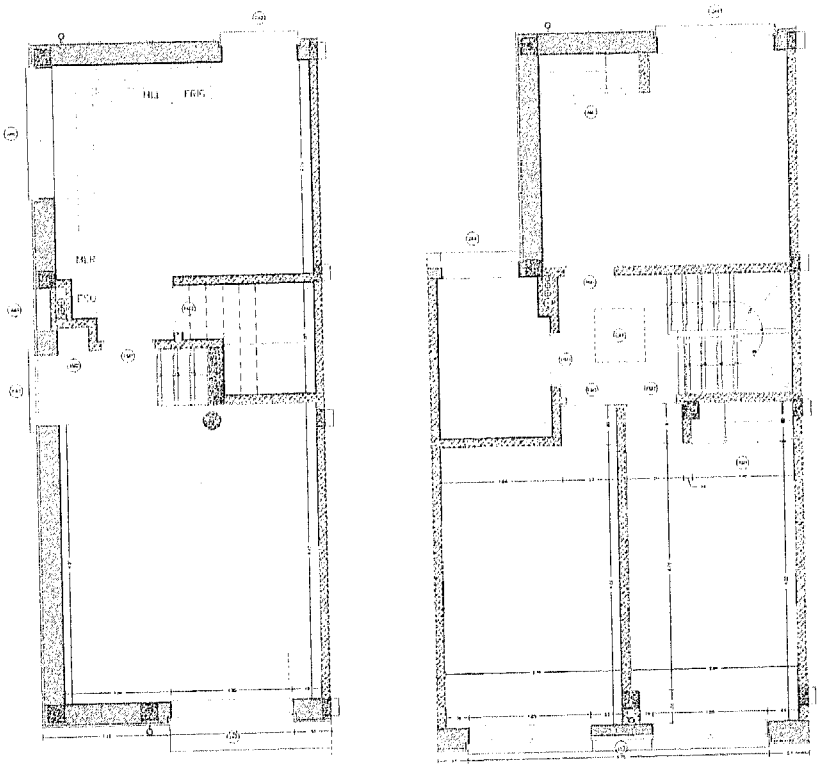


Fig. E.13 – PLANTA DA HABITAÇÃO T3

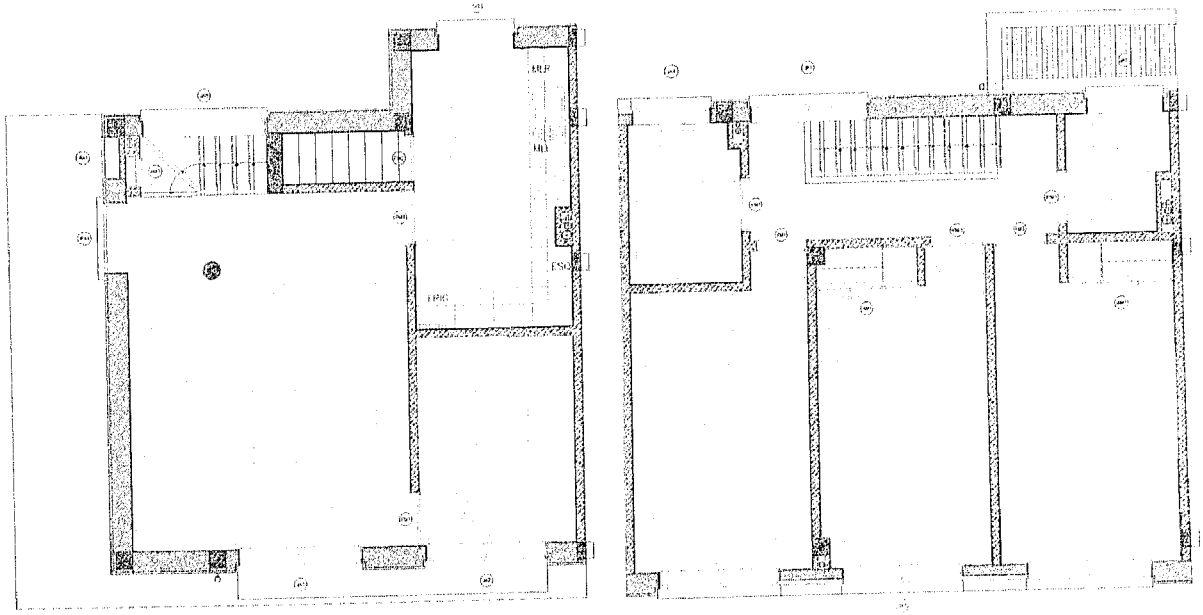


Fig. E.14 – PLANTA DA HABITAÇÃO T4

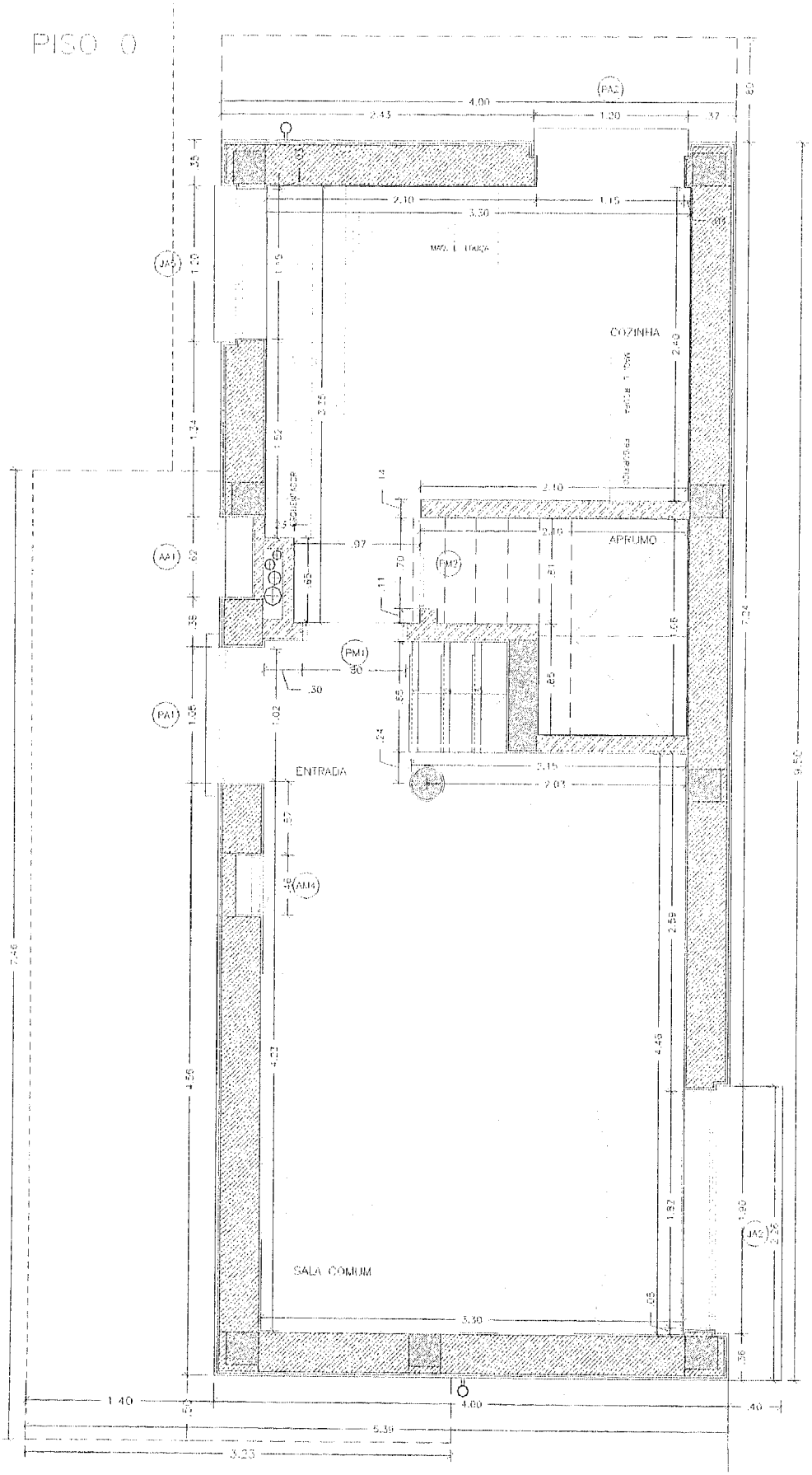


Fig. E.15 – PLANTA DA HABITAÇÃO T1 – PISO 0

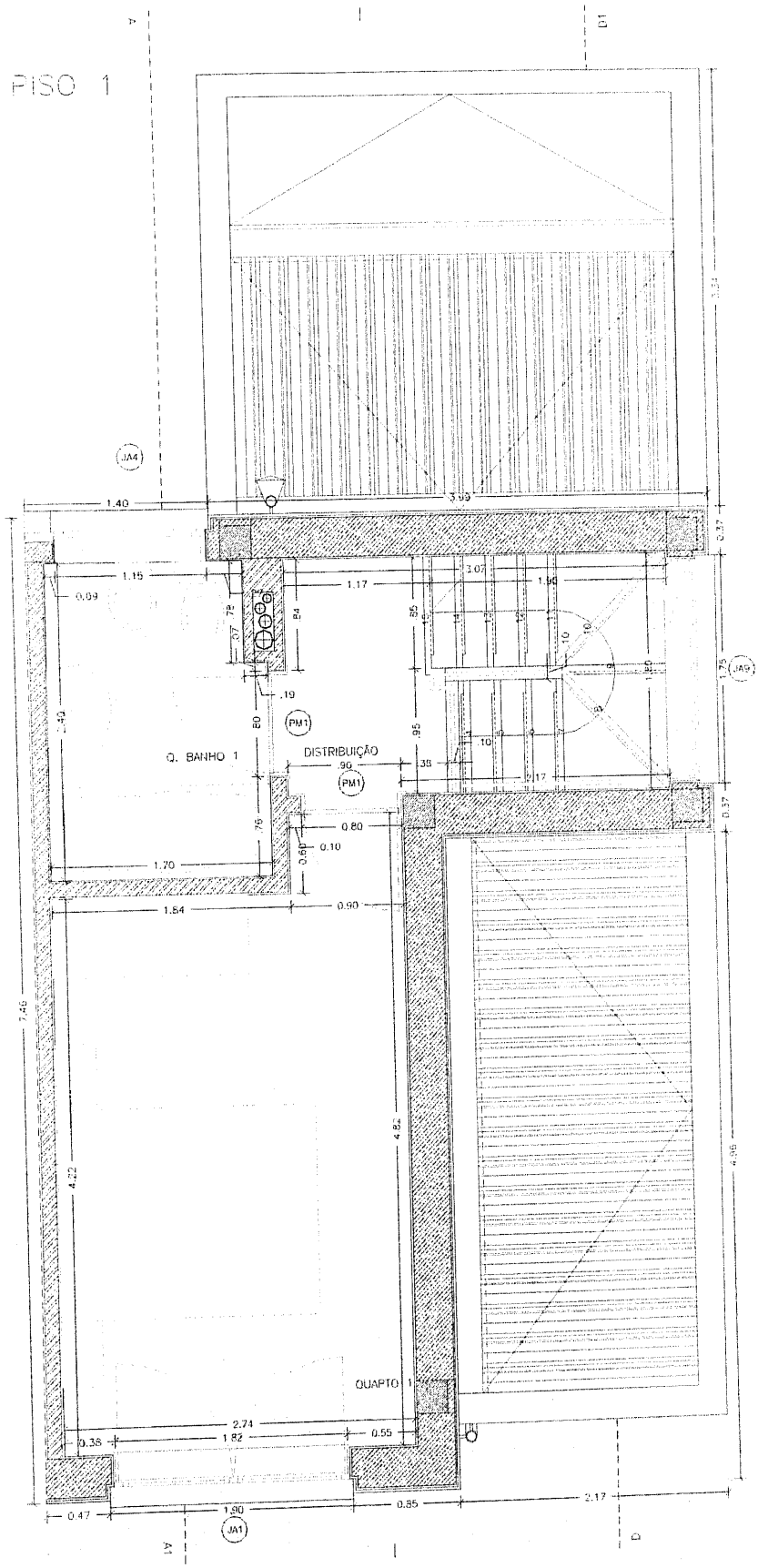


Fig. E.16 – PLANTA DA HABITAÇÃO T1 – PISO 1

CONDIÇÕES TÉCNICAS
(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

II - CONDIÇÕES TÉCNICAS POR CAPÍTULOS

C1 - ALVENARIAS

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

1.1 - ASPECTOS GERAIS

a) A tolerância de localização da obra de alvenaria é de mais ou menos 5mm relativamente ao eixo da referida obra. A admissão desta tolerância, não isenta o empreiteiro de tomar em consideração que a utilização de materiais pré-fabricados tais como portas, janelas e revestimentos não deverá ser prejudicada.

b) As alvenarias devem apresentar-se bem alinhadas e desempenadas, a tolerância na verticalidade e alinhamentos das paredes de alvenaria será de 5mm, como máximo admissível.

c) Depois de executadas, as paredes de alvenaria devem ser limpas de quaisquer resíduos ou massas escorridas, de forma a poderem servir de suporte conveniente a obras posteriores.

1.2 - ALVENARIA DE TIJOLO E BLOCOS DE CIMENTO

a) Na construção das alvenarias de tijolo e blocos de cimento ter-se-á o cuidado de não empregar os tijolos ou blocos sem os mergulhar em água durante alguns minutos, não se devendo assentar nenhuma fiada sem previamente se humedecer a fiada precedente.

b) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de que comprimidos os tijolos contra as juntas e leitos, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura dos leitos e juntas não será superior a 1cm.

1.3 - VERGAS E PARAPEITOS

As vergas dos vãos que existem nas paredes de alvenaria serão executadas em betão armado, arco de tijolo ou tijolo armado, conforme as indicações do projecto e do caderno de encargos.

1.4 - UNIÃO DE PANOS DE PAREDE

a) As alvenarias com tijolo ou blocos de cimento em paredes exteriores com caixa de ar, devem estar ligadas entre si para melhor garantirem a sua estabilidade. Para tal dever-se-ão colocar grampos metálicos apropriados. Salvo indicação em contrário dever-se-á utilizar grampos afastados, no máximo, de 1 metro em todas as direcções.

b) Quando for necessário ligar os dois panos, como acontece na zona dos vãos, extremidade superior da parede, ou junto dos pavimentos, estas zonas devem ser impermeabilizadas.

c) No topejamento de panos com elementos de betão (pilares, montantes, etc.) deverá ser executado o seu travamento. A ligação dos panos de blocos exteriores aos elementos da estrutura, deverá ser convenientemente assegurada por intermédio de grampos. Os grampos a utilizar serão do tipo indicado para a união de panos de alvenaria.

d) As ligações entre os panos e a estrutura de betão armado deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal ou rede de fibra de vidro, devidamente impregnadas com calda de cimento.

1.7 - ALVENARIA DE BLOCOS TÉRMICOS TIPO "LECA"

a) Os blocos deverão ser aplicados contrafiados e junta vertical entre blocos não deverá ser argamassada, salvo nos tipos que não tenham encaixe. O assentamento dos blocos deverá ser executado com argamassa bastarda (150 a 225kg de cimento + 200 a125kg de cal apagada por m^3 de areia seca). A primeira fiada estará perfeitamente niveleda e será assente sobre argamassa hidrofugada.

b) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de

que comprimidos os blocos contra as juntas horizontais, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura das juntas horizontais não será superior a 1cm.

c) Nas juntas das duas fiadas abaixo dos vãos e na primeira acima dos vãos, será aplicada armadura de reforço em grelhas do tipo "Murfor" ou varões de aço de 8mm.

d) As ligações entre os panos e a estrutura de betão armado deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal ou rede de fibra de vidro, devidamente impregnadas com calda de cimento. Idêntico procedimento será utilizado nos cantos envolventes aos vãos, ligações com caixas de estore, transições entre forras e alvenarias de espessura diferente, roços de tubagem e caixas embebidas.

c) Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante relativamente aos processos armazenamento e manuseamento dos blocos.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

1.1 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 30 cm de espessura do tipo "LECA BT30, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes exteriores.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

c) Inclui a execução de padieiras e parapeitos em alvenaria armada ou betão armado.

d) Inclui a regularização de ombreiras, padieiras e peitoris para as cotas de projecto e prontos a receber outros revestimentos.

1.2 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 5 cm de espessura do tipo "LECA BT5, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de forras em pilares, vigas e platibandas.

a) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

1.3 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 15 cm de espessura do tipo "LECA BT25, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes exteriores associadas a parapeitos de betão.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede d

e fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

c) Inclui a execução de padieiras e parapeitos em alvenaria armada ou betão armado.

d) Inclui a regularização de ombreiras, padieiras e peitoris para as cotas de projecto e prontos a receber outros revestimentos.

1.4 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 20 cm de espessura do tipo "LECA BT20, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes de meação de blocos.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

C8 - REVESTIMENTO DE PAREDES

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

8.1 - ASPECTOS GERAIS

Ao Empreiteiro compete a execução de todos os trabalhos deste projecto relativos a revestimentos de paredes, incluindo o fornecimento e aplicação de todos os materiais com todos os trabalhos inerentes, conforme desenhos e caderno de encargos. Considera-se incluidos neste capítulo os revestimentos das paredes interiores de condutas de extracção de fumos executados em alvenaria de tijolo.

8.2 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Os paramentos em geral, depois de acabados, terão de observar as tolerâncias máximas seguintes :

- Implantação e cotas principais : 5mm
- Desvios de esquadria : 1mm
- Verticalidade : 3mm na altura de um andar
- Desempenamento:1mm em relação a régua de 2m.

8.3 - EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

d) Revestimento contínuo com monomassas:

Suporte - O revestimento será aplicado sobre reboco de argamassa de cimento e areia com acabamento areado.

Condições do suporte - O suporte deve ser resistente, homogéneo e limpo (isento de materiais friáveis ou pulvurentos, óleos de descofragem, salitre, gesso ou musgos). - O suporte deverá apresentar-se rigorosamento plano, sem mossas ou saliências, e sem texturas diferenciadas.

Preparação da mistura - A amassadura deve ser efectuada mecanicamente, na própria máquina de projecção ou em betoneira, quando a aplicação é manual. - Os componentes adicionados e misturados em obra, deverão ser utilizados sempre nas mesmas percentagens, observando os mesmos métodos de preparação, de modo a obter revestimentos uniformes. - As quantidades de material preparado deverá corresponder ás áres de revestimento a executar, sendo interdita a adição de novos componentes ou a reutilização de material sobrante. - Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante e documento de homologação relativamente aos processos armazenamento, manuseamento e preparação do revestimento.

Aplicação - A aplicação do revestimento será executado em camada única, obtida a partir da aplicação de duas demãos do produto. A primeira demão, aplicada manual ou mecanicamente, é cuidadosamente apertada e alisada com régua e assegura mínima uniforme de 10 mm. A segunda demão, projectada, confere ao paramento a rugosidade de superficie pretendida e pode ser aplicada imediatamente após o inicio de endurecimento da primeira demão ou num periodo que não ultrapasse 3 dias. A espessura final situar-se-à entre 12 e 15 mm.

- O revestimento será aplicado por projecção, com recurso a pistola apropriada, com a afinação recomendada pelo fabricante e adequada ao acabamento pretendido. Condições de aplicação - Não deve ser aplicado em temperaturas ambiente superiores a 35°C e inferiores a 8°C. - Não deve ser aplicado em tempo chuvoso, com vento forte e logo que os raios solares incidam sobre a superfície a trabalhar. - As superfícies serão revestidas de uma só vez, de acordo com as áreas previamente estabelecidas, sendo interdita a suspensão da aplicação ou a utilização de emendas. - As superfícies a revestir deverão ser rigorosamente delimitadas com fita adesiva, e protegidos todos os elementos que não serão revestidos. Juntas - O revestimento será obrigatóriamente interrompido ao nível das juntas estruturais do edifício, e em todos os locais definidos em projecto.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

8.1 - REVESTIMENTO DE MASSAS ESPESSAS

8.1.1 - Execução de salpisco, emboço e reboco areado fino, com todos os materiais e trabalhos inerentes em paredes exteriores.

8.1.2 - Execução de reboco projectado acrílico do tipo "Weber & Broutin - Plastene XL", com acabamento talochado, com todos os materiais e trabalhos inerentes, em paredes exteriores..

a) Só serão admitidos produtos homologados.

b) A aplicação do revestimento final, será precedida de execução de emboço hidrofugado, regularização aplicação de primário de isolamento.

c) As juntas e arestas do revestimento, serão executadas e incluirão os materiais necessários de acordo com as instruções do fabricante.

ALTERNATIVA - Execução de reboco, monomassa, do tipo "Weber & Broutin - MONOPRAL KD", com acabamento talochado, com todos os materiais e trabalhos inerentes, em paredes exteriores.

a) Só serão admitidos produtos homologados.

