

HIPÓLITO JOSÉ CAMPOS DE SOUSA

MATERIAIS PARA ALVENARIA

APRECIÇÃO DE ALGUMAS PRODUÇÕES E SUGESTÕES
VISANDO A MELHORIA DA SUA QUALIDADE

PORTO
1 9 8 8

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
GABINETE DE CONSTRUÇÕES CIVIS

MATERIAIS PARA ALVENARIA
APRECIACÃO DE ALGUMAS PRODUÇÕES E SUGESTÕES
VISANDO A MELHORIA DA SUA QUALIDADE

HIPÓLITO JOSÉ CAMPOS DE SOUSA
ENGº CIVIL (U.P.)

T/457

624(043) SOU h/ MNT

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
N.º 16.691 - of.
CDU
Data 30/12/1988

N.º. 6009

043 M
8696
m

TESE APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM CONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIOS PELA FACULDADE DE
ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

PORTO, 1988

à Luísa
aos meus pais

AGRADECIMENTOS:

Ao concluir este trabalho quero expressar o meu reconhecimento a todos os que de alguma forma contribuíram para a sua realização:

Aos Engenheiros João Appleton e Fernanda Carvalho, a supervisão, leitura e crítica cuidada deste texto e sobretudo o conselho e apoio amigo continuamente recebido.

Ao Engenheiro Teixeira Trigo as sugestões e o incitamento oportunos.

Aos Professores Vitor Abrantes e Barbosa de Abreu o estímulo amigo, e o apoio que sempre me concederam.

Ao Professor Joaquim Sampaio o acompanhamento crítico da caracterização experimental.

Ao Engenheiro Ribeiro dos Santos o incentivo amigo ao longo do trabalho.

Ao Professor Henrique Diz da Universidade de Aveiro, e aos Engenheiros Vaz Serra e Ilharco de Moura do Centro Tecnológico de Cerâmica e Vidro de Coimbra, as sugestões apresentadas e disponibilidade para troca de impressões.

Ao Gabinete de Construções Civas, Centro de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade do Porto, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e às empresas Pavileca-Pavimentos e Blocos, Lda., Cerâmica Rosa, Lda., e Campos-Fábricas Cerâmicas S.A., os apoios recebidos indispensáveis à concretização deste trabalho.

Finalmente a realização do trabalho experimental só foi possível graças à colaboração dos experimentadores do L. E. M. Paula, António Hora, José Andrade e Manuel Hora.

MATERIAIS PARA ALVENARIA
APRECIACÃO DE ALGUMAS PRODUÇÕES E SUGESTÕES
VISANDO A MELHORIA DA SUA QUALIDADE

RESUMO

Neste trabalho caracteriza-se em profundidade, experimental e analiticamente, uma produção nacional de blocos de betão e duas de blocos cerâmicos.

Apreciam-se os resultados à luz das exigências normativas nacionais e internacionais; extrapolam-se para o panorama nacional, referem-se as limitações e as possíveis acções de melhoria a empreender com destaque para o controlo de qualidade, discute-se o custo destas acções.

Complementarmente e para situar o problema, aborda-se sinteticamente o domínio das alvenarias, com destaque para os materiais, execução, exigências, situação nacional e internacional.

Em anexo apresentam-se fichas de ensaios não contemplados na normalização portuguesa e fotografias de alguns aspectos da caracterização.

Palavras-chave

Construção, Materiais, Alvenarias, Qualidade, Ensaio, Produção, Blocos, Tijolos.

MASONRY MATERIALS
APPRECIATION OF SOME PRODUCTIONS AND SUGGESTIONS
RELATED WITH QUALITY IMPROVEMENT

SUMMARY

In this study a national production of hollow concrete blocks and two national productions of fired clay horizontally perforated blocks are deeply characterized, experimentally and analytically.

The results are compared with the national and international standards and an extrapolation to the national panorama is made. Limitations, possible improvement actions and quality control are referred. The cost of these actions is discussed.

Masonry building problems are slightly presented, focusing on materials, execution, requirements, national and international situation.

Test specifications not included in portuguese standards, and photographic reports are presented.

Key words

Building, Production, Materials, Masonry, Quality, Tests, Blocks, Bricks.

ÍNDICE

Pág.

Índice de Figuras	XVI
Índice de Quadros	XXI
Índice de Fotografias do Anexo II	XXVII

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO	2

CAPÍTULO 2 - GENERALIDADES SOBRE ALVENARIAS

2.1. INTRODUÇÃO	5

2.2. NOMENCLATURA

2.2.1. <u>Alvenarias</u>	5
2.2.2. <u>Elemento</u>	6
2.2.3. <u>Assentamento</u>	7
2.2.4. <u>Dimensões</u>	8
2.2.5. <u>Furação</u>	9
2.2.6. <u>Estatística</u>	9

2.3. PANORAMA GERAL DAS ALVENARIAS

2.3.1. <u>Materiais</u>	10
2.3.1.1. Materiais principais	11
2.3.1.2. Argamassa	12
2.3.2. <u>Utilizações</u>	14
2.3.2.1. Alvenaria resistente	15
2.3.2.2. Alvenaria de enchimento	18

2.3.2.3. Alvenaria de compartimentação	18
2.3.2.4. Alvenaria à vista	18
2.3.2.5. Outras utilizações	19

2.3.3. <u>Exigências principais a satisfazer</u>	
2.3.3.1. Segurança	19
2.3.3.2. Estanquidade	21
2.3.3.3. Conforto	22
2.3.3.4. Durabilidade, manutenção e limpeza	24

2.3.4. <u>Execução das alvenarias</u>	
2.3.4.1. Em geral	25
2.3.4.2. Juntas	27
2.3.4.3. Paredes duplas	28
2.3.4.4. Alvenarias de enchimento	32
2.3.4.5. Alvenarias resistentes	33

2.4. SITUAÇÃO NO DOMÍNIO DAS ALVENARIAS

2.4.1. <u>Em Portugal</u>	33
2.4.1.1. Retrospectiva	34
2.4.1.2. Situação actual	35
2.4.2. <u>Situação internacional</u>	37

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DAS PRODUÇÕES

3.1. INTRODUÇÃO	41

3.2. BLOCOS DE BETÃO

3.2.1. <u>Produção</u>	
3.2.1.1. Descrição geral da fábrica	42
3.2.1.2. Blocos produzidos	45
3.2.1.3. Processo de fabrico	
3.2.1.3.1. Recepção e armazenagem das matérias-primas	45
3.2.1.3.2. Fabrico e transporte do betão	46
3.2.1.3.3. Moldagem dos blocos	48
3.2.1.3.4. Cura dos blocos	48
3.2.1.3.5. Empacotamento e armazenamento dos blocos	49
3.2.1.3.6. Áreas de apoio	49
3.2.1.3.7. Controlo de qualidade	49

3.2.2.	<u>Seleccção de geometrias e amostragem</u>	
3.2.2.1.	Seleccção de geometrias	50
3.2.2.2.	Amostragem	50
3.2.3.	<u>Caracterização experimental dos blocos</u>	
3.2.3.1.	Caracterização em fábrica	53
3.2.3.1.1.	Água de amassadura	54
3.2.3.1.2.	Ensaio de abaixamento	54
3.2.3.1.3.	Conteúdo em água do betão - Ensaio expedito	54
3.2.3.1.4.	Massa dos blocos "frescos"	55
3.2.3.1.5.	Dimensões dos moldes	56
3.2.3.2.	Caracterização em laboratório	
3.2.3.2.1.	Inertes - Determinação do teor em água total	56
3.2.3.2.2.	Inertes - Determinação da massa volúmica das partículas	60
3.2.3.2.3.	Inertes - Determinação da bari- dade	61
3.2.3.2.4.	Inertes - Análise granulomé- trica	61
3.2.3.2.5.	Betão - Massa volúmica e ten- são de rotura por compressão	62
3.2.3.2.6.	Blocos de Betão - Apreciação de aspecto	64
3.2.3.2.7.	Blocos de Betão - Desvios de dimensões	65
3.2.3.2.8.	Blocos de Betão - Percentagem de furação	68
3.2.3.2.9.	Blocos de Betão - Massa dos blocos no estado natural	71
3.2.3.2.10.	Blocos de Betão - Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos á data de forneci- mento	73
3.2.3.2.11.	Blocos de Betão - Massa vo- lúmica dos blocos e do betão constituente no estado natural e seco	73
3.2.3.2.12.	Blocos de Betão - Variações dimensionais entre estados con- vencionais extremos	77
3.2.3.2.13.	Blocos de Betão - Variações dimensionais em ambiente condi- cionado de 20° C e humidade relativa inferior a 70%	77

3.2.3.2.14.	Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados com argamassa	79
3.2.3.1.15.	Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados	85
3.2.3.1.16.	Blocos de Betão - Relação tensões de compressão, extensões	86
3.2.4.	<u>Caracterização das paredes</u>	
3.2.4.1.	Massa volúmica	88
3.2.4.2.	Isolamento térmico	88
3.2.4.3.	Isolamento acústico	88
3.2.4.4.	Comportamento ao fogo	89
3.3.	BLOCOS CERÁMICOS	
3.3.1.	<u>Produção</u>	
3.3.1.1.	Fábrica "B"	
3.3.1.1.1.	Descrição geral da fábrica	91
3.3.1.1.2.	Blocos cerâmicos produzidos	91
3.3.1.1.3.	Processo de fabrico	91
3.3.1.1.4.	Controlo de qualidade	92
3.3.1.2.	Fábrica "C"	
3.3.1.2.1.	Descrição geral da fábrica	93
3.3.1.2.2.	Blocos cerâmicos produzidos	93
3.3.1.2.3.	Processo de fabrico	93
3.3.1.2.4.	Controlo de qualidade	94
3.3.2.	<u>Seleccção de geometrias e amostragem</u>	
3.3.2.1.	Fábrica "B"	95
3.3.2.1.1.	Seleccção de geometrias	96
3.3.2.1.2.	Amostragem	96
3.3.2.2.	Fábrica "C"	
3.3.2.2.1.	Seleccção de geometrias	97
3.3.2.2.2.	Amostragem	98
3.3.3.	<u>Caracterização experimental dos blocos</u>	
3.3.3.1.	Blocos Cerâmicos - Apreciação do aspecto	99
3.3.3.2.	Blocos Cerâmicos - Desvios de dimensões	99
3.3.3.3.	Blocos Cerâmicos - Percentagem de furação	104
3.3.3.4.	Blocos Cerâmicos - Massa dos blocos no estado seco	112
3.3.3.5.	Blocos Cerâmicos - Massa volúmica seca	

	dos blocos e da argila constituinte	112
3.3.3.6.	Blocos Cerâmicos - Absorção de água por imersão	116
3.3.3.7.	Blocos Cerâmicos - Absorção de água por capilaridade	118
3.3.3.8.	Blocos Cerâmicos - Eflorescências e sais solúveis	120
3.3.3.9.	Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados com argamassa	120
3.3.3.10.	Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados	127
3.3.3.11.	Blocos Cerâmicos - Relação tensões de compressão /extensões	128
3.3.3.12.	Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos	129
3.3.4.	<u>Caracterização das paredes</u>	
3.3.4.1.	Massa volúmica	129
3.3.4.2.	Isolamento térmico	130
3.3.4.3.	Isolamento acústico	130
3.3.4.4.	Comportamento ao fogo	131

CAPÍTULO 4 - APRECIACÃO DOS RESULTADOS

4.1.	INTRODUÇÃO	133
4.2.	BLOCOS DE BETAO	
4.2.1.	<u>Introdução</u>	133
4.2.2.	<u>Inertes</u>	
4.2.2.1.	Granulometria e massa específica das partículas	
4.2.2.1.1.	Síntese de informação	134
4.2.2.1.2.	Apreciação dos resultados	137
4.2.2.2.	Teor em água total	
4.2.2.2.1.	Síntese de informação	139
4.2.2.2.2.	Apreciação dos resultados	139
4.2.2.3.	Baridade	
4.2.2.3.1.	Síntese de informação	140
4.2.2.3.2.	Apreciação dos resultados	141

4.2.3.	<u>Betão - Composição, moldagem, cura e caracteri-</u> <u>zação</u>	
4.2.3.1.	Composição	
4.2.3.1.1.	Síntese de informação	142
4.2.3.1.2.	Apreciação dos resultados	147
4.2.3.2.	Moldagem e cura	
4.2.3.2.1.	Síntese de informação	149
4.2.3.2.2.	Apreciação dos resultados	151
4.2.3.3.	Betão	
4.2.3.3.1.	Síntese de informação	151
4.2.3.3.2.	Apreciação dos resultados	152
4.2.4.	<u>Apreciação da forma dos blocos</u>	
4.2.4.1.	Dimensões exteriores	
4.2.4.1.1.	Síntese de informação normativa	153
4.2.4.1.2.	Apreciação	156
4.2.4.2.	Topos, geometria interna e furação	
4.2.4.2.1.	Síntese de informação normativa	157
4.2.4.2.2.	Apreciação dos resultados	161
4.2.5.	<u>Apreciação do aspecto dos blocos</u>	
4.2.5.1.	Síntese de informação normativa	161
4.2.5.2.	Apreciação dos resultados	161
4.2.6.	<u>Desvio de dimensões exteriores dos blocos</u>	
4.2.6.1.	Síntese de informação normativa	162
4.2.6.2.	Apreciação dos resultados	163
4.2.7.	<u>Desvio das dimensões internas e espessura dos</u> <u>septos</u>	
4.2.7.1.	Síntese de informação normativa	167
4.2.7.2.	Apreciação dos resultados	167
4.2.8.	<u>Percentagem de furação</u>	
4.2.8.1.	Síntese de informação normativa	169
4.2.8.2.	Apreciação dos resultados	170
4.2.9.	<u>Massa dos blocos no estado natural</u>	
4.2.9.1.	Síntese de informação normativa	170
4.2.9.2.	Apreciação dos resultados	171
4.2.10.	<u>Massa volúmica dos blocos e do betão no estado</u> <u>natural</u>	
4.2.10.1.	Síntese de informação normativa	172
4.2.10.2.	Apreciação dos resultados	172

4.2.11.	<u>Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento</u>	
4.2.11.1.	Síntese de informação	174
4.2.11.2.	Apreciação dos resultados	175
4.2.12.	<u>Variações dimensionais entre estados convencionais extremos</u>	
4.2.12.1.	Síntese de informação normativa	176
4.2.12.2.	Apreciação dos resultados	178
4.2.13.	<u>Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura dos blocos regularizados</u>	
4.2.13.1.	Síntese de informação normativa	178
4.2.13.2.	Apreciação dos resultados	183
4.2.14.	<u>Tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados</u>	
4.2.14.1.	Síntese de informação normativa	186
4.2.14.2.	Apreciação dos resultados	186
4.2.15.	<u>Isolamento térmico das paredes</u>	
4.2.15.1.	Síntese de informação	187
4.2.15.2.	Apreciação	188
4.2.16.	<u>Isolamento sonoro das paredes</u>	
4.2.16.1.	Síntese de informação	188
4.2.16.2.	Apreciação	188
4.2.17.	<u>Comportamento ao fogo</u>	
4.2.17.1.	Síntese de informação	189
4.2.17.2.	Apreciação	190
4.3.	BLOCOS CERÂMICOS	
4.3.1.	<u>Matéria-prima, moldagem, secagem e cozedura</u>	
4.3.1.1.	Síntese de informação	190
4.3.1.2.	Apreciação do processo de fabrico	195
4.3.2.	<u>Apreciação de forma dos blocos</u>	
4.3.2.1.	Introdução	196
4.3.2.2.	Dimensões exteriores	
4.3.2.2.1.	Síntese de informação normativa	199
4.3.2.2.2.	Apreciação dos resultados	202
4.3.2.3.	Geometria interna e furação	
4.3.2.3.1.	Síntese de informação normativa	202
4.3.2.3.2.	Apreciação dos resultados	205

	Pág.
4.3.3. <u>Apreciação de aspecto</u>	
4.3.3.1. Síntese de informação normativa	205
4.3.3.2. Apreciação dos resultados	211
4.3.4. <u>Desvio de dimensões exteriores e interiores</u>	
4.3.4.1. Síntese de informação normativa	212
4.3.4.2. Apreciação dos resultados	212
4.3.5. <u>Percentagem de furação</u>	
4.3.5.1. Síntese de informação normativa	218
4.3.5.2. Apreciação dos resultados	219
4.3.6. <u>Massa e massa volúmica dos blocos e da argila</u> <u>constituente</u>	
4.3.6.1. Síntese de informação normativa	220
4.3.6.2. Apreciação dos resultados	221
4.3.7. <u>Absorção de água por imersão</u>	
4.3.7.1. Síntese de informação normativa	222
4.3.7.2. Apreciação dos resultados	224
4.3.8. <u>Absorção de água por capilaridade</u>	
4.3.8.1. Síntese de informação normativa	224
4.3.8.2. Apreciação dos resultados	225
4.3.9. <u>Eflorescências e sais solúveis</u>	
4.3.9.1. Síntese de informação	226
4.3.9.2. Apreciação dos resultados	227
4.3.10. <u>Tensões de rotura por compressão e configuração</u> <u>de rotura de blocos regularizados</u>	
4.3.10.1. Síntese de informação normativa	227
4.3.10.2. Apreciação dos resultados	229
4.3.11. <u>Tensão de rotura à tracção por flexão</u>	
4.3.11.1. Síntese de informação normativa	235
4.3.11.2. Apreciação dos resultados	235
4.3.12. <u>Isolamento térmico das paredes</u>	
4.3.12.1. Síntese de informação	236
4.3.12.2. Apreciação	236
4.3.13. <u>Isolamento sonoro das paredes</u>	
4.3.13.1. Síntese de informação	236
4.3.13.2. Apreciação	236

4.3.14. <u>Comportamento ao fogo das paredes</u>	
4.3.14.1. Síntese de informação	237
4.3.14.2. Apreciação	237

CAPÍTULO 5 - CONCLUSOES

5.1. INTRODUÇÃO	239
5.2. APRECIACÃO GLOBAL DAS PRODUÇÕES ENSAIADAS E EXTRAPOLAÇÃO PARA A SITUAÇÃO NACIONAL	
5.2.1. <u>Blocos de betão</u>	
5.2.1.1. Fabrico	239
5.2.1.2. Caracterização dos blocos	240
5.2.1.3. Características das paredes	243
5.2.1.4. Referência a alguns aspectos ligados à aplicação	243
5.2.2. <u>Blocos cerâmicos</u>	244
5.2.2.1. Fabrico	245
5.2.2.2. Caracterização dos blocos	245
5.2.2.3. Características das paredes	248
5.2.2.4. Referência a alguns aspectos, ligados à aplicação	249
5.2.3. <u>Extrapolacão para a situação nacional</u>	250
5.3. ACÇÕES DE MELHORIA	253
5.3.1. <u>Exigências não satisfeitas</u>	254
5.3.2. <u>Compatibilização de exigências</u>	256
5.3.3. <u>Controlo de qualidade</u>	
5.3.3.1. Aspectos gerais	257
5.3.3.2. Auto-controlo	258
5.3.3.3. Controlo interno	258
5.3.3.4. Controlo exterior	259
5.3.3.5. Gestão de qualidade	260
5.3.4. <u>Custo das acções de melhoria</u>	260
5.4. SUGESTOES DE FUTURO DESENVOLVIMENTO	261

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO I - FICHAS DE ENSAIO

01. Blocos de Betão - Betão - Água de amassadura
02. Blocos de Betão - Betão - Conteúdo em água - Ensaio expedito
03. Blocos de Betão - Betão - Massa dos blocos imediatamente após moldagem
04. Blocos de Betão - Moldes - Dimensões
05. Blocos de Betão - Betão - Preparação de provetes para ensaio de compressão
06. Blocos de Betão - Apreciação de aspecto
07. Blocos de Betão - Determinação de dimensões efectivas
08. Blocos de Betão - Percentagem de furação
09. Blocos de Betão - Massa e massa volúmica dos blocos e do betão constituinte
10. Blocos de Betão - Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento
11. Blocos de Betão - Variações dimensionais entre estados convencionais extremos
12. Blocos de Betão - Variações dimensionais em condições convencionais de retracção
13. Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados
14. Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados. Ensaio expedito.
15. Blocos Cerâmicos - Apreciação de aspecto
16. Blocos Cerâmicos - Determinação de dimensões efectivas
17. Blocos Cerâmicos - Massa seca e massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte
18. Blocos Cerâmicos - Absorção de água por imersão
19. Blocos Cerâmicos - Absorção de água por capilaridade
20. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados
21. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados - Ensaio expedito
22. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos

ANEXO II - FOTOGRAFIAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

CAPÍTULO 2

Fig. 2.1	- Diferentes tipos de juntas segundo a DTU 20.1	27
Fig. 2.2	- Exemplos de juntas de retração ou controlo direita e denteada	28
Fig. 2.3	- Pormenor de assentamento da parede dupla no pavimento	30
Fig. 2.4	- Diferentes tipos de agramos	31

CAPÍTULO 3

Fig. 3.1	- Organograma da caracterização de blocos de betão	43
Fig. 3.2	- Organograma da caracterização de blocos cerâmicos	44
Fig. 3.3	- Geometria e dimensões nominais do bloco B10	51
Fig. 3.4	- Geometria e dimensões nominais do bloco B25	52
Fig. 3.5	- Dimensões de um bloco medido no molde, geometria B10	57
Fig. 3.6	- Dimensões de um bloco medido no molde, geometria B25	58
Fig. 3.7	- Síntese do processo laboratorial relativo aos blocos de betão	59
Fig. 3.8	- Curvas granulométricas e módulo de finura dos inertes e respectiva mistura, usados na confecção dos blocos da primeira à sexta colheita	63
Fig. 3.9	- Curvas granulométricas e módulo de finura dos inertes e respectiva mistura, usados na confecção dos blocos da sétima colheita	64
Fig. 3.10	- Número de blocos B10 e B25, em cada uma das colheitas, com zero, um e dois ou mais defeitos distintos	66
Fig. 3.11	- Variações dimensionais médias, em ambiente condicionado de 20° C e humidade relativa inferior a 70%, blocos B10 e B25	79
Fig. 3.12	- Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos B10 ensaiados, para as seis colheitas efectuadas	81
Fig. 3.13	- Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos B25 ensaiados, para as seis colheitas efectuadas	82

Fig. 3.14 - Valores médios e coeficiente de variação da tensão de rotura por compressão, para cada colheita dos blocos B10	83
Fig. 3.15 - Valores médios e coeficiente de variação da tensão de rotura por compressão, para cada colheita dos blocos B25	83
Fig. 3.16 - Distribuição das configurações de rotura em cada uma das colheitas de blocos B10, segundo quatro configurações tipo	84
Fig. 3.17 - Distribuição das configurações de rotura em cada uma das colheitas de blocos B25, segundo quatro configurações tipo	84
Fig. 3.18 - Valores médio, máximo, mínimo e coeficiente de variação da tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados para cada colheita blocos B10 e B25	86
Fig. 3.19 - Relação tensões/extensões em três blocos geometria B25, de segunda e terceira colheitas	87
Fig. 3.20 - Fábrica "B", formatos 30x20x11 e 30x22x20, geometria e dimensões nominais	96
Fig. 3.21 - Fábrica "C", formatos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20, geometria e dimensões nominais	98
Fig. 3.22 - Síntese do processo laboratorial relativo aos blocos cerâmicos	100
Fig. 3.23 - Defeitos distintos nos blocos 30x20x11, para as diferentes colheitas	103
Fig. 3.24 - Defeitos distintos nos blocos 30x20x15, para as diferentes colheitas	103
Fig. 3.25 - Defeitos distintos nos blocos 30x22x20, para as diferentes colheitas	104
Fig. 3.26 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x20x11 das Fábricas "B" e "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas	122
Fig. 3.27 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x20x15 da Fábrica "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas	123
Fig. 3.28 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x22x20 das Fábricas "B" e "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas	124
Fig. 3.29 - Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x20x11 das Fábricas "B" e "C", agru-	

	pados em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas	125
Fig. 3.30	- Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x20x15 da Fábrica "C", agrupados em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas	126
Fig. 3.31	- Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, fb, dos blocos cerâmicos 30x22x20 das Fábricas "B" e "C", agrupadas em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas	127

CAPÍTULO 4

Fig. 4.1	- Representação de fusos envolventes das curvas granulométricas	136
Fig. 4.2	- Fusos envolventes das análises granulométricas efectuadas, ao longo das sete colheitas, para os três inertes utilizados	138
Fig. 4.3	- Variação da baridade da areia com o teor de humidade	140
Fig. 4.4	- Massa volúmica aparente dos betões em função da relação água /cimento	143
Fig. 4.5	- Resistência a compressão do betão fresco em função da relação água/cimento	144
Fig. 4.6	- Resistência a compressão do betão fresco em função do teor em água dum betão para blocos	146
Fig. 4.7	- Fusos granulométricos envolventes das misturas	147
Fig. 4.8	- Variação da resistência a compressão do betão fresco com o tempo de vibração	150
Fig. 4.9	- Variação da tensão de rotura com a massa volúmica de cubos do betão usado na confecção de blocos	152
Fig. 4.10	- Dimensões de fabrico e de coordenação dos blocos	155
Fig. 4.11	- Configuração da junta vertical de argamassa nos blocos B10 e B25	156
Fig. 4.12	- Forma do topo nos blocos correntes, segundo NFPl4-301	158
Fig. 4.13	- Forma do topo dos blocos correntes com junta descontínua, segundo NFPl4-301	158
Fig. 4.14	- Larguramínima da junta horizontal argamassada, segundo NFPl4-301	159
Fig. 4.15	- Desvios dimensões exteriores blocos B10 e B25	165

Fig. 4.16 - Desvios individuais da espessura de septos de todas as colheitas dos B10 e B25	167
Fig. 4.17 - Variação de tensão média de rotura com a massa volúmica do betão	174
Fig. 4.18 - Retracção por secagem segundo ASTM C426	178
Fig. 4.19 - Distribuições das resistências mecânicas	181
Fig. 4.20 - Aspecto da dispersão cronológica do fabrico de um determinado produto	182
Fig. 4.21 - Teste de normalidade, para algumas colheitas de blocos através da recta de Henry	184
Fig. 4.22 - Preparação de pasta, por via plástica, para produtos de barro cozido para emprego na construção	191
Fig. 4.23 - Boquilha de uma fieira, extraída de (70)	193
Fig. 4.24 - Curva de contracção durante a secagem, segundo (69).	194
Fig. 4.25 - Orifícios visando a facilidade de manuseio, em elementos furados verticalmente	198
Fig. 4.26 - Orifícios visando a facilidade de manuseio, em elementos furados horizontalmente	198
Fig. 4.27 - Recorte nos topos dos elementos visando um posicionamento mais rápido e dispensando argamassa na junta vertical	198
Fig. 4.28 - Limites dimensionais relativos aos blocos com interrupção de junta, estabelecidos na E-309	203
Fig. 4.29 - Exigências dimensionais para os blocos com interrupção de junta horizontal, segundo NFPl3-301	204
Fig. 4.30 - Desvios de dimensões exteriores de blocos cerâmicos 30x20x11 das produções "B" e "C"	215
Fig. 4.31 - Desvios de dimensões exteriores de blocos cerâmicos 30x20x15 da produção "C"	216
Fig. 4.32 - Desvios de dimensões exteriores de blocos cerâmicos 30x22x20 das produções "B" e "C"	217
Fig. 4.33 - Teste de normalidade, formato 30x20x11, através da recta de Henry	230
Fig. 4.34 - Teste de normalidade, formato 30x20x15, através da recta de Henry	231
Fig. 4.35 - Teste de normalidade, formato 30x22x20, através da recta de Henry	232
Fig. 4.36 - Esforços instalados nos septos dos formatos 30x20x11 e 30x20x15	233
Fig. 4.37 - Esforços instalados nos septos do formato 30x22x20	234

CAPÍTULO 5

Fig. 5.1 - Exemplo de carta de controle

ÍNDICE DE QUADROS

Pág.