REPORTAGEM FOTOGRAFICA

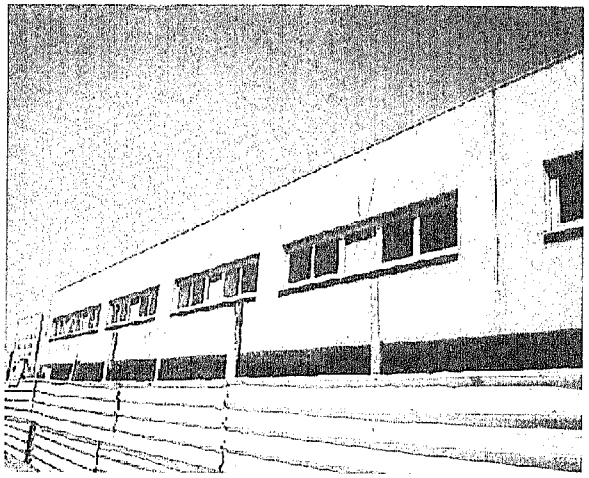


Foto. E.1

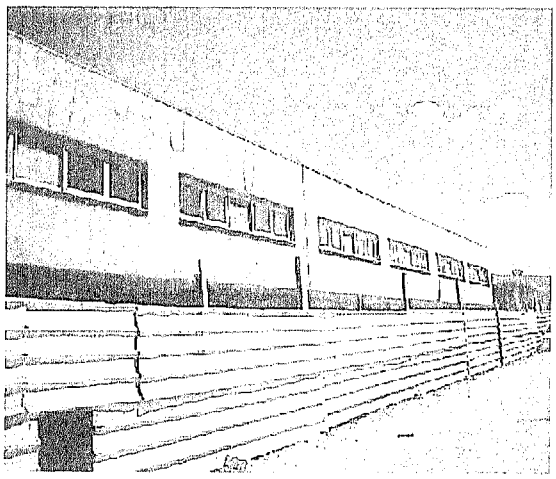


Foto. E.2

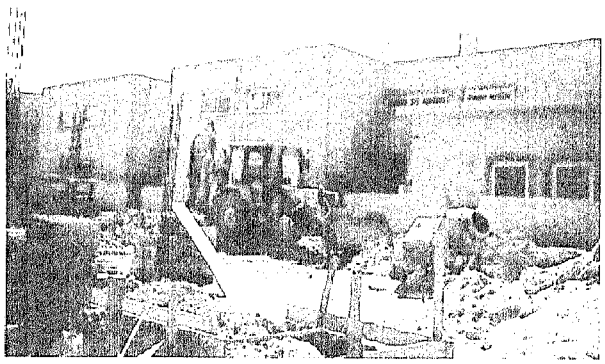


Foto. E.3

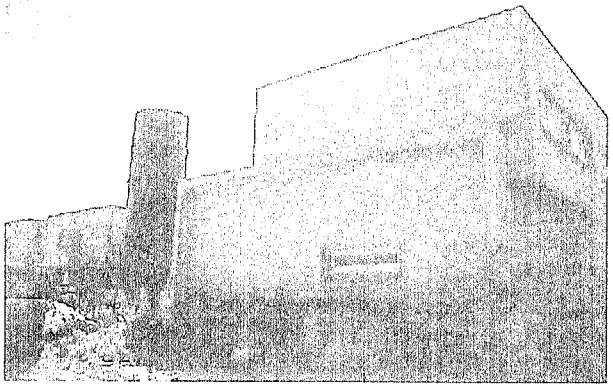


Foto. E.4

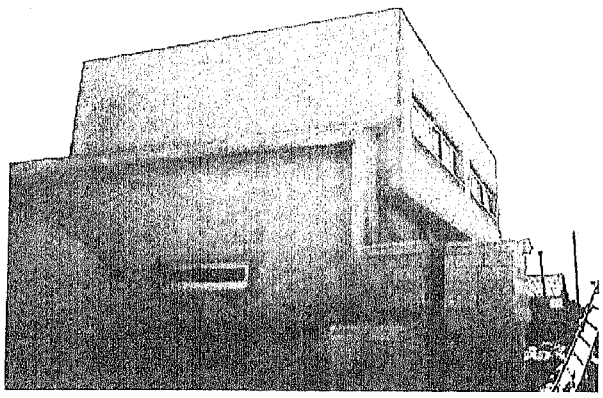


Foto. E.5

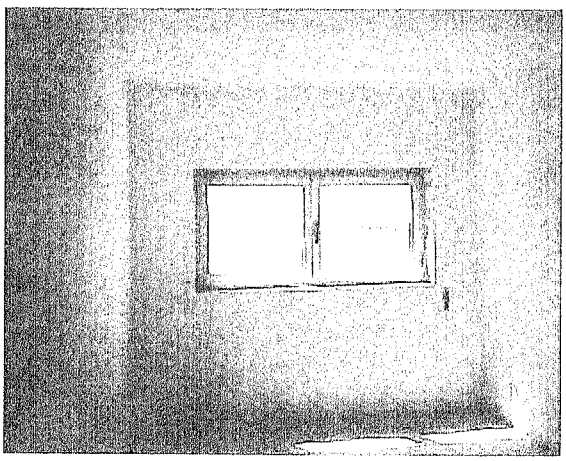


Foto. E.6

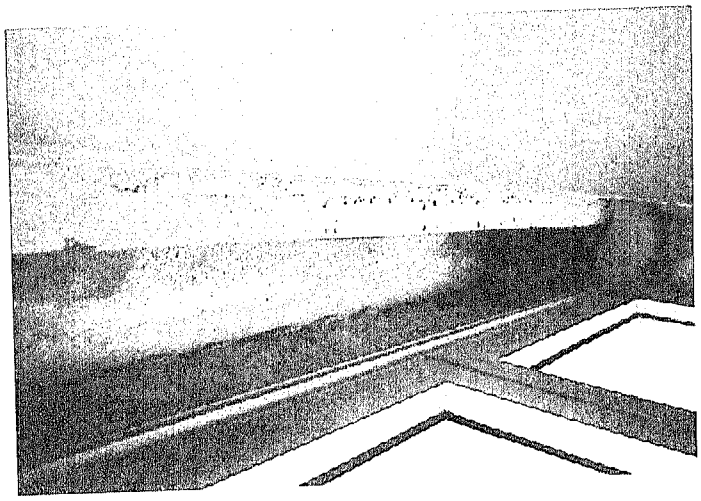


Foto. E.7

ANEXO F

OBRA 6

QUINZE FOGOS PARA HABITAÇÃO SOCIAL NA ORLA COSTEIRA A NORTE DO PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- Fig. F.1 – Planta de conjunto – Piso 0;
- Fig. F.2 – Planta de R/Chão T1 (Topo);
- Fig. F.3 – Planta de R/Chão T1;
- Fig. F.4 – Planta de 1º Piso T1;
- Fig. F.5 – Planta de R/Chão T2 (Topo);
- Fig. F.6 – Planta de R/Chão T2;
- Fig. F.7 – Planta de 1º Piso T2;
- Fig. F.8 – Planta de R/Chão T4 (Topo);
- Fig. F.9 – Planta de R/Chão T4;
- Fig. F.10 – Planta de 1º Piso T4;
- Fig. F.11 – Corte tipo B;
- Fig. F.12 – Corte tipo A;
- Fig. F.13 – Corte tipo C;
- Fig. F.14 – Planta de pormenor dos vãos;
- Fig. F.15 – Cortes de pormenorização das fachadas;
- Fig. F.16 – Cortes de pormenorização das fachadas;
- Fig. F.17 – Alçado principal – Bloco A;
- Fig. F.18 – Alçado posterior – Bloco A;
- Fig. F.19 – Corte 1;
- Fig. F.20 – Corte 2;
- Fig. F.21 – Alçado principal – Bloco B;
- Fig. F.22 – Alçado posterior – Bloco B;
- Condições Técnicas.

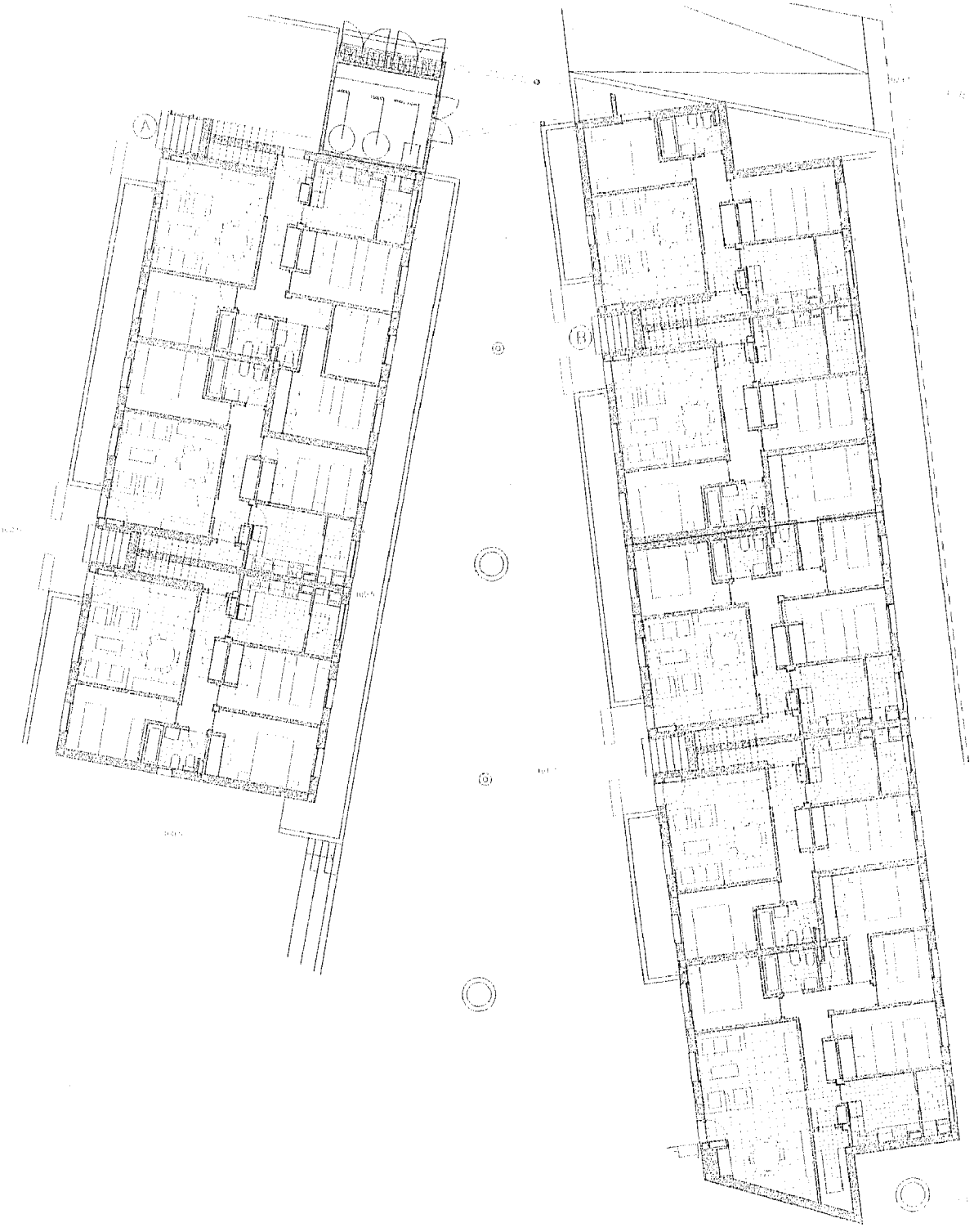


Fig. F.1 – PLANTA DE CONJUNTO – PISO 0

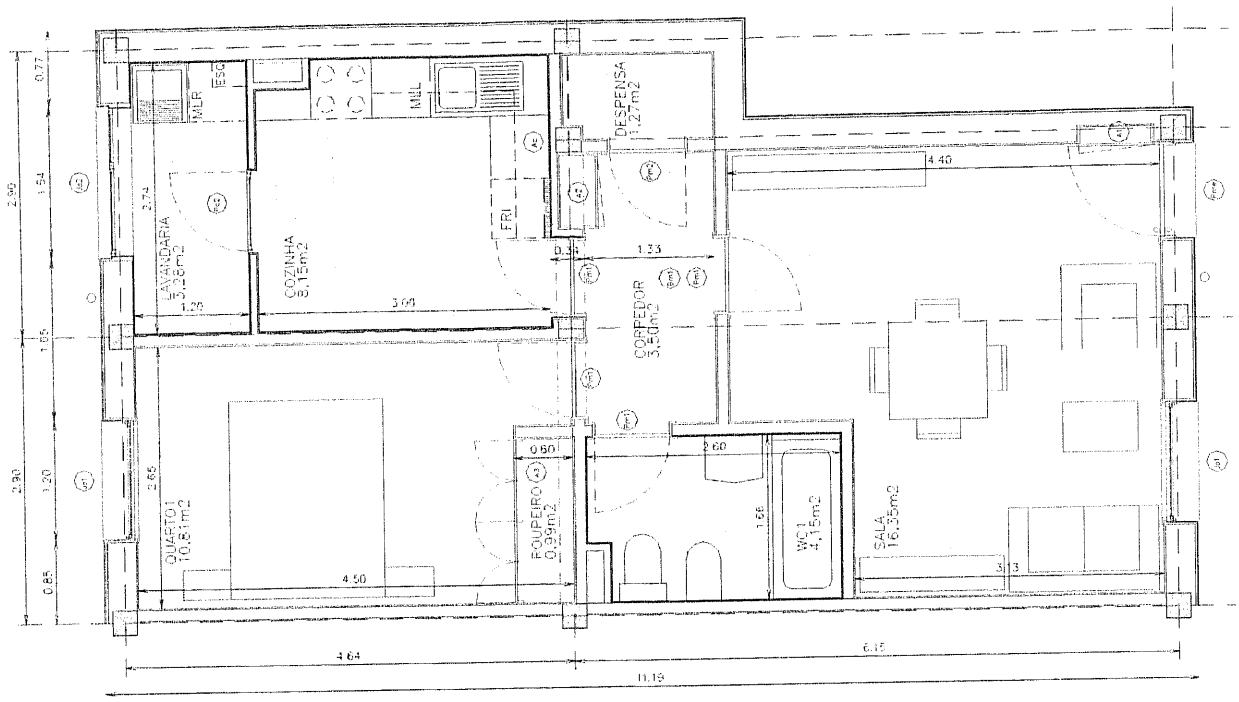


Fig. F.2 – PLANTA DE R/CHÃO T1 (TOPO)

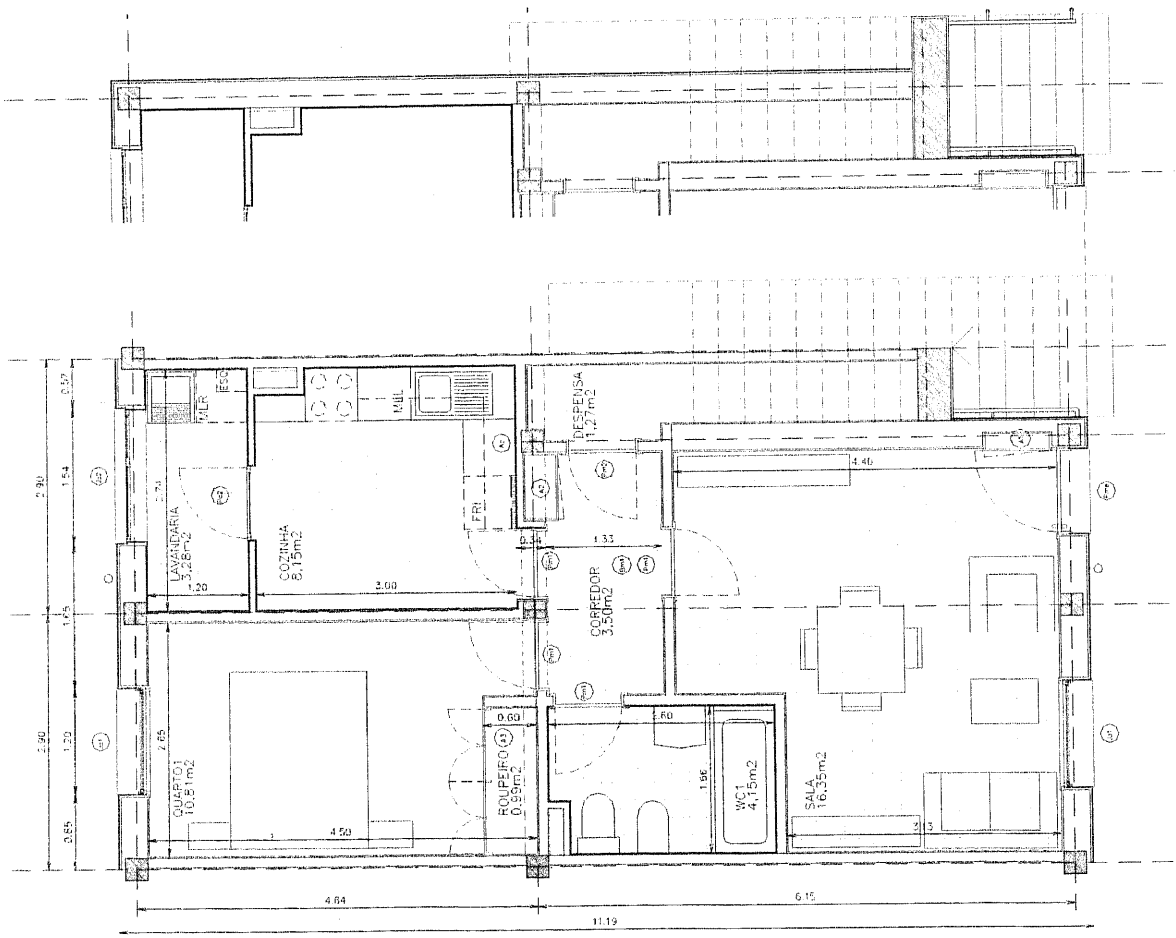


Fig. F.3 – PLANTA DE R/CHÃO T1

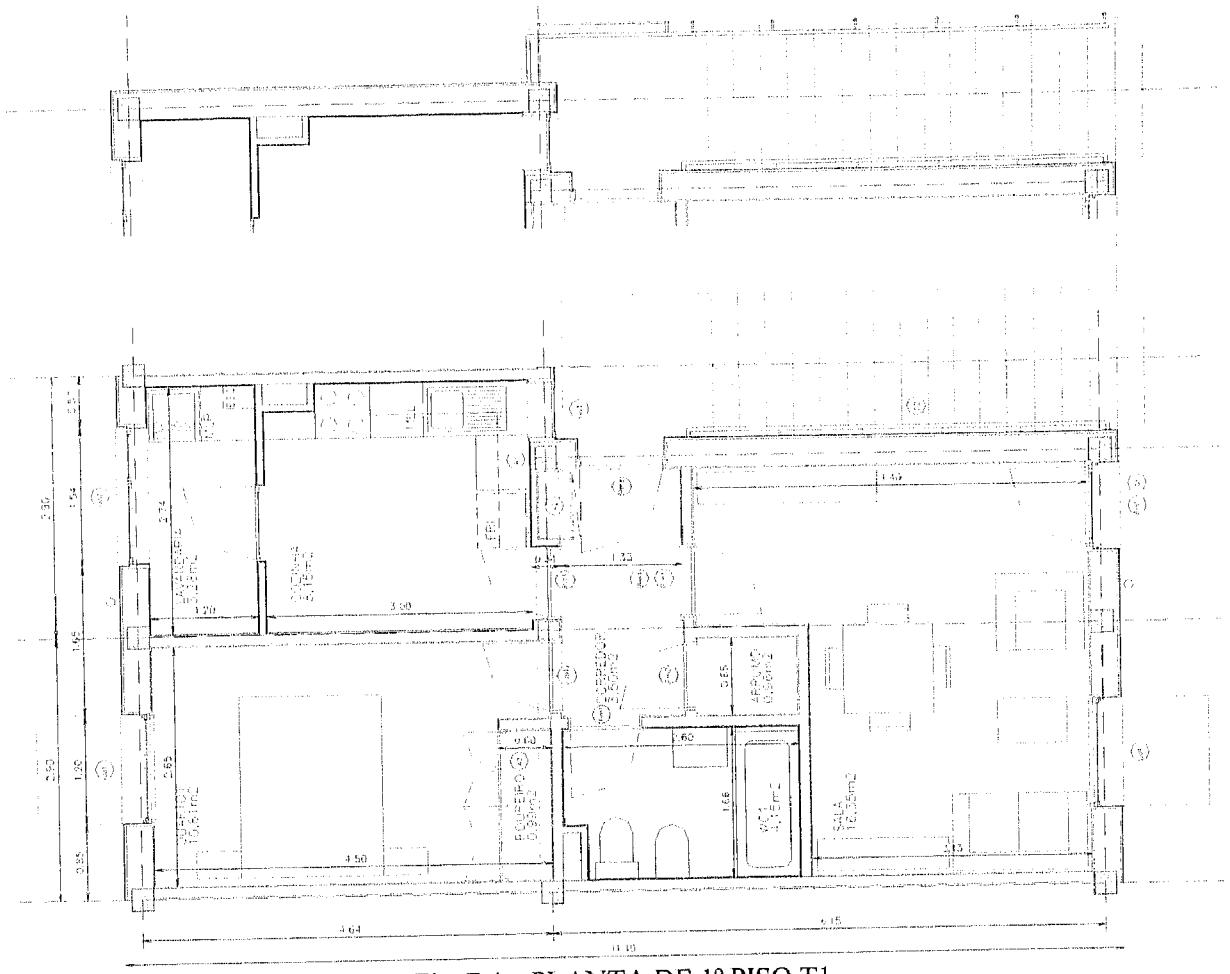


Fig. F.4 – PLANTA DE 1º PISO T1

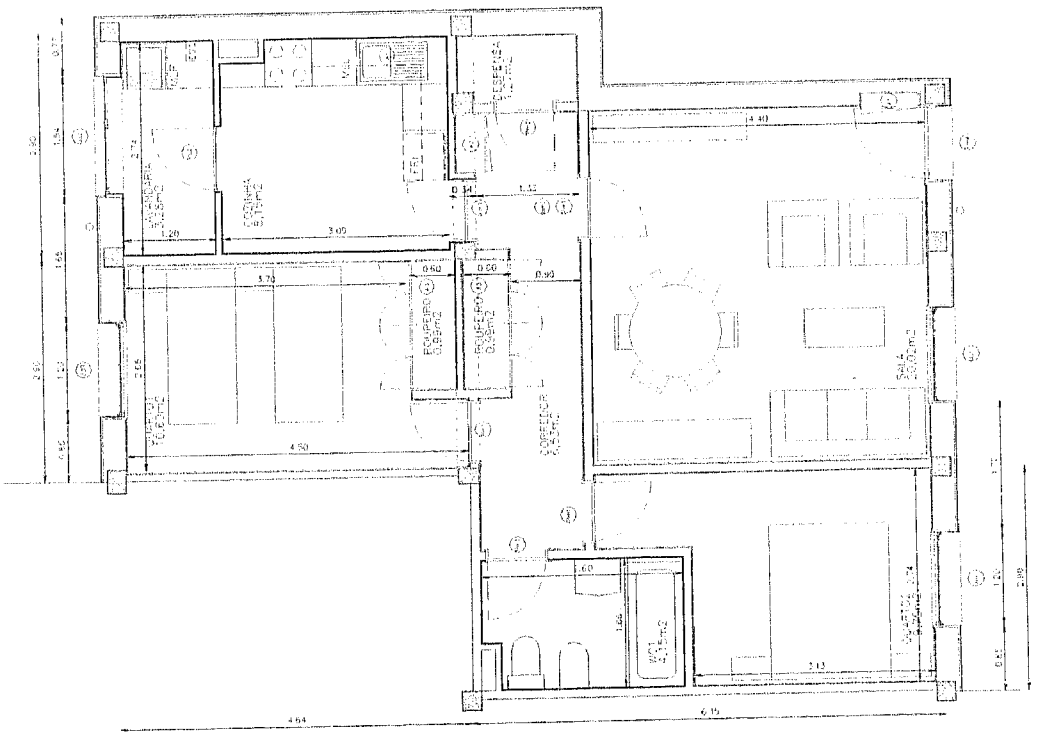


Fig. F.5 – PLANTA DE R/CHÃO T2 (TOPO)