CAPÍTULO 2

Quadro 2.1	- Resistência média à compressão e composição aproximada das argamassas para alvenaria segundo CIB	15
Quadro 2.2	- Comparação estrutura reticulada de betão armado com alvenaria de enchimento, estrutura em alvenaria resistente	16
Quadro 2.3	- Peso percentual médio do sector das alvenarias resistentes, em termos de número de edifícios e fogos, relativos ao período 1977 a 1985	35
Quadro 2.4	- Peso económico percentual médio do sector das alvenarias resistentes, relativamente ao custo total da construção de edifícios no período 1977 a 1985	36

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1	- Composição do betão usado na confecção dos blocos, por amassadura e por m ³	47
Quadro 3.2	- Quantidade de água média adicionada em cada amassadura, de 1m ³ de inertes	54
Quadro 3.3	- Massa dos blocos B10 e B25 "frescos", imediatamente após moldagem	55
Quadro 3.4	- Teor em água total, em percentagem, dos inertes usados na confecção dos blocos, por colheita	60
Quadro 3.5	- Massa volúmica das partículas dos inertes usados na confecção dos blocos, em Kg/m ³ e por colheita	60
Quadro 3.6	- Baridade seca e húmida dos inertes usados na confecção dos blocos em Kg/m ³ e por colheita	61
Quadro 3.7	- Massa volúmica média, tensão de rotura por compressão média e coeficiente de variação dos cubos de betão aos 28 dias de idade e à data de ensaio dos blocos	64
Quadro 3.8	- Número de blocos defeituosos B10, de acordo com determinados atributos de aspecto.	65
Quadro 3.9	- Número de blocos defeituosos B25, de acordo com determinados atributos de aspecto.	66
Quadro 3.10	- Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos B10 para as diferentes colheitas	67
Quadro 3.11	- Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos B25 para as diferentes colheitas	68
Quadro 3.12	- Valores médios e coeficientes de variação das dimensões de septos, orifícios e reentrâncias	

	obtidas por medição, em cada uma das colheitas da geometria B10	69
Quadro 3.13	- Valores médios e coeficientes de variação das dimensões de septos, orifícios e reentrâncias obtidas por medição, em cada uma das colheitas da geometria B25	70
Quadro 3.14	- Valores médios, máximos, mínimos e coeficientes de variação da percentagem de furação de blocos B10	71
Quadro 3.15	- Valores médios, máximos, mínimos e coeficientes de variação da percentagem de furação de blocos B25	71
Quadro 3.16	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos da massa no estado natural, de blocos B10 aos 15 dias de idade, data mínima de fornecimento	72
Quadro 3.17	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos da massa no estado natural, de blocos B25 aos 15 dias de idade, data mínima de fornecimento	72
Quadro 3.18	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos da absorção da água por imersão de blocos B10	74
Quadro 3.19	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos do teor em água à data de fornecimento, blocos B10	74
Quadro 3.20	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos da absorção da água por imersão de blocos B25	75
Quadro 3.21	- Valores médios, coeficientes de variação, máximos e mínimos do teor em água à data de fornecimento, blocos B25	75
Quadro 3.22	- Valores médios, máximos e mínimos da massa volúmica dos blocos B10 e do betão constituinte no estado natural e seco	76
Quadro 3.23	- Valores médios, máximos e mínimos da massa volúmica dos blocos B25 e do betão constituinte no estado natural e seco	76
Quadro 3.24	- Amplitude das variações dimensionais entre estados convencionais extremos, blocos B10	78
Quadro 3.25	- Amplitude das variações dimensionais entre estados convencionais extremos, blocos B25	78
Quadro 3.26	- Prismas 4x4x16 da argamassa de regularização, resumo dos resultados	80
Quadro 3.27	- Valores médio, coeficientes de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos B10 e B25 aos 112 dias, da quinta colheita	85
Quadro 3.28	- Valores médio, coeficientes de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos B10 e B25 segundo a direcção paralela as faces de assentamento	85
Quadro 3.29	- Massa volúmica de 1m ² de parede realizado com blocos B10 ou B25	88
Quadro 3.30	- Parâmetros de caracterização térmica dos blocos	

	Pág.
de betão e paredes	89
Quadro 3.31 - Número de blocos cerâmicos 30x20x11 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto	101
Quadro 3.32 - Número de blocos cerâmicos 30x20x15 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto	101
Quadro 3.33 - Número de blocos cerâmicos 30x22x20 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto	102
Quadro 3.34 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30x20x11, da Fábrica "B"	105
Quadro 3.35 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30x20x11, da Fábrica "C"	106
Quadro 3.36 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C"	106
Quadro 3.37 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30x22x20, da Fábrica "B"	107
Quadro 3.38 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30x22x20, da Fábrica "C"	107
Quadro 3.39 - Secção média bruta e volume efectivo médio, para cada colheita, das geometrias 30x20x11 e 30x22x20 da Fábrica "B"	108
Quadro 3.40 - Secção média bruta e volume efectivo médio para cada colheita das geometrias 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 da Fábrica "C"	108
Quadro 3.41 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30x20x11, das Fábricas "B" e "C"	109
Quadro 3.42 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C"	109
Quadro 3.43 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C"	110
Quadro 3.44 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação de blocos cerâmicos 30x20x11, das Fábricas "B" e "C"	111
Quadro 3.45 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação de blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C"	111
Quadro 3.46 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação dos blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C"	112
Quadro 3.47 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos 30x20x11, das Fábricas "B" e "C", no estado seco	113
Quadro 3.48 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos	

	30x20x15, da Fábrica "C", no estado seco	113
Quadro 3.49	- Valores médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C", no estado seco	114
Quadro 3.50	- Valores médio, máximo e mínimo da massa volumica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30x20x11, das Fábricas "B" e "C"	114
Quadro 3.51	- Valores médio, máximo e mínimo da massa volumica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30x20x15, da Fábrica "C"	115
Quadro 3.52	- Valores médio, máximo e mínimo da massa volumica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30x22x20, das Fábricas "B" e "C"	115
Quadro 3.53	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão dos blocos cerâmicos 30x20x11, das Fábricas "B" e "C"	116
Quadro 3.54	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão dos blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C"	117
Quadro 3.55	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão dos blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C"	117
Quadro 3.56	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30x20x11, das Fábricas "B" e "C"	118
Quadro 3.57	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C"	119
Quadro 3.58	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C"	119
Quadro 3.59	- Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos cerâmicos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 da Fábrica "C", segundo a direcção paralela às faces de assentamento	128
Quadro 3.60	- Resultados do ensaio de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos	129
Quadro 3.61	- Massa de 1m ² de parede realizado com os formatos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 ensaiados	130
Quadro 3.62	- Parâmetros de caracterização térmica de blocos cerâmicos e paredes	131
Quadro 3.63	- Índice de isolamento sonoro aos sons aéreos, I _a , para as diferentes geometrias, segundo a sua origem	131

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1	- Alguns betões para elementos pré-fabricados e as suas características	142
Quadro 4.2	- Massa do betão e volume total de água do betão usado na confecção dos blocos da quinta, sexta e sétima colheitas	148
Quadro 4.3	- Indicadores da composição do betão das quinta, sexta e sétima colheitas	149
Quadro 4.4	- Dimensões de coordenação e de fabrico especificadas em normalização francesa, espanhola e inglesa sobre blocos de betão	155
Quadro 4.5	- Espessura mínima de septos exteriores e interiores de acordo com ASTM C90	160
Quadro 4.6	- Desvios máximos admissíveis para as dimensões exteriores dos blocos de betão segundo a normalização francesa, inglesa e americana	163
Quadro 4.7	- Percentagem de desvios individuais e médios positivos para as três dimensões exteriores dos blocos B10 e B25	164
Quadro 4.8	- Medições relativas as dimensões exteriores dos blocos B10 e B25 que não satisfazem a normalização francesa, inglesa e americana	166
Quadro 4.9	- Desvios individuais da espessura de septos exteriores e interiores nos blocos B10 e B25	168
Quadro 4.10	- Amplitude das massas dos blocos no estado natural	171
Quadro 4.11	- Blocos de betão para alvenarias de preenchimento, classificação ASTM, função da massa específica do betão	172
Quadro 4.12	- Valores máximos da absorção de água por imersão de blocos de betão, função da massa específica do betão e da utilização, segundo ASTM C90	175
Quadro 4.13	- Teor em água máximo relativamente à absorção total, função de retração por secagem, segundo ASTM C90 e C129	176
Quadro 4.14	- Exigências relativas a tensão de rotura por compressão de blocos de betão segundo a normalização francesa, inglesa, americana e CIB	179
Quadro 4.15	- Valores característico e mínimo da tensão de rotura de blocos B10 e B25 regularizados para as seis colheitas efectuadas	185
Quadro 4.16	- Razão entre os valores da tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados, para as diversas colheitas e geometrias	187
Quadro 4.17	- Valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica médios K_m ($W/m^2 K$), de paredes pesadas da envolvente de edifícios	187
Quadro 4.18	- Limites inferiores do índice de isolamento sonoro para os sons de condução aérea I_a , função da sua utilização	188
Quadro 4.19	- Exigências a satisfazer pelos elementos, função da sua qualificação	189
Quadro 4.20	- Algumas características das argilas utilizadas	

	nas produções "B" e "C", segundo (71)	196
Quadro 4.21	- Dimensões de coordenação e nominais de tijolos e blocos cerâmicos de acordo com a NP-834 e E-309	200
Quadro 4.22	- Dimensões exteriores permitidas segundo NFP13-301, para blocos correntes, função do número de fiadas de alvéolos	201
Quadro 4.23	- Dimensões exteriores permitidas segundo NFP13-301, para blocos com interrupção de junta horizontal, função do número de fiadas de alvéolos	201
Quadro 4.24	- Espessuras mínimas de septos, de acordo com a UNI8942-2ª. Parte	205
Quadro 4.25	- Percentagem máxima de produtos fissurados por tipo de fissura e número, função do número de fiadas de alvéolos verticais e do tipo de elemento, segundo a NFP13-301	208
Quadro 4.26	- Tolerâncias permitidas na normalização francesa para defeitos de planeza das faces e rectilinearidade das arestas	208
Quadro 4.27	- Limites de aceitação de blocos perfurados e vazados na horizontal, função do número de fissuras, segundo UNI8942/2	210
Quadro 4.28	- Exigências relativas à planidade das faces, rectilinearidade e ortogonalidade das arestas segundo UNI88942/2	210
Quadro 4.29	- Frequência média de defeitos apresentados, para as três geometrias, pelos elementos ensaiados	211
Quadro 4.30	- Desvios máximos admissíveis para as dimensões exteriores dos tijolos e blocos cerâmicos, segundo a normalização portuguesa, francesa e italiana	213
Quadro 4.31	- Amplitudes dos desvios individuais e médios obtidos nas medições dos formatos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 das produções "B" e "C"	214
Quadro 4.32	- Medições percentuais relativas às dimensões exteriores que não satisfizeram a normalização portuguesa	214
Quadro 4.33	- Elevação máxima dos edifícios acima do solo e espessura mínima das paredes em função do risco sísmico	220
Quadro 4.34	- Variações de massa seca dos blocos ensaiados	221
Quadro 4.35	- Exigências relativas a tensão por compressão de tijolos e blocos cerâmicos segundo a normalização portuguesa, francesa e italiana	228
Quadro 4.36	- Valores característicos da tensão de rotura dos blocos cerâmicos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 ensaiados, para as diversas colheitas efectuadas	233

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS ANEXO II

	Pág.
Fig. 1 - Preparação de provetes de betão na bloqueira para ensaio de compressão	326
Fig. 2 - Blocos de betão preparados para ensaio de variações dimensionais	326
Fig. 3 - Ensaio de rotura por compressão de blocos de betão regularizados com argamassa	327
Fig. 4 - Ensaio expedito de rotura por compressão de blocos de betão, com interposição de placas de contraplacado	328
Fig. 5 - Rotura de bloco de betão B10, com fissuras horizontais longitudinais nas faces exteriores do bloco	328
Fig. 6 - Rotura de bloco de betão B25, com fissuras horizontais longitudinais	328
Fig. 7 - Rotura de bloco de betão com fissuras verticais e esmagamentos localizados junto aos topos	329
Fig. 8 - Rotura de bloco de betão com desagregação total do bloco	329
Fig. 9 - Bloco cerâmico 30x20x11	330
Fig. 10 - Bloco cerâmico 30x20x15	330
Fig. 11 - Bloco cerâmico 30x22x20, da produção "C"	331
Fig. 12 - Bloco cerâmico com fissura transversal exterior	331
Fig. 13 - Bloco cerâmico com fissura longitudinal interior	332
Fig. 14 - Bloco cerâmico com crateras	332
Fig. 15 - Bloco cerâmico com diversas fissuras de definição muito irregular	333
Fig. 16 - Bloco cerâmico com defeitos de rectilinearidade planeza e ortogonalidade de faces e arestas	333
Fig. 17 - Bloco cerâmico com fendas de topo	334
Fig. 18 - Bloco cerâmico com defeito resultante de acidentes na moldagem, ou transporte em verde	334
Fig. 19 - Bloco cerâmico com defeito de cozedura, nota-se a aglutinação de fragmentos e resíduos do combustível sólido	335
Fig. 20 - Ensaio de rotura por compressão de blocos cerâmicos regularizados com argamassa	335
Fig. 21 - Configuração de rotura de bloco cerâmico 30x20x11	336
Fig. 22 - Configuração de rotura tipo de bloco cerâmico 30x20x15	336
Fig. 23 - Configuração de rotura de bloco cerâmico 30x22x20 "B"	337

Fig. 24 - Configuração de rotura tipo de bloco cerâmico
30x22x20 "C"

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

A abordagem do problema das alvenarias e dos materiais usados para a sua realização surgiu da percepção de que estes elementos não são objecto entre nós duma atenção compatível com a importância económica e tecnológica que têm para as construções.

Assim, inicialmente pretendia-se "mostrar" que em pequenos edifícios (pequeno e médio porte), sob o ponto de vista estrutural, as alvenarias resistentes são uma alternativa mais económica do que a solução em estrutura reticulada.

Todavia este objectivo esbarrava à partida com um obstáculo intransponível: a falta de informação sobre as características físicas e mecânicas dos materiais que se produzem em Portugal para este fim. E acabou por ser este o objectivo principal do presente trabalho.

Para a prossecução deste objectivo, e atendendo aos poucos recursos disponíveis, procedeu-se à caracterização experimental de uma produção de blocos de betão e duas produções de blocos cerâmicos da zona Norte do país, mas dispersas geograficamente. Esta caracterização procurou ser o mais completa possível por forma a possibilitar o tratamento rigoroso dos resultados.

Embora este assunto pareça importante, a sua abordagem, se desligada dos aspectos tecnológicos da produção e execução das alvenarias, torna-se algo árida; por isso, o seu enquadramento nestes aspectos foi uma preocupação constante.

Um outro aspecto que mereceu particular atenção foi a necessidade de estabelecer paralelo entre a situação vivida entre nós e a internacional, particularmente europeia, questão de grande acuidade em termos de Europa Comunitária.

O aspecto volumoso do trabalho resulta do carácter tecnológico do assunto tratado, de forte componente experimental, que obriga a referências constantes a normas e técnicas de ensaio, bem como a apresentação exaustiva de resultados.

Sob o ponto de vista organizativo o texto apresenta cinco capítulos e dois anexos.

Após esta breve introdução, no Capítulo 2 aborda-se em linhas muito gerais o domínio em análise.

Apresenta-se a nomenclatura, os materiais e as utilizações. Para a percepção completa do problema das alvenarias referem-se as principais exigências que as mesmas devem satisfazer, bem como os principais problemas ligados à execução das mesmas.

Finalmente faz-se uma análise, actual e em retrospectiva, da situação das alvenarias em Portugal e no estrangeiro.

O Capítulo 3 é dedicado à caracterização das produções ensaiadas. Apresentam-se de forma sucinta as produções, descrevem-se detalhadamente os critérios de amostragem, as técnicas de ensaio utilizadas e os resultados obtidos.

No Capítulo 4 apreciam-se os resultados obtidos no Capítulo anterior. Para cada aspecto em análise sintetiza-se a informação que se conhece nesse domínio, nomeadamente a de carácter exigencial, sempre que possível procuram-se as causas da não satisfação das exigências.

O Capítulo 5 é dedicado à síntese dos aspectos discutidos ao longo do texto. Apreciam-se em termos muito globais as produções caracterizadas; destas parte-se para o levantamento dos problemas do sector das alvenarias no nosso país, com destaque para a produção, execução e desempenho. Referem-se as acções de melhoria que poderiam ser empreendidas e o seu custo. Aborda-se o problema da qualidade. Por último fornecem-se pistas para futuro desenvolvimento.

No Anexo I apresentam-se fichas de ensaio, em geral adaptadas de normalização estrangeira, correspondentes à determinação de características não contempladas na normalização portuguesa.

No Anexo II apresentam-se algumas fotografias que documentam aspectos interessantes da caracterização efectuada.

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES SOBRE ALVENARIAS

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo aborda-se sucinta e genericamente o problema das alvenarias.

Começa-se por apresentar e discutir a nomenclatura adoptada neste trabalho, referindo os diferentes tipos de alvenarias, os elementos utilizados, o seu assentamento, as diferentes dimensões e furação habitualmente referidas, abordando por último a terminologia estatística utilizada.

Traça-se em linhas muito gerais o panorama das alvenarias com particular destaque para os materiais, elementos e argamassas e as utilizações possíveis, referindo entre outras a alvenaria resistente, de enchimento, de compartimentação e à vista. Prossegue-se este ponto com a referência às principais exigências a que as paredes devem satisfazer: segurança, estanquidade, conforto, durabilidade, manutenção e limpeza; por último discute-se o problema da execução das alvenarias em geral e referida a situações específicas como sejam as juntas, as paredes duplas, as alvenarias de enchimento e as resistentes.

O capítulo termina com a análise da situação das alvenarias entre nós, em retrospectiva e na actualidade, e internacionalmente para possibilitar o confronto.

2.2. NOMENCLATURA

2.2.1. Alvenarias

- Alvenaria - associação de elementos naturais ou artificiais, constituindo uma construção. Correntemente a ligação é assegurada por uma argamassa. Os elementos aglutinados naturais são pedras irregulares ou regulares, os artificiais podem ser cerâmicos, de betão ou outros. A alvenaria pode ser reforçada com armaduras.
- Alvenaria, aspecto final - Distinguem-se alvenarias de face à vista e alvenarias correntes, rebocadas.
- Alvenaria, localização - Distinguem-se as alvenarias inte-

riores, de compartimentação, das exteriores que fazem parte da envolvente.

- Alvenaria, função - Distinguem-se as alvenarias com função resistente para cargas verticias e horizontais, podendo ser ou não armadas, das alvenarias de simples preenchimento sem função estrutural.
- Alvenaria confinada - Alvenaria em que os panos de parede são limitados periodicamente por montantes e cintas em betão pouco armado, estrategicamente localizados, visando melhorar o comportamento da alvenaria sobretudo às acções horizontais, não sendo em geral a sua resistência considerada no cálculo.
- Alvenaria armada - Alvenaria com função resistente de comportamento melhorado pela introdução de armaduras e betão, segundo várias disposições e cuja resistência é considerada no cálculo.

2.2.2. Elementos

- Tijolo, acepção NP-80 - Produto obtido por secagem e cozedura em forno duma pasta argilosa previamente moldada por extrusão à fieira, prensagem ou conjuntamente os dois processos, de fabricação industrial e possuindo características regulares e controladas, assente com juntas de argamassa e servindo para construir paredes e divisórias.
- Tijolo, acepção adoptada - Pequeno elemento para alvenaria (*), geralmente de forma paralelepipedica, de fabricação industrial, possuindo características regulares, assente com juntas de argamassa e servindo para construir paredes e divisórias.
- Bloco de betão, acepção corrente - Produto em betão homogéneo, não armado, de inertes correntes ou leves, forma

(*) Não há uniformidade a nível internacional quanto ao volume do elemento que faz a transição do tijolo para o bloco. Segundo a norma italiana (1) esse volume é de 5500 cm^3 enquanto segundo a BS 6073, Part 1 (4) não pode exceder 8500 cm^3 , estando ainda o comprimento limitado a 337,5 mm,...

geralmente paralelepípedica, de fabricação industrial, possuindo características regulares e controladas, assente com juntas de argamassa, eventualmente secas, servindo para construir paredes e divisórias.

- Bloco, acepção adoptada - Elemento para alvenaria, geralmente de forma paralelepípedica, de dimensões superiores às do tijolo (*), de fabricação industrial, possuindo características regulares, assente com juntas de argamassa, eventualmente secas, servindo para construir paredes e divisórias.

2.2.3. Assentamento

- Junta - Espaço entre dois elementos adjacentes, preenchido ou não por material.
- Junta contínua - Junta em argamassa, estendendo-se de forma contínua duma face à outra.
- Junta descontínua - Junta em argamassa apresentando um ou mais vazios paralelos aos paramentos, existindo em todo o comprimento do elemento (junta horizontal), ou em toda a altura (junta vertical).
- Face de apoio - Face inferior do elemento na posição em obra, apoiando-se na argamassa inferior.
- Face de assentamento - Face superior do elemento na posição em obra, recebendo a camada de argamassa que irá constituir a junta horizontal superior.
- Secção de apoio - Superfície comum das faces de apoio e assentamento do elemento, sobrepostas por juntas de argamassa capazes de transmitirem as cargas.

... a espessura a 225 mm e a altura a 112,5 mm.

Para evitar esta indefinição adopta-se cada vez mais internacionalmente a designação de elemento ou unidade. No presente trabalho e dos formatos de elementos cerâmicos constantes da NP-834 (7), apenas o 22 x 11 x 7 merece a designação de tijolo, todos os outros são blocos. Quanto aos elementos de betão consideram-se todos como blocos.

2.2.4. Dimensões

- Dimensões de coordenação dimensional modular - Dimensão entre linhas ou planos modulares estabelecidos de forma coordenada, para uso comum e simultâneo no dimensionamento de elementos e edifícios por eles constituídos. No caso de elementos para alvenaria são as do volume de coordenação modular do elemento na parede acabada, resultam da dimensão do elemento somada com as duas meias juntas.
- Dimensão de fabrico ou nominal - Dimensão especificada para o fabrico dum elemento. Deve variar entre os limites controlados pela tolerância de fabrico.
- Dimensão efectiva - Dimensão encontrada por medição directa do elemento.
- Dimensão de trabalho - Dimensão de fabrico seleccionada, é geralmente a média das dimensões máxima e mínima.
- Dimensão de catálogo - Dimensão utilizada na linguagem corrente, designação comercial do elemento e que corresponde à ordem de grandeza obtida por aproximação ou arredondamento da dimensão de fabrico.
- Dimensão máxima - Maior dimensão permitida para a dimensão efectiva dum elemento.
- Dimensão mínima - Menor dimensão permitida para a dimensão efectiva dum elemento. Corresponde à dimensão máxima deduzida das tolerâncias de fabrico.
- Tolerância de fabrico - Diferença entre as dimensões máxima e mínima dum elemento. É a folga prevista para a falta de precisão no fabrico dum elemento.
- Volume efectivo aparente - Volume resultante do produto das dimensões efectivas exteriores.
- Secção bruta - Superfície obtida do produto das duas dimensões efectivas comprimento e espessura, medidas numa mesma secção horizontal. Na acepção corrente refere-se à secção mínima susceptível de ser obtida no elemento.
- Secção efectiva - Superfície obtida duma secção bruta

descontados os vazios. Na acepção corrente refere-se a secção mínima susceptível de ser obtida no elemento.

2.2.5. Furação

- Orifícios atravessantes - Vazios, normalmente associados à prensagem ou extrusão, que atravessam todo o elemento segundo a direcção horizontal ou vertical.
- Orifícios profundos não atravessantes - Vazios, normalmente associados à prensagem, atravessando grande parte do elemento na direcção horizontal ou vertical e que são limitados por uma parede pouco espessa.
- Orifícios de profundidade limitada - Cavidades de pequena profundidade, normalmente horizontais e cuja influência no enfraquecimento do elemento se considera negligenciável.
- Percentagem de furação - Razão entre a secção bruta deduzida da secção efectiva e a secção bruta (*). Expressa a relação entre a superfície total dos orifícios atravessantes, ou profundos não atravessantes, e a secção total da face perpendicular aos orifícios limitada pelo seu contorno.

2.2.6. Estatística

- Elemento - Unidade de material ou do produto (pode ser um objecto completo ou uma sua parte), ou o resultado de uma determinação.
- População - Conjunto de elementos homogéneos com características comuns e que diferem apenas no valor (ou intensidade), com o qual a característica considerada se apresenta.
- Característica - Qualquer propriedade que pode servir para diferenciar quantitativa ou qualitativamente os elementos

(*) A percentagem de furação é utilizada para classificar os elementos em maciços, perfurados e vazados, embora não exista coincidência entre a diversa normalização.

de um dado conjunto.

- Variável - Uma característica define-se como variável quando é susceptível de assumir valores diversos, mesuráveis com continuidade.
- Atributo - Uma característica define-se como atributo quando não é mesurável (ou quando não se pretende medi-la), vindo apenas expressa através dum juízo de pertença a uma ou várias categorias.
- Observação - Valor medido ou observado de uma dada característica.
- Classe - Intervalo oportunamente seleccionado, delimitado por dois valores da variável, por forma a subdividir em mais classes o campo de variação da característica considerada. É corrente identificar cada observação pertencente ao intervalo com o valor correspondente ao centro da classe.
- Frequência - Número de vezes que a característica, expressa como variável assume um dado valor ou pertence a uma determinada classe; ou, se expressa como atributo, pertence a uma determinada categoria. Designa-se por frequência relativa a relação entre a frequência e o número total de observações.
- Histograma - Representação gráfica num plano cartesiano de uma distribuição de frequência, tal representação é constituída por uma sucessão de rectângulos tendo como base (segundo as abcissas), o intervalo da classe e como altura a correspondente frequência.
- Amostra - Elemento ou grupo de elementos, oportunamente extraído da população de forma representativa, com o objectivo de recolher informação sobre essa.

2.3. PANORAMA GERAL DAS ALVENARIAS

2.3.1. Materiais

2.3.1.1. Materiais principais

Os elementos aglutinados, que juntamente com a argamassa constituem a alvenaria, podem ser naturais ou artificiais. Ao longo dos tempos constituíram um dos principais materiais de construção.

Os elementos naturais foram os primeiros a ser utilizados. São as pedras naturais de diversas origens, componente sólido da crosta terrestre, que foram sendo usadas com exigências e preparação crescente. De um modo geral esta preparação visa adequar a forma e as dimensões do bloco à utilização pretendida.

Uma boa pedra de construção deve obedecer a determinados requisitos:

- resistência mecânica aos esforços a que vai ser submetida;
- resistência à acção do tempo, dos agentes atmosféricos ou de produtos agressivos de diversas naturezas;
- trabalhabilidade compatível com as técnicas de laboração;
- porosidade não exagerada, mas também suficiente para possibilitar uma boa aderência às argamassas de assentamento.

Mas o Homem na busca de novas soluções, procurou imitar as pedras naturais e criou blocos artificiais.

Estes primeiros elementos foram de origem argilosa, com diversas formas e dimensões, função da utilização, ou imitando simplesmente blocos de pedra. Foram produzidos inicialmente com terra argilosa contendo impurezas, depois com argila mais limpa e menos arenosa, secos ao Sol. Constatando que os do primeiro tipo se comportavam melhor passou-se a adicionar ervas secas e palha, juntando areia quando esta não aparecia na argila.

Esta técnica já era usada antes de 6000 a.C. e desenvolveu-se muito em torno da bacia mediterrânica, zona cujo clima possibilitava a secagem ao Sol, sendo ainda hoje usada em muitas partes do Globo.

Posteriormente verificou-se que as características dos elementos melhoravam significativamente se estes fossem cozidos. Esta técnica foi usada pelos Sumérios na cidade de Ur cerca de 3000 anos a.C., mas foram os Romanos mais tarde que a aperfeiçoaram muito para produção em grandes quantidades, devido às exigências de construção rápida, do desenvolvimento urbano da Roma imperial.

Alguns povos da Antiguidade criaram uma expressão arquitectónica própria adequada à utilização do tijolo, hoje muito divulgada em grande parte dos países da Europa.

Com a revolução industrial, nos meados do século passado o desenvolvimento do processo foi espectacular, conseguindo-se prodígios nas formas, dimensões, leveza e resistência dos elementos, requerendo normalmente novas técnicas de aplicação.

Com o aparecimento do betão no fim do século passado, surgiram os blocos de betão de inertes correntes. Os métodos de fabrico inicialmente utilizados deram origem a produtos de qualidade variável, no entanto, mais recentemente, a introdução de máquinas e métodos racionais de produção permitiram produzir blocos de betão de qualidade controlada.

Da tentativa de melhorar as características de desempenho térmico, bem como realizar blocos mais leves, surgiram os blocos de inertes leves. Estes podem ser naturais ou artificiais. São exemplo do primeiro caso certos inertes resultantes de rochas vulcânicas leves. Os inertes artificiais são mais utilizados, resultam frequentemente de transformações efectuadas sobre elementos naturais, como é o caso da argila expandida ou da cortiça mineralizada; noutros casos utilizam-se mesmo outros materiais como por exemplo grânulos de poliestireno expandido.

Existem ainda outros materiais utilizados na realização das alvenarias, de que referiremos apenas os blocos de betão celular autoclavado, que conciliam uma grande leveza com uma razoável resistência mecânica.

Todos estes materiais deverão em geral satisfazer a um conjunto de requisitos gerais e específicos, função da tecnologia de produção, do seu destino e das exigências funcionais que se pretende venham a satisfazer. Normalmente a fixação dessas características, bem como dos ensaios necessários à sua determinação é realizada em normas, repartindo-se sobretudo em exigências de aspecto, geométricas, físicas e mecânicas, a discutir oportunamente.

2.3.1.2. Argamassa

Embora existam alvenarias secas, realizadas sem argamassa, esta é geralmente imprescindível para a execução das mesmas. O papel da argamassa é aglutinar os elementos.

Uma argamassa é uma mistura em proporções adequadas de aglomerante ou ligante com areia e água, para obter uma massa fresca de consistência adaptada ao uso, com a capacidade de endurecer num tempo mais ou menos longo, dependendo do ligante usado na sua preparação.

a) Ligantes

Os ligantes aéreos e hidráulicos provocam a ligação por transformação física ou por reacção química; resultam da decomposição de rochas por acção do calor. Nas alvenarias usou-se inicialmente argila como aglomerante, posteriormente ligantes aéreos e finalmente os hidráulicos. Os mais usados são:

- gesso;
- cal aérea;
- cal hidráulica;
- cimento.

b) Inertes

A areia constitui a estrutura mineral da argamassa, ocupando cerca de 65 a 70% do seu volume. Pode ser natural ou artificial, se tiver sido britada. A proveniência mineralógica define o seu tipo. As substâncias prejudiciais devem assumir pequenas percentagens ou não existir.

A granulometria da areia influencia a resistência e trabalhabilidade da argamassa. Segundo Tubi (8), a "Federação Europeia dos Fabricantes de Telhas e Tijolos" recomenda para a realização das alvenarias a seguinte granulometria:

$$\left. \begin{array}{l} 0 - 2 \text{ mm} \geq 10\% \\ 2 - 4 \text{ mm} \\ 4 - 5 \text{ mm} \leq 5\% \end{array} \right\} \geq 95\%$$

A parcela inferior a 3μ não deve ultrapassar 4% e a dimensão máxima das partículas (*) não deve ser superior a metade da espessura da junta.

c) Características gerais das argamassas para assentamento das alvenarias

Praticamente podem usar-se todos os tipos de argamassas desde que se tenha presente que algumas das características que se pretendem obter são contraditórias:

*) Lembra-se que segundo a NP-1379 (10) a máxima dimensão do inerte é a menor abertura do peneiro, de uma série de peneiros (ver NP-1458 (11)), através da qual passa pelo menos 90% da massa do inerte.

- a resistência mecânica aumenta com a qualidade e quantidade do ligante;
- o aumento da resistência mecânica e da qualidade do ligante faz aumentar a retracção e a fissuração, diminui a trabalhabilidade e a capacidade da parede se adaptar a movimentos;
- o aumento da quantidade de água diminui a resistência;
- a melhoria da trabalhabilidade sem diminuir a resistência, requer o emprego de plastificantes;
- a cal é um retentor de água que atenua a absorção de água pelos elementos a aglutinar.

Assim as argamassas aéreas, realizadas com cal ou gesso apresentam boa trabalhabilidade, mas baixas resistências mecânicas e são facilmente atacáveis pelos agentes atmosféricos, devendo ser usadas sobretudo no interior. As argamassas hidráulicas, particularmente as realizadas com cimento, apresentam elevadas resistências mecânicas, grande impermeabilidade, mas retracção considerável.

Interessa referir que sendo a resistência mecânica da alvenaria função da resistência mecânica do elemento e da argamassa utilizada, o emprego de argamassas muito ricas só tem interesse se os elementos apresentarem resistências compatíveis, sob pena da solução ser anti-económica e provocar problemas de desempenho desnecessários.

É assim de todo o interesse o emprego de argamassas bastardas de cimento e cal, nas proporções adequadas ao tipo de alvenaria a realizar. Eventualmente a cal pode ser constituída por mistura de cal aérea e hidráulica, podendo também a argamassa ser aditivada.

A generalidade dos regulamentos sobre construções de alvenaria preconiza a adopção de classes de argamassa, com a vantagem de se poder, a partir do conhecimento do tipo de argamassa e da resistência mecânica do elemento, obter a resistência da alvenaria.

A publicação 94 do CIB (9) refere os tipos de argamassa constantes do quadro 2.1. Recomenda que a argamassa M2 não seja utilizada na realização de alvenaria armada, alvenaria em contacto com o solo ou exposta a condições climatéricas severas.

2.3.2. Utilizações

A realização de paredes esteve sempre associada às alvenarias.

Quadro 2.1 - Resistência média à compressão e composição aproximada das argamassas para alvenaria segundo CIB

Tipo de argamassa	Resistência média a compressão aos 28 dias (MPa)	Composição aproximada em volume		
		Cimento	Cal	Areia
M 20	20	1	0 - 1/4	2 1/4 - 3
M 10	10	1	1/4 - 1/2	vezes a so
M 5	5	1	1/2 - 1 1/4	ma do cimen
M 2	2.5	1	1 1/4 - 2 1/2	to e cal

Mesmo hoje, com todos os desenvolvimentos tecnológicos é ainda a alternativa mais interessante na generalidade das obras.

As suas funções alargaram-se e modificaram-se, sendo corrente associar a utilização principal para designar a alvenaria; é assim vulgar referir as alvenarias portantes, de enchimento, de compartimentação ou à vista, embora algumas destas funções possam ser desempenhadas em simultâneo pelo mesmo paramento.

2.3.2.1 Alvenaria resistente

Como a designação refere claramente, a alvenaria realiza a estrutura do edifício sustentando as cargas verticias que lhe chegam das paredes situadas acima, das vigas e pavimentos, bem como contraventando o edifício garantindo a resistência às acções horizontais. É a utilização mais tradicional da alvenaria e constitui o sistema estrutural mais antigo na história de quase todas as civilizações.

Ainda hoje compete em termos económicos com as estruturas reticuladas de betão armado, na realização de edifícios, revelando-se mesmo mais económica para idênticos níveis de qualidade, de acordo com alguns estudos que se conhecem.

Em Portugal Nuno Abrantes (12) apresenta uma comparação económica, para um edifício de pequeno porte (R/C e 3 pisos), em que a solução em alvenaria resistente conduz a uma economia na obra de toscos de cerca de 10%.

Internacionalmente Tubi (8) refere estudos conduzidos em Inglaterra e nos Estados Unidos que apontam no mesmo sentido, sendo a diferença mais sensível para edifícios de pequeno e médio

porte.

Quadro 2.2 - Comparação estrutura reticulada de betão armado com alvenaria de enchimento, estrutura em alvenaria resistente

Aspecto em análise	Estrutura reticulada de betão armado com alvenaria de enchimento	Estrutura em alvenaria resistente
Alvenaria	É normalmente considerada como uma acção permanente	Faz parte do sistema estrutural
Fundações	Concentra as cargas no solo; maior volume	Reparte as cargas em maiores áreas do solo; menor volume
Cofragem e armaduras	Em maior número e mais complicadas	Cofragem e armaduras reduzidas e simples
Consumo de aço e betão	Superior à estrutura em alvenaria resistente	Inferior à estrutura reticulada
Paramentos	Descontinuidade nas espessuras de parede/estrutura	Continuidade nas espessuras de paredes
Revestimentos	Quantidades superiores; maior dificuldade	Quantidades inferiores; simplicidade
Execução	Trabalhos mais longos; elevada racionalização	Trabalhos mais rápidos, permite trabalhos simultâneos, menor racionalização
Mão de obra	Mais diversificada	Menos diversificada
Argamassas e elementos	Simples, controlo reduzido	Exigem controlo
Modificações arquitectónicas	Simples	Execução difícil e dispendiosa
Limitações arquitectónicas	Reduzidas	Exige concepção específica

A comparação entre estrutura reticulada de betão armado com alvenaria de enchimento e estrutura em alvenaria resistente apresenta-se no quadro 2.2 onde se sintetizam os aspectos mais significativos.

Na Europa, mas sobretudo nos Estados Unidos, há exemplos de grandes edifícios (20 pisos) realizados em alvenaria e alvenaria armada, alguns localizados em zonas de elevado risco sísmico.

A alvenaria armada é uma variante técnica moderna que melhora significativamente a capacidade resistente, particularmente à flexão e corte e o comportamento conjunto com os elementos horizontais (vigas, pavimentos,...), sendo sobretudo eficiente em zonas sísmicas.

Os elementos utilizados devem ter furação compatível com a passagem de armadura vertical e horizontal e enchimento de zonas localizadas.

Como alternativa intermédia entre a alvenaria não armada e a alvenaria armada, existe a alvenaria confinada, sistema em que a alvenaria simples é limitada por cintas e montantes de betão levemente armados, localizando-se as primeiras no mínimo em cada pavimento e os segundos no cruzamento de paredes e noutros pontos criteriosamente escolhidos, para que o seu afastamento resulte equilibrado. As padieiras e ombreiras das aberturas deverão em geral ser também confinadas.

Esta alternativa revela-se muito interessante porque assegura ao conjunto uma certa ductilidade e capacidade de absorver tracções, fundamental em zonas de eventual risco sísmico; daí o seu interesse para Portugal acentuado por esta solução poder ser realizada com os elementos habitualmente utilizados em alvenaria não armada.

A capacidade resistente duma alvenaria depende de muitos factores, mas os mais importantes são a capacidade resistente do elemento, muito influenciada pela sua furação, a argamassa e ainda a altura, ligações e presença de panos ortogonais.

É importante distinguir entre alvenaria portante interior e exterior ou perimetral. Enquanto na primeira interessa sobretudo a capacidade resistente, nas outras é também muito importante a eficiência térmica, acústica e a protecção dos agentes atmosféricos. Assim pode ser necessário usar sistemas diferentes, correntemente utilizando no exterior elementos mais espessos, mais furados e portanto mais isolantes, enquanto no interior se podem utilizar elementos com baixa percentagem de furação.

2.3.2.2. Alvenaria de enchimento

Trata-se duma alvenaria cujo objectivo principal é constituir uma separação entre o ambiente habitado e o exterior. Deve ser capaz de assegurar um bom isolamento térmico e acústico, constituindo uma protecção eficiente contra as condições atmosféricas adversas; no entanto têm também que ser autoportante.

As alvenarias de enchimento têm uma grande utilização nos edifícios em estrutura reticulada e mesmo nos edifícios de estrutura resistente de alvenaria, no preenchimento dos panos não resistentes.

2.3.2.3 Alvenaria de compartimentação

Estas alvenarias têm uma função específica de compartimentação interior, sendo usadas na limitação dos espaços. Os principais requisitos, apesar de contraditórios, são a leveza e o isolamento acústico.

Normalmente utilizam-se elementos com grande percentagem de furação, com espessuras entre 7 e 15 cm.

O isolamento acústico nem sempre é o conveniente, devendo-se, quando essa exigência for determinante, aumentar a massa e a espessura, interpor ou revestir as paredes com materiais isolantes ou realizaras paredes com elementos alveolados fonoabsorventes.

2.3.2.4 Alvenaria à vista

A alvenaria à vista, sobretudo com elementos cerâmicos, é a expressão superior da utilização da alvenaria. Todas as utilizações referidas podem ser realizadas em alvenaria à vista; adapta-se às mais variadas soluções e possibilita aos arquitectos grande margem de criatividade, através da utilização da cor dos elementos e das suas diferentes tonalidades, da cor da argamassa, da disposição das juntas, do formato e da disposição dos elementos.

A alvenaria à vista é uma solução com menores custos de manutenção do que as outras alternativas de acabamento, no entanto as exigências são maiores em termos de qualidade, aspecto e

resistência aos agentes atmosféricos, o que implica um custo inicial maior.

2.3.2.5. Outras utilizações

Existem ainda muitas outras utilizações das alvenarias, de menos importância, mas que se poderiam referir. Salientam-se entre outros os muros de vedação exteriores, normalmente realizados em alvenaria e obras de suporte de terras que tiveram larga utilização no passado.

2.3.3. Exigências principais a satisfazer

Vão-se abordar as exigências de desempenho mais importantes para as paredes. A formulação apresentada segue de perto a referida em (13).

2.3.3.1. Segurança

a) Segurança estrutural

As paredes deverão ser capazes de garantir um perfeito funcionamento em serviço, durante a construção e sob acções de acidente. Naturalmente as acções que a parede suporta serão diferentes de acordo com a respectiva utilização.

Na hipótese de alvenarias de simples enchimento, a parede deverá em serviço ter a resistência suficiente para ser autoportante, tanto para as cargas verticais como normais ao seu plano, sobretudo vento e sismos. As ligações aos elementos estruturais deverão obviamente ser eficientes e capazes de transmitirem as cargas suportadas pelas paredes.

Durante a construção a parede deve resistir a acções devidas ao equipamento de construção, bem como ser estável em situações transitórias de execução, a menos que sejam tomadas disposições construtivas que assegurem o seu escoramento.

Sob acções de acidente a parede poderá ser solicitada por choques violentos, ou explosões. Dado que a parede não é estrutural, poderá não ser economicamente interessante dimensioná-la para resistir por si só a estas acções; será uma decisão a

tomar em cada caso.

Quanto às alvenarias resistentes as exigências são maiores, devendo em serviço a parede ser estável sob acção das cargas verticais e horizontais que suporta, participando portanto no contraventamento da construção. A situação durante a construção é idêntica à anteriormente analisada, mas no caso das acções de acidente convirá que a parede seja estável, sob pena de existir risco de colapso progressivo.

Quer nas alvenarias de enchimento, como nas alvenarias resistentes as acções são as especificadas nos regulamentos respectivos.

Recentemente estes problemas têm tido um grande desenvolvimento internacional, que permite tratar o cálculo das alvenarias resistentes de forma análoga aos materiais de utilização estrutural mais estudada, caso do aço e do betão (9). Os valores característicos das resistências podem ser obtidos por via experimental ou a partir do conhecimento dos valores característicos das resistências dos elementos e da argamassa.

Tratamento aprofundado requerem os problemas de encurvadura, do comportamento sob acção dos sismos, do funcionamento das paredes duplas, da alvenaria armada e da recuperação de edifícios antigos com valor arquitectónico, que são temas de investigação actual (14), (15) (16).

É importante sublinhar que todo este rigor de cálculo só faz sentido, se acompanhado do conhecimento dos materiais e de mecanismos de controlo de qualidade da produção dos elementos e da construção.

b) Segurança contra riscos de incêndio

As paredes devem ser concebidas, dimensionadas e construídas de forma a limitar os riscos de incêndio e do seu desenvolvimento (17).

Para tal, e para além das acções de índole preventiva, os materiais e elementos de construção devem apresentar respectivamente uma reacção e resistência ao fogo adequadas. Estas sintetizam-se no respeito de disposições regulamentares (17).

No caso de paredes estruturais interessa sobretudo a estabilidade ao fogo, quantificada pelo tempo que decorre desde o início do fogo, até ao momento em que se esgota a capacidade resistente do elemento, sob as acções de dimensionamento.

Num elemento que cumpra apenas funções de compartimentação, considera-se que estas disposições deixam de ser satisfeitas quando se atingem determinados limiares de temperatura na face não exposta ao fogo, critério de isolamento térmico -pára-chamas- ou, quando nessa mesma face se verifica a emissão de chamas ou gases inflamáveis, critério de estanquidade- corta-fogo.

Para os elementos que desempenham simultaneamente funções de suporte e compartimentação, a resistência ao fogo é avaliada simultaneamente por todos os critérios.

As paredes exteriores devem garantir resistências ao fogo compatíveis com as que se referiram para os elementos estruturais, dada a necessidade de proteger edifícios vizinhos de incêndios no interior da construção e vice-versa.

c) Outras exigências de segurança

Dentre as outras exigências de segurança referem-se a segurança contra intrusões, ou seja a resistência à demolição e desmontagem por meios improvisados, importante em paredes exteriores, e a segurança contra acções de choque.

2.3.3.2. Estanquidade

a) A água

As paredes devem ser estanques à água em zona corrente e em zonas singulares.

A água pode ser proveniente do exterior (da chuva associada ao vento) e do solo, ou do interior.

A penetração da água do exterior nas paredes faz-se por capilaridade.

A satisfação dos requisitos de estanquidade consegue-se através da int erposição de barreiras estanques e dis posições drenantes.

Segundo o documento normativo francês relativo às exigências a satisfazer pelas alvenarias, DTU 20.1 (18), a resistência à penetração da chuva depende sobretudo de:

- materiais constituintes da parede, da sua susceptibilidade de absorver água e do estado de conservação da parede;
- existência de corte de capilaridade, que impossibilite a migração de água para o interior, são exemplo de cortes de capilaridade as lâminas de ar e os materiais não hidrófi-

los;

- existência de uma parede dupla, em que o pano interior está separado do exterior por uma lâmina de ar, na base da qual existem dispositivos de recolha e evacuação para o exterior das águas eventualmente infiltradas;
- existência de um revestimento exterior estanque que inviabiliza o contacto da água com a alvenaria.

O referido DTU permite, para a França, conhecida a localização, a altura da parede acima do solo e a presença ou ausência de uma protecção contra o vento e a chuva, seleccionar o tipo de parede a utilizar, entre quatro soluções padrão.

A água proveniente do interior resulta da utilização e produção interna de vapor; normalmente a estanquidade é assegurada pelos revestimentos.

b) Ao ar

A estanquidade ao ar e aos gases deve ser um compromisso entre a ventilação mínima imprescindível à ocupação dos espaços, e o respeito por limites máximos, por forma a evitar o desconforto devido às correntes de ar e a gradientes de temperatura. Particular atenção deverão merecer os seguintes casos:

- paredes duplas - ao nível da parede interior, quando a exterior, possui orifícios de drenagem de água e ventilação da caixa de ar;
- nas ligações das paredes com outros elementos: pavimentos, carpintarias, caixas de estores, instalações embutidas...;
- nas paredes não revestidas.

2.3.3.3. Conforto

a) Conforto térmico

As paredes devem ser concebidas por forma a que no interior dos edifícios se criem e mantenham condições ambientais satisfatórias em termos de temperatura, humidade, velocidade e qualidade do ar.

Estas condições variam bastante com o destino do edifício, o tipo de ocupação a que está sujeito e com as condições de exploração.

Os parâmetros principais que condicionam o comportamento térmico dos edifícios são:

- inércia térmica do local, correlacionável com a tipologia construtiva;
- coeficiente de transmissão térmica dos elementos, paredes em particular, da envolvente;
- sombreamento das paredes exteriores;
- cor e textura dos paramentos exteriores.

Habitualmente expressam-se as exigências de conforto térmico, dependentes da localização e utilização do edifício, segundo duas perspectivas:

i) - Conforto de Inverno

- temperatura mínima a satisfazer;
- ventilação mínima para assegurar pureza do ar;
- isolamento térmico mínimo dos elementos opacos correntes e localizados, visando limitar os riscos de condensações superficiais nos paramentos interiores e os gastos de energia por aquecimento;
- tipos de vãos envidraçados, função da orientação.

ii) - Conforto de Verão

- inércia térmica mínima do edifício;
- protecção solar de paredes, coberturas e vãos envidraçados;
- ventilação.

b) Conforto acústico

As paredes devem contribuir para que os edifícios proporcionem aos seus utentes condições satisfatórias de conforto acústico, tendo em conta a sua localização e respectivas condições de vizinhança relativamente a zonas exteriores e outras construções onde possa haver produção significativa de ruído. O mesmo conforto deve ser conseguido em relação aos ruídos produzidos no interior da própria construção.