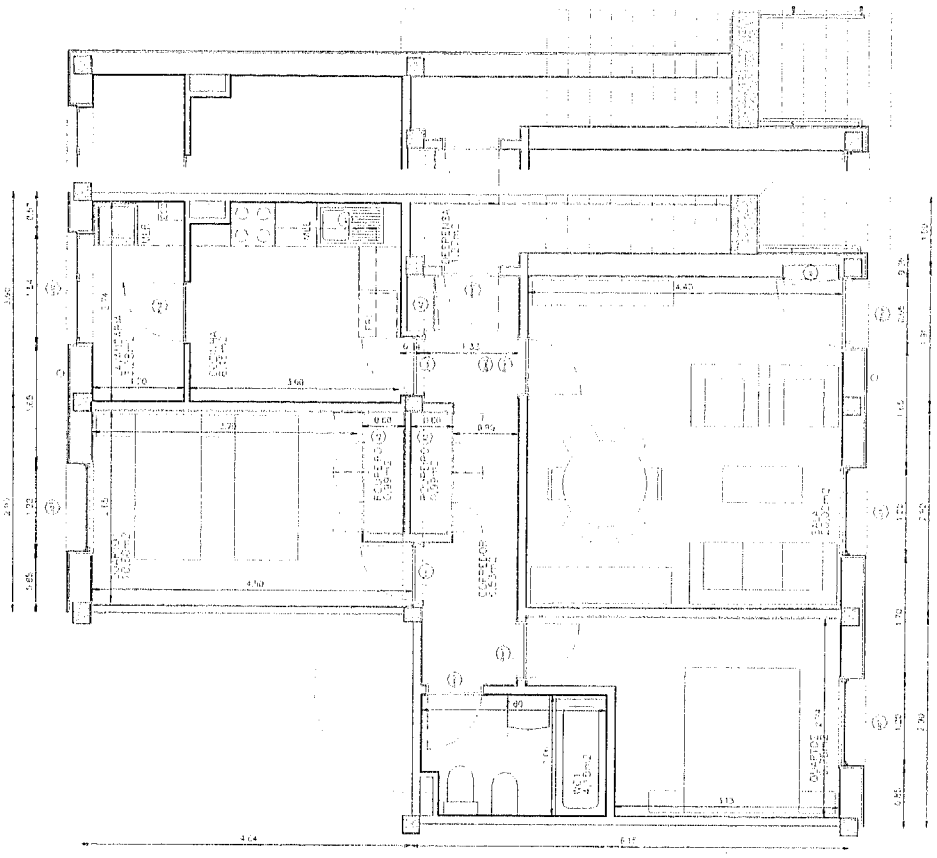


Fig. F.6 – PLANTA DE R/CHÃO T2

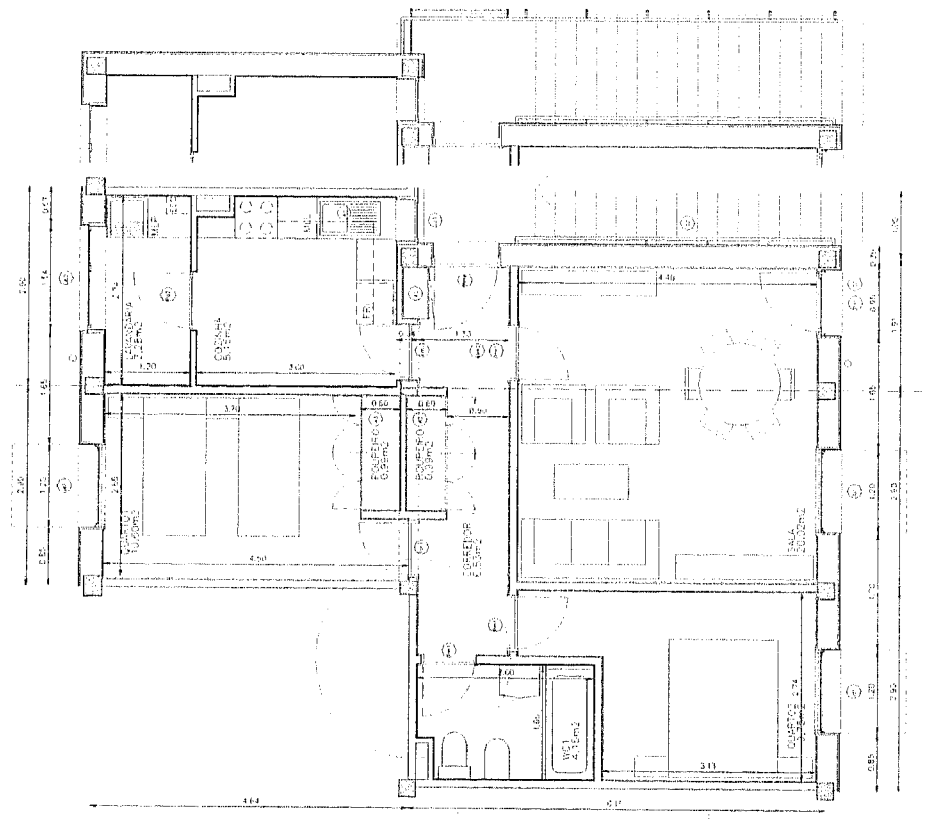


Fig. F.7 – PLANTA DE 1º PISO T2

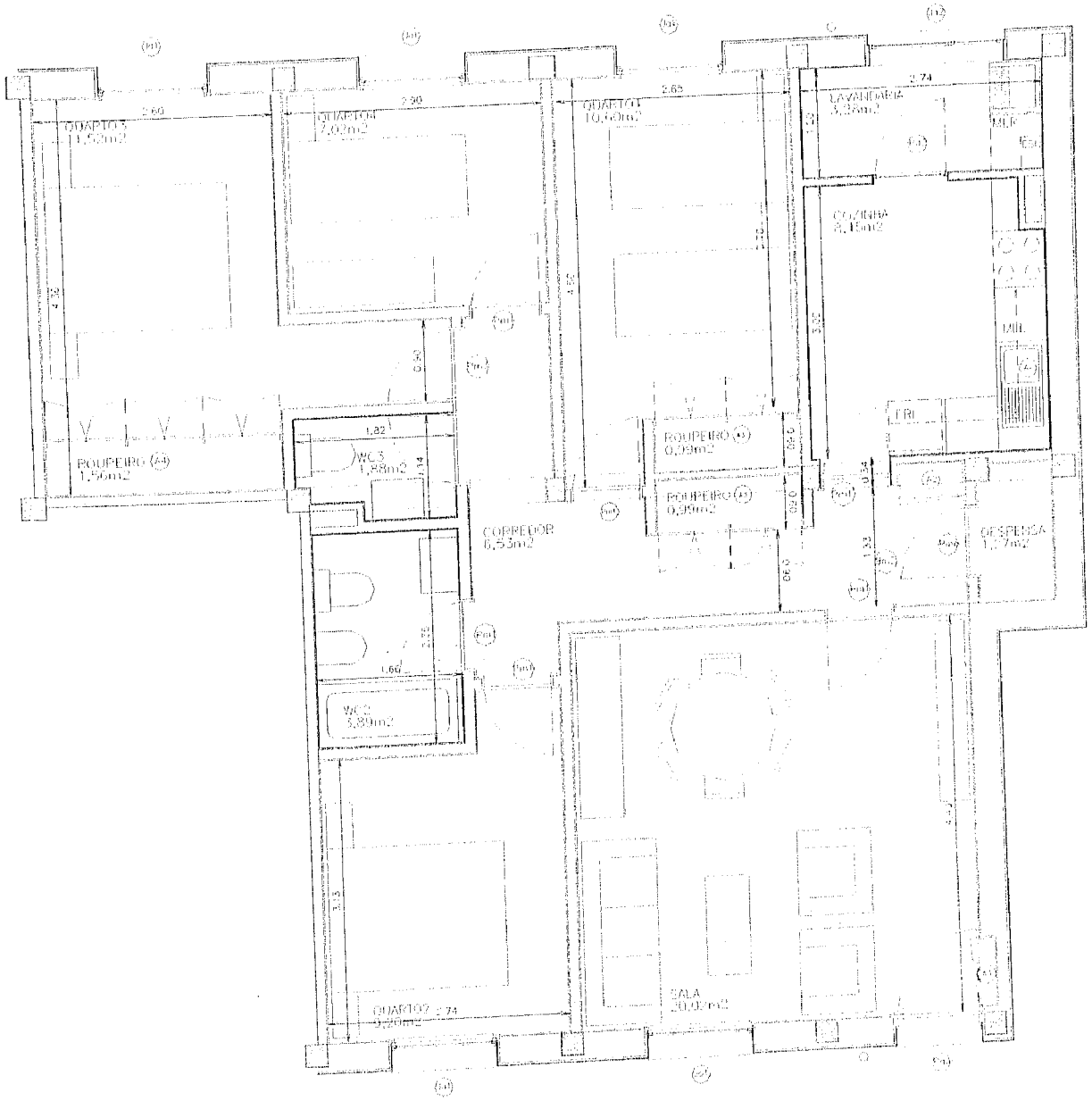


Fig. F.8 – PLANTA DE R/CHÃO T4 (TOPO)

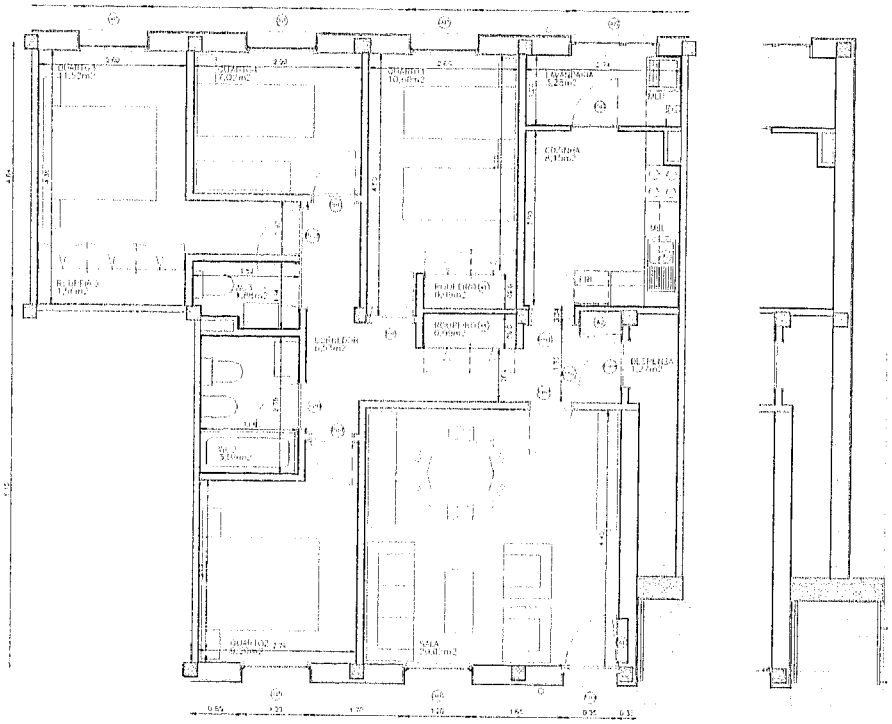


Fig. F.9 – PLANTA DE R/CHÃO T4

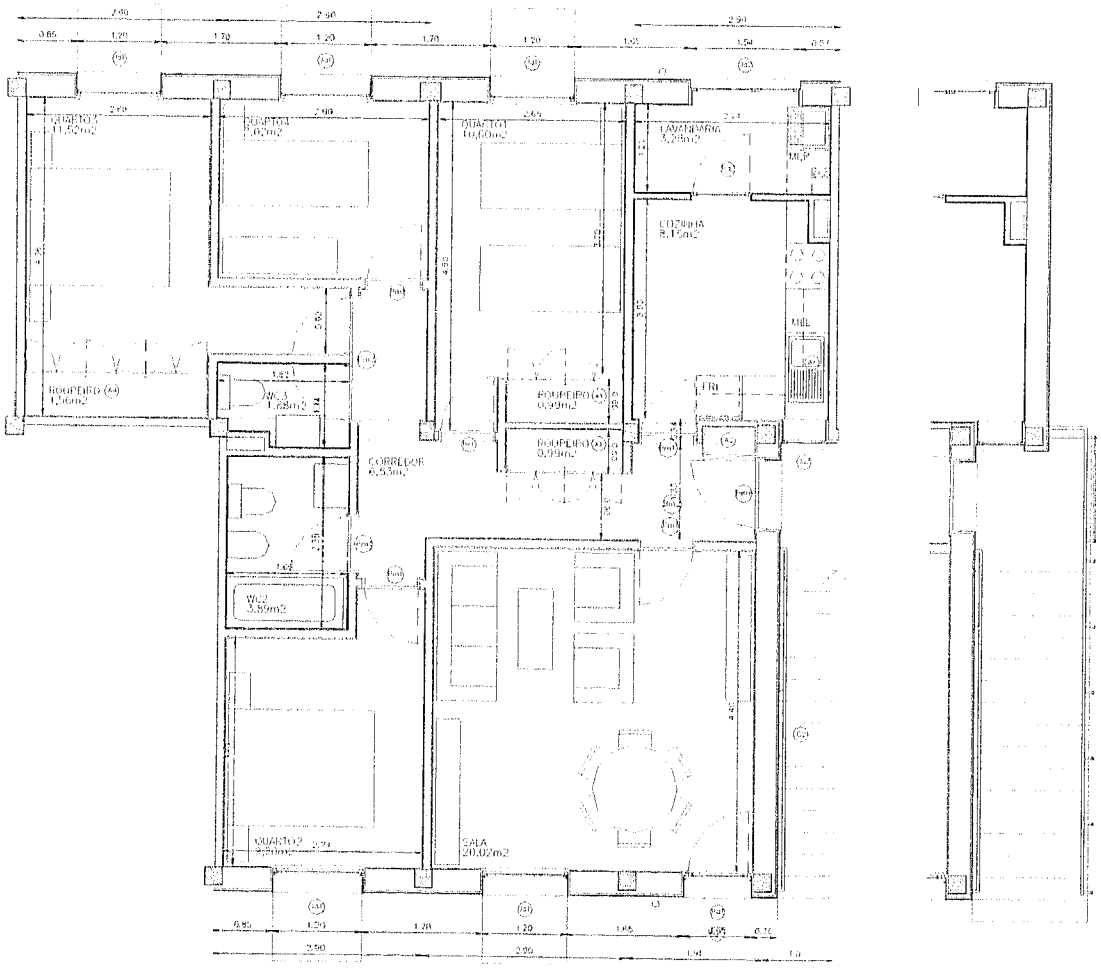


Fig. F.10 – PLANTA DE 1º PISO T4

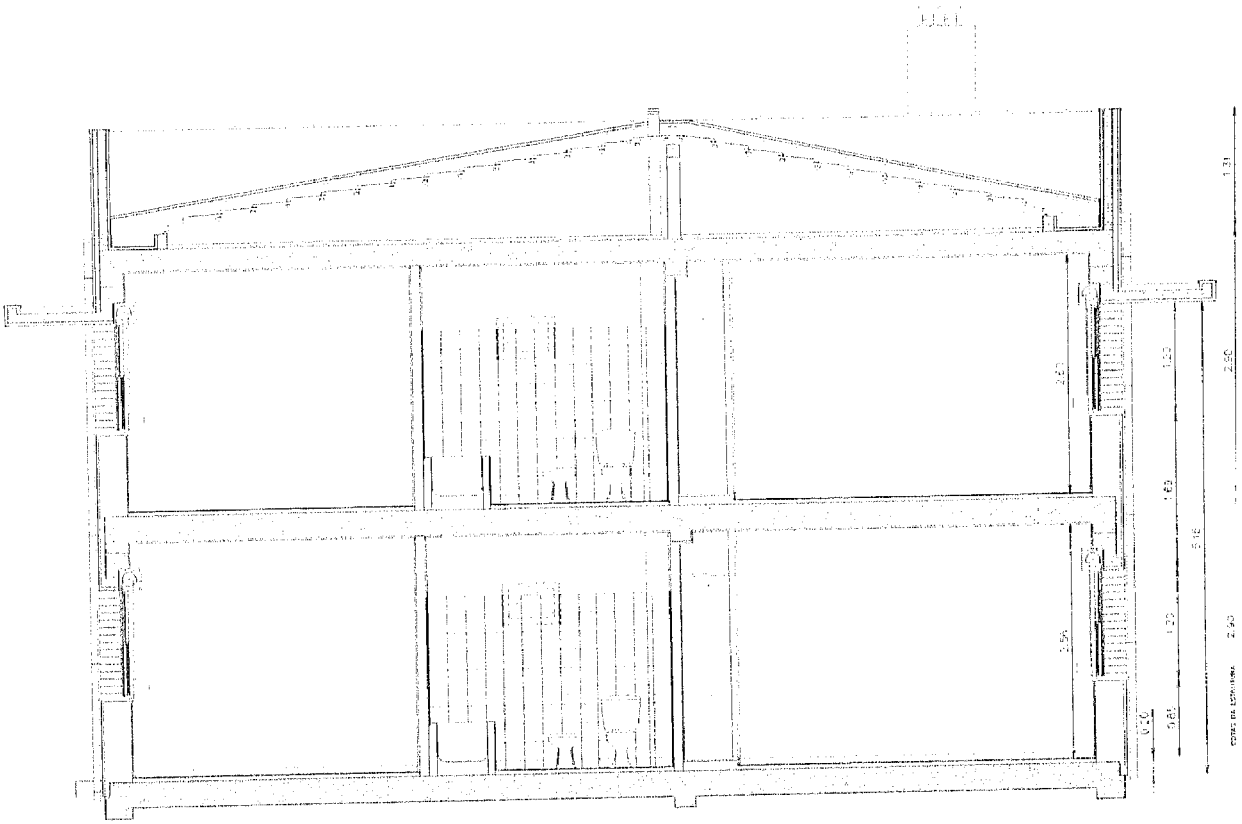


Fig. F.11 – CORTE TIPO B

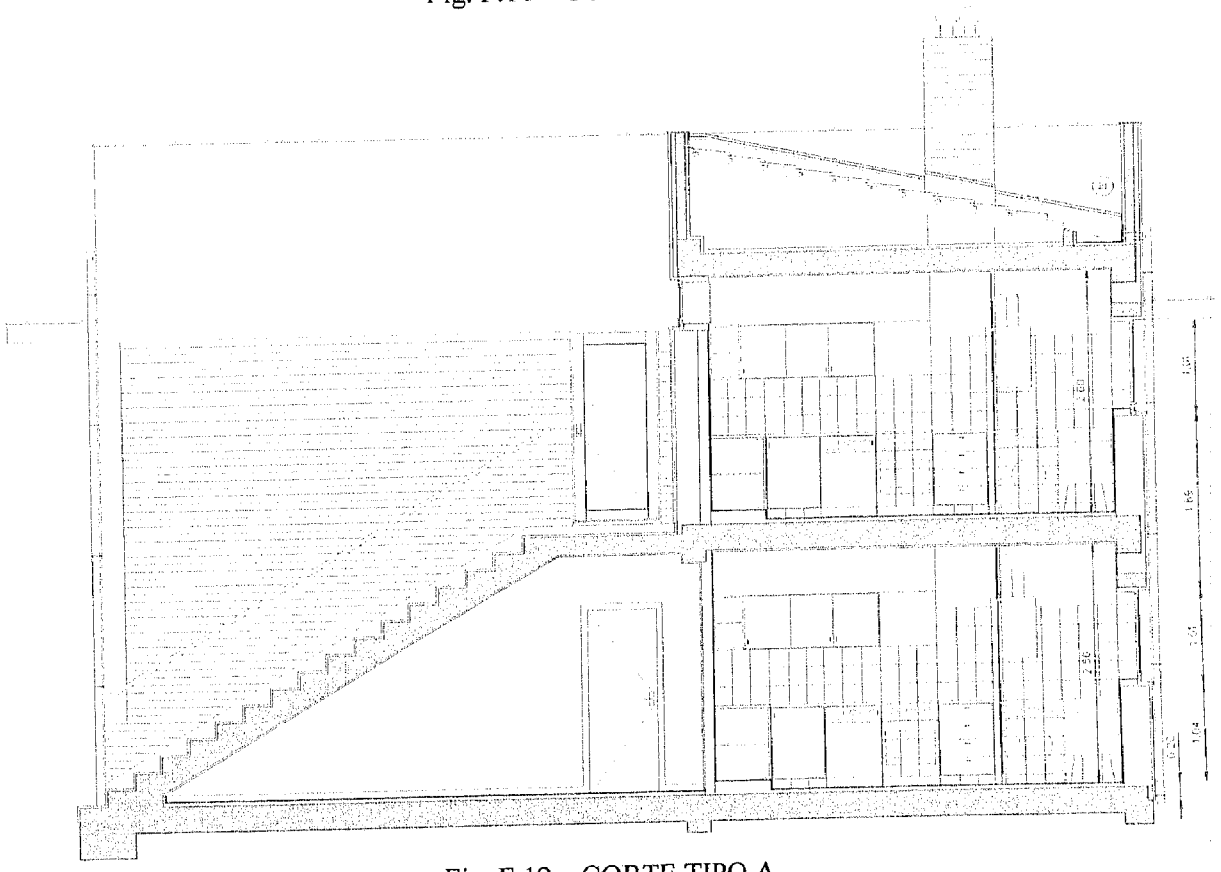


Fig. F.12 – CORTE TIPO A

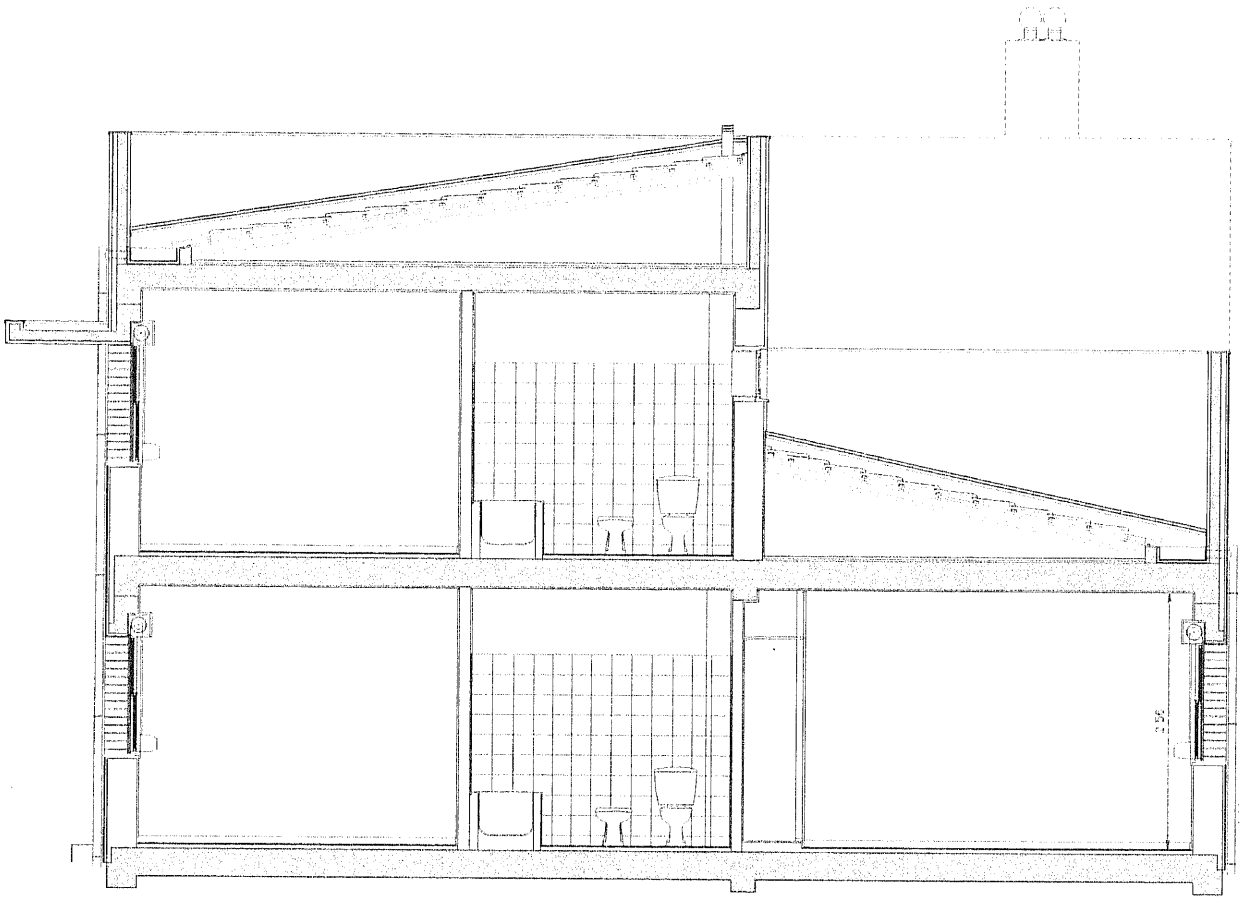


Fig. F.13 – CORTE TIPO C

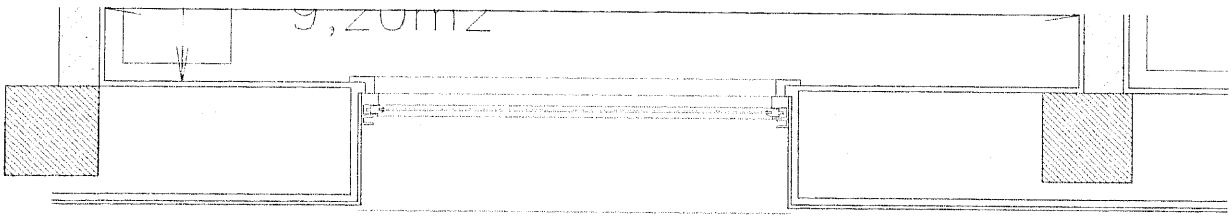


Fig. F.14 – PLANTA DE PORMENOR DOS VÃOS

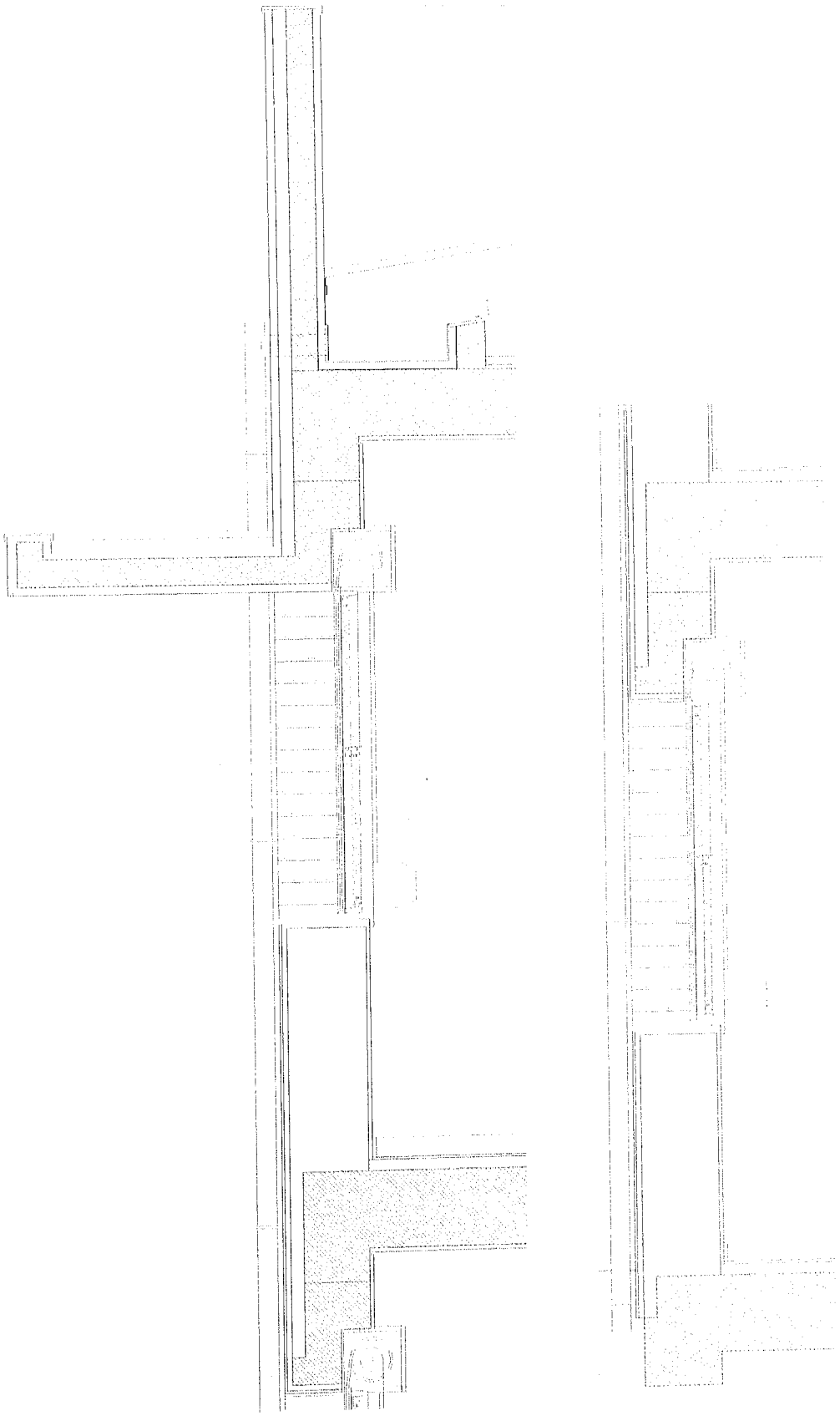


Fig. F.15 – CORTES DE PORMENORIZAÇÃO DAS FACHADAS

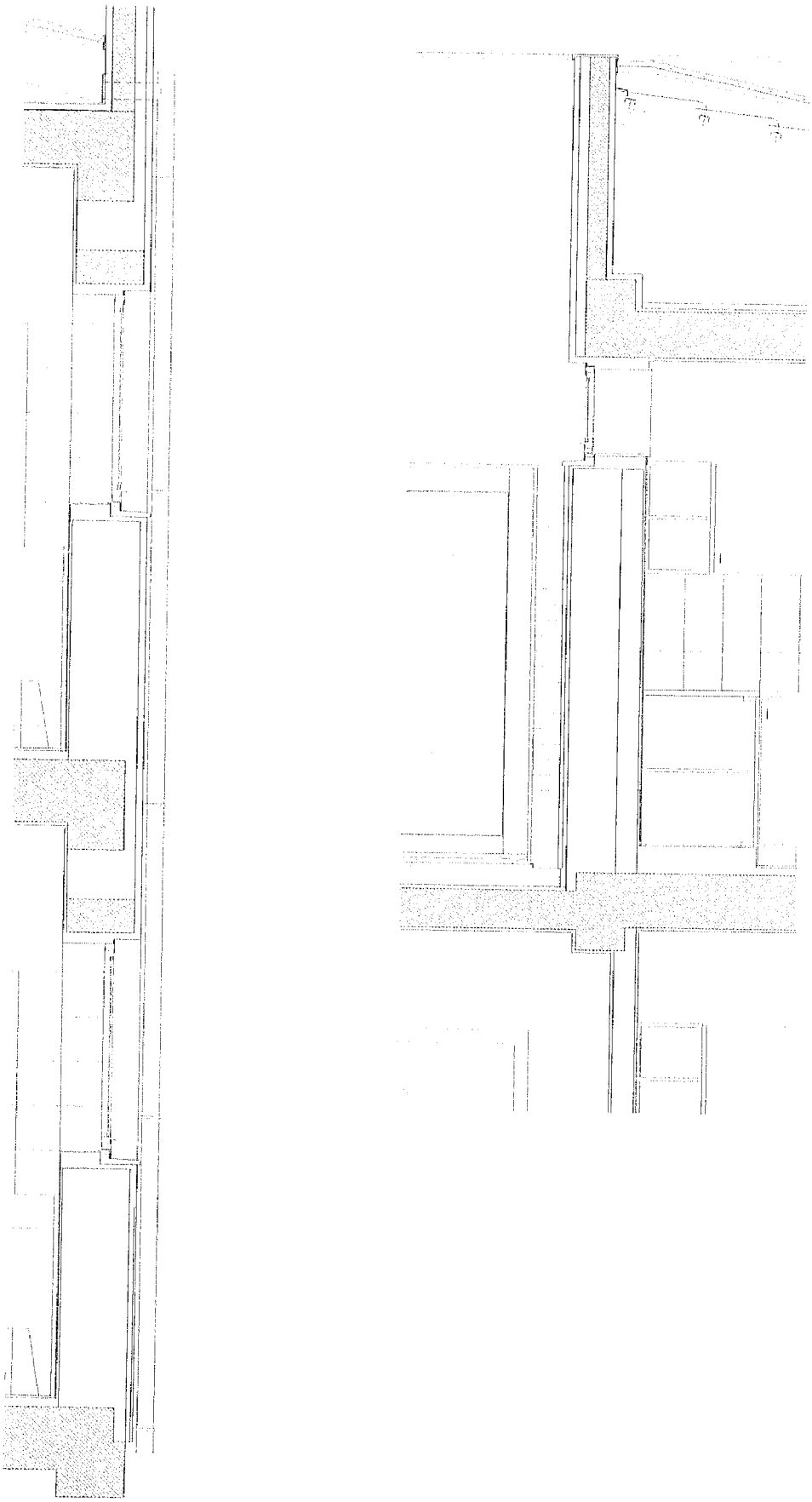


Fig. F.16 – CORTES DE PORMENORIZAÇÃO DAS FACHADAS

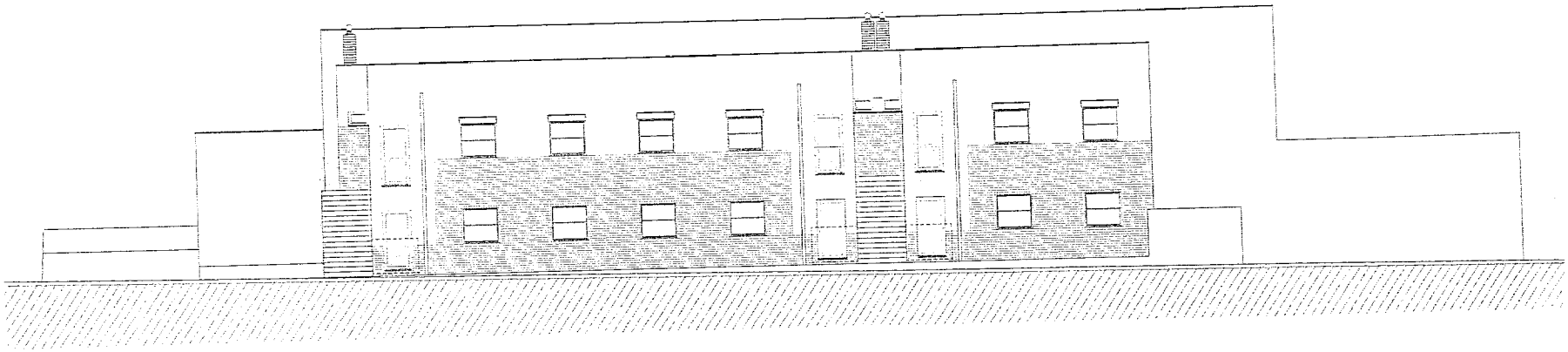


Fig. F.17 – ALÇADO PRINCIPAL – BLOCO A

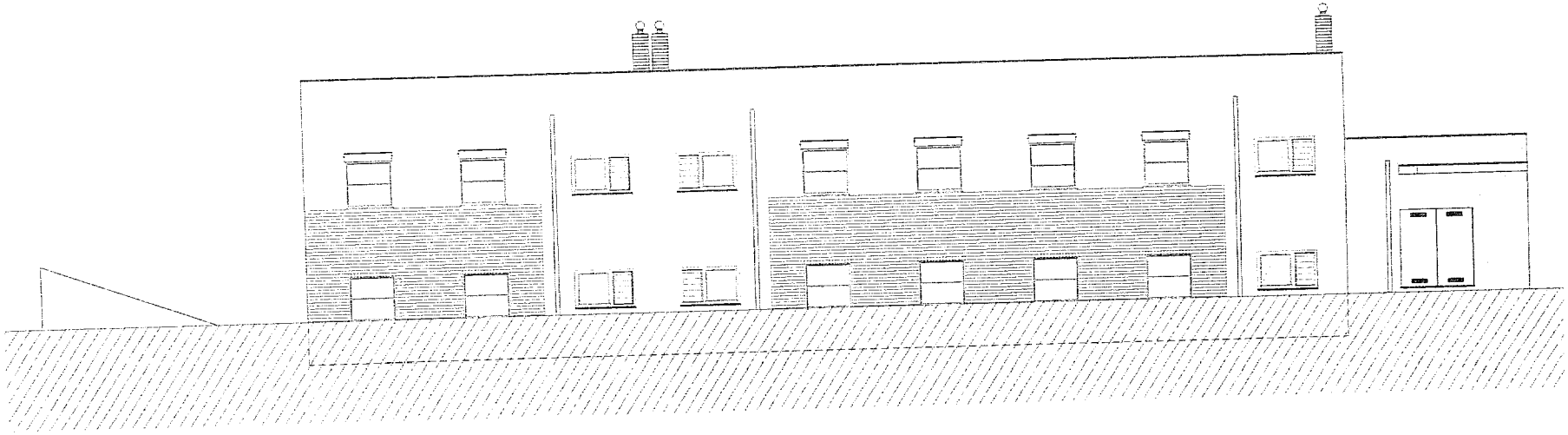


Fig. F.18 – ALÇADO POSTERIOR – BLOCO A

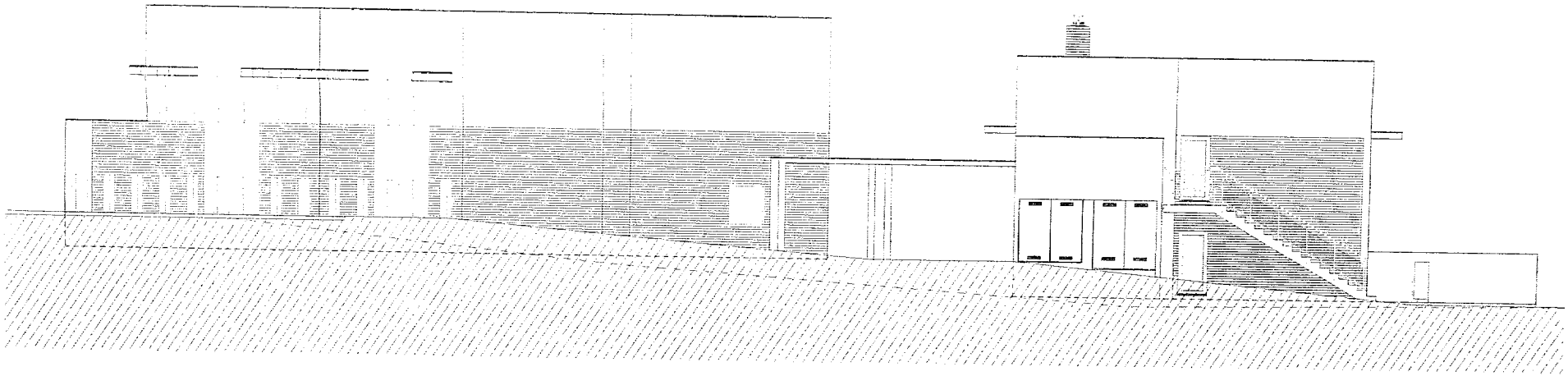


Fig.VI.19 – CORTE 1

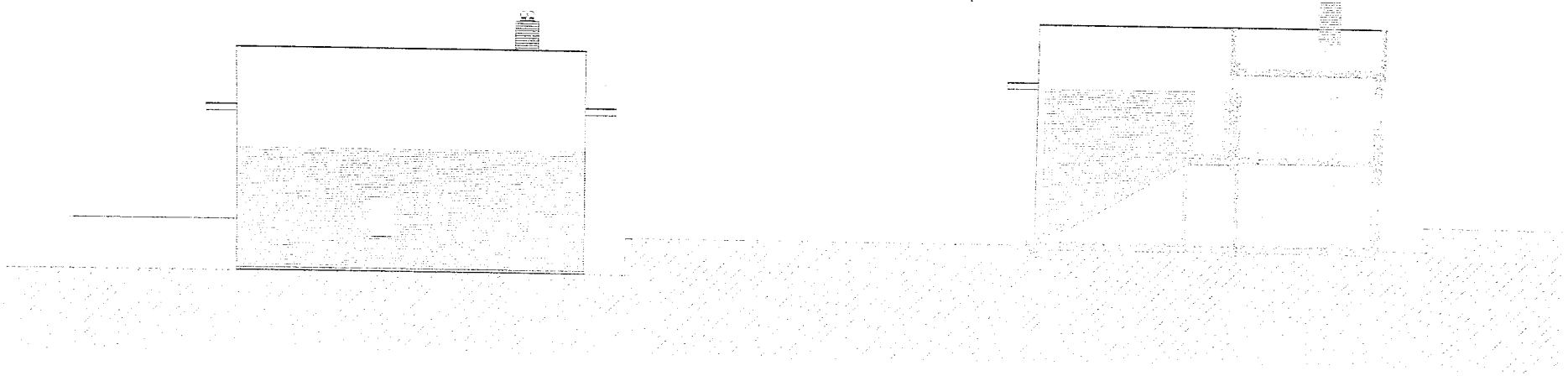


Fig.VI.20 – CORTE 2

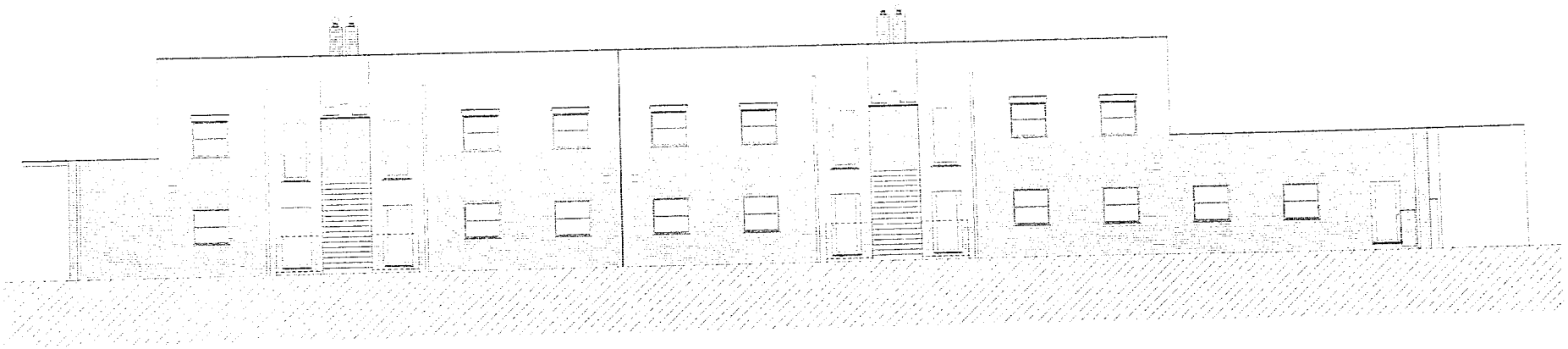


Fig. F.21 – ALÇADO PRINCIPAL – BLOCO B

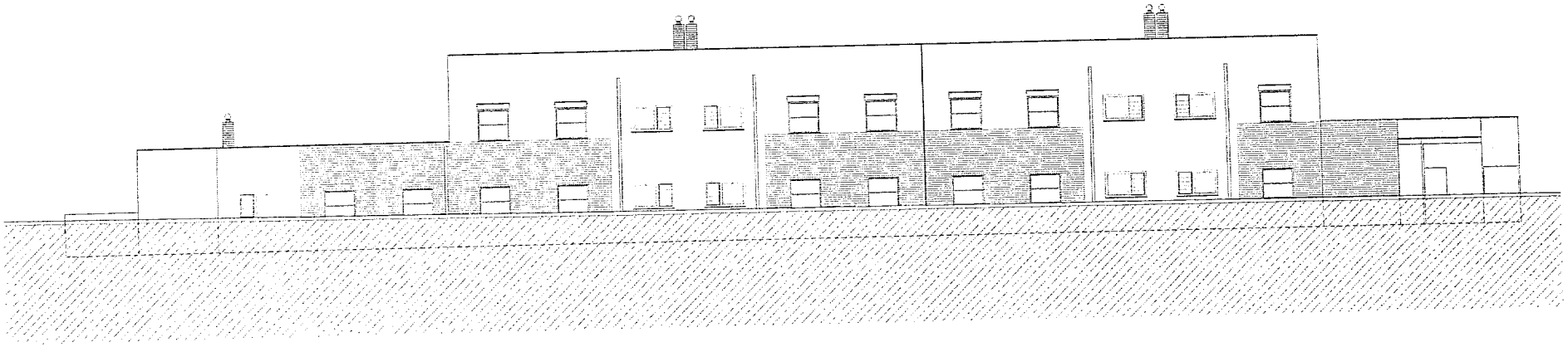


Fig. F.22 – ALÇADO POSTERIOR – BLOCO B

CONDIÇÕES TÉCNICAS
(Transcrição directa do texto do projecto, que se relaciona com a execução das alvenarias e com o revestimento exterior das paredes)

II - CONDIÇÕES TÉCNICAS POR CAPÍTULOS

C1 - ALVENARIAS

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

1.1 - ASPECTOS GERAIS

a) A tolerância de localização da obra de alvenaria é de mais ou menos 5mm relativamente ao eixo da referida obra. A admissão desta tolerância, não isenta o empreiteiro de tomar em consideração que a utilização de materiais pré-fabricados tais como portas, janelas e revestimentos não deverá ser prejudicada.

b) As alvenarias devem apresentar-se bem alinhadas e desempenadas, a tolerância na verticalidade e alinhamentos das paredes de alvenaria será de 5mm, como máximo admissível.

c) Depois de executadas, as paredes de alvenaria devem ser limpas de quaisquer resíduos ou massas escorridas, de forma a poderem servir de suporte conveniente a obras posteriores.