A concepção das paredes em termos acústicos deverá assegurar:

i) Isolamento sonoro aos sons aéreos

As paredes interiores e exteriores envolventes dum compartimento deverão apresentar índices de redução sonora, I_a (dB), suficientes para que o nível percebido nesse compartimento, não ultrapasse determinados limiares, independentemente do ruído produzido no exterior.

ii) Absorção sonora dos paramentos

Os revestimentos das paredes deverão ser tais que originem tempos de reverberação adequados às utilizações dos compartimentos.

iii) Ruídos de percussão

Deverão adoptar-se soluções e disposições construtivas que minimizem as transmissões de som por percussão.

iiii) Ruídos emitidos pelas paredes

Deverão adoptar-se disposições construtivas que minimizem os ruídos produzidos por vibrações, canalizações integradas nas paredes, silvos originados pelos ventos, variações dimensionais das paredes...

c) Outras exigências de conforto

Das restantes exigências de conforto referem-se apenas as mais significativas:

- conforto visual - aspecto das paredes, como sejam a rectilinearidade das arestas, planeza da superfície, homogeneidade de cor e brilho;
- conforto táctil - limitação das superfícies rugosas, pegajosas ou viscosas, privilegiar a existência de temperatura e humidade superficial adequada.

2.3.3.4. Durabilidade, manutenção e limpeza

As paredes devem ser concebidas por forma a que quer a sua segurança, quer as características funcionais dos materiais, elementos e equipamentos nelas aplicados, não sejam afectados

durante um período em princípio não inferior a 50 anos, admitindo que, ao longo desse período, esses materiais, elementos e equipamentos serão submetidos a cuidados normais de conservação. O período de vida útil poderá ser reduzido no caso de elementos cuja substituição seja considerada como fazendo parte dos cuidados normais de conservação, no caso de materiais submetidos normalmente a acções de desgaste ou de certos componentes de menor durabilidade.

Para satisfação destes objectivos os materiais constituintes das paredes deverão:

- resistir aos agentes climáticos (humidade, arrefecimento, radiação ultra-violeta, choques térmicos...);
- apresentar comportamento adequado para os movimentos de conjunto da construção, quer em zonas correntes como nas juntas (movimentos térmicos, variações dimensionais com a humidade, deformações instantâneas e diferidas, assentamentos de apoio...);
- resistir à abrasão e à erosão;
- resistir aos agentes químicos e biológicos;
- materiais e equipamentos integrados serem facilmente substituíveis;
- apresentar facilidade de limpeza e desinfectação.

2.3.4. Execução das alvenarias

2.3.4.1. Em geral

A execução das alvenarias deve obedecer a um conjunto de boas práticas construtivas de que se vão referir as mais significativas.

Os elementos devem permanecer em obra em local limpo e abrigado, sem estarem em contacto com o solo húmido e poluente. No caso particular dos blocos de betão interessa assegurar um prazo mínimo entre o fabrico e a aplicação para completar a cura, aumentar a resistência e diminuir as variações dimensionais.

No assentamento os elementos não deverão em geral ser molhados, particularmente os blocos de betão. Nos casos em que estes são muito absorventes é normalmente recomendada a adição à argamassa de um retentor de água que limite a extracção de água de amassadura por parte dos blocos.

Em geral é conveniente utilizar argamassas bastardas, embora a composição deva ser ajustada função da utilização. As juntas devem ser de espessura uniforme, recomendando-se que não ultrapassem os 12-13 mm. Entre fiadas os elementos deverão ser contrafiados de $1/3$ a $1/2$ do seu comprimento para minimizar a ocorrência de secções frágeis. Os elementos devem ser sempre assentes na posição para que efectivamente foram concebidos para não comprometer o seu desempenho.

Particular atenção deverão merecer as ligações entre as alvenarias e as caixilharias. A transmissão às paredes de cargas provenientes de padieiras e linteis deverá ser cuidada e a entrega nunca deverá ser inferior a 20 cm.

A interrupção diária dos trabalhos convém que seja planeada por forma a não comprometer o funcionamento da parede, podendo ser necessário proteger o pano em construção.

No cruzamento de paredes as camadas devem ser contrafiadas; no caso de paredes exteriores o desempenho térmico não deve ficar comprometido. Na ligação de paredes interiores a exteriores podem usar-se agrafos, mas quando a parede tem uma função de contraventamento devem tomar-se precauções especiais.

A execução das alvenarias está sujeita a determinadas tolerâncias dimensionais. Existem tolerâncias aplicáveis aos elementos constituintes que se analisarão oportunamente. Quanto às paredes o DTU 20.1 (18) refere:

a) Dimensões

- desvios entre as distâncias duma parte da obra e uma outra vizinha (distância entre duas paredes) não deve ultrapassar ± 2 cm;
- desvios relativamente às espessuras de dimensionamento não devem ultrapassar ± 1 cm;
- desvios de verticalidade de um paramento inferiores a 1,5 cm, para uma altura de piso corrente;

b) Planeza e estado da superfície

Define várias alternativas função do material a utilizar e da existência ou não de revestimento, distinguindo ainda, no caso de elementos cerâmicos ou de betão a rebocar, execução corrente e cuidada. Na avaliação da planeza são utilizados um cordão de 10 m para a planidade geral das alvenarias de pedras naturais, uma

régua de 2.00 m para os outros materiais e uma régua de 20 cm para verificações locais.

2.3.4.2. Juntas

As paredes estão sujeitas a várias acções que lhes provocam variações dimensionais. São a retracção por cura da argamassa, as variações provocadas pela humidade, as deformações por variação térmica e os assentamentos de apoio entre outras. Se não forem tomadas as adequadas disposições construtivas estas variações podem dar origem a fissuras desordenadas, agravadas pelo aumento do ritmo de construção que faz com que alguns desses defeitos ocorram depois da mesma estar terminada.

Convém assim prever determinadas juntas com diferentes funções. A necessidade de juntas cresce com o emprego de argamassas mais resistentes e em estruturas mais flexíveis. As paredes duplas têm um comportamento próprio, variável com a existência de agraçagem e com o tipo desta.

É corrente distinguir juntas de controlo ou de retracção e juntas de dilatação (8). O DTU 20.1 (18) considera ainda um outro tipo de junta de dilatação designada por junta diapasão, que existe apenas no último piso se o isolamento térmico da cobertura em terraço não for satisfatório. Esta junta estende-se também à laje de cobertura. Na fig. 2.1 apresentam-se os diversos tipos de juntas.

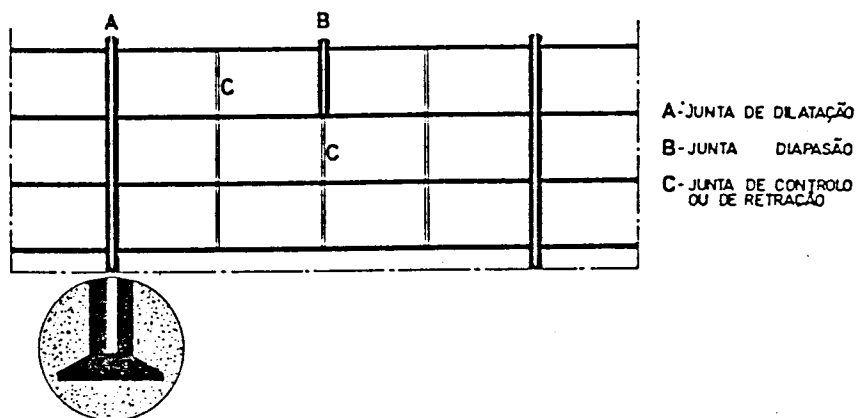


Fig. 2.1 - Diferentes tipos de juntas segundo a DTU 20.1

As juntas de retracção cortam apenas a parede, têm menores

afastamentos e localizam-se correntemente nas mudanças de espessura, num ou nos dois lados duma abertura, a meia distância dos ângulos do edifício ou coincidentes com as variações em planta do edifício. A sua espessura é normalmente igual ou superior a 1 cm, podendo ser direita ou denteada, fig. 2.2.

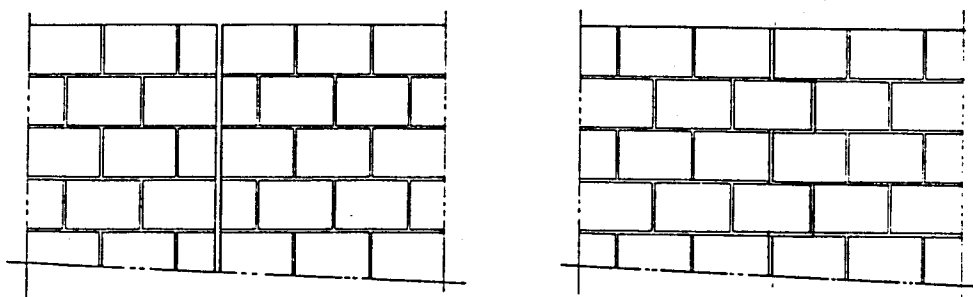


Fig. 2.2 - Exemplos de juntas de retracção ou controlo direita e denteada

As juntas de dilatação são necessárias para edifícios com maior desenvolvimento e cortam todo o edifício. Podem ser aconselháveis quando há variações de secção em planta ou em altura; a espessura é normalmente superior a 1.5 cm.

O espaçamento entre juntas depende de vários parâmetros:

- função da alvenaria;
- concepção geral do edifício;
- condições climáticas do local.

O acabamento da junta depende das exigências de estanquidade ao ar e à água e de razões estéticas, mas como princípio geral a massa selante deve ser compatível com os deslocamentos possíveis da junta.

2.3.4.3. Paredes duplas

a) Generalidades

Uma parede dupla é uma parede com lâmina de ar incorporada, constituída por dois panos de parede afastados de 40 a 120 mm e preferencialmente ligados por agrafos.

A espessura das paredes é variável; no mínimo e segundo (8) o pano exterior deverá ter 11 cm; há regulamentos e bibliografia

que autorizam espessuras inferiores (19), mas referidas a tijolos maciços; o pano interior, em geral mais espesso, é variável.

Os materiais podem ser diversos, mas devem assegurar a durabilidade da parede.

As principais vantagens das paredes duplas são as seguintes:

- em alvenaria à vista permitem utilizar pelo exterior elementos de melhor qualidade, pouco espessos, enquanto pelo interior se usam materiais mais económicos ou mais isolantes termicamente, o que se torna mais económico;
- as duas paredes, embora menos espessas, colaboram, desde que convenientemente agrafadas, na resistência às acções horizontais;
- quando se recorre a alvenaria resistente e o pano portante é o interior, a estrutura encontra-se abrigada das variações de temperatura;
- permitem minimizar as pontes térmicas;
- utilizando isolante térmico na caixa de ar este está mais protegido das condensações, pode ser ventilado e melhora a inércia térmica da construção;
- apresenta uma resistência muito boa à penetração da chuva.

b) Disposições construtivas

Segundo o DTU 20.1 (18) as paredes duplas devem dispor na base de dispositivos de recolha e evacuação das águas de infiltração e condensação.

Essas disposições serão juntas abertas numa dada altura nas alvenarias à vista, ou tubos de metal inoxidável com diâmetro maior ou igual a 20 mm e com afastamento máximo de 2.00 m. Segundo o mesmo documento há todo o interesse em que entre a base do pano exterior e a do pano interior exista um desnível mínimo de 3 cm, sendo o conjunto impermeabilizado por uma película de material estanque, que deverá dobrar conforme se vê na fig. 2.3.

O isolamento térmico, a existir, deverá ser hidrófilo colado ou fixado mecanicamente à face interior da caixa de ar devendo deixar uma lâmina de ar livre mínima de 2 cm. Salienta-se que esta exigência do DTU 20.1 não corresponde à prática corrente de todos os países, pois em alguns faz-se o preenchimento da caixa de ar com material isolante, o que, se ocorrerem condensações ou infiltrações, comprometerá seriamente o seu funcionamento.

Sob o ponto de vista térmico interessa ter o isolante o mais próximo possível do exterior, maximizando a inércia térmica e reduzindo a possibilidade de condensações por difusão de vapor, justificando-se assim o interesse em ter o pano mais espesso pelo

interior.

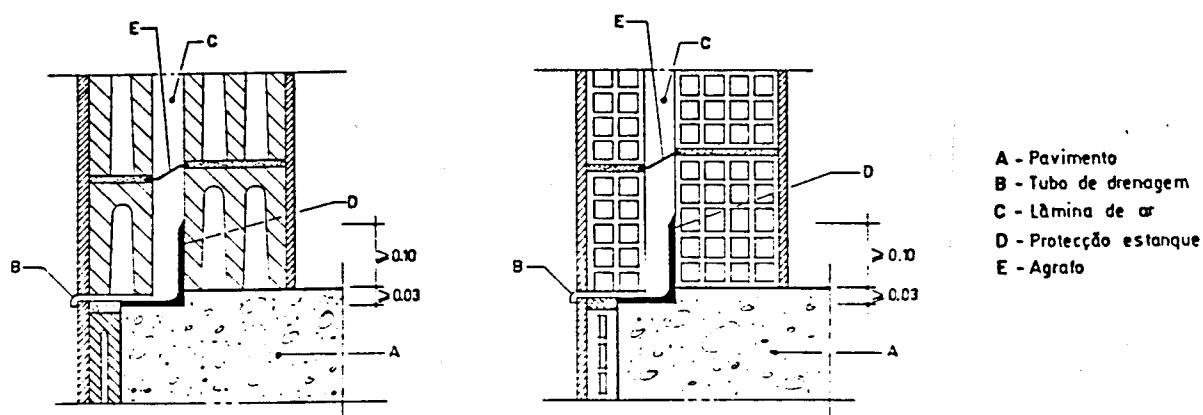


Fig. 2.3 - Pormenor de assentamento da parede dupla no pavimento

Os agrafo que ligam os dois panos de parede contribuem para a sua estabilidade e para a resistência ao vento, tanto durante a construção como em obra. Podem servir também para a fixação de painéis de isolante colocados no interior da lâmina de ar; esta fixação pode ao mesmo tempo fazer parar as gotas de água conduzidas pelo agrafo. Podem ainda servir como meio de ligação do conjunto ao resto da estrutura. Existem várias formas conforme está patente na fig. 2.4.

A selecção depende do esforço a suportar pelo mesmo e do seu afastamento; quanto mais esbelta for a parede maior será o esforço.

É corrente na prática construtiva internacional e admitido pelo DTU 20.1 (18), a realização de panos exteriores de altura superior à dum piso (máximo admitido 3 pisos correntes), passando por fora da laje, desde que o pano esteja convenientemente ligado ao interior por agrafo e repouse em toda a largura em elementos resistentes e pouco deformáveis. A vantagem desta solução é sobretudo estética e térmica, embora ponha problemas de estanquidade ao fogo e limpeza da caixa de ar durante a construção.

Em alvenarias resistentes de paredes duplas normalmente apenas uma é que é resistente, embora haja normas que possibilitem a contabilização da resistência dos 2 panos (20), segundo ensaios efectuados (19), esta só se mobiliza para determinada gama de excentricidades e em condições ideais de execução.

A resistente é a menos deformável, normalmente a mais espessa. A outra, não resistente, deverá ser assente sobre uma lâmina de material compressível de 1 a 2 cm para anular a sua contri-

buição. Na tradição europeia o pano resistente é normalmente o interior.

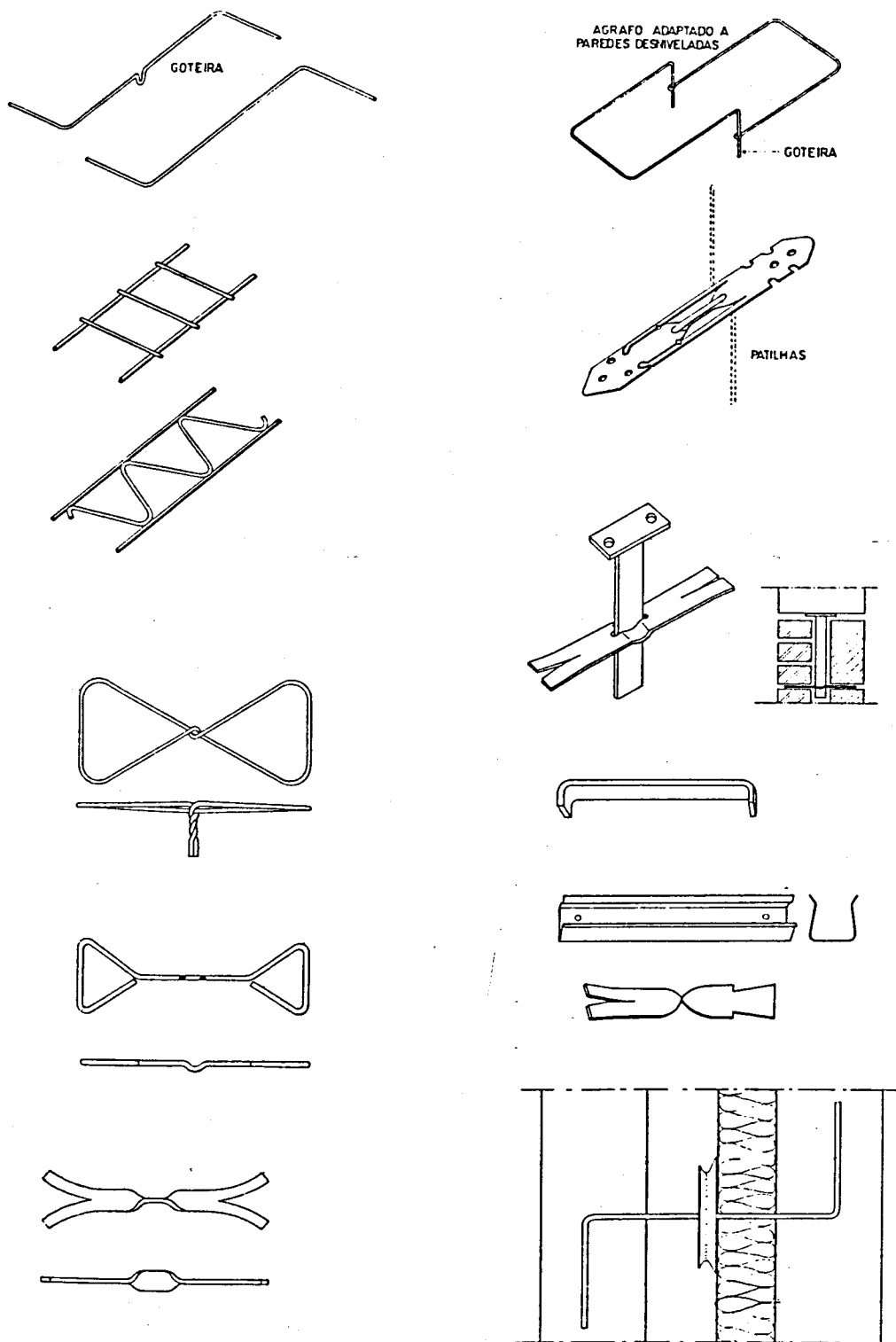


Fig. 2.4 - Diferentes tipos de agramos

A execução das paredes duplas deve ser cuidada por forma a assegurar a perfeita limpeza da caixa de ar. Os trabalhos dos dois panos podem avançar do interior ou do exterior, em simultâneo ou desfazados. Os pormenores referidos, execução de goteiras, películas estanques, etc., devem merecer especial cuidado.

2.3.4.4. Alvenarias de enchimento

As alvenarias de enchimento apresentam relativamente aos aspectos já referidos algumas particularidades.

Nos panos exteriores deve dar-se particular atenção à ligação à estrutura resistente, zona de potenciais problemas de patologia. Assim esta ligação poderá ser aberta, funcionando como junta, convenientemente impermeabilizada, pode a alvenaria esconder a estrutura que funciona no seu interior, os pilares podem ser betonados contra a estrutura entre os panos assegurando um perfeito embricamento, podem-se prever rebaixos nos pilares onde penetram os panos de alvenaria, deixar na estrutura agraços salientes aos quais a alvenaria se vai ligar ou, por último, armar convenientemente os rebocos nessas zonas. Se a estrutura resistente é em alvenaria e aliás como foi dito no ponto anterior, deve haver umaagrafagem dos dois panos.

No caso de panos de compartimentação interior estes poderão estar ligados à estrutura através de picagem, agraçagem ou serem completamente separados introduzindo bandas resilientes.

Como princípios gerais e comuns refere-se:

- não se deve utilizar a parte superior das paredes como cofragem;
- a alvenaria de enchimento deve ser executado com um certo desfazamento temporal relativamente à estrutura, particularmente à fiada de topo;
- em estruturas susceptíveis de deformações diferidas importantes deve interpor-se um material compressível sobre a laje antes da primeira fiada;
- as alvenarias de enchimento devem ser interrompidas nas juntas de dilatação do edifício;
- normalmente os elementos da estrutura resistente, se forem de betão, sofrem retracções, enquanto os elementos cerâmicos sofrem expansões podendo resultar daí compressões com algum significado nos panos de parede que é necessário

prever através do conhecimento da expansão volumétrica por absorção de água dos elementos cerâmicos.

2.3.4.5. Alvenarias resistentes

Muitos dos aspectos já referidos aplicam-se totalmente às alvenarias resistentes.

Especial referência merecem apenas:

- A realização dos apoios dos pavimentos ou de outras cargas concentradas nas paredes deve ser convenientemente realizada, a entrega mínima recomendável é de $2/3$ da espessura da parede.
- As travações e confinamentos já referidos em 2.3.2.1., devem solidarizar todo o conjunto, para melhorar o comportamento sobretudo em zonas sísmicas. As amarrações das armaduras devem ser bem asseguradas (21). Os elementos em betão devem ser protegidos termicamente para minimizar as pontes térmicas. É corrente recomendar que os elementos de betão sejam moldados no interior de peças de alvenaria, com formato especial, que funcionam como cofragem perdida.
- As ligações entre paredes devem ser eficientes para garantir o perfeito contraventamento; a percentagem de paredes resistentes nas duas direcções principais deverá ser da mesma ordem de grandeza e a distância entre estas equilibrada.
- Os roços e dutos devem merecer pormenorização, evitando deixar ao acaso a sua localização; devem ser previstos no cálculo da esbelteza se a sua profundidade for considerável. São de evitar em paredes de um só pano de materiais com elevadas percentagens de furação.
- Os materiais e a execução devem ser objecto de controlo.
- As paredes só devem ser postas em carga quando tiverem tempo de cura suficiente.

2.4. SITUAÇÃO NO DOMÍNIO DAS ALVENARIAS

2.4.1. Em Portugal

2.4.1.1. Retrospectiva

Em Portugal as alvenarias tiveram uma larga tradição de uso, participando de forma relevante no funcionamento estrutural dos edifícios, quer como elementos de suporte para cargas verticias, quer como elementos de contraventamento da construção.

Os materiais utilizados eram a pedra de diferentes tipos, 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, constituídas por argila moldada na obra e armada com fibras vegetais, com tradição de uso no Sul do país.

Nestas soluções construtivas as paredes resistentes aparecem associadas a divisórias mais leves, não resistentes apenas com função de compartimentação, como é o caso do "tabique" constituído por um engradado de madeira rebocado em ambas as faces, ou das divisórias de madeira.

No início do séc. XX os edifícios evoluem para unidades de estrutura diferenciada em que as alvenarias têm apenas uma função de enchimento, sendo os aspectos mais significativos desta evolução a redução do peso dos blocos e o aumento das suas dimensões à custa do aumento da furação, que progressivamente vai conduzindo ao abandono dos pequenos formatos dos blocos cerâmicos, bem como ao aparecimento de novos materiais entre os quais os blocos de betão normal e leve.

Na década de 50, conforme patenteado em várias publicações do LNEC (22),(23) assiste-se a uma proliferação desordenada de tipos de blocos cerâmicos que normalmente não se baseava em qualquer estudo racional, levando mesmo Ruy J. Gomes e E. Zuquete em 1965 a afirmar: "... os produtores ignoram, ou esquecem, que a investigação dispõe de vias, quer analíticas quer experimentais, que lhes podem dar efectivo e rentável apoio na escolha e definição de tipos preferenciais dos materiais que fabricam. Este ambiente, que traduz uma despreocupação cuja responsabilidade é colectiva - todos, na produção, na utilização, na investigação, dela participamos - é obsoleto no enquadramento competitivo em que ... se é forçado a viver hoje ... em que os trunfos da eficiência e da economia dos custos de produção são decisivos, não já em termos de êxito, mas mesmo em termos de sobrevivência" (23).

2.4.1.2. Situação actual

A construção de alvenaria é um dos sectores mais importantes na construção de edifícios. Estima-se que em Portugal, os trabalhos de alvenaria nos edifícios de estrutura reticulada de betão armado de diferentes envergaduras representam um custo compreendido entre 14% e 20% (24), tendo em conta os respectivos rebocos, mas não considerando os troços enterrados das paredes nem o acabamento a aplicar sobre os rebocos. Nos edifícios em alvenaria resistente este peso é ainda maior.

Em 1985, e a custos da altura, estas duas soluções construtivas totalizaram 123 milhões de contos (25), o que faz corresponder às alvenarias um valor global entre 17 e 25 milhões de contos.

A utilização das alvenarias com função estrutural tem sofrido uma acentuada redução de emprego, no entanto e de acordo com as estatísticas do INE (25), ainda tem um peso apreciável, conforme está patente nos quadros 2.3 e 2.4.

Estes números viriam acrescidos pela inclusão da construção clandestina.

Os materiais usados em alvenaria estrutural são sobretudo os blocos cerâmicos e os blocos de betão.

Quadro 2.3 - Peso percentual médio do sector das alvenarias resistentes, em termos de número de edifícios e fogos, relativo ao período 1977 a 1985

Média anual		Média anual e percentagem relativamente ao total (período de 1977 a 1985)					
Total		Edifícios alvenaria			Fogos alvenaria (*)		
Edifícios	Fogos	Tijolo	Blocos betão	Outros	Tijolo	Blocos betão	Outros
25423	37543	25%	14%	4%	22.5%	10%	5%
		43%			37.5%		

(*) O número de fogos foi obtido multiplicando o peso percentual de cada solução pelo peso dos edifícios de habitação em cada uma das soluções afetado pela razão fogos/edifícios.