1.2 - ALVENARIA DE TIJOLO E BLOCOS DE CIMENTO

a) Na construção das alvenarias de tijolo e blocos de cimento ter-se-á o cuidado de não empregar os tijolos ou blocos sem os mergulhar em água durante alguns minutos, não se devendo assentar nenhuma fiada sem previamente se humedecer a fiada precedente.

b) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de que comprimidos os tijolos contra as juntas e leitos, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura dos leitos e juntas não será superior a 1cm.

1.3 - VERGAS E PARAPEITOS

As vergas dos vãos que existem nas paredes de alvenaria serão executadas em betão armado, arco de tijolo ou tijolo armado, conforme as indicações do projecto e do caderno de encargos.

1.4 - UNIÃO DE PANOS DE PAREDE

a) As alvenarias com tijolo ou blocos de cimento em paredes exteriores com caixa de ar, devem estar ligadas entre si para melhor garantirem a sua estabilidade. Para tal dever-se-ão colocar grampos metálicos apropriados. Salvo indicação em contrário dever-se-á utilizar grampos afastados, no máximo, de 1 metro em todas as direcções.

b) Quando for necessário ligar os dois panos, como acontece na zona dos vãos, extremidade superior da parede, ou junto dos pavimentos, estas zonas devem ser impermeabilizadas.

c) No topejamento de panos com elementos de betão (pilares, montantes, etc.) deverá ser executado o seu travamento. A ligação dos panos de blocos exteriores aos elementos da estrutura, deverá ser convenientemente assegurada por intermédio de grampos. Os grampos a utilizar serão do tipo indicado para a união de panos de alvenaria.

d) As ligações entre os panos e a estrutura de betão armado deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal ou rede de fibra de vidro, devidamente impregnadas com calda de cimento.

1.7 - ALVENARIA DE BLOCOS TÉRMICOS TIPO "LECA"

a) Os blocos deverão ser aplicados contrafiados e junta vertical entre blocos não deverá ser argamassada, salvo nos tipos que não tenham encaixe. O assentamento dos blocos deverá ser executado com argamassa bastarda (150 a 225kg de cimento + 200 a125kg de cal apagada por m^3 de areia seca). A primeira fiada estará perfeitamente niveleda e será assente sobre argamassa hidrofugada.

b) A argamassa estender-se-á em camadas mais espessas do que o necessário, a fim de

que comprimidos os blocos contra as juntas horizontais, a argamassa ressuma por todos os lados. A espessura das juntas horizontais não será superior a 1cm.

c) Nas juntas das duas fiadas abaixo dos vãos e na primeira acima dos vãos, será aplicada armadura de reforço em grelhas do tipo "Murfor" ou varões de aço de 8mm.

d) As ligações entre os panos e a estrutura de betão armado deverão ser reforçadas através da aplicação de "linhadas" em sisal ou rede de fibra de vidro, devidamente impregnadas com calda de cimento. Idêntico procedimento será utilizado nos cantos envolventes aos vãos, ligações com caixas de estore, transições entre forras e alvenarias de espessura diferente, roços de tubagem e caixas embebidas.

c) Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante relativamente aos processos armazenamento e manuseamento dos blocos.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

1.1 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 30 cm de espessura do tipo "LECA BT30, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes exteriores.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

c) Inclui a execução de padieiras e parapeitos em alvenaria armada ou betão armado.

d) Inclui a regularização de ombreiras, padieiras e peitoris para as cotas de projecto e prontos a receber outros revestimentos.

1.2 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 5 cm de espessura do tipo "LECA BT5, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de forras em pilares, vigas e platibandas.

a) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

1.3 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 15 cm de espessura do tipo "LECA BT25, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes exteriores associadas a parapeitos de betão.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede d

e fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

c) Inclui a execução de padieiras e parapeitos em alvenaria armada ou betão armado.

d) Inclui a regularização de ombreiras, padieiras e peitoris para as cotas de projecto e prontos a receber outros revestimentos.

1.4 - Fornecimento e assentamento de alvenarias simples de bloco de betão leve com argila expandida com 20 cm de espessura do tipo "LECA BT20, com todos os materiais e trabalhos inerentes, na execução de paredes de meação de blocos.

a) Inclui a aplicação de armaduras de junta, para prevenir fissuração, constituida por grelhas "Tipo Murfor" ou varões de aço de 8mm, conforme condições de aplicação do fabricante.

b) Inclui a aplicação de reforços nas juntas entre a alvenaria, a estrutura de betão armado, as caixas de estore e na envolvente dos vãos, constituida por linhadas de sisal ou rede de fibra de vidro, embebidos em argamassa de emboço, conforme condições de aplicação do fabricante.

C8 - REVESTIMENTO DE PAREDES

A - CONDIÇÕES TÉCNICAS GERAIS

8.1 - ASPECTOS GERAIS

Ao Empreiteiro compete a execução de todos os trabalhos deste projecto relativos a revestimentos de paredes, incluindo o fornecimento e aplicação de todos os materiais com todos os trabalhos inerentes, conforme desenhos e caderno de encargos. Considera-se incluidos neste capítulo os revestimentos das paredes interiores de condutas de extracção de fumos executados em alvenaria de tijolo.

8.2 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS

Os paramentos em geral, depois de acabados, terão de observar as tolerâncias máximas seguintes :

- Implantação e cotas principais : 5mm
- Desvios de esquadria : 1mm
- Verticalidade : 3mm na altura de um andar
- Desempenamento:1mm em relação a régua de 2m.

8.3 - EXECUÇÃO DOS TRABALHOS

d) Revestimento contínuo com monomassas:

Suporte - O revestimento será aplicado sobre reboco de argamassa de cimento e areia com acabamento areado.

Condições do suporte - O suporte deve ser resistente, homogéneo e limpo (isento de materiais friáveis ou pulvurentos, óleos de descofragem, salitre, gesso ou musgos). - O suporte deverá apresentar-se rigorosamento plano, sem mossas ou saliências, e sem texturas diferenciadas.

Preparação da mistura - A amassadura deve ser efectuada mecanicamente, na própria máquina de projecção ou em betoneira, quando a aplicação é manual. - Os componentes adicionados e misturados em obra, deverão ser utilizados sempre nas mesmas percentagens, observando os mesmos métodos de preparação, de modo a obter revestimentos uniformes. - As quantidades de material preparado deverá corresponder ás áres de revestimento a executar, sendo interdita a adição de novos componentes ou a reutilização de material sobrante. - Em todos os momentos deverão ser escrupulosamente cumpridas todas as recomendações do fabricante e documento de homologação relativamente aos processos armazenamento, manuseamento e preparação do revestimento.

Aplicação - A aplicação do revestimento será executado em camada única, obtida a partir da aplicação de duas demãos do produto. A primeira demão, aplicada manual ou mecanicamente, é cuidadosamente apertada e alisada com régua e assegura mínima uniforme de 10 mm. A segunda demão, projectada, confere ao paramento a rugosidade de superficie pretendida e pode ser aplicada imediatamente após o inicio de endurecimento da primeira demão ou num periodo que não ultrapasse 3 dias. A espessura final situar-se-à entre 12 e 15 mm.

- O revestimento será aplicado por projecção, com recurso a pistola apropriada, com a afinação recomendada pelo fabricante e adequada ao acabamento pretendido. Condições de aplicação - Não deve ser aplicado em temperaturas ambiente superiores a 35°C e inferiores a 8°C. - Não deve ser aplicado em tempo chuvoso, com vento forte e logo que os raios solares incidam sobre a superfície a trabalhar. - As superfícies serão revestidas de uma só vez, de acordo com as áreas previamente estabelecidas, sendo interdita a suspensão da aplicação ou a utilização de emendas. - As superfícies a revestir deverão ser rigorosamente delimitadas com fita adesiva, e protegidos todos os elementos que não serão revestidos. Juntas - O revestimento será obrigatóriamente interrompido ao nível das juntas estruturais do edifício, e em todos os locais definidos em projecto.

B - TRABALHOS E SUAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

8.1 - REVESTIMENTO DE MASSAS ESPESSAS

8.1.1 - Execução de salpisco, emboço e reboco areado fino, com todos os materiais e trabalhos inerentes em paredes exteriores.

8.1.2 - Execução de reboco projectado acrílico do tipo "Weber & Broutin - Plastene XL", com acabamento talochado, com todos os materiais e trabalhos inerentes, em paredes exteriores..

a) Só serão admitidos produtos homologados.

b) A aplicação do revestimento final, será precedida de execução de emboço hidrofugado, regularização aplicação de primário de isolamento.

c) As juntas e arestas do revestimento, serão executadas e incluirão os materiais necessários de acordo com as instruções do fabricante.

ALTERNATIVA - Execução de reboco, monomassa, do tipo "Weber & Broutin - MONOPRAL KD", com acabamento talochado, com todos os materiais e trabalhos inerentes, em paredes exteriores.

a) Só serão admitidos produtos homologados.

ANEXO G

OBRA 7

MORADIAS GEMINADAS SITUADAS NO GRANDE PORTO

DESENHOS E CONDIÇÕES TÉCNICAS:

- Fig. G.1 – Alçado principal;
- Fig. G.2 – Alçado posterior;
- Fig. G.3 – Alçado lateral;
- Fig. G.4 – Corte EF;
- Fig. G.5 – Planta da Cave;
- Fig. G.6 – Planta do R/C;
- Fig. G.7 – Planta do Andar;
- Fig. G.8 – Planta da Cobertura;
- Fig. G.9 – Corte AB;
- Fig. G.10 – Corte CD;
- Fig. G.11 – Planta das Fundações;
- Fig. G.12 – Planta estrutural do R/C;
- Fig. G.13 – Planta estrutural do Andar;
- Fig. G.14 – Planta estrutural do Tecto;
- Fig. G.15 – Planta estrutural da Cobertura;
- Condições Técnicas.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

- Fotografias G.1 a G.7

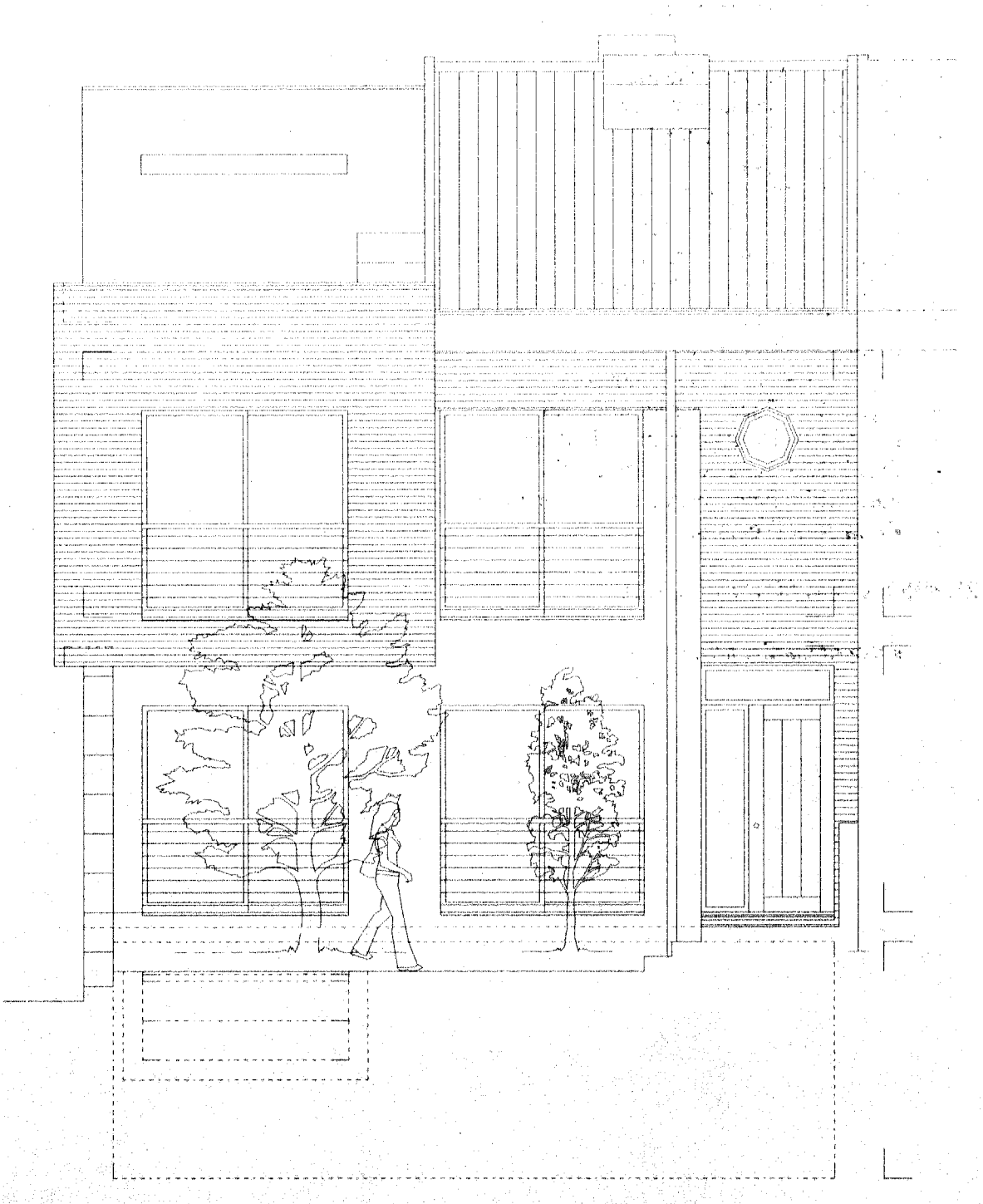


Fig. G.1 – ALÇADO PRINCIPAL



Fig. G.2 – ALÇADO POSTERIOR

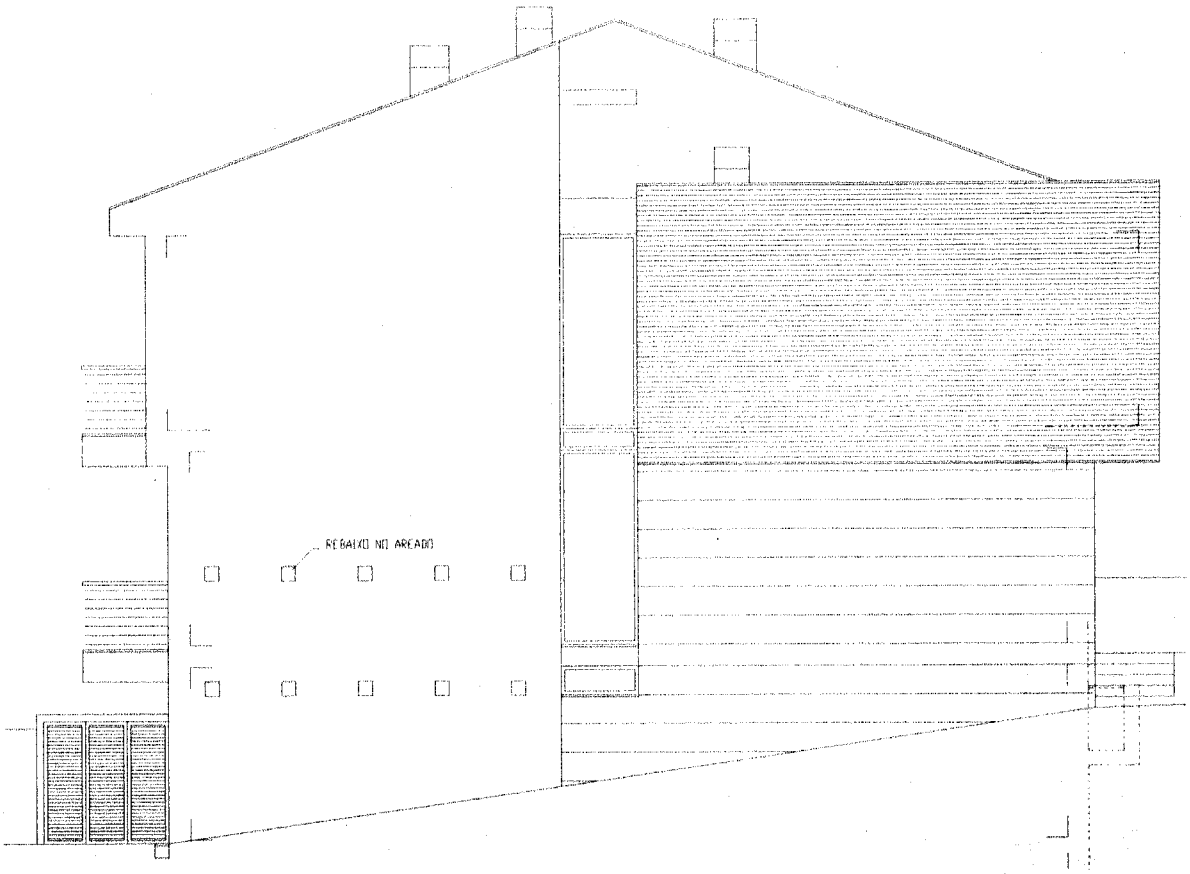


Fig. G.3 – ALÇADO LATERAL

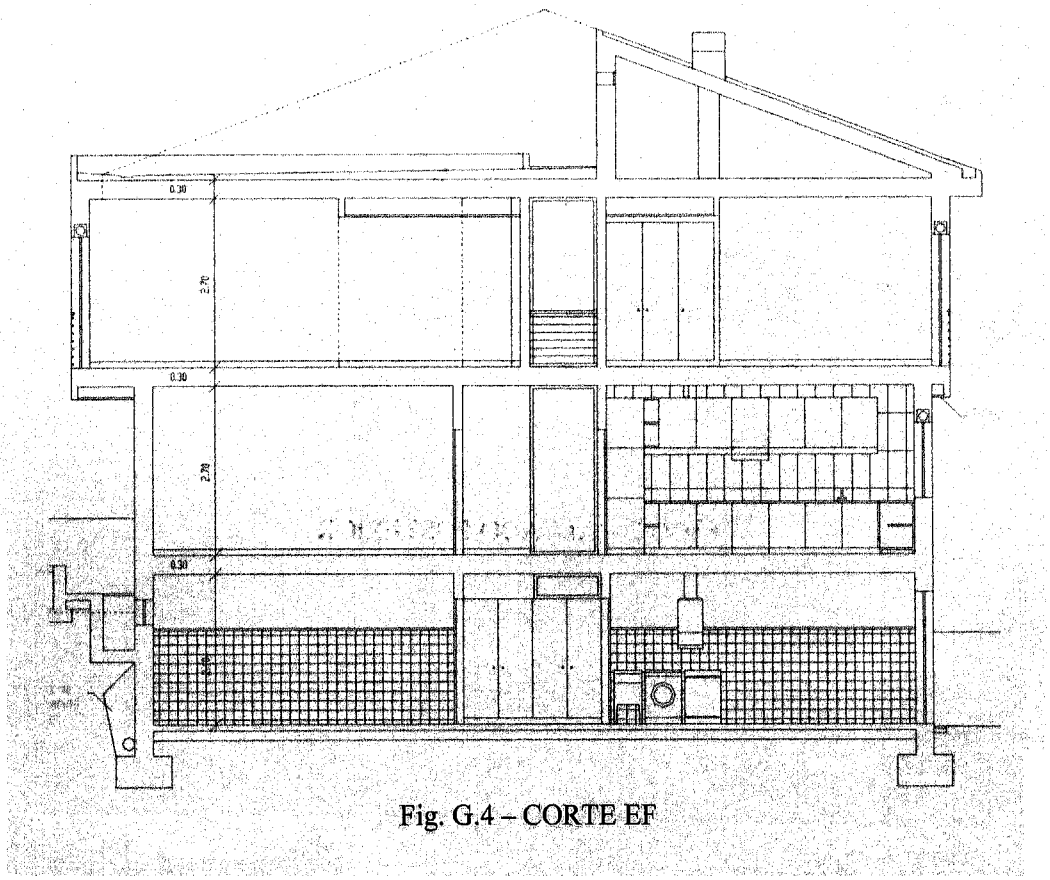


Fig. G.4 – CORTE EF

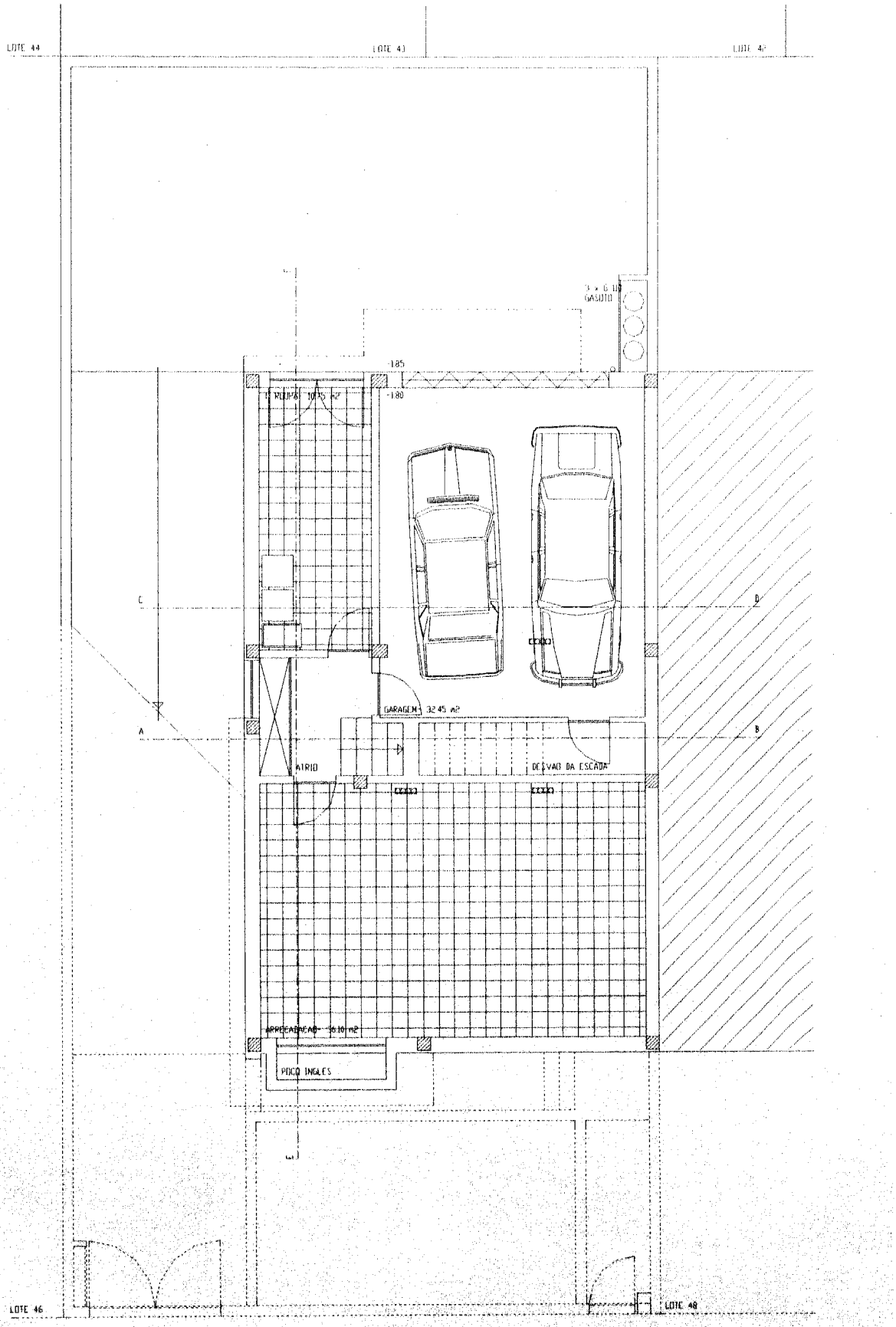


Fig. G.5 – PLANTA DA CAVE

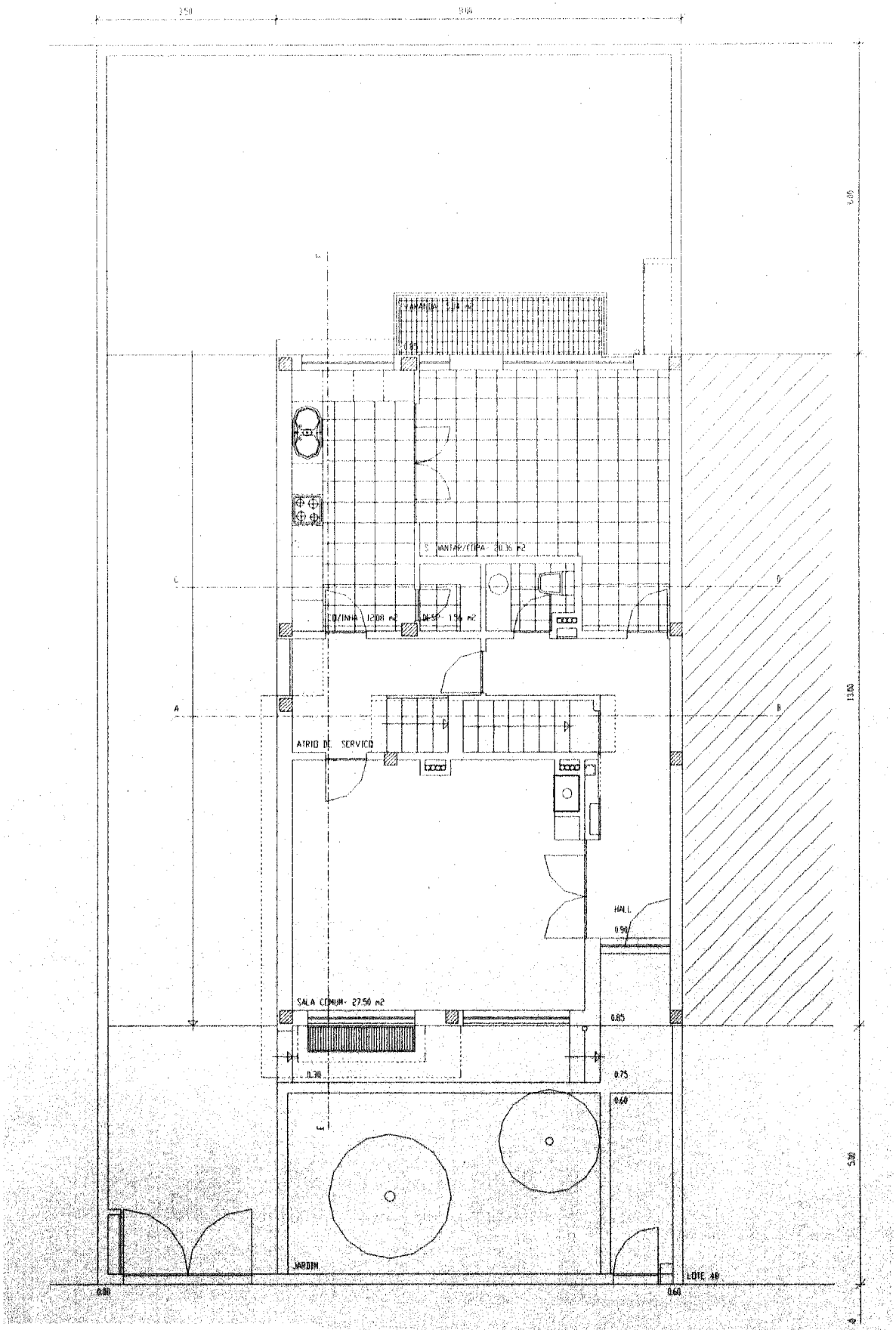


Fig. G.6 – PLANTA DO R/C

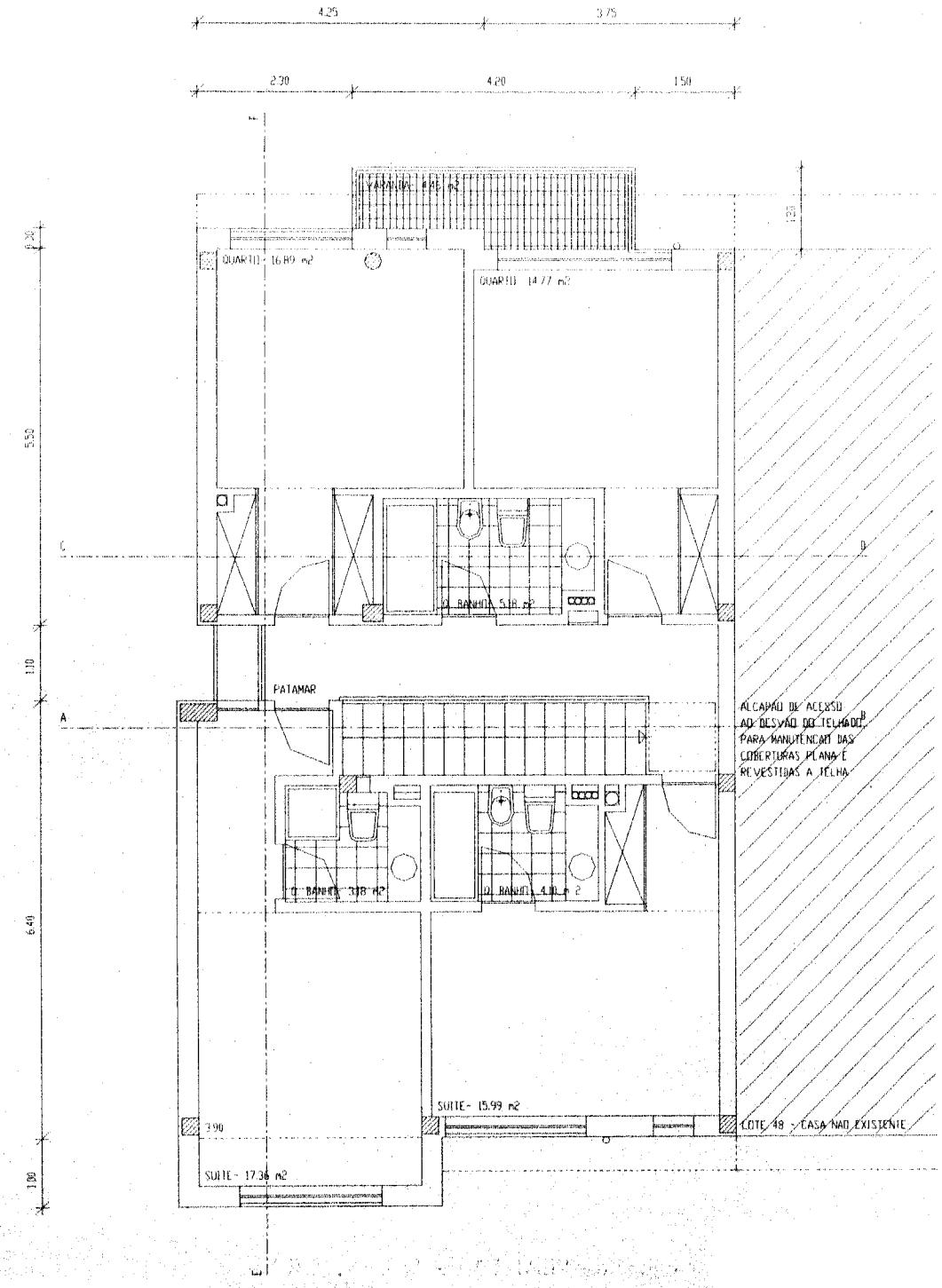


Fig. G.7 – PLANTA DO ANDAR

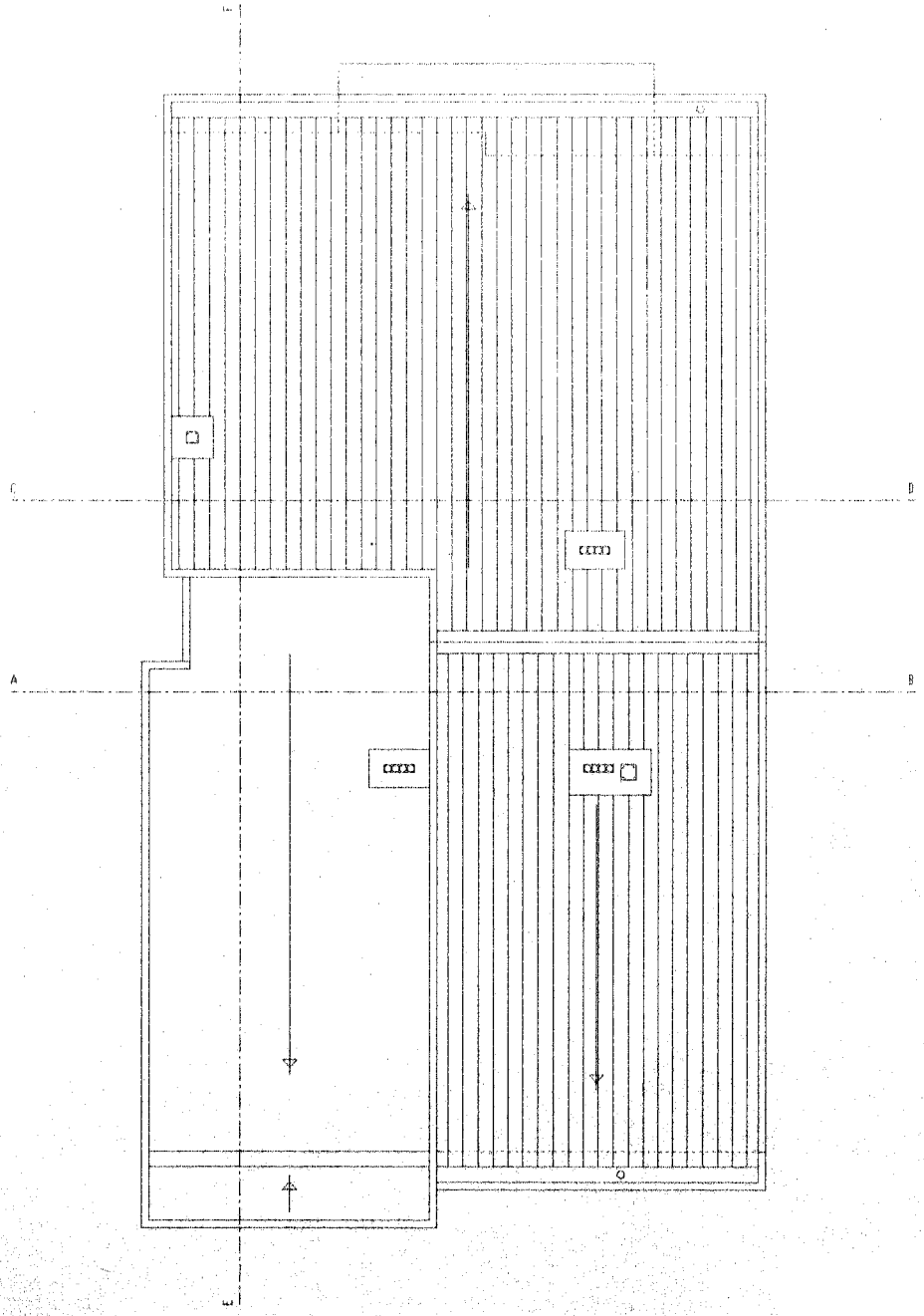


Fig. G.8 – PLANTA DA COBERTURA

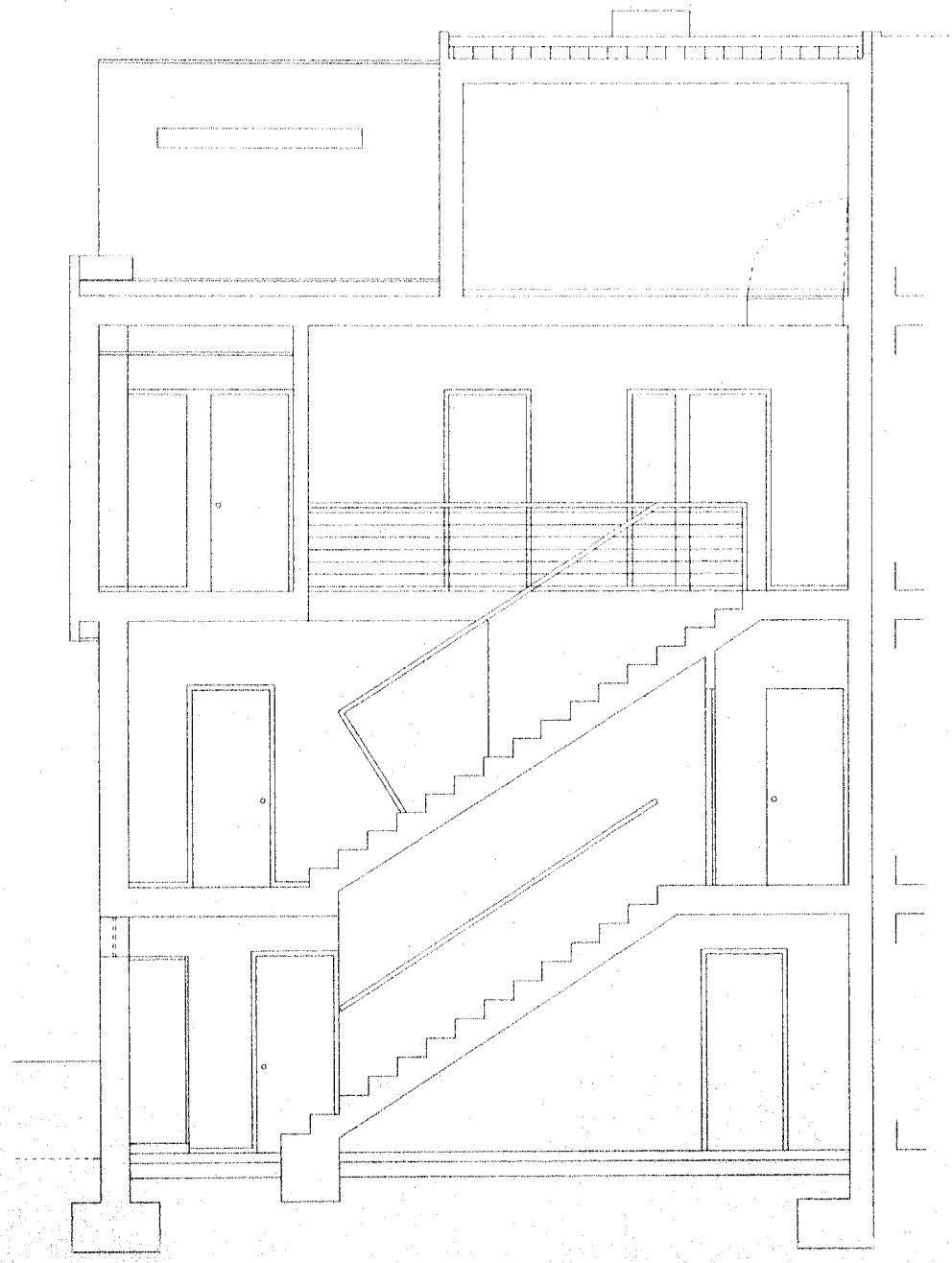


Fig. G.9 – CORTE AB

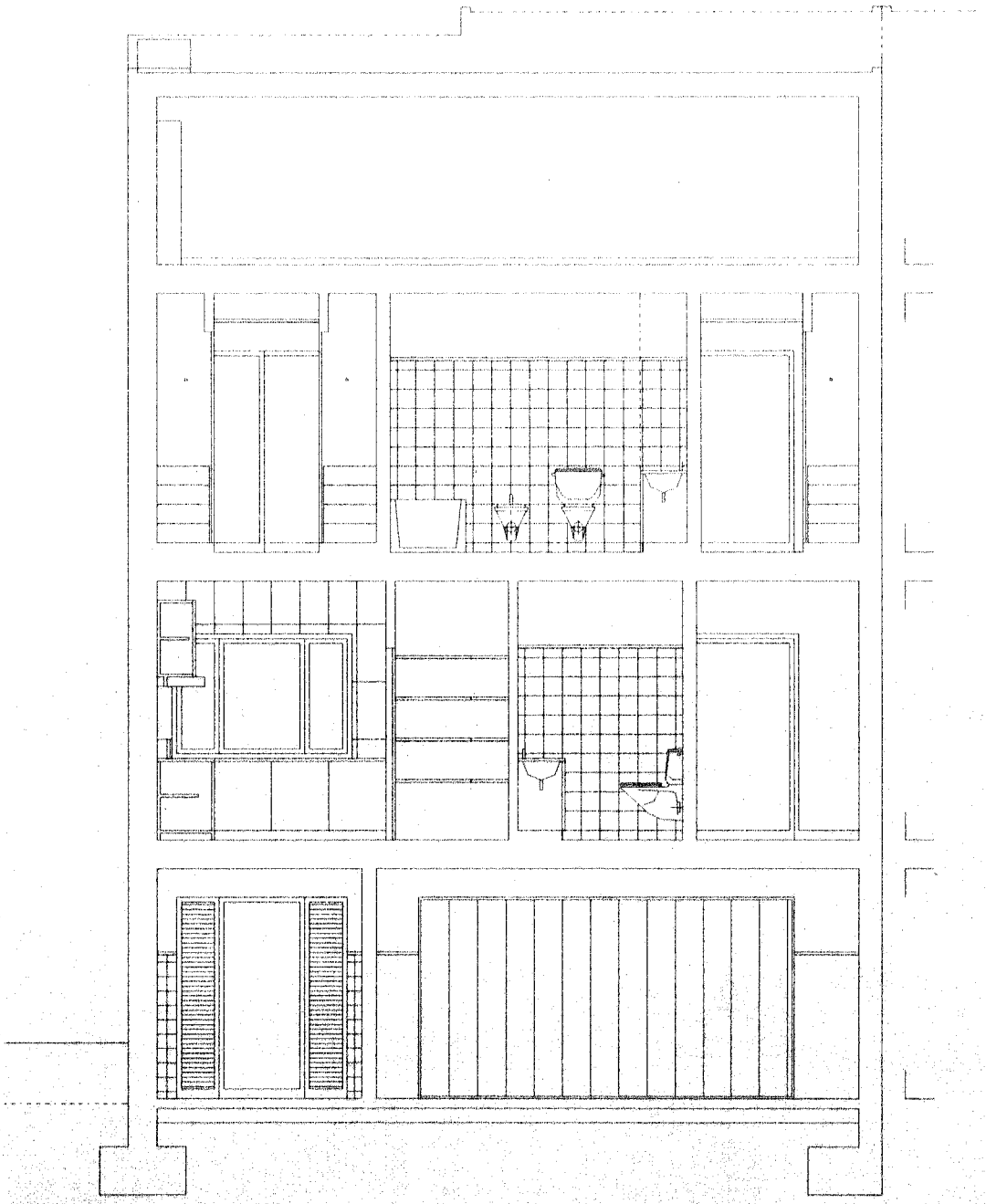
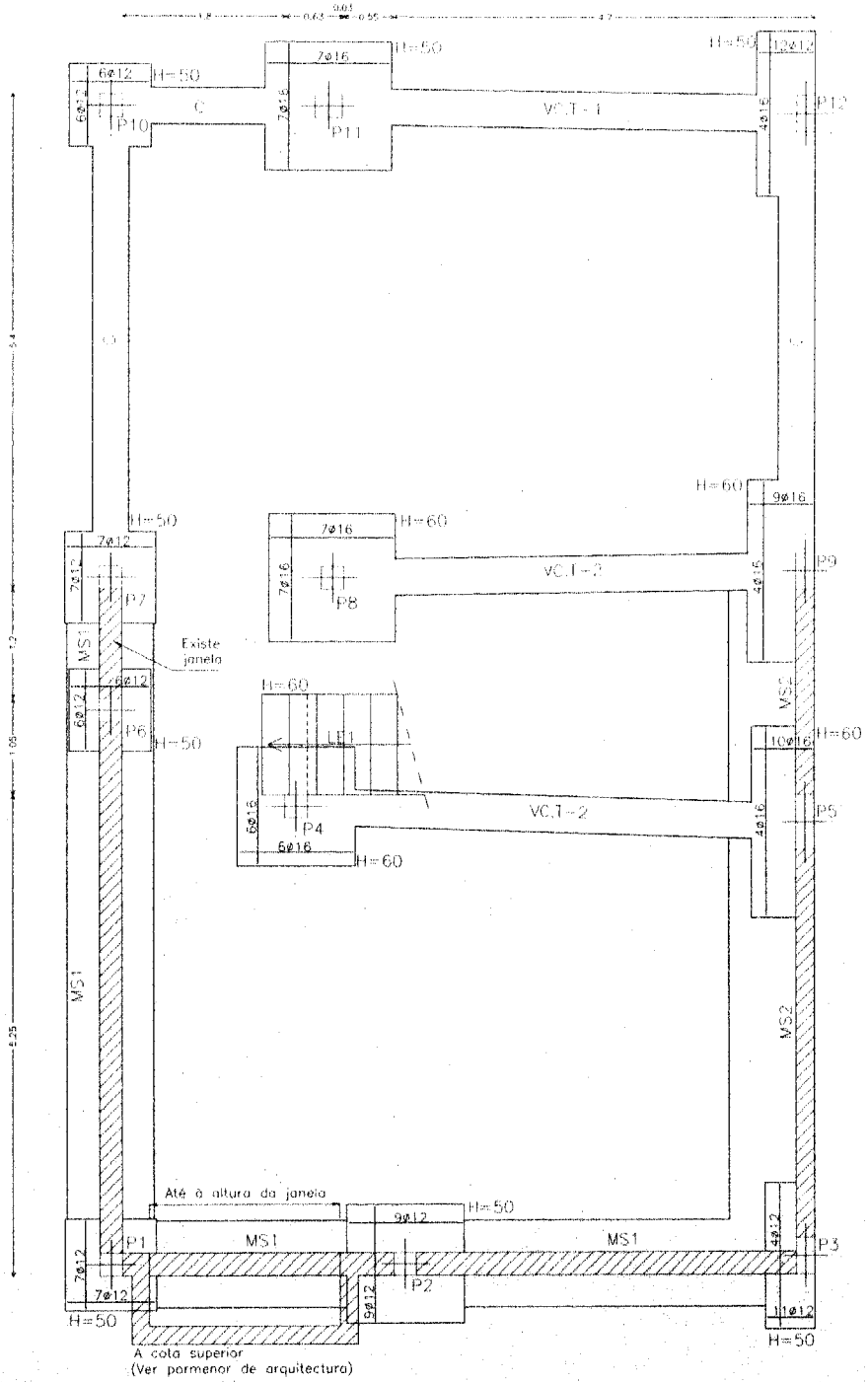