Quadro 2.4 - Peso económico percentual médio do sector das alvenarias resistentes, relativamente ao custo total da construção de edifícios, no período 1977 a 1985

Tijolo	Blocos betão	Outros
8.3%	4.5%	2.5%
15.3%		

Apesar da importância deste sector, a situação actual, passados 23 anos, é pouco diferente da apresentada por R.J.Gomes e E. Zuquete no ponto anterior; há pouco interesse por parte dos diversos intervenientes, a regulamentação é escassa e desactualizada, as produções são descoordenadas e normalmente sem qualquer caracterização analítica ou experimental, nem mecanismos de controlo de qualidade.

As reduzidas disposições legais existentes constam dos seguintes documentos:

- Regulamento das Edificações Urbanas - RGEU - (26), de 1951, onde se referem soluções tipo desajustadas, pois os materiais praticamente não são produzidos e as tecnologias não são utilizadas;
- Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos; - RSCCS - (27), de 1958, que permite dispensar o dimensionamento para acções sísmicas dos edifícios de paredes resistentes de alvenaria (com o máximo de 3 pisos na zona A e 4 pisos na zona B), de acordo com zonamento da anterior regulamentação de acções, desde que sejam respeitadas disposições construtivas nele referidas, o que é desaconselhável actualmente, dado o reduzido conhecimento das características resistentes das produções actuais, bem como a execução pouco cuidada das alvenarias.

Para os materiais correntemente usados na execução das alvenarias, blocos cerâmicos e blocos de betão, a normalização é também muito reduzida. A produção de blocos cerâmicos está enquadrada pelas:

- NP-80 (6) - Embora algo desactualizada, especifica características e define níveis de resistência, incluindo os respectivos ensaios de caracterização;

- NP-834 (7) - Define os formatos exteriores dos tijolos e blocos;
- E 309-LNEC (28) - Define os formatos exteriores dos blocos duplex e a adaptação da NP-80 a este tipo de blocos.

Os blocos de betão não têm qualquer normalização; existe apenas uma norma de 1969, a NP-147 (29) que cobre a produção de blocos de argamassa celular, blocos estes que não são actualmente usados.

Simultaneamente constata-se ainda que a formação e informação que os técnicos possuem nesta área, quer ao nível tecnológico, de execução e comportamento dos materiais e alvenarias em geral, bem como no que diz respeito a processos de dimensionamento de alvenarias estruturais é muito escassa ou mesmo inexistente.

Este estado de coisas tem merecido algumas chamadas de atenção (12) e acções por parte do LNEC, de que se referem um "Inquérito à Produção Nacional de Materiais para Alvenaria" (30) e um "Planeamento de Estudos" visando a elaboração da "Regulamentação e Normalização da Construção de Alvenarias" (31). Na FEUP têm também sido dispensada alguma atenção às alvenarias resistentes (32).

2.4.2. Situação internacional

Internacionalmente a situação é bem diferente; a produção de materiais para alvenaria está muito mais desenvolvida, há tipos de blocos muito diversos de diferentes materiais: cerâmicos, de betão e outros.

Estas produções, e o emprego das alvenarias na construção de edifícios, estão enquadradas por exigências a que deverão satisfazer, bem como em disposições normativas para a sua concepção e execução. Geralmente a utilização estrutural da alvenaria está contemplada, frequentemente elaborada já em termos de estados limites. Entre outros países poderemos referir:

- França - O emprego das alvenarias apoia-se no DTU 20.1 (18), o qual aborda a generalidade das exigências a que estas deverão satisfazer, fixando disposições normativas para a sua concepção e execução. Remete a caracterização dos diversos constituintes a normas específicas que cobrem

todos os tipos de materiais. Contém um anexo com regras simplificadas de dimensionamento estrutural, para acções verticais, por tensões de segurança.

O comportamento das alvenarias estruturais, de blocos cerâmicos e de betão, está razoavelmente caracterizado através duma campanha de ensaios realizados na década de 70 no CSTB.

No domínio dos produtos de betão manufacturado, particularmente blocos, o CERIB (*) investiga, efectua estudos, desenvolve metodologias de controlo de qualidade e certifica materiais, possuindo um conjunto de publicações muito exaustivo nestes domínios.

- Inglterra - A utilização das alvenarias baseia-se na norma BS 5628 que inclui 3 partes relativas aos seguintes aspectos:
 - Parte 1 - Dimensionamento estrutural de alvenarias não armadas;
 - Parte 2 - Dimensionamento estrutural de alvenarias armadas;
 - Parte 3 - Recomendações gerais relativas aos aspectos não estruturais incluídos na execução.
 Este "Code of Practice" remete para um vasto conjunto de normas relativas a materiais, elementos, ligantes, argamassas, agrafos,...
- Bélgica - Existe uma norma sobre o uso estrutural da alvenaria não armada, elaborada em termos de estados limites (83) e sobre a execução das alvenarias (84). Remete a caracterização dos diversos constituintes a normas específicas.
- Itália - País com grandes analogias com Portugal em termos de materiais e soluções construtivas. Ultimamente dedica muita atenção ao estudo das alvenarias resistentes que já se traduziu em diversa documentação normativa:
 - Norma técnica para o projecto/execução e controlo de edifícios em alvenaria resistente e o seu reforço (33);
 - Normas técnicas para a construção em zonas sísmicas (34);
 - Normas de caracterização dos materiais cerâmicos (1), (2), (3).

Merece referência a dinâmica acção da "Associazione Nazio-

*) Centre d'Études et de Recherches du Béton Manufacturé

nale degli Industriali dei Laterizi" - Andil, com diversas publicações neste domínio com muita actualidade.

Há muitos organismos internacionais que desenvolvem trabalhos no domínio das alvenarias. Esta actividade tem sido particularmente relevante nos aspectos estruturais que contrariamente ao que aconteceu nas estruturas de betão armado e aço, não tinham acompanhado os novos critérios de verificação da segurança.

A ISO tem em actividade a Comissão TC 179-"Masonry".

A Comissão W23 "Wall Structures" do CIB publicou recentemente recomendações para o projecto e execução de alvenaria resistente não armada e armada, contendo um anexo para utilização de alvenaria estrutural não armada, confinada e armada em zonas sísmicas (9).

A Comissão das Comunidades Europeias tem já alguns capítulos disponíveis do Eurocode 6 (35), que servirá de base aos regulamentos nacionais.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DAS PRODUÇÕES

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresentam-se sumariamente as produções caracterizadas, justifica-se a adopção de determinadas geometrias bem como dos respectivos critérios de amostragem; descreve-se detalhadamente a caracterização efectuada e os correspondentes resultados.

Esta análise tem por objectivo a determinação de características geométricas físicas e mecânicas de blocos de betão e cerâmicos de produções com algum peso no Norte do país. Abordam-se algumas características das paredes realizadas com estes elementos.

Todas as características dos blocos foram determinadas por via experimental, procurando cobrir todos os aspectos importantes sob o ponto de vista da construção e que o número de resultados fosse representativo, embora, limitações diversas, temporais, humanas e económicas, nem sempre o tenham permitido.

Os ensaios foram fundamentalmente laboratoriais; no caso dos blocos de betão realizaram-se também ensaios na fábrica, para possibilitar uma caracterização mais perfeita das matérias-primas e do processo produtivo.

Sempre que não existia normalização portuguesa seguiu-se normalização estrangeira, preferencialmente francesa. Nestes casos, ou quando as normas portuguesas são muito sumárias relativamente à técnica de ensaio (*), elaboraram-se fichas de ensaio que se apresentam em anexo.

Em anexo apresentam-se também fotografias que documentam aspectos interessantes.

Inevitavelmente os resultados que se iam obtendo obrigaram a alguns ajustes ao longo da caracterização, pelo que alguns ensaios perderam importância abandonando-se mesmo, enquanto se introduziram outros cuja necessidade se fez sentir.

As características das paredes realizadas com estes elementos, em menor número, foram obtidas por via analítica e limitaram-se à avaliação do desempenho térmico e acústico e comportamento ao fogo das paredes.

(*) Caso de alguns ensaios constantes da NP-80 (6).

Nas figuras 3.1 e 3.2 sintetizam-se em organogramas as características determinadas para os blocos de betão e cerâmicos respectivamente.

3.2. BLOCOS DE BETÃO

3.2.1. Produção

3.2.1.1. Descrição geral da fábrica

A produção caracterizada, "A", realiza-se numa unidade fabril situada no distrito de Aveiro e iniciou a sua actividade em 1974.

A gama de produção actual inclui blocos de betão normal para alvenarias, blocos de cofragem para pavimentos, pedra de chão, vigotas pré-esforçadas para pavimentos e blocos para alvenaria não argamassada "INTERBLOC".

Refira-se que a empresa já produziu blocos de argila expandida para alvenaria.

O número total de trabalhadores é de 50, dos quais apenas 5 pertencem à produção de blocos de betão, cofragem e pedras de chão.

A empresa tem nos seus quadros um Eng. Civil e admitiu recentemente um estagiário, Eng. Técnico Civil, para iniciar acções sistemáticas de controlo de qualidade.

A capacidade de produção média diária de blocos de betão normal, por turno de trabalho de 9 horas, é da ordem de 80 toneladas.

As instalações ocupam uma área total de 45000m^2 ; dos 5000m^2 de área coberta, a zona de produção de blocos ocupa 600m^2 .

O espaço não coberto é ocupado em grande parte pelo parque de armazenamento.

A presente caracterização incidiu exclusivamente sobre os blocos de betão normal para alvenaria.

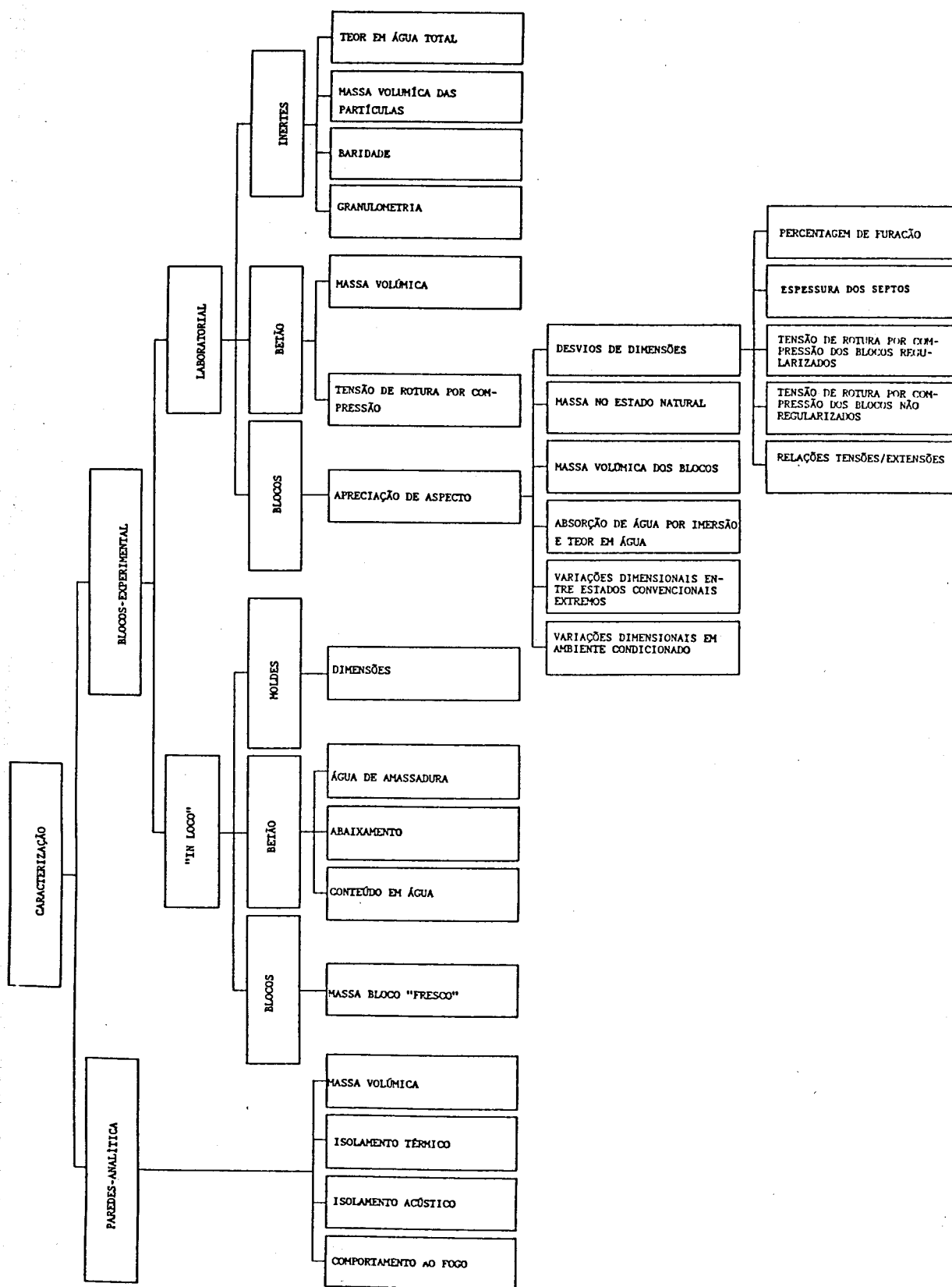


Fig. 3.1. - Organograma da caracterização de blocos de betão

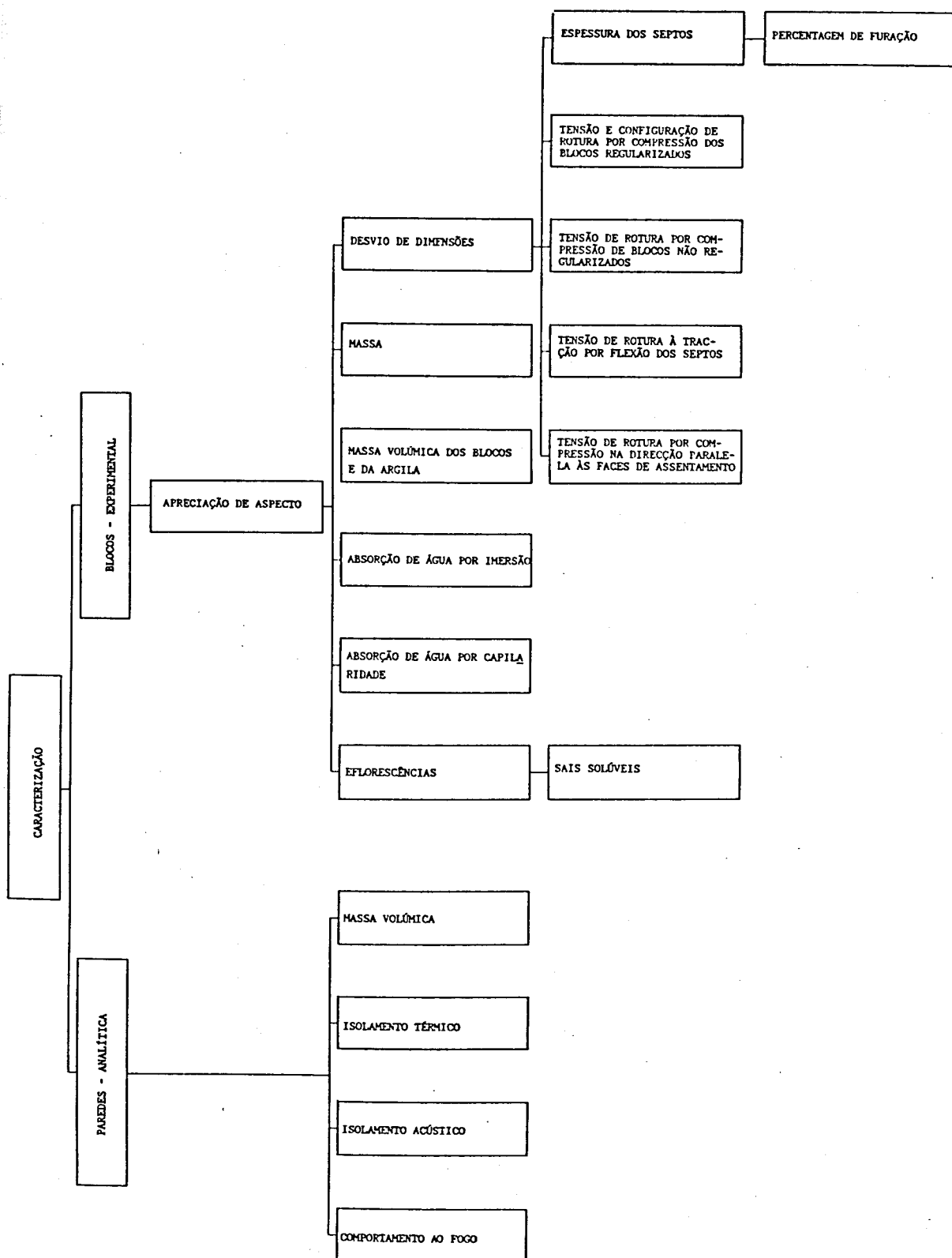


Fig. 3.2. - Organograma da caracterização de blocos cerâmicos

3.2.1.2. Blocos produzidos

Os blocos produzidos são constituídos por betão normal e têm orifícios verticais, destinando-se a ser utilizados em alvenarias com revestimentos espessos, de rebocos tradicionais.

Mediante encomenda a empresa produz ainda blocos variantes da produção base com as seguintes características:

- blocos "face à vista" - blocos de faces com textura mais fina, destinados a receber acabamento de simples pintura ou revestimentos pouco espessos;
- blocos "face à vista impermeável" - blocos idênticos aos "face à vista", mas nos quais foi incorporado um hidrófugo, a utilizar em alvenarias com paramentos exteriores não revestidos submetidos à acção da água;
- blocos "face à vista coloridos" - blocos idênticos aos "face à vista", podendo ser hidrofugados, nos quais são incorporados pigmentos que lhes conferem determinadas colorações.

As geometrias dos blocos normais e variantes são idênticas, tendo as seguintes dimensões faciais: comprimento nominal de 495 mm e altura nominal de 195 mm.

As larguras nominais dos blocos são: 75 mm, 95 mm, 115mm, 145 mm, 195 mm e 245 mm, às quais correspondem as seguintes designações de catálogo: B8, B10, B12, B15, B20 e B25.

Além dos blocos de formato corrente, com os dois bordos laterais recortados, a empresa fabrica blocos de formato especial: meios-blocos que permitem rematar fiadas sem necessidade de efectuar cortes em obra e blocos de cunhal, com um dos bordos planos para realização de arestas.

3.2.1.3. Processo de fabrico

Apresenta-se uma descrição sucinta das diversas operações relativas ao fabrico dos blocos de betão.

3.2.1.3.1. Recepção e armazenagem das matérias-primas

O betão constituinte dos blocos é formado pelos seguintes

componentes principais: areia siliciosa do mar, areia britada de pedra, brita fina, designada comercialmente por "sarrisca", cimento "Portland" normal e água.

Além dos constituintes principais, nos blocos variantes são usados:

- adjuvante hidrófugo à base de estearato de cálcio, no betão dos blocos "face à vista impermeável";
- pigmentos de colorações diversas nos blocos coloridos;
- aceleradores de presa "HORMIDUR" e "CERPLAST".

A areia do mar é proveniente da zona de S. Jacinto, concelho de Aveiro.

Os inertes britados são provenientes duma exploração da região. A areia de pedra é lavada na origem.

Os inertes são armazenados em 4 silos; sendo 1 para a areia do mar, 1 para a brita fina e 2 para a areia de pedra.

O cimento é armazenado em dois silos metálicos com uma capacidade total de 80 t, situados no exterior.

A água é proveniente dum poço situado na fábrica.

3.2.1.3.2. Fabrico e transporte do betão

Todas as operações relativas ao fabrico do betão são comandadas automaticamente, com excepção da água de amassadura que é ajustada manualmente.

Os inertes são doseados em volume, através de doseadores de 50 l instalados na base dos silos de armazenamento, descarregando os diferentes inertes sobre uma tela horizontal.

A tela transportadora faz a descarga dos inertes no alcatruz da betoneira, que os eleva até à boca desta.

O cimento é doseado em peso e a sua descarga faz-se directamente dos silos para a betoneira após a introdução dos inertes.

A água de amassadura é adicionada pelo operador através duma mangueira, depois do cimento e os inertes terem sofrido uma mistura prévia. O operador ajusta a água lentamente, função da humidade dos inertes, e que procura traduzir através da sua experiência e da forma como decorreram as moldagens correspondentes às amassaduras anteriores.

A amassadura do betão é realizada numa betoneira-misturadora de eixo horizontal, com capacidade de 750 l; o tempo de amassadura após a introdução da água é de cerca de 60 segundos.

A composição do betão é sempre estabelecida para 1 m^3 de inertes, à saída dos doseadores, correspondendo a uma amassadura.

A empresa recorre a variações ligeiras na composição do betão, fundamentalmente com os seguintes objectivos:

- ajustar a composição do betão, função das diferentes humidades dos inertes, sobretudo no Inverno, quando estes apresentam teores de humidade elevados, por forma a assegurar condições adequadas de trabalhabilidade;
- alterar a dosagem de cimento para blocos com aplicações muito específicas;
- realizar os blocos variantes da produção base referidos em 3.3.1.2..

A composição mais corrente, e que se assegurou ao longo da presente caracterização foi a constante do quadro 3.1.

O volume de betão obtido por amassadura, oscilou entre $0,720\text{ m}^3$ e $0,75\text{ m}^3$, pelo que a composição para 1 m^3 de betão tem a indicação de aproximada.

Quadro 3.1 - Composição do betão usado na confecção dos blocos por amassadura e por m^3

Material	Composição de betão por amassadura (1 m^3 de inertes)	Composição ₃ aproximada por m^3 de betão
Cimento	140 Kg	195 Kg
Areia do mar $\phi_{\text{máx.}} (*) \leq 3\text{ mm}$	0.200 m^3	0.275 m^3
Areia de pedreira $\phi_{\text{máx}} (*) \leq 10\text{ mm}$	0.500 m^3	0.690 m^3
Brita fina "Sarris-ca" $\phi_{\text{máx}} (*) \leq 10\text{ mm}$	0.300 m^3	0.415 m^3
Água	variável	variável

(*) $\phi_{\text{máx.}}$ - máxima dimensão do inerte

O betão produzido, com consistência bastante seca, após a amassadura é conduzido para a bloqueira, através de uma tela transportadora.

3.2.1.3.3. Moldagem dos blocos

A fábrica está equipada com uma bloqueira do tipo fixo, com dimensões de estampagem de 50 cm x 100 cm e uma cadência média entre 22 a 24 segundos. Por estampagem são produzidos:

- B8 - 12 blocos
- B10 - 10 blocos
- B12 - 8 blocos
- B15 - 6 blocos
- B20 - 5 blocos
- B25 - 4 blocos

As operações efectuadas na bloqueira são todas comandadas automaticamente.

O betão transportado através da tela dá entrada na bloqueira, seguindo-se o enchimento dos moldes e a compactação do betão por meio de um sistema de vibração exterior aplicada ao molde.

Os blocos "frescos" são moldados e compactados sobre tabuleiros de madeira espessa, de 4 cm, com bordadura metálica. Feita a desmoldagem os blocos assentes nos tabuleiros são conduzidos para um elevador de prateleiras. Completado o enchimento do elevador, os tabuleiros são transportados para câmaras de cura.

3.2.1.3.4. Cura dos blocos

Os blocos são sujeitos a uma cura prévia natural, no mínimo de dois dias. Neste período os blocos permanecem em câmaras de cura, com a entrada tapada, nos tabuleiros, apoiando-se estes em ressaltos.

A fábrica dispõe de 14 câmaras, com uma capacidade total de 4000 tabuleiros.

Findo o período de cura prévia, os blocos completam a cura ao ar livre, no parque de armazenamento.

A empresa assegura entre a produção e a comercialização uma cura mínima de 15 dias.

Refira-se que a fábrica possui uma instalação de vapor nas mesmas câmaras, mas que actualmente está inactiva, pois está a operar apenas com um turno não se justificando assim a sua utilização.

3.2.1.3.5. Empacotamento e armazenamento dos blocos

Terminado o período de cura prévia, os tabuleiros são retirados das câmaras e transportados para um descensor existente nas proximidades da bloqueira.

Do descensor os tabuleiros passam para um transportador, donde um dispositivo de pinças retira os blocos e os vai sobrepondo em fiadas sobre paletes, até se atingirem as dimensões dos "atados".

Os "atados", com dimensões aproximadas de 1,20 x 1,20 x 1,20 m³, são cintados na última fiada por fita plastificada por um processo semi-automático, e conduzidos por empilhadores para o parque de armazenamento.

3.2.1.3.6. Áreas de apoio

Anexa às instalações de fabrico existe uma área de apoio com uma serralharia para manutenções correntes dos moldes dos blocos, bem como armazenamento de material diverso.

3.2.1.3.7. Controlo de qualidade

A empresa está a instalar um pequeno laboratório tendo neste momento já preparadas as instalações, adquirido parte do equipamento e admitido um estagiário, Eng. Técnico Civil. Estas acções vão permitir melhorar substancialmente o nível de controlo de qualidade.

No entanto, actualmente o controlo de qualidade realiza-se quase exclusivamente através de inspecção visual efectuada pelo pessoal envolvido na produção, incidindo sucintamente sobre:

- **Inertes** -inspecção visual na descarga e manuseamento, análises granulométricas esporádicas.
- **Fabrico** -verificação do funcionamento dos dispositivos de comando automático dos doseadores da betoneira, transportadores, betoneira e elevador, realizada pelo pessoal da produção e por uma equipa de manutenção. Registo do número de blocos produzidos por amassadura e duração do período de cura. Manutenção regular dos moldes em fáabri-

ca.Revisões de fundo com rectificação e correcção dimensional, com periodicidade de cerca de ano e meio para os moldes estrangeiros e todos os anos nos moldes nacionais, se a produção for próxima do máximo.