Fig. G.10 – CORTE CD



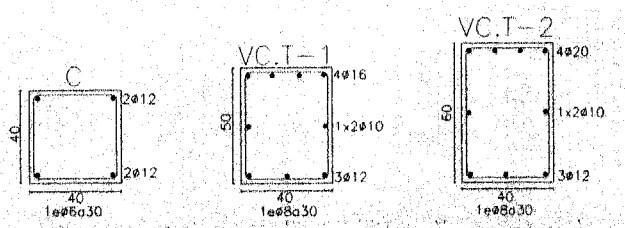


Fig. G.11 – PLANTA DAS FUNDAÇÕES

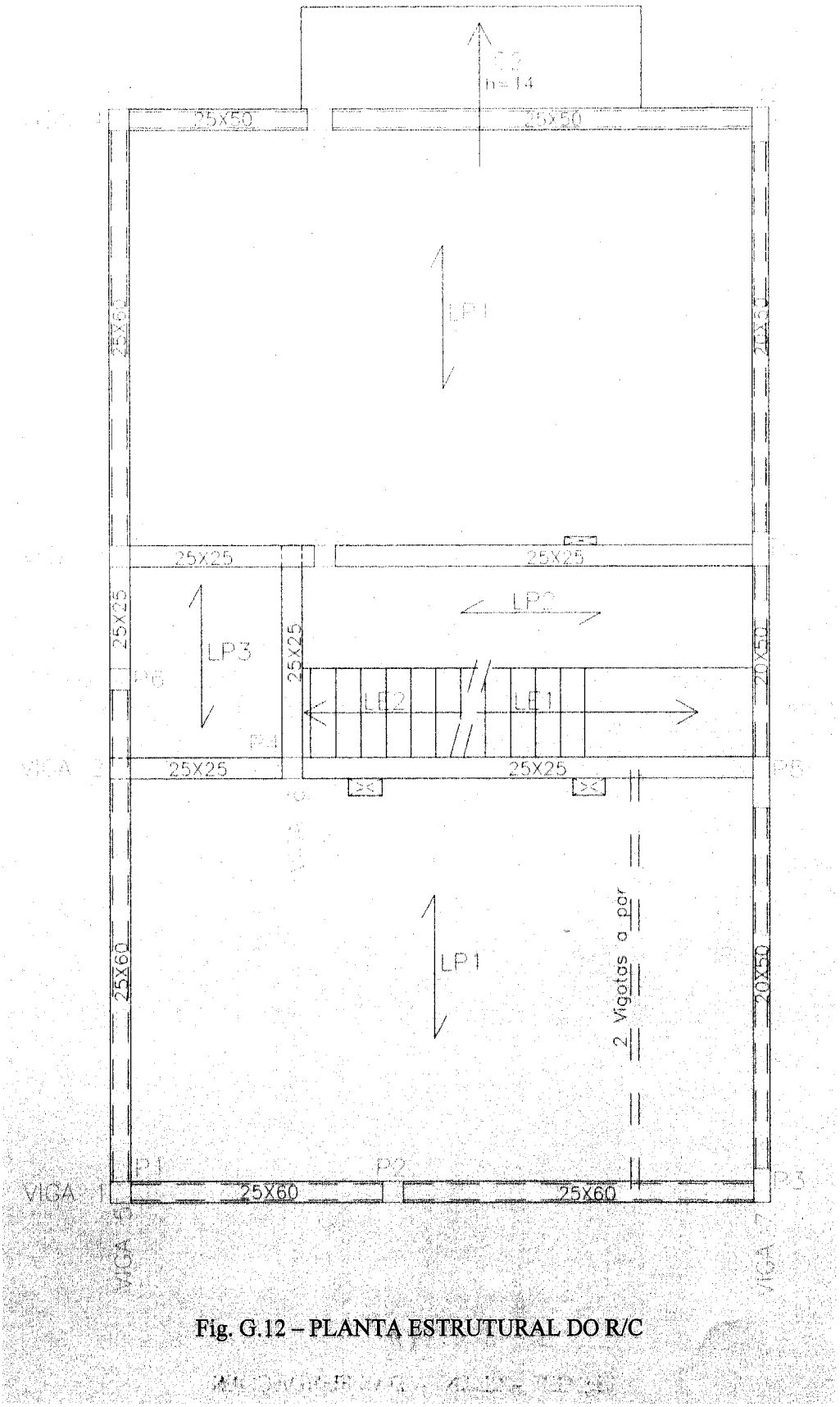


Fig. G.12 – PLANTA ESTRUTURAL DO R/C

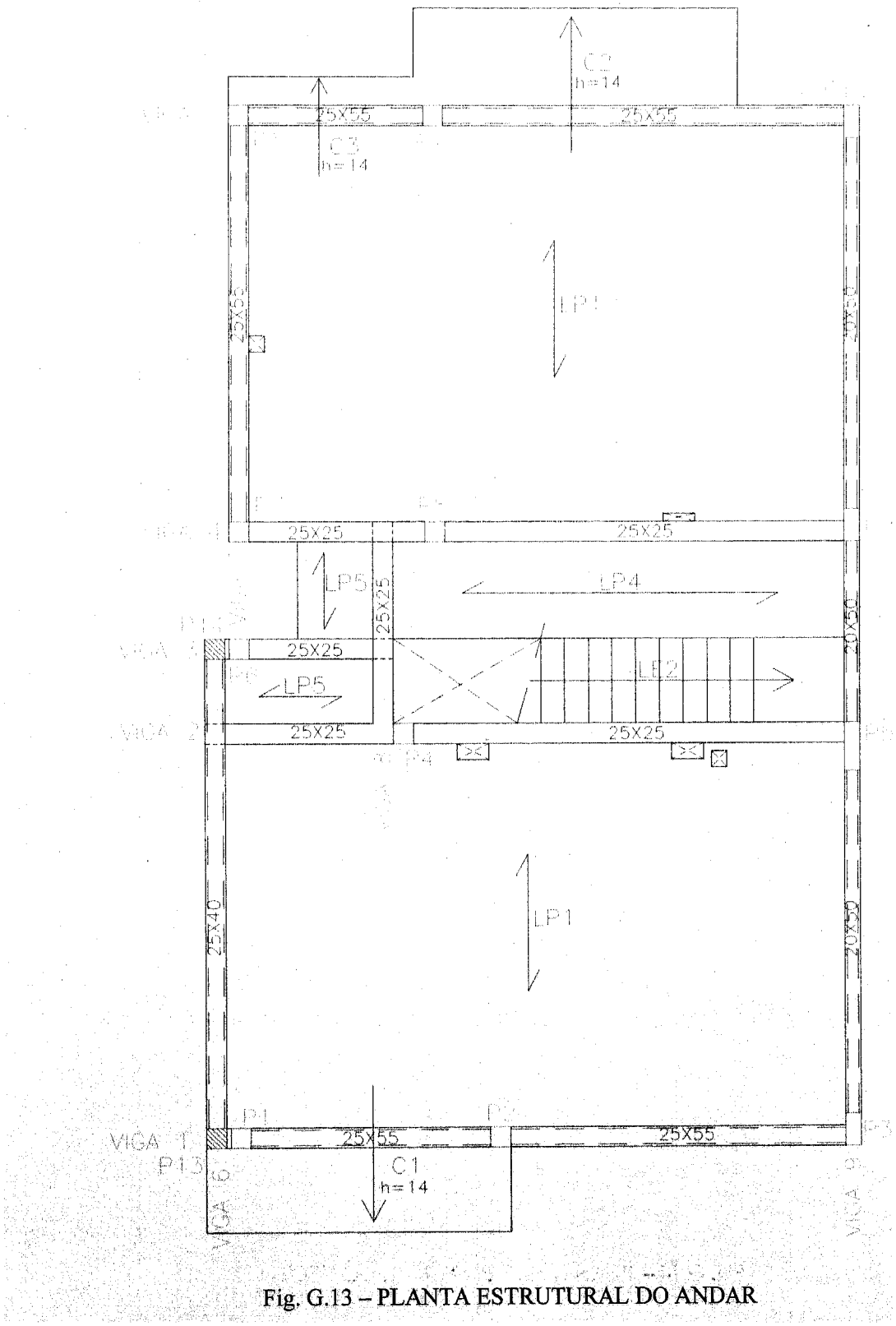


Fig. G.13 – PLANTA ESTRUTURAL DO ANDAR

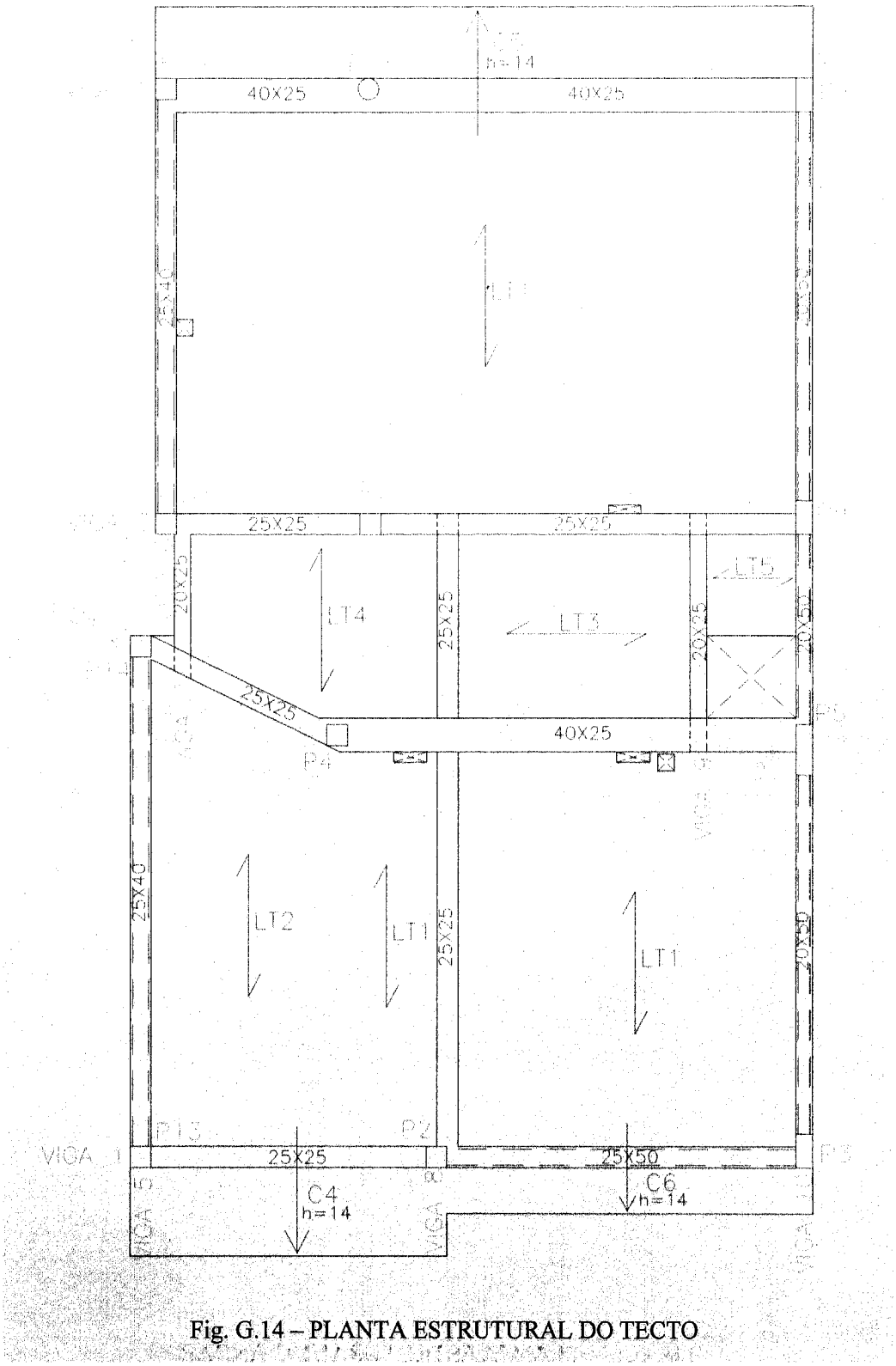


Fig. G.14 – PLANTA ESTRUTURAL DO TECTO

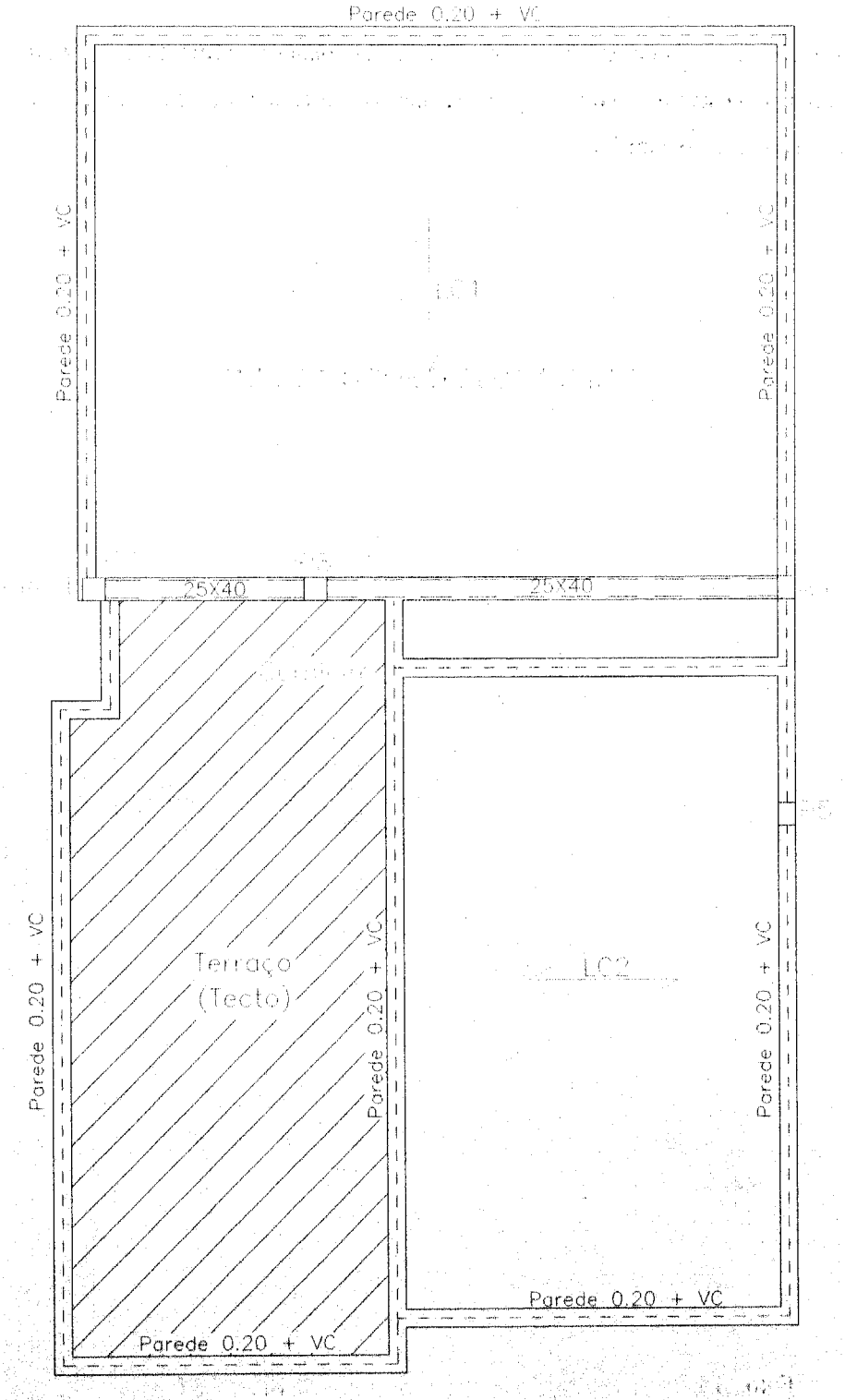


Fig. G.15 – PLANTA ESTRUTURAL DA COBERTURA

CONDIÇÕES TÉCNICAS

As condições técnicas existentes são as correspondentes apenas ao projecto de licenciamento, não referindo nenhuma questão tecnológica relevante relativamente ao modo de execução das fachadas e do respectivo revestimento exterior.

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA

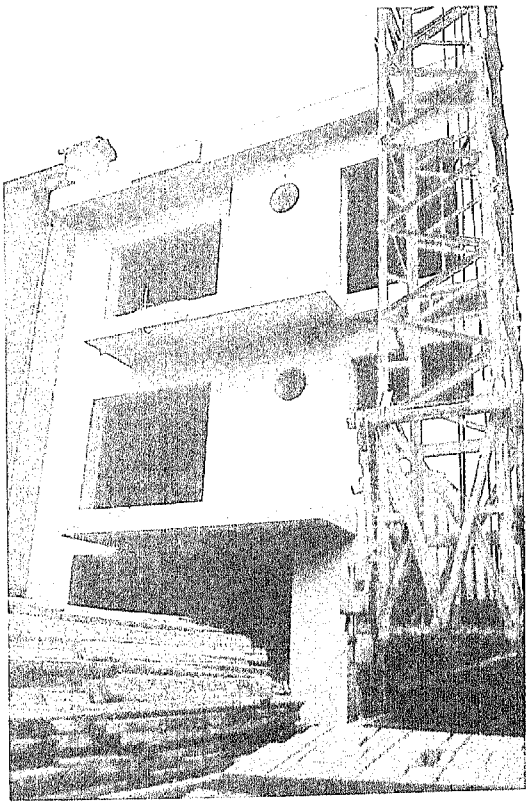


Foto. G.1

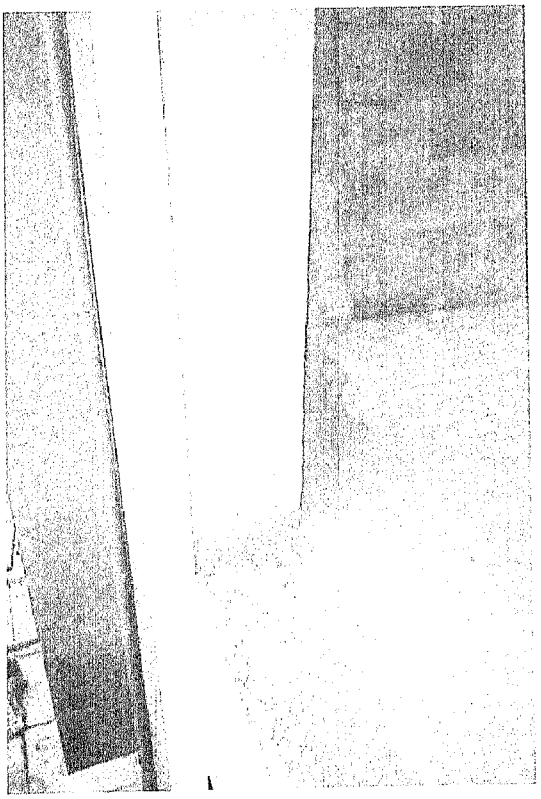


Foto. G. 2

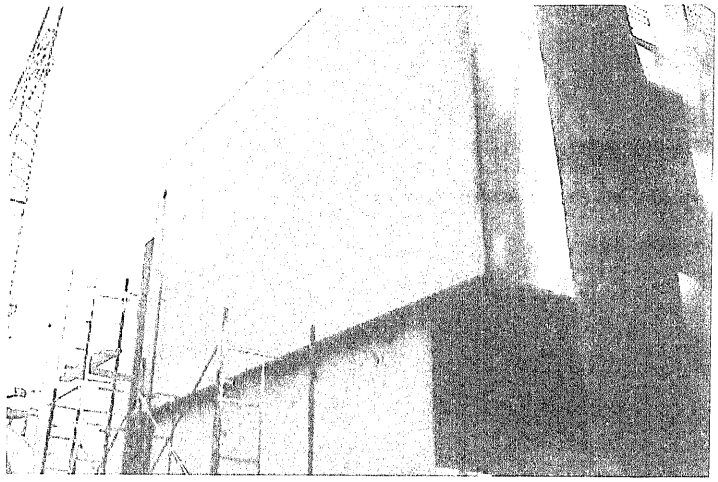


Foto. G. 3

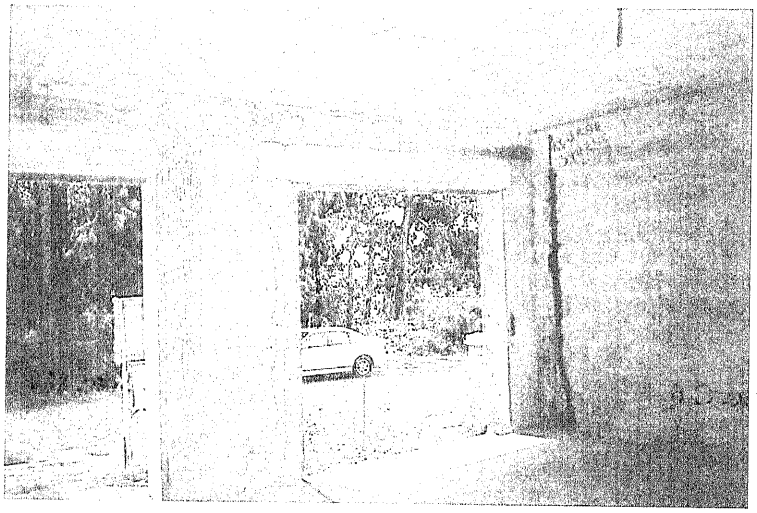


Foto. G. 4

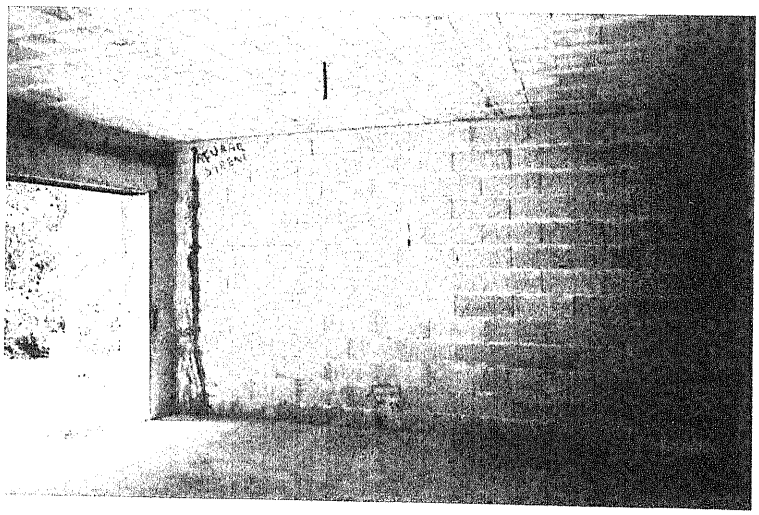


Foto. G.5



Foto. G.6

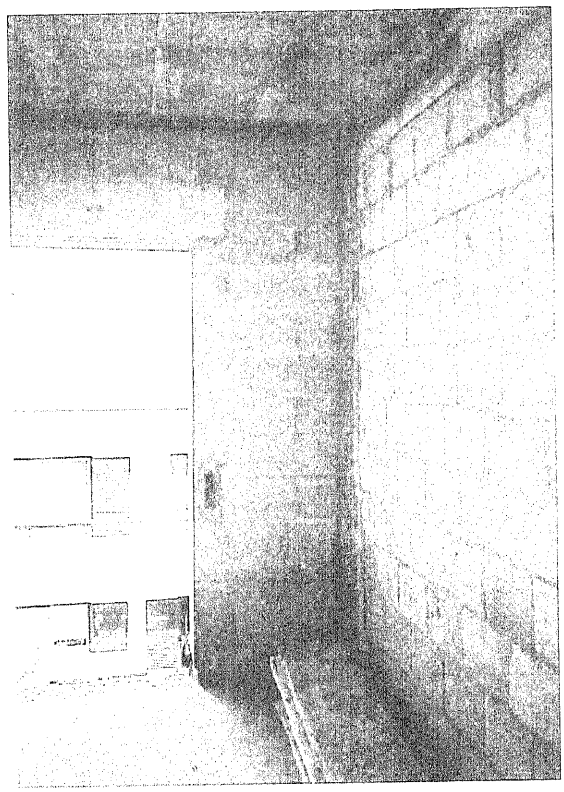


Foto. G.7

ANEXO H

OBRAS DIVERSAS

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA:

OBRA 8
- Fotografias H.1 a H.4

OBRA 9
- Fotografias H.5 a H.9

OBRA 10
- Fotografias H.10 a H.16

REPORTAGEM FOTOGRÁFICA

OBRA 8:



Foto. H.1



Foto. H.2



Foto. H.3

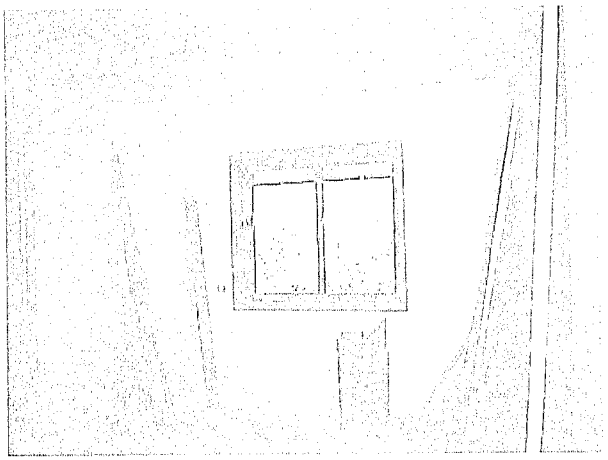


Foto. H.4

OBRA 9:

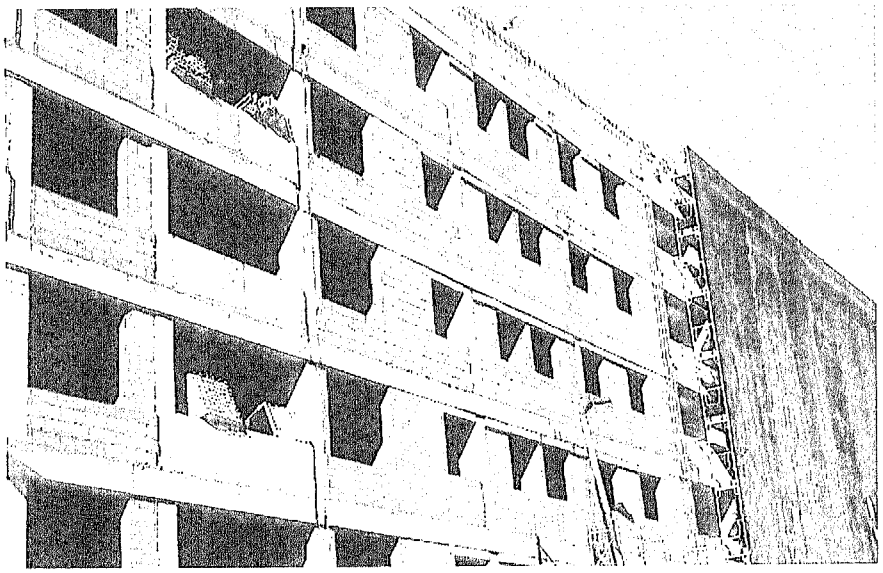


Foto. H.5

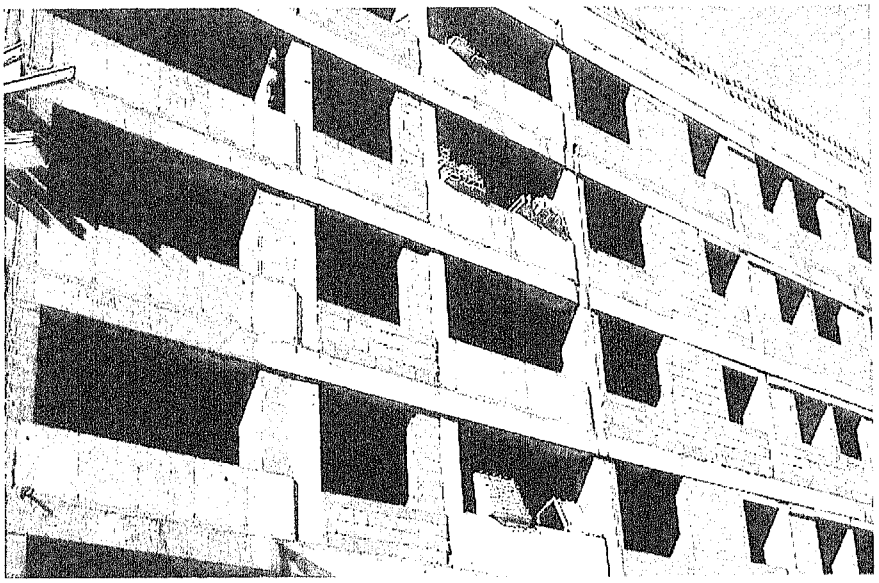


Foto. H.6

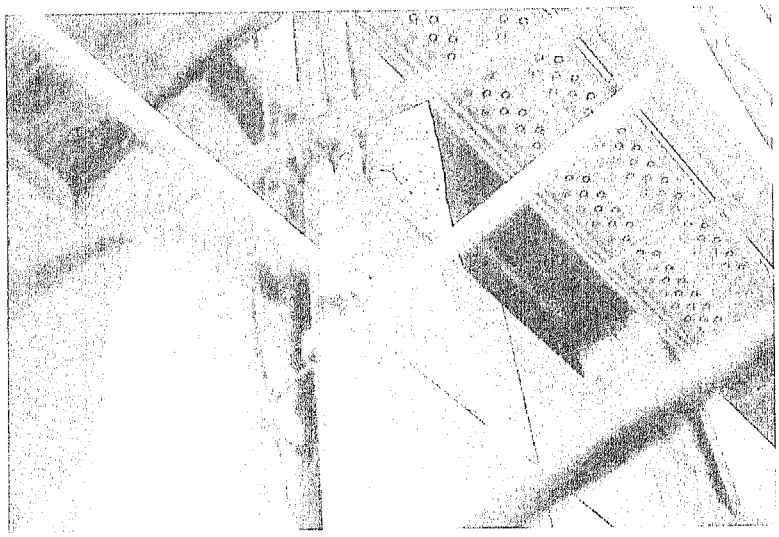


Foto. H.7

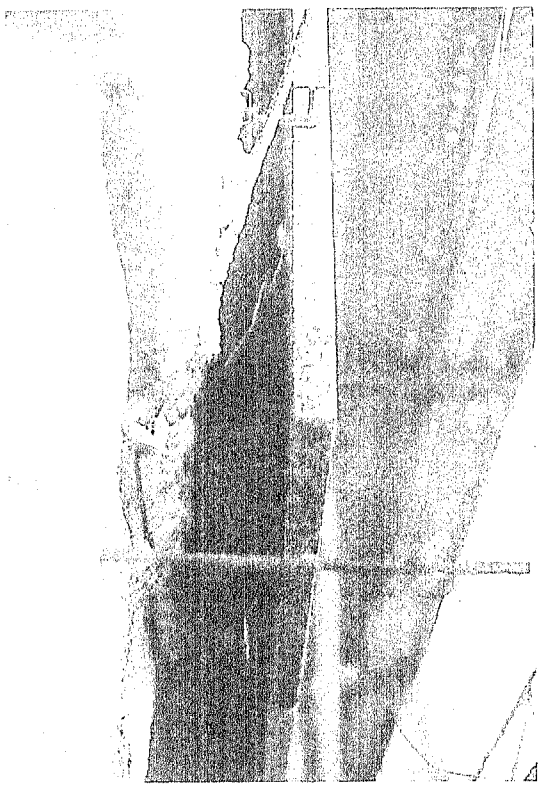


Foto. H.8

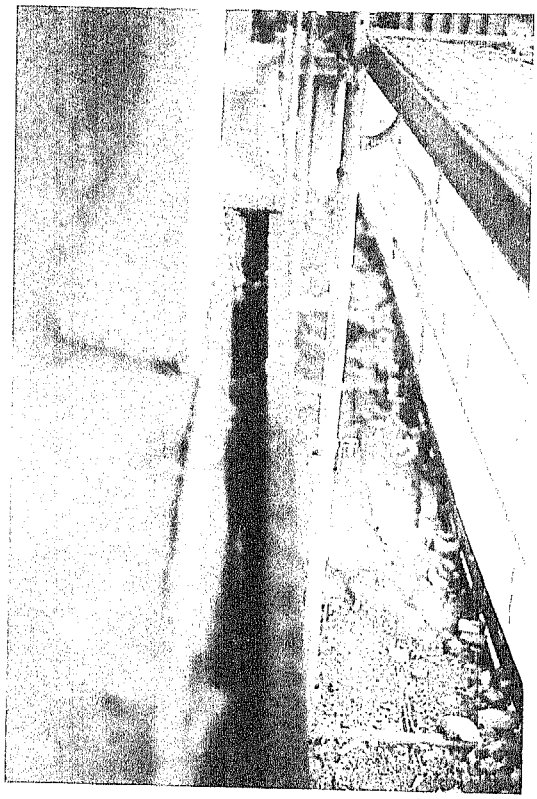


Foto. H.9

OBRA 10:

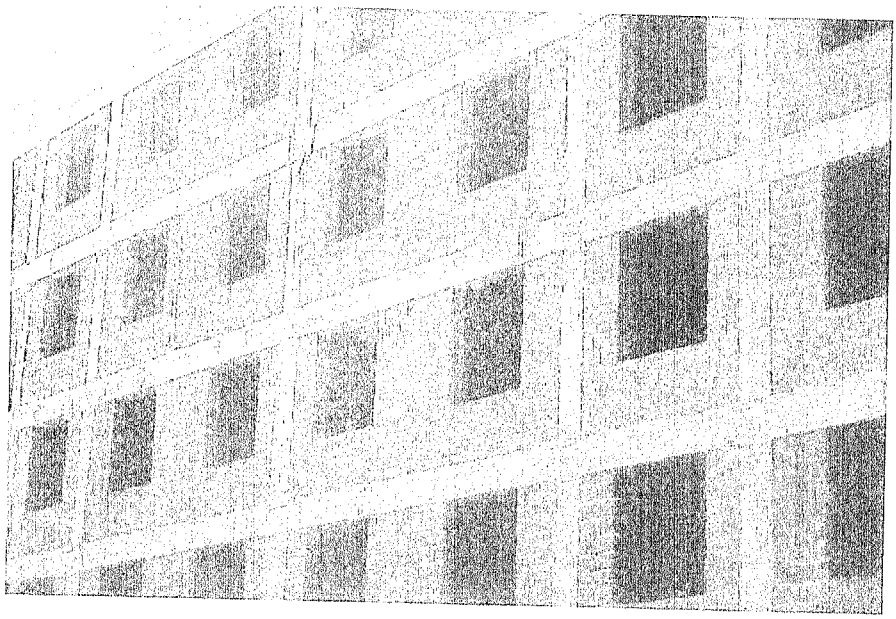


Foto. H.10

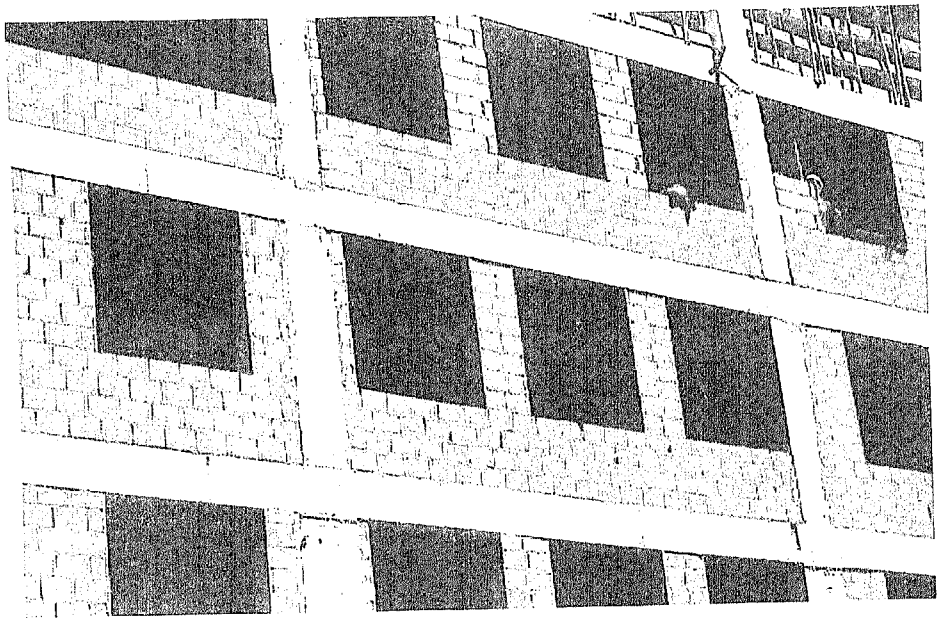


Foto. H.11

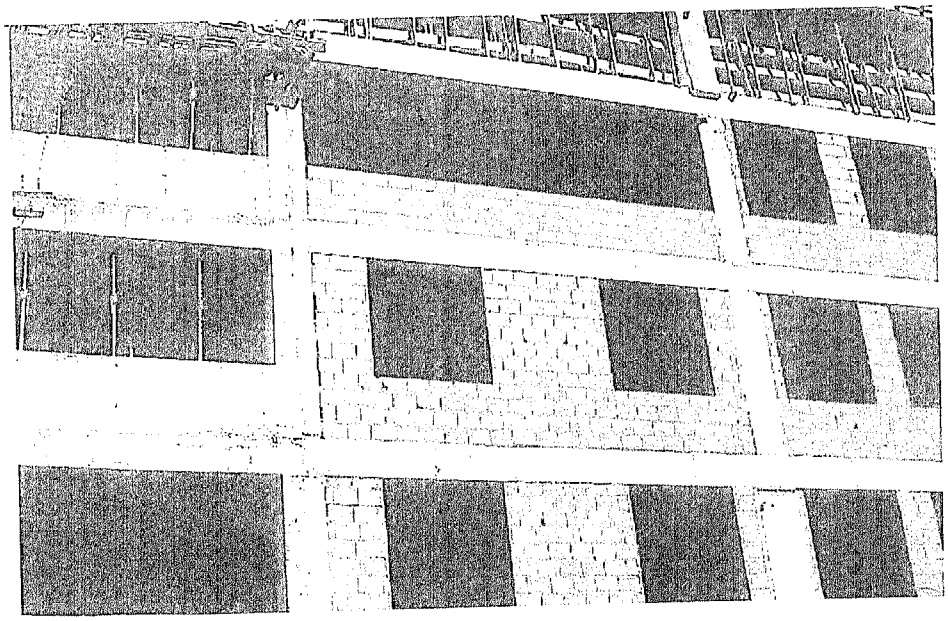


Foto. H.12

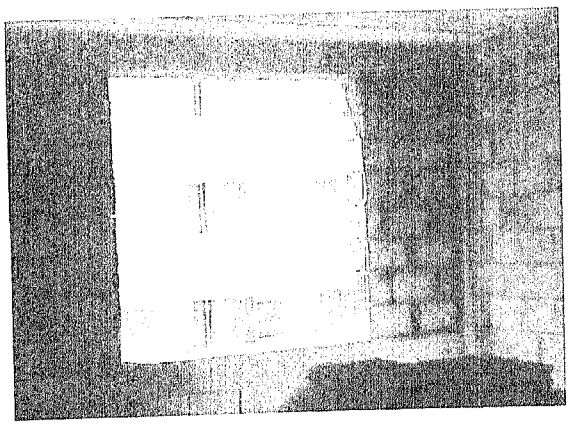


Foto. H.13

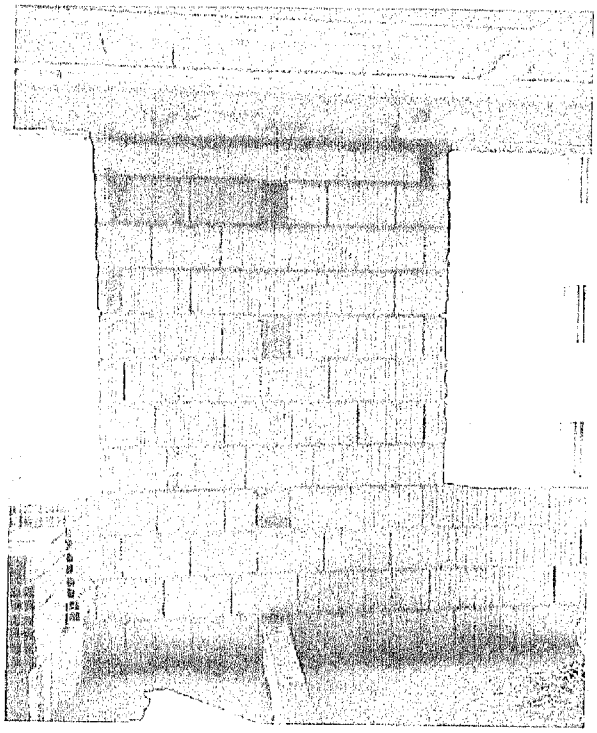


Foto. H.14

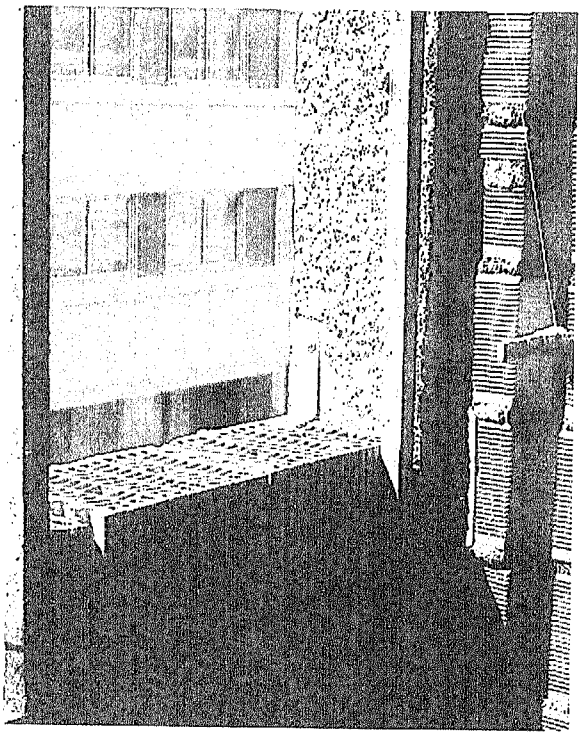


Foto. H.15

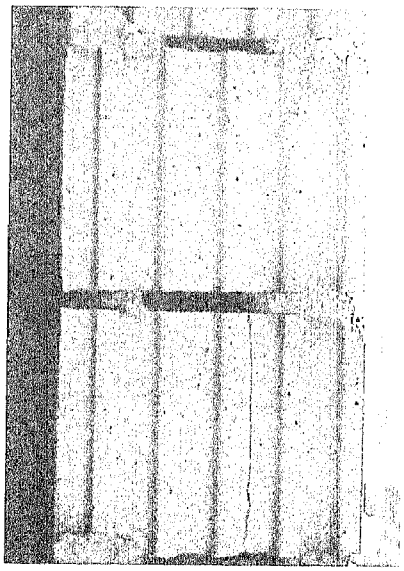


Foto. H.16

BIBLIOTECA F.E.