- **Produto acabado** - Inspecção visual na zona de paletização, sendo rejeitados os blocos que se apresentem fendilhados ou partidos. Os blocos não são marcados.

3.2.2. Seleccção de geometrias e amostragem

3.2.2.1. Seleccção de geometrias

Embora a caracterização das produções realizada seja eminentemente experimental, por limitações já referidas restringiu-se a caracterização a duas geometrias.

Apreciadas as geometrias produzidas: B8, B10, B12, B15, B20 e B25, optou-se por seleccionar os B10 e B25 porque cobrem razoavelmente toda a gama produzida.

O bloco B10 pouco espesso, com baixa percentagem de furação e reduzido isolamento térmico, destina-se sobretudo a paredes interiores ou paredes duplas. Por sua vez o B25 apresenta características opostas permitindo realizar paredes exteriores simples com junta horizontal de assentamento e vertical descontínuas.

A geometria e as dimensões nominais do B10 e B25 estão representadas nas figuras 3.3 e 3.4 respectivamente.

3.2.2.2. Amostragem

Ao longo da caracterização procurou-se assegurar a manutenção de critérios objectivos de amostragem.

Foram feitas deslocações regulares à fábrica para efectuar colheitas, ao longo dum período de seis meses. Efectuaram-se seis colheitas normais de cerca de 50 unidades de blocos correntes de cada uma das geometrias B10 e B25. As colheitas foram realizadas nas seguintes datas: 87.03.18, 87.04.09, 87.05.04, 87.06.01, 87.06.25 e 87.07.11. Posteriormente realizou-se mais uma de 12 unidades de cada uma das geometrias, para realização de alguns ensaios complementares em 87.10.20.

Em cada colheita assegurava-se que os diversos factores intervenientes "controláveis" se mantinham inalteráveis, designadamente:

- tipo de inertes, sempre da mesma proveniência e tipo;
- composição do betão, de acordo com o referido em 3.2.1.3.2.;

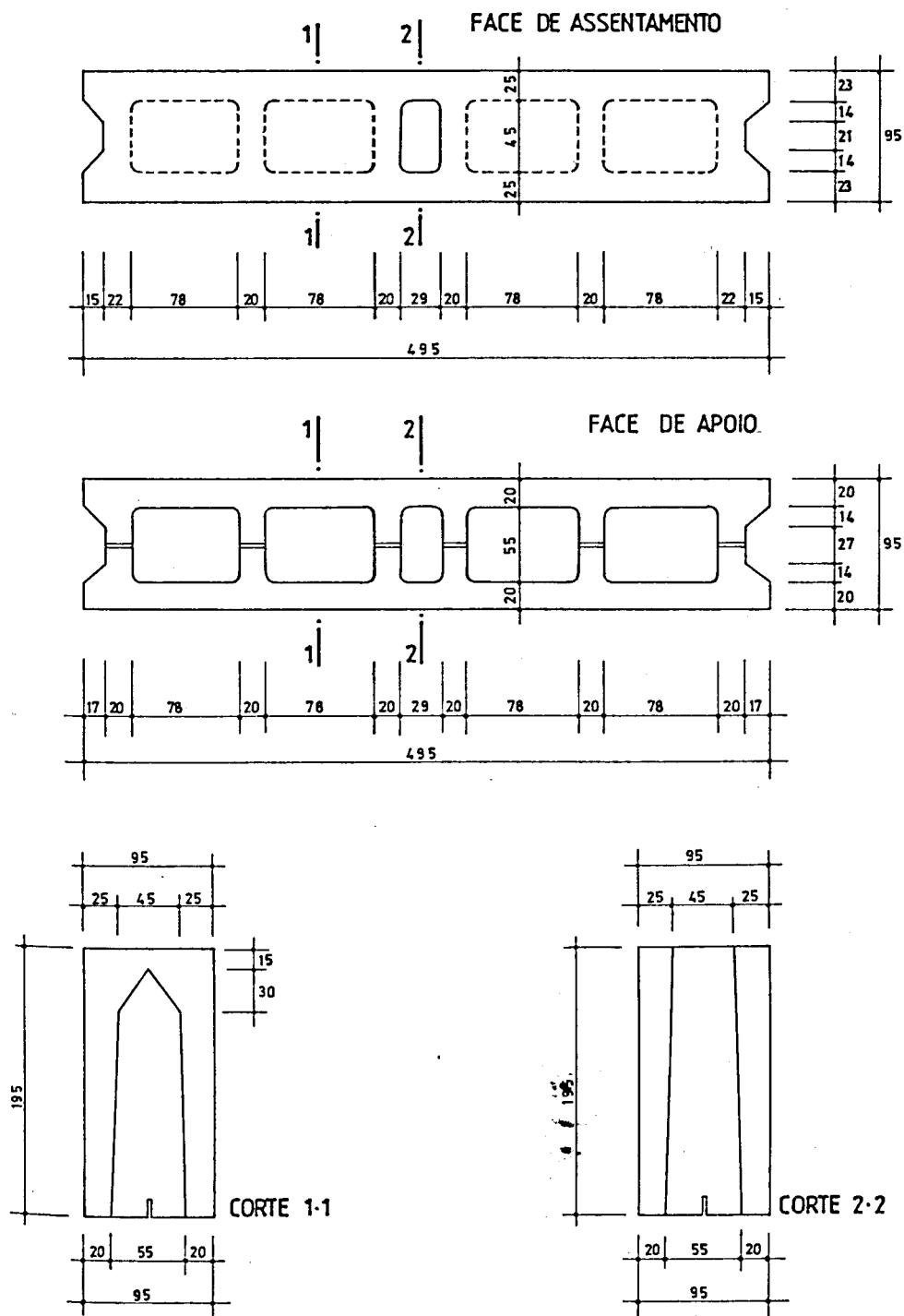


Fig. 3.3 - Geometria e dimensões nominais do bloco B10

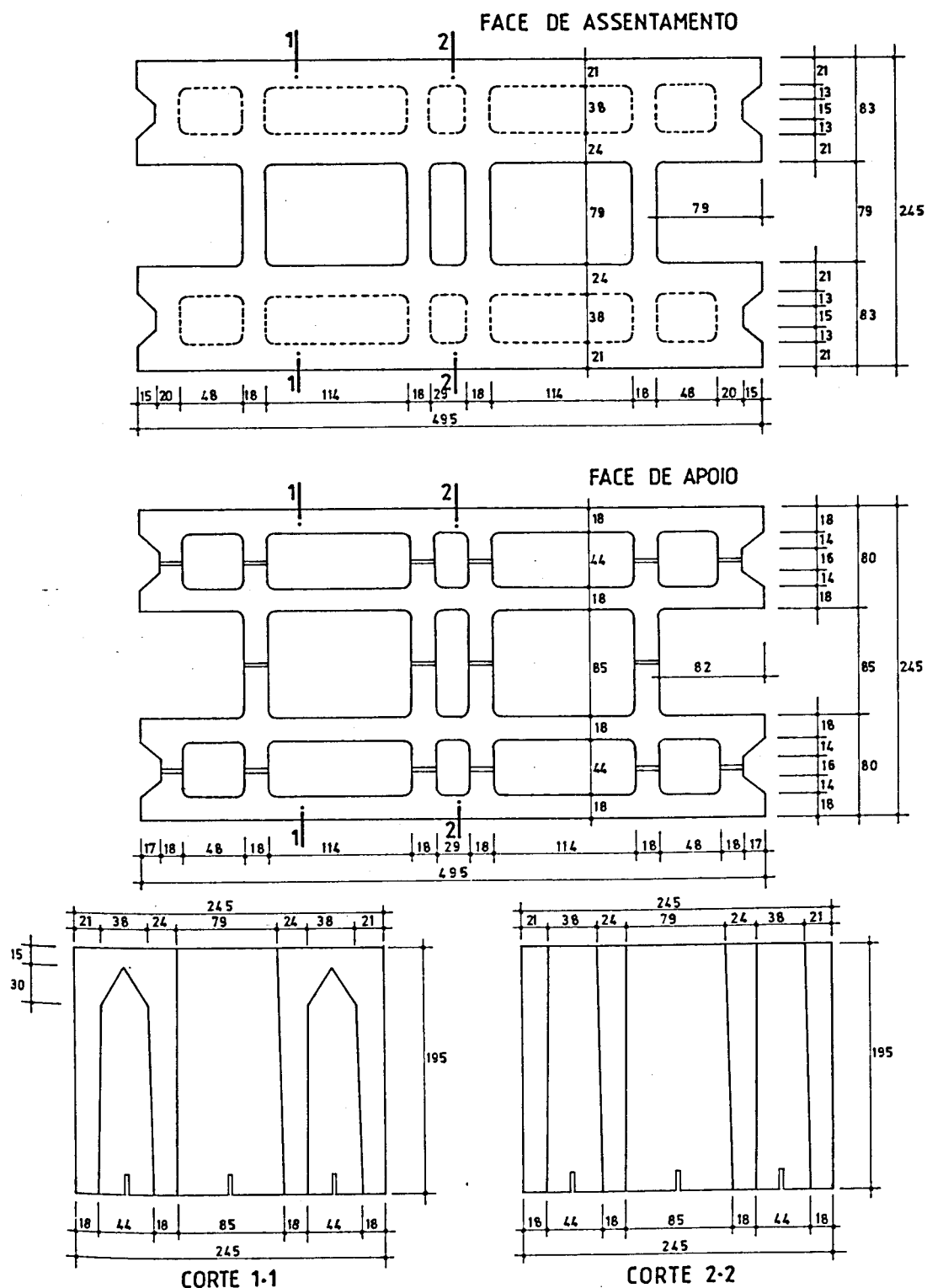


Fig. 3.4 - Geometria e dimensões nominais do bloco B25

- moldagem e vibração dos blocos;
- condições de cura.

A produção realizada nestas condições era transportada para uma câmara de cura, referenciada sem quaisquer outros blocos.

Durante o fabrico, controlava-se o processo, recolhia-se informação, preparavam-se provetes e amostras para ensaios laboratoriais e realizavam-se alguns ensaios expeditos, de que se salientam:

a) Caracterização geral

- apreciação geral da produção;
- tempo de amassadura;
- tempo de moldagem;
- blocos produzidos por amassadura.

b) Ensaaios expeditos

- ensaios expeditos de caracterização do betão;
- medição da água adicionada na amassadura;
- medição dos moldes.

c) Recolha de amostras para ensaios laboratoriais:

- amostras dos inertes no seu estado natural;
- provetes de betão para ensaios à compressão;
- provetes de betão para ensaios de retracção.

Terminado o período inicial de cura, escolhiam-se aleatoriamente cerca de 50 unidades de cada geometria, devidamente marcadas para posterior transporte para o Laboratório.

O transporte efectuava-se em camião, não sendo os blocos acondicionados sobre paletes como são habitualmente, devido à inexistência de dispositivos mecânicos de descarga no Laboratório.

Os blocos foram transportados com idades compreendidas entre os sete e os quinze dias de idade.

3.2.3. - Caracterização experimental dos blocos

3.2.3.1. - Caracterização em fábrica

3.2.3.1.1. - Água de amassadura

A água de amassadura adicionada pelo operador, função da humidade dos inertes e da sua experiência, parece influenciar significativamente as características dos blocos.

A princípio a sua importância passou despercebida, pelo que a sua determinação não foi efectuada em todas as colheitas.

A técnica de ensaio consta da ficha de ensaio número 1 que se encontra em anexo.

Os resultados obtidos apresentam-se no quadro 3.2.

Quadro 3.2 - Quantidade de água média adicionada em cada amassadura, de 1 m³ de inertes

Colheita	Água adicionada (l)
1ª	Não determinada
2ª	"
3ª	"
4ª	"
5ª	13
6ª	24
7ª	10.5

3.2.3.1.2. Ensaio de abaixamento

Realizou-se em várias amassaduras da quarta e quinta colheitas o ensaio de abaixamento para determinar a consistência do betão, embora este ensaio se destine sobretudo a betões plásticos e fluidos.

A técnica de ensaio consta da NP-87 (36). Consiste, de forma resumida, no enchimento dum molde tronco-cônico com o betão compactado de forma estabelecida, desmoldagem imediata e medição do abaixamento sofrido pelo provete que é o resultado do ensaio.

O abaixamento observado foi sempre nulo.

3.2.3.1.3. Conteúdo em água do betão - Ensaio expedito

Realizou-se este ensaio apenas na última colheita, complementar.

A técnica de ensaio apresenta-se na ficha número 2 e é referida em bibliografia sul africana (37), permitindo apenas apreciações qualitativas.

Quando o operador da betoneira deu a amassadura por concluída retirou-se betão do tambor e realizou-se o ensaio.

Verificou-se que no varão apareceram marcas onduladas de humidade às quais aderiram partículas de finos dos inertes, no entanto a superfície da película não apresentava brilho de água.

Adicionou-se em pequenas quantidades água ao betão e repetiu-se o ensaio até aparecer o referido brilho de água. O betão nestas condições possibilitou ainda a moldagem dos blocos, sem que estes sofressem quaisquer danos no processo de transporte.

3.2.3.1.4. Massa dos blocos "frescos"

Com o evoluir do trabalho percebeu-se que a massa dos blocos antes de presa, imediatamente após moldagem, era uma característica com interesse para a caracterização do betão, no entanto só pode ser determinada na colheita complementar.

A técnica de ensaio refere-se na ficha número 3.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Massa dos blocos B10 e B25 "frescos", imediatamente após moldagem

Geometria	Elementos ensaiados	Massa média (Kg)	Massa máxima (Kg)	Massa mínima
B 10	3	12.45	12.53	12.38
B 25	3	26.33	26.71	25.77

3.2.3.1.5. Dimensões dos moldes

Na terceira colheita mediram-se nos moldes das geometrias B10 e B25 as dimensões correspondentes a cada um dos blocos.

Salienta-se que os moldes comportam dez blocos de geometria B10 e quatro blocos de geometria B25, tendo-se em ambos os casos determinado as dimensões de um negativo de bloco, situado numa posição intermédia no molde.

A técnica de ensaio refere-se na ficha número 4.

Os resultados sob a forma de geometria cotada apresentam-se nas figuras 3.5 e 3.6.

3.2.3.2. Caracterização em Laboratório

Os ensaios em Laboratório representam a componente preponderante da caracterização, incidindo sobre os inertes, o betão e os blocos.

Dado o volume significativo de tarefas procurou-se organizar racionalmente o conjunto de operações e ensaios envolvidos, por forma a otimizar o trabalho.

Apresenta-se na fig. 3.7 uma síntese sequencial do processo.

Por colheita e para as duas geometrias a realização de todos os ensaios durava cerca de três semanas.

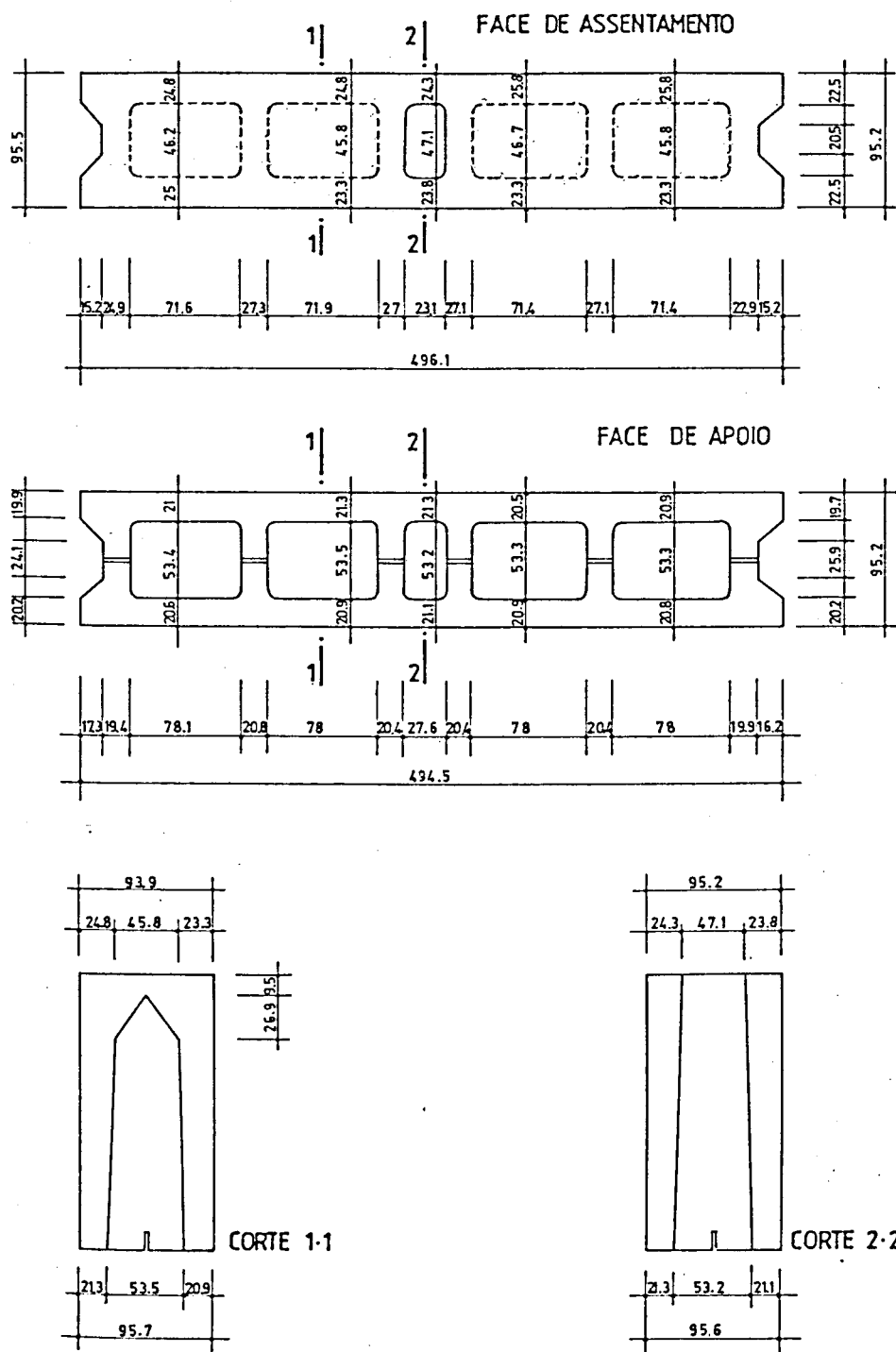
3.2.3.2.1. Inertes - Determinação do teor em água total

Como foi referido em 3.2.2.2. recolhiam-se em fábrica amostras dos inertes no seu estado natural, que se transportavam para o Laboratório em sacos plásticos fechados, acondicionados de forma a não sofrerem qualquer alteração de humidade.

As colheitas eram efectuadas no tapete que transporta os inertes para o alcatruz, à boca do doseador, reproduzindo as condições reais usadas na confecção dos blocos objecto da colheita.

A técnica de ensaio utilizada foi a preconizada na NP-956 (38). Consiste resumidamente na secagem duma amostra representa-

tiva do inerte com determinação da massa perdida. O teor em água total expressa-se percentualmente, como razão entre a diferença de massa do provete no estado natural e seco, relativamente à massa do provete seco.



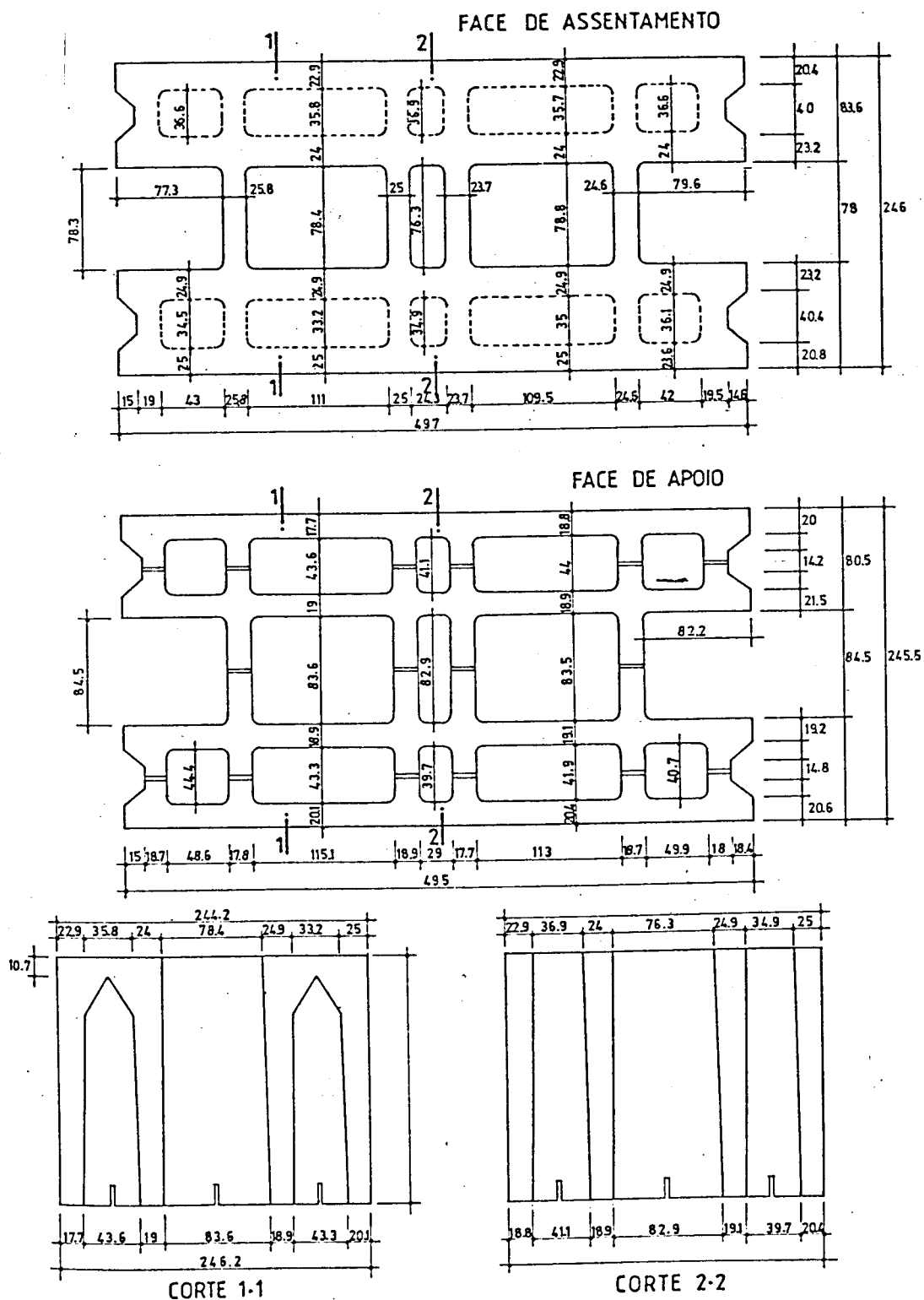


Fig. 3.6 - Dimensões de um bloco medido no molde, geometria B25

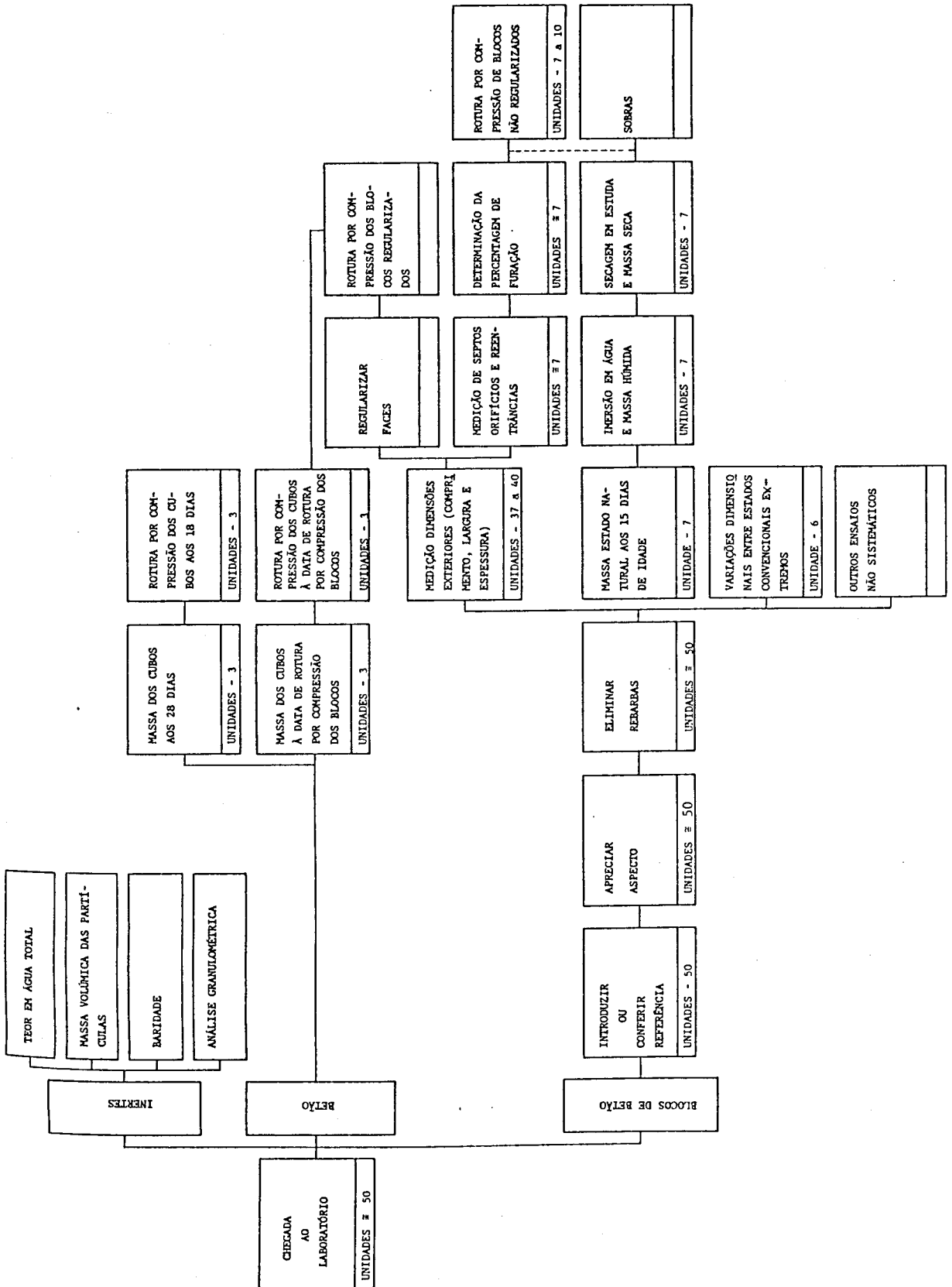


Fig. 3.7 - Síntese do processo laboratorial relativo aos blocos de betão

Os resultados apresentam-se no quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Teor em água total, em percentagem, dos inertes usados na confecção dos blocos, por colheita.

Inerte	Teor em água total, em percentagem, por colheita						
	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a
Inerte	87.03.18	87.04.09	87.05.04	87.06.01	87.06.25	87.07.11	87.10.20
Areia do mar	1.4	4.2	0.8	2.9	2.6	3.4	4.1
Areia de pedreira	3.5	7.6	5.5	4.6	2.6	6.8	5.2
Brita fina "Sarrisca"	1.8	5.1	2.5	3.0	2.7	4.8	3.3

3.2.3.2.2. Inertes - Determinação da massa volúmica das partículas

Nos inertes transportados para o Laboratório, conforme referido em 3.2.3.2.1., determinou-se também a massa volúmica das partículas.

Dada a dimensão das partículas, usou-se a técnica de ensaio relativa à determinação da densidade das partículas de um solo, constante da NP-83 (39). Expressa-se pelo quociente entre a massa dum dado volume dessas partículas à temperatura de ensaio, e igual volume de água destilada a 20⁰C.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Massa volúmica das partículas dos inertes usados na confecção dos blocos, em Kg/m³ e por colheita

Inerte	Massa volúmica das partículas, em Kg/m ³ , por colheita						
	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a
Areia do mar	2640	2660	2620	2650	2640	2650	2650
Areia de pedreira	2680	2670	2660	2690	2620	2670	2670
Brita fina "Sarrisca"	2640	2660	2660	2660	2650	2650	2660

3.2.3.2.3. Inertes - Determinação da baridade

Os inertes foram ainda objecto da determinação da baridade ou massa volúmica aparente das partículas.

A técnica de ensaio utilizada foi a preconizada na NP-955 (40), que consiste resumidamente em determinar a massa do inerte seco, ou no estado natural, que preenche, em dadas condições de compactação, um recipiente de capacidade conhecida. A baridade expressa-se em Kg/m^3 , através da razão entre a massa do inerte e o volume do recipiente. O enchimento foi realizado deixando cair o inerte de cerca de 5 cm acima da boca do recipiente e sem o compactar.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.6.

Quadro 3.6 - Baridade seca e húmida dos inertes usados na confecção dos blocos, em Kg/m^3 e por colheita

Inerte	Baridade	Colheita						
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
Areia do mar	Seca	1510	-	1540	1560	1530	1505	1408
	Húmida	-	-	-	-	1230	1205	1110
Areia de pedreira	Seca	1420	-	1450	1375	1440	1370	1400
	Húmida	-	-	-	-	1200	1100	1145
Brita fina "Sarrisca"	Seca	-	-	1340	1370	1310	1325	1300
	Húmida	-	-	-	-	1235	1150	1195

3.2.3.2.4. Inertes - Análise granulométrica

Por último, nos inertes, determinou-se a sua curva granulométrica.

A técnica de ensaio consta da NP-1379 (10). Resumidamente o processo consiste na peneiração a seco do inerte, através duma série de peneiros de aberturas normalizadas, pesagem das parcelas de inerte obtidas e cálculo das fracções granulométricas correspondentes.

Os resultados apresentam-se nas figuras 3.8 e 3.9 sintetizando por colheita, a curva granulométrica e módulo de finura (*) de cada um dos inertes e respectiva mistura, de acordo com a seguinte proporção, para todas as colheitas:

Areia do mar - 20%

Areia de pedreira - 50%

Brita fina - "Sarrisca" - 30%

3.2.3.2.5. Betão - Massa volúmica e tensão de rotura por compressão

Conforme foi referido em 3.2.2.2., para caracterizar o betão utilizado na confecção dos blocos, moldaram-se normalmente 6 cubos de 0,20 m de aresta em cada colheita, vibrados na bloqueira em condições idênticas às dos blocos.

A descrição detalhada da técnica de preparação dos provetes para a realização do ensaio de compressão, bem como a sua conservação, apresenta-se na ficha número 5.

Posteriormente estes seis cubos eram transportados para o Laboratório conjuntamente com os blocos.

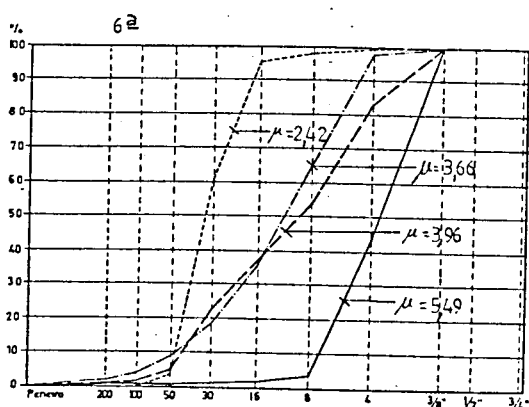
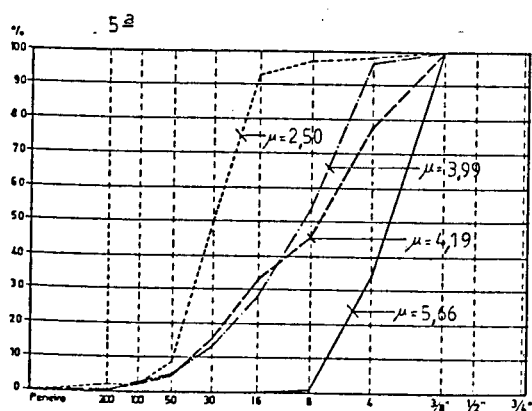
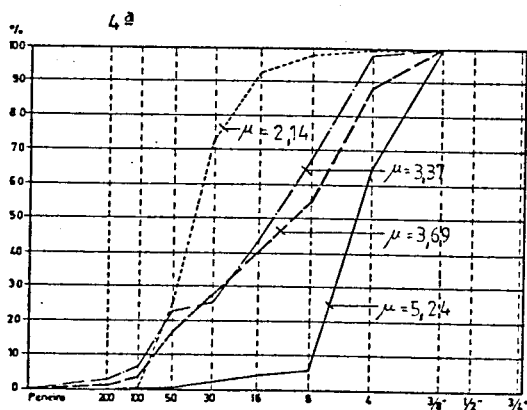
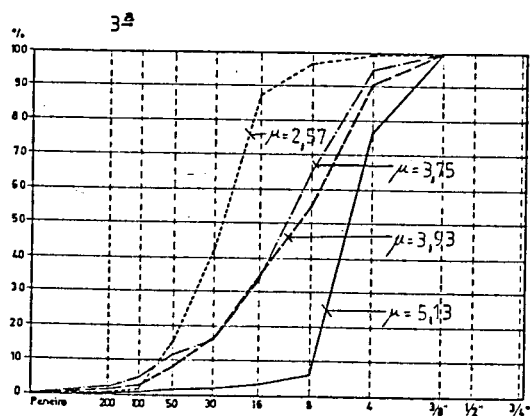
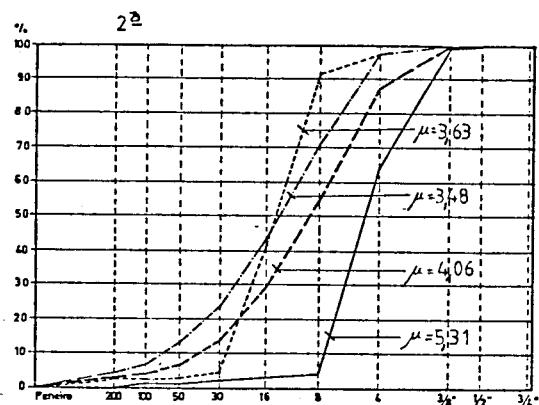
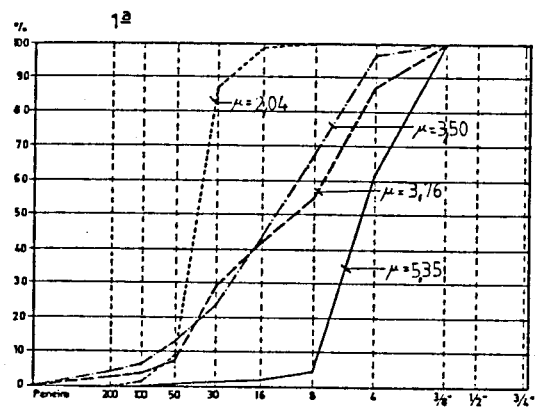
No Laboratório em três cubos determinava-se a sua massa volúmica e tensão de rotura por compressão aos 28 dias de idade. Nos restantes realizaram-se os mesmos ensaios, mas à data de rotura por compressão dos blocos de betão.

Na determinação da tensão de rotura por compressão utilizou-se uma máquina Losenhausenwerk de 3000 KN de carga máxima, mas regulada para 1500 KN.

A técnica de ensaio relativo à determinação da massa volúmica do betão e da tensão de rotura por compressão consta da especificação LNEC E-226 (42).

No quadro 3.7 apresentam-se os resultados relativos à massa volúmica média, tensão de rotura por compressão média e respectivos coeficientes de variação, dos cubos de betão aos 28 dias de idade e à data de ensaio dos blocos.

(*) O módulo de finura é determinado pela soma das percentagens totais que ficam retidas e acumuladas em cada peneiro da série normal, começando no peneiro de 0,149 mm e estendendo-se até à máxima dimensão do inerte (41).



----- AREIA DO MAR
- - - - AREIA DE PEDREIRA
—— SARRISCA
- - - - MISTURA

Fig. 3.8. - Curvas granulométricas e módulo de finura dos inertes e respectiva mistura, usados na confecção dos blocos da 1ª. à 6ª. colheitas

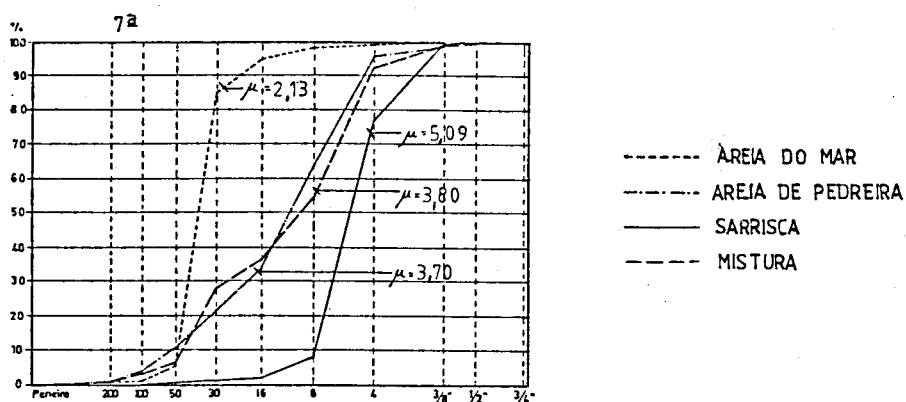


Fig. 3.9 - Curvas granulométricas e módulo de finura dos inertes e respectiva mistura, usados na confecção dos blocos da 7ª colheita

Quadro 3.7 - Massa volúmica média, tensão de rotura por compressão média e coeficiente de variação dos cubos de betão aos 28 dias de idade e à data de ensaio dos blocos

Colheita	Idade	Número de elementos	Massa volúmica		Tensão de rotura por compressão	
			Média _j (Kg/m ³)	Coeficiente de variação	Média (MPa)	Coeficiente de variação
1ª	28	3	1946	1.6	9.0	7.6
2ª	27	3	2075	2.2	19.3	12.3
	28	3	2103	2.1	20.0	18.4
3ª	19	3	2071	2.6	15.8	20.0
	28	3	2113	2.3	19.0	10.2
4ª	28	6	2115	1.7	17.3	12.9
5ª	26	2	2074	4.0	17.8	25.9
	28	3	2008	0.8	14.2	3.7
6ª	24	3	2004	3.6	13.8	25.5
	28	3	2037	1.7	14.6	21.3

3.2.3.2.6. Blocos de Betão - Apreciação de aspecto

No Laboratório todos os elementos da amostra, já devidamente referenciados, foram sujeitos a uma apreciação de aspecto.

Esta apreciação visa associar a cada unidade determinados atributos de aspecto.

A nomenclatura, bem como a técnica de ensaio constam da ficha número 6.

Os resultados apresentam-se de duas formas distintas:

- Nos quadros 3.8. e 3.9 sintetizam-se para as duas geometrias, B10 e B25, o número de blocos defeituosos, para cada um dos atributos e por número de defeitos.
- Na fig. 3.10, para cada uma das duas geometrias, define-se o número de blocos que apresentam zero, um e dois ou mais defeitos distintos. Consideram-se defeitos distintos aqueles que são caracterizados por atributos diferentes. Não se descrimina o número de defeitos dentro de cada tipo.

Quadro 3.8 - Número de blocos defeituosos B10, de acordo com determinados atributos de aspecto

Colheita	Número de elementos apreciados	Fissuras		Arestas ou vértices partidos		Deformações visíveis	Furos vazados	
		1	≥ 2	1	≥ 2		1	≥ 2
1a	50	-	-	14	-	-	3	-
2a	50	-	-	1	-	-	1	-
3a	50	2	-	4	-	-	1	-
4a	50	-	-	1	1	-	-	-
5a	50	-	-	7	-	-	2	-
6a	51	-	-	1	-	-	-	-

3.2.3.2.7. Blocos de Betão - Desvios de dimensões

Em cada colheita e por geometria determinaram-se as dimensões exteriores efectivas em cerca de 38 blocos. A partir destas medições é possível obter desvios relativamente às dimensões nominais dos provetes que se apresentaram nas figuras 3.3 e 3.4.

Dado que em cada elemento a mesma dimensão é medida várias vezes em sítios diferentes, obtêm-se desvios individuais e médios. Entende-se por desvio médio a diferença entre a dimensão

efectiva média e a dimensão nominal.

Quadro 3.9 - Número de blocos defeituosos B25, de acordo com determinados atributos de aspecto

Colheita	Número de elementos apreciados	Fissuras		Arestas ou vértices partidos		Deformações visíveis	Furos Vazados	
		1	≥ 2	1	≥ 2		1	≥ 2
1ª	47	2	-	12	-	2	-	-
2ª	41	2	1	3	-	-	11	-
3ª	48	1	-	9	2	2	23	1
4ª	49	-	-	19	3	1	22	11
5ª	50	1	-	11	1	-	6	-
6ª	40	-	-	4	1	-	14	-

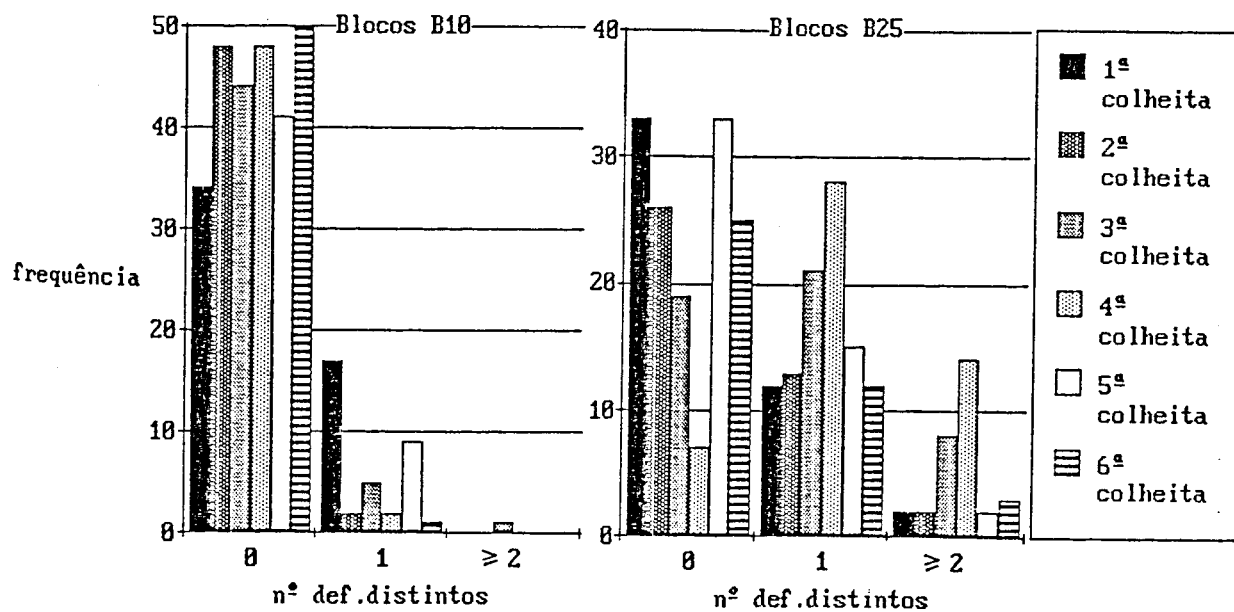


Fig. 3.10 - Número de blocos B10 e B25, em cada uma das colheitas, com zero, um e dois ou mais defeitos distintos

Destes blocos em cerca de oito por geometria e colheita mediram-se ainda septos, orifícios e reentrâncias, por forma a caracterizar completamente a geometria.

A técnica de ensaio encontra-se detalhada na ficha número 7.

Nos quadros 3.10 e 3.11 apresentam-se desvios individuais e médios por colheita e para cada uma das geometrias, para as três dimensões exteriores dos elementos.

Dos quadros 3.12 e 3.13 constam os valores médios e coeficientes de variação das dimensões de septos, orifícios e reen-trâncias, obtidos por medição para cada uma das colheitas e geometria.

Quadro 3.10 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos B10 para as diferentes colheitas

Dimensão	Colheita	Número de elementos	Desvios individuais (mm)											Desvios médios (mm)																
			-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espessura	1ª	38				4	44	48	16	2									15	19	4									
	2ª	38				8	64	36	5	1									28	9	1									
	3ª	38				15	83	16	-	-									3	32	3									
	4ª	38				7	51	24	15	13	4								6	28	4									
	5ª	38				7	27	54	21	5	-							8	25	5	-									
	6ª	38				12	52	36	13	1									22	14	2									
Altura	1ª	38							1	-	1	4	25	56	46	19										7	15	15	1	
	2ª	38							2	7	18	54	38	28	5	-								7	11	13	7	-		
	3ª	38							2	9	27	54	33	21	5	1							9	15	8	5	1			
	4ª	38					2	15	18	25	45	24	12	5	5	1						6	12	10	4	3	2	1		
	5ª	38							-	1	2	23	20	42	31	30	3					-	-	-	2	10	8	16	1	1
	6ª	38					1	13	31	36	29	33	9								2	6	13	10	5	2				
Comprimento	1ª	38					1	25	66	17	4	1									5	28	3	2						
	2ª	38					17	41	46	10										2	20	13	3							
	3ª	38					18	42	43	10	1									4	17	14	3							
	4ª	38					2	23	53	36	-									9	20	9	-							
	5ª	38						22	65	24	3									6	25	7	-							
	6ª	38					17	33	5	10	4									-	18	16	4							

Quadro 3.11 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos B25 para as diferentes colheitas.

Dimensão	Colheita	Número de elementos	Desvios individuais (mm)																Desvios médios (mm)													
			-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7		
Espessura	1ª	38							1	5	41	37	17	7	6								1	9	21	7						
	2ª	34							1	36	48	12	5	-								8	22	3	1							
	3ª	38							12	26	33	19	10	7	7						4	8	6	13	7							
	4ª	38							3	49	21	13	4	12	12							1	18	19	-							
	5ª	38							2	25	41	33	9	4	-							3	21	14	-							
	6ª	30								11	17	25	16	13	8								-	4	15	8	2	1				
Altura	1ª	38							1	-	10	35	36	49	13	8									10	10	13	3	2			
	2ª	34							-	4	8	31	27	28	33	5								3	3	10	16	2				
	3ª	38							1	8	20	43	34	22	20	4								3	17	10	6	2				
	4ª	38	1	1	-	-	2	4	8	21	19	34	32	18	11	1		1	-	-	1	4	4	16	5	7						
	5ª	38			1			1	4	17	13	24	33	22	28	4	3	2					1	4	9	8	9	6	1			
	6ª	30						9	11	25	28	18	16	7	5	-	1		1	-	-	2	11	4	8	2	2					
Comprimento	1ª	38									4	27	46	30	7									1	11	15	11					
	2ª	34								1	12	44	23	14	5	3								3	18	6	3	4				
	3ª	38								4	30	53	22	5										11	19	7	1					
	4ª	38								4	24	64	20	2										10	21	7						
	5ª	38								3	24	65	19	3										8	23	7						
	6ª	30									9	25	16	19	16	2	3							1	11	5	6	5	2			

3.2.3.2.8. Blocos de Betão - Percentagem de furação

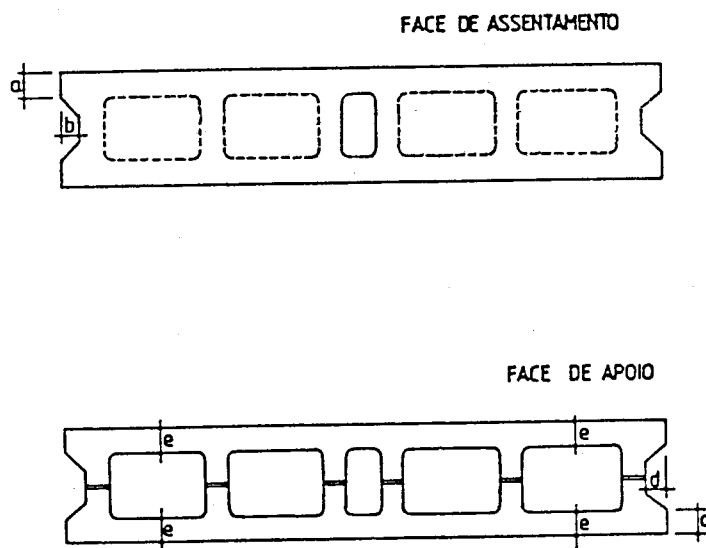
A percentagem de furação determinou-se em cada colheita e por geometria, normalmente em oito unidades.

A técnica de ensaio apresenta-se na ficha de ensaio número 8.

A areia utilizada no preenchimento dos orifícios era do mar, granítica, da zona de Gaia e a granulometria de acordo com o definido na ficha de ensaio.

Os resultados constam dos quadros 3.14 e 3.15. Para cada geometria e colheita apresentam-se os valores médios, máximo e mínimo observados e o respectivo coeficiente de variação.

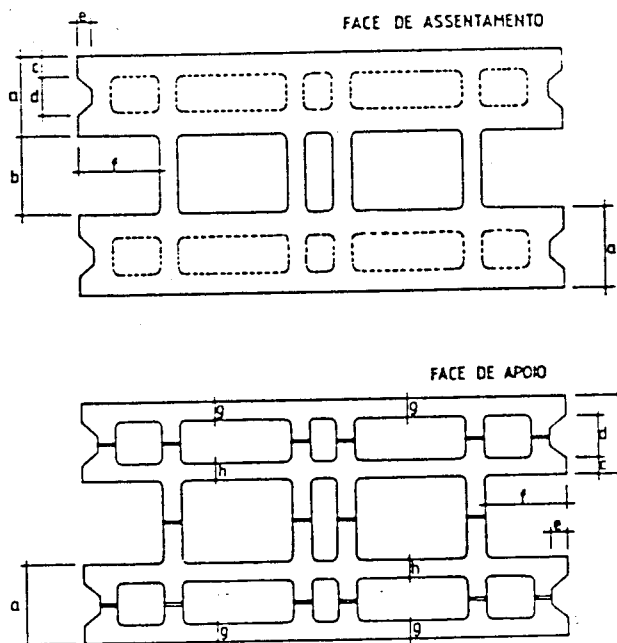
Quadro 3.12 - Valores médios e coeficientes de variação das dimensões de septos, orifícios e reentrâncias obtidas por medição, em cada uma das colheitas da geometria B10



Colheita	Número de Elementos	Dimensões médias de septos (mm)									
		e									
		Coeficientes de variação (%)									
		Face de assentamento				Face de apoio					
		a		b		c		d		e (*)	
Dimensões nominais (mm)											
23		15		20		17		20			
1ª	8	22.6	1.3	15.9	2.3	20.2	4.9	16.4	3.5	21.3	2.7
2ª	8	21.8	2.0	15.9	1.7	19.7	1.7	16.5	1.9	21.6	3.0
3ª	8	20.9	5.5	16.1	2.8	18.4	2.0	17.2	6.9	21.4	3.1
4ª	8	21.8	2.0	16.4	3.5	20.2	4.7	16.7	3.4	21.4	2.8
5ª	8	21.5	1.9	16.4	2.5	20.6	2.1	16.4	1.2	21.5	2.5
6ª	8	21.3	1.5	16.4	1.8	20.2	2.6	16.8	1.7	21.3	2.1

(*) Esta dimensão é um valor médio de várias dimensões

Quadro 3.13 - Valores médios e coeficientes de variação das dimensões de septos, orifícios e reentrâncias obtidas por medição, em cada uma das colheitas da geometria B25



Face	Colheita	Número de elementos	Dimensões médias de septos (mm) e Coeficientes de variação															
			a (1)		b		c		d		e		f		g (1)		h (1)	
			Dimensões nominais (mm)															
			83/80 (2)		79/85 (2)		21/18 (2)		41/44 (2)		15/17 (2)		79/82 (2)		18		18	
Assentamento	1ª	8	84,2	1.6	77.5	1.3	20.7	2.9	41.7	2.0	15.1	3.7	79.1	0.8	-	-	-	-
	2ª	8	83.2	1.8	77.9	0.9	19.5	2.5	41.5	3.2	15.5	2.9	79.5	0.9	-	-	-	-
	3ª	7	84.2	1.9	76.6	2.6	20.0	5.1	42.8	3.5	15.2	2.8	78.9	1.0	-	-	-	-
	4ª	8	83.5	1.4	78.0	1.1	17.9	3.0	43.0	1.7	15.9	2.6	80.1	0.7	-	-	-	-
	5ª	8	83.9	1.7	78.3	0.7	20.0	4.3	43.1	2.4	16.1	1.8	80.1	2.5	-	-	-	-
	6ª	8	84.2	1.2	78.6	0.9	20.3	4.4	42.8	3.1	15.7	2.8	79.9	1.4	-	-	-	-
Apoio	1ª	8	80.7	0.9	83.3	1.0	18.8	8.8	44.9	5.4	17.3	6.2	82.4	1.5	20.8	4.7	19.8	3.4
	2ª	8	78.8	1.9	85.7	2.6	18.7	6.5	44.4	4.4	17.8	4.8	82.9	1.1	20.6	4.8	19.9	4.2
	3ª	7	81.0	1.2	83.9	1.5	18.8	11.0	43.1	3.6	17.3	5.0	82.7	1.2	20.3	3.8	19.5	4.9
	4ª	8	80.9	1.4	84.0	1.7	19.0	2.1	43.8	3.7	17.4	1.9	83.3	0.6	20.4	5.2	19.5	3.0
	5ª	8	81.6	0.8	83.6	1.0	20.4	6.7	43.3	2.8	17.3	5.4	83.2	0.8	20.5	4.1	19.6	3.5
	5ª	8	81.1	1.1	83.9	1.2	19.3	8.8	43.9	4.7	17.6	5.6	82.7	1.2	20.5	5.0	19.6	3.7

(1) - Estas dimensões são valores médios de várias dimensões

(2) - O 1º valor diz respeito à face de assentamento e o 2º à face de apoio

Quadro 3.14 - Valores médios, máximos, mínimos e coeficientes de variação da percentagem de furação de blocos B10

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	8	30	2.0	31	29
2ª	8	31	1.6	31	30
3ª	8	31	0.9	32	31
4ª	8	31	0.7	32	31
5ª	8	32	1.3	33	31
6ª	8	30	2.8	32	30

Quadro 3.15 - Valores médios, máximos e mínimos e coeficientes de variação da percentagem de furação de blocos B25

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	8	44	1.0	45	44
2ª	7	45	1.0	46	44
3ª	5	46	0.5	46	45
4ª	8	45	0.9	46	45
5ª	8	46	1.2	47	45
6ª	8	45	0.7	46	45

3.2.3.2.9. Blocos de Betão - Massa dos blocos no estado natural

A massa dos blocos no estado natural foi determinada normalmente em 8 provetes por colheita e geometria; nas últimas colheitas pesaram-se mais provetes. Sistemáticamente a determinação foi efectuada aos 15 dias de idade, período mínimo de cura assegurado pelo fabricante.

A técnica de ensaio consta da ficha número 9.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.16 e 3.17 descritos por valores médios, máximos, mínimos e coeficiente de variação da massa no estado natural à data de fornecimento, por

colheita e geometria respectivamente.

Quadro 3.16 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos da massa no estado natural, de blocos B10 aos 15 dias de idade, data mínima de fornecimento

		Massa aos 15 dias de idade			
Colheita	Número de elementos	Média (Kg)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (Kg)	Mínimo (Kg)
1a	8	11.90	2.0	12.16	11.52
2a	8	12.40	1.7	12.66	12.16
3a	7	12.33	1.9	12.73	11.97
4a	7	12.65	1.4	12.97	12.48
5a	16	12.35	2.6	12.87	11.51
6a	31	12.50	2.6	13.15	11.87
7a	9	12.41	1.9	12.72	12.04

Quadro 3.17 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos da massa no estado natural, de blocos B25 aos 15 dias de idade, data mínima de fornecimento

		Massa aos 15 dias de idade			
Colheita	Número de elementos	Média (kg)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (Kg)	Mínimo (Kg)
1a	8	24.46	1.2	25.00	24.10
2a	8	24.88	2.6	25.80	25.02
3a	7	25.53	1.1	25.80	25.02
4a	7	25.70	2.2	26.50	25.02
5a	46	25.21	2.5	25.96	23.24
6a	23	25.77	1.6	26.84	25.00
7a	9	25.94	0.6	26.16	25.72

3.2.3.2.10. Blocos de Betão - Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento

A absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento foi determinada normalmente em 8 provetes por colheita e geometria.

A idade de fornecimento considerada, como tem sido referido, foi de 15 dias após o fabrico.

Verificou-se em alguns ensaios que terminado o período inicial de secagem de 24 horas, a massa perdida em ciclos posteriores era inferior a 0,2%, pelo que se consideraram as 24 horas como período de secagem necessário para se obter massa constante. O período de arrefecimento posterior, antes de se efectuar a pesagem, foi de cerca de 4 horas para a generalidade dos blocos.

A técnica de ensaio consta da ficha número 10.

A expressão dos resultados é feita segundo diferentes critérios de acordo com a normalização estrangeira que se tomou como referência.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.18 a 3.21, discriminados por valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos para a absorção de água por imersão e teor em água à data de fornecimento, por colheita e geometria respectivamente.

3.2.3.2.11. Blocos de Betão - Massa volúmica dos blocos e do betão constituinte no estado natural e seco

Foram determinadas as massas volúmicas dos blocos e do betão constituinte, referidas ao estado natural e seco, de acordo com a técnica especificada na ficha de ensaio número 9, em cerca de 8 blocos por geometria e colheita.

A massa dos blocos no estado natural foi obtida sistematicamente aos 15 dias de idade. Os períodos de secagem em estufa e de arrefecimento dos blocos, para obtenção da massa constante foram os referidos em 3.2.3.2.10..

Os resultados apresentam-se, para as duas geometrias, nos quadros 3.22 e 3.23, por colheita e discriminando valores médios,

Quadro 3.18 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos da absorção de água por imersão de blocos B10

Colheita	Nº de elementos	Absorção de água por imersão							
		$\frac{m_i - m_s}{m_s} (\%)$				$\frac{m_h - m_s}{V} (\text{Kg/m}^3)$			
		Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo
1	8	8.6	6.9	9.7	7.7	148.8	8	172.3	133.7
2	8	8.0	8.0	9.1	7.3	148.3	8.4	170.7	130.5
3	7	7.3	1.9	7.5	7.2	137.3	1.3	140.4	135.7
4	7	7.3	4.8	7.7	6.6	142.5	4	150.8	132.0
5	8	7.7	6.4	8.6	6.9	145.9	3.8	151.9	133.1
7	4	6.5	5.2	7.0	6.3	—	—	—	—

Quadro 3.19 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos do teor em água à data de fornecimento, blocos B10

Colheita	Nº de elementos	Teor em água à data de fornecimento							
		$\frac{m_i - m_s}{m_s} (\%)$				$\frac{m_i - m_s}{m_h - m_s} (\%)$			
		Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo
1	8	1.5	19.3	2.0	1.1	18.1	16.2	21.8	13.0
2	8	1.7	9.8	1.9	1.5	21.1	11.3	26.0	17.7
3	7	1.2	13.0	1.4	0.9	16.2	14.1	19.1	15.6
4	7	2.1	11.5	2.4	1.7	28.3	10.3	25.0	33.3
5	8	2.0	11.8	1.6	2.3	25.7	14.0	20.6	30.7
6	7	1.1	20.2	1.4	0.8	-	-	-	-

Quadro 3.20 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos da absorção de água por imersão de blocos B25

Colheita	No de elementos	Absorção de água por imersão							
		$\frac{m_i - m_s}{m_s} (\%)$				$\frac{m_h - m_s}{V} (\text{Kg/m}^3)$			
		Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coef. de variação	Maximo	Mínimo
1	7	8.7	2.9	9.2	8.4	154.4	3.1	163.2	148.5
2	8	7.0	6.4	7.7	6.4	128.7	7.8	145.7	114.7
3	7	7.0	9.4	7.8	6.1	134.8	8.8	148.5	117.2
4	7	7.3	6.1	8.0	6.8	143.0	4.2	154.8	136.0
5	8	4.8	13.9	5.9	3.8	94.7	13.4	113.6	75.0
6	7	4.6	9.5	5.3	4.1	91.3	8.3	105.9	83.4

Quadro 3.21 - Valores médios, coeficientes de variação, valores máximos e mínimos do teor em água à data de fornecimento, blocos B25

Colheita	No de elementos	Teor em água à data de fornecimento							
		$\frac{m_i - m_s}{m_s} (\%)$				$\frac{m_i - m_s}{m_h - m_s} (\%)$			
		Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coef. de variação	Máximo	Mínimo
1	7	1.7	10.5	1.9	1.4	19.2	9.0	21.0	16.2
2	8	1.6	13.8	1.9	1.3	22.6	12.0	26.9	17.2
3	7	1.4	12.9	1.5	1.1	19.4	13.1	22.5	14.8
4	7	1.8	8.9	2.0	1.5	24.8	12.2	27.0	20.3
5	8	2.1	7.8	2.3	1.9	43.1	12.1	51.4	36.1
6	7	1.2	9.8	1.4	1.1	25.9	15.3	30.5	22.0

valores máximos e mínimos para a massa volúmica dos blocos e do betão constituinte referidas ao estado natural e seco.

Quadro 3.22 - Valores médios, máximos e mínimos da massa volúmica dos blocos B10 e do betão constituinte no estado natural e seco

Colheita	Número de Elementos	Massa volúmica (Kg/m ³)											
		Estado natural						Estado seco					
		Blocos			Betão			Blocos			Betão		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1a	8	1240	1267	1197	1802	1841	1744	1217	1243	1185	1740	1777	1694
2a	8	1307	1335	1280	1919	1959	1881	1286	1305	1251	1887	1916	1837
3a	7	1305	1348	1267	1940	2003	1883	1290	1330	1251	1917	1976	1859
4a	7	1337	1370	1319	1987	2037	1960	1311	1347	1291	1949	2003	1919
5a	8	1297	1352	1209	1934	2016	1803	1273	1326	1270	1899	1976	1894
6a	7	1328	1398	1262	1948	2050	1850	1301	1329	1239	1908	1948	1817
7a	9	1318	1351	1279	1934	1983	1877						

Quadro 3.23 - Valores médios, máximos e mínimos da massa volúmica dos blocos B25 e do betão constituinte no estado natural e seco

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica (Kg/m ³)											
		Estado natural						Estado seco					
		Blocos			Betão			Blocos			Betão		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1a	8/7	1003	1025	988	1850	1891	1823	986	1007	971	1819	1791	1858
2a	8	1025	1063	1006	1914	1985	1865	1009	1043	983	1885	1947	1836
3a	7	1055	1066	1034	2002	2023	1962	1041	1054	1020	1976	2000	1936
4a	7	1065	1099	1037	2009	2072	1956	1047	1079	1017	1974	2034	1919
5a	8	1040	1071	959	1994	2053	1838	1027	1055	1007	1965	2018	1925
6a	7	1083	1111	1035	2006	2090	1946	1070	1084	1026	2012	2038	1929
7a	9	1074	1083	1065	2019	2036	2002						

3.2.3.2.12. Blocos de Betão - Variações dimensionais entre estados convencionais extremos

Pelas limitações já invocadas não se pôde realizar a parte do ensaio referente à retracção por secagem na FEUP.

Assim realizamos apenas o ensaio na 6a e 7a colheita, recorrendo a uma estufa dum outro Laboratório; a parte do ensaio referente à expansão por imersão foi realizada na FEUP.

Não foi possível assegurar a temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa inferior a 75%, dada a inexistência de uma sala climatizada em qualquer dos Laboratórios; no entanto fez-se sempre o registo das condições termohigrométricas existentes no local, estando a temperatura compreendida entre 18°C e 28°C e a humidade relativa entre 50% e 85%.

Refira-se como última limitação o facto de termos utilizado um alongâmetro de 250 mm de base, de centésimos de milímetro, por ser o único disponível.

Em tudo o resto a técnica de ensaio seguiu o preconizado na ficha número 11.

A idade dos blocos no início do ensaio era de 15 dias, idade de fornecimento, conforme já foi referido.

As amplitudes das variações dimensionais entre estados convencionais extremos, para as duas colheitas e geometrias ensaiadas encontram-se nos quadros 3.24 e 3.25.

3.2.3.2.13. Blocos de Betão - Variações dimensionais em ambiente condicionado de 20°C e humidade relativa inferior a 70%

Na sétima colheita, e utilizando uma sala condicionada existente noutro local da FEUP, realizou-se um ensaio de variações dimensionais em ambiente condicionado de 20°C e humidade relativa inferior a 70%.

Utilizou-se o alongâmetro de centésimos de milímetro.

A idade dos blocos no início do ensaio era de 15 dias.

A técnica de ensaio seguiu o preconizado na ficha número 12.

Os resultados apresentam-se para a geometria B10 e B25, na fig. 3.11.

Quadro 3.24 - Amplitude das variações dimensionais entre estados convencionais extremos, blocos B10

		6ª Colheita							7ª Colheita								
		Massa	Data de início do ensaio	l_o	l_f	ϵ	Valor médio (1)	Amplitude da variação dim. entre estados convencionais			(Massa)	Data de início de Ensaio	l_o	l_f	ϵ	Valor médio (1)	Amplitude da variação dim. entre estados convencionais
		(Kg)		(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)			(Kg)		(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	(mm/m)
Retração por Secagem			87.07.31	251.99	251.89	-0.397		+0.497			12.25		251.34	251.20	-0.557		-0.579
				252.28	252.22	-0.238	-0.239			12.32	87.11.05	249.99	249.82	-0.680			
				251.28	251.19	-0.239				12.04		249.89	249.74	-0.600			
Expansão por Imersão			87.07.31	249.55	249.59	+0.160					12.72		250.92	250.95	+0.120		-
				251.68	251.74	+0.238	+0.258			12.45	87.11.05	251.44	251.41	-0.119			
				252.20	252.27	+0.278				12.09		250.51	250.58	+0.279			

(1) Ver ficha de ensaio

Quadro 3.25 - Amplitude das variações dimensionais entre estados convencionais extremos, blocos B25

		6ª Colheita						7ª Colheita							
Expansão por Imersão	Retração por Secagem	Massa	Data de início do ensaio	l_o	l_f	ϵ	Valor médio (1)	Amplitude da variação dim. entre estados convencionais	Massa	Data de início do ensaio	l_o	l_f	ϵ	Valor médio (1)	Amplitude da variação dim. entre estados convencionais
		(Kg)		(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)		(Kg)		(mm)	(mm)	(mm/m)	(mm/m)	
									25.86		251.01	250.90	-0.438		
									26.14	87.11.05	252.62	252.45	-0.673	-0.457	
									25.75		252.03	251.91	-0.476		0.774
									25.96		251.93	252.01	+0.318		
									25.72	87.11.05	252.39	252.47	+0.317	+0.317	
									26.16		252.17	252.25	+0.317		

(1) Ver ficha de ensaio

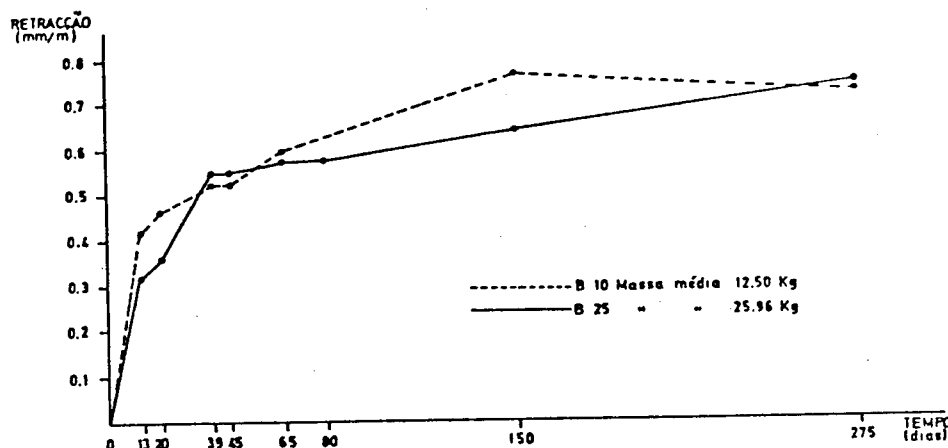


Fig. 3.11 - Variações dimensionais médias, em ambiente condicionado de 20°C e humidade relativa inferior a 70%, blocos B10 e B25

3.2.3.2.14. Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados com argamassa

A determinação da tensão de rotura por compressão dos blocos regularizados, na sua posição de assentamento, foi realizada sistematicamente em cerca de trinta blocos por geometria e colheita.

A técnica de ensaio está especificada na ficha número 13.

Para cada colheita retiraram-se normalmente três prismas 4 x 4 x 16 cm³ da argamassa de regularização que se ensaiavam à flexão e compressão aos 28 dias, conforme técnica de ensaio especificada no "Caderno de Encargos Para o Fornecimento e Receção do Cimento "Portland" Normal".

O resumo dos resultados apresenta-se no quadro 3.26.

Para comprimir os blocos utilizou-se uma prensa de ensaio LOSENHAUSENWERK de grande curso, com pratos de dimensões superiores às do bloco, carga máxima de 3000 KN, mas possibilitando fracções de 150, 300, 600 e 1500 KN. Todos os ensaios foram realizados com a máquina regulada para 1500 KN.

Por limitações diversas não foi possível ensaiar sistematicamente os blocos aos 28 dias, no entanto conseguiram-se idades próximas e, sempre que se ensaiavam blocos de betão, ensaiavam-se

também cubos do betão constituinte dos mesmos, para se poderem correlacionar com a resistência aos 28 dias, cujos resultados já se apresentaram em 3.2.3.2.5.

Quadro 3.26 - Prismas 4 x 4 x 16 da argamassa de regularização, resumo dos resultados

Ensaio	Número de prismas	Valor médio (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Valor máximo (MPa)	Valor mínimo
Compressão	27	28.2	21.8	36.3	15.0
Flexão	27	6.3	21.3	8.6	4.2

Nas figuras 3.12 e 3.13 apresentam-se para as geometrias B10 e B25 e para cada colheita, as tensões de rotura por compressão obtidas, distribuídas por 10 classes de resistência, com largura do intervalo variável, dependente do desvio padrão da amostra. Como informação complementar apresenta-se a idade de ensaio e o número de provetes ensaiados.

Nas figuras 3.14 e 3.15 sintetiza-se o conjunto de resultados de cada uma das geometrias, através dos seus valores médios e respectivos coeficientes de variação em cada uma das colheitas.

Em cada ensaio registava-se a configuração de rotura observada, de acordo com os seguintes tipos principais considerados:

- Tipo 1 - Rotura com desagregação total do bloco;
- Tipo 2 - Rotura sem sinais exteriores, normalmente devida a rotura dos septos interiores;
- Tipo 3 - Rotura com fissuras verticais e esmagamentos localizados junto aos topos dos blocos;
- Tipo 4 - Rotura com fissuras horizontais longitudinais nas faces exteriores dos blocos.

O espectro percentual de cada uma das geometrias para todas as colheitas consta das figuras 3.16 e 3.17.

No Anexo II apresentam-se algumas fotografias com as diferentes configurações tipo.

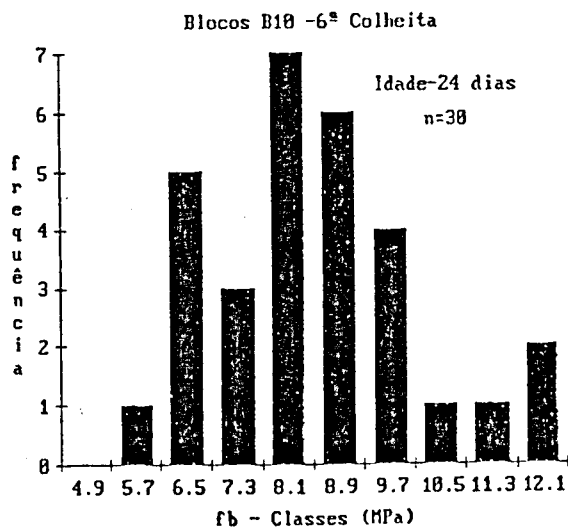
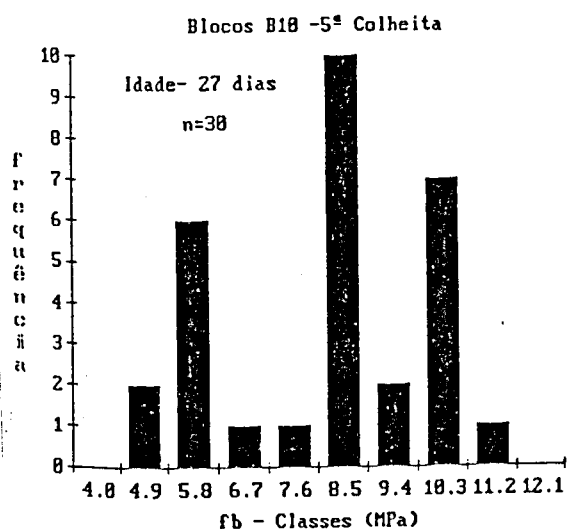
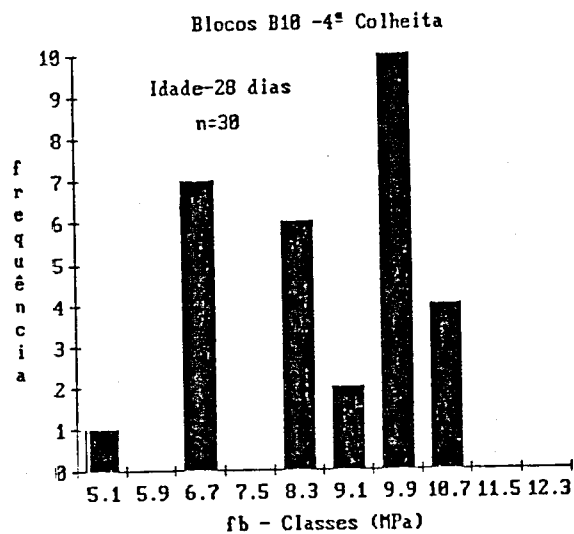
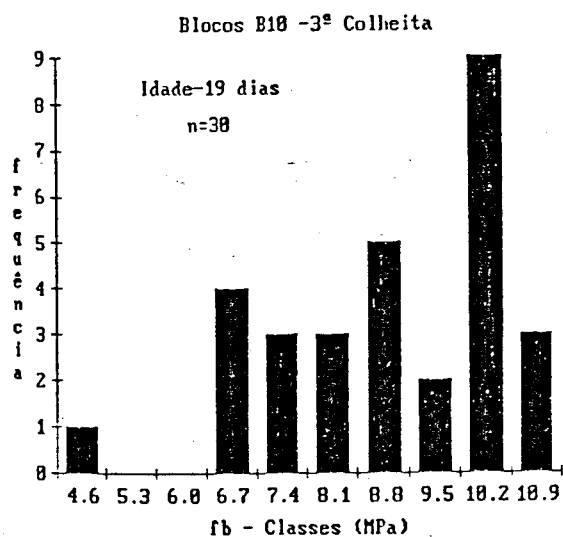
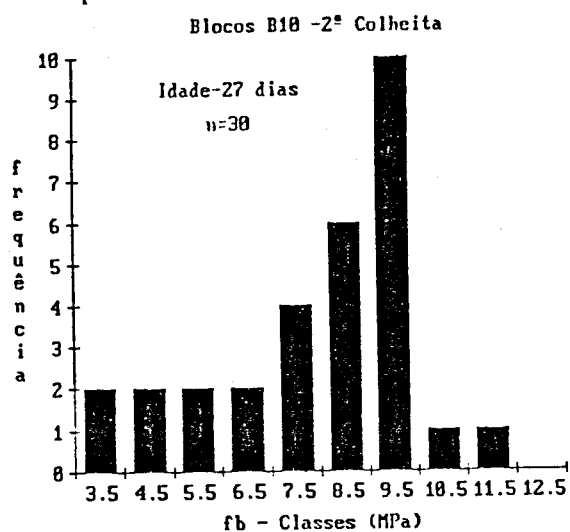
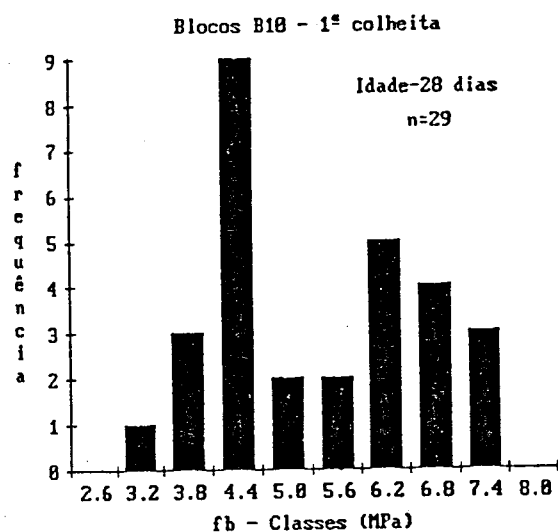


Fig. 3.12 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos B10 ensaiados, para as seis colheitas efectuadas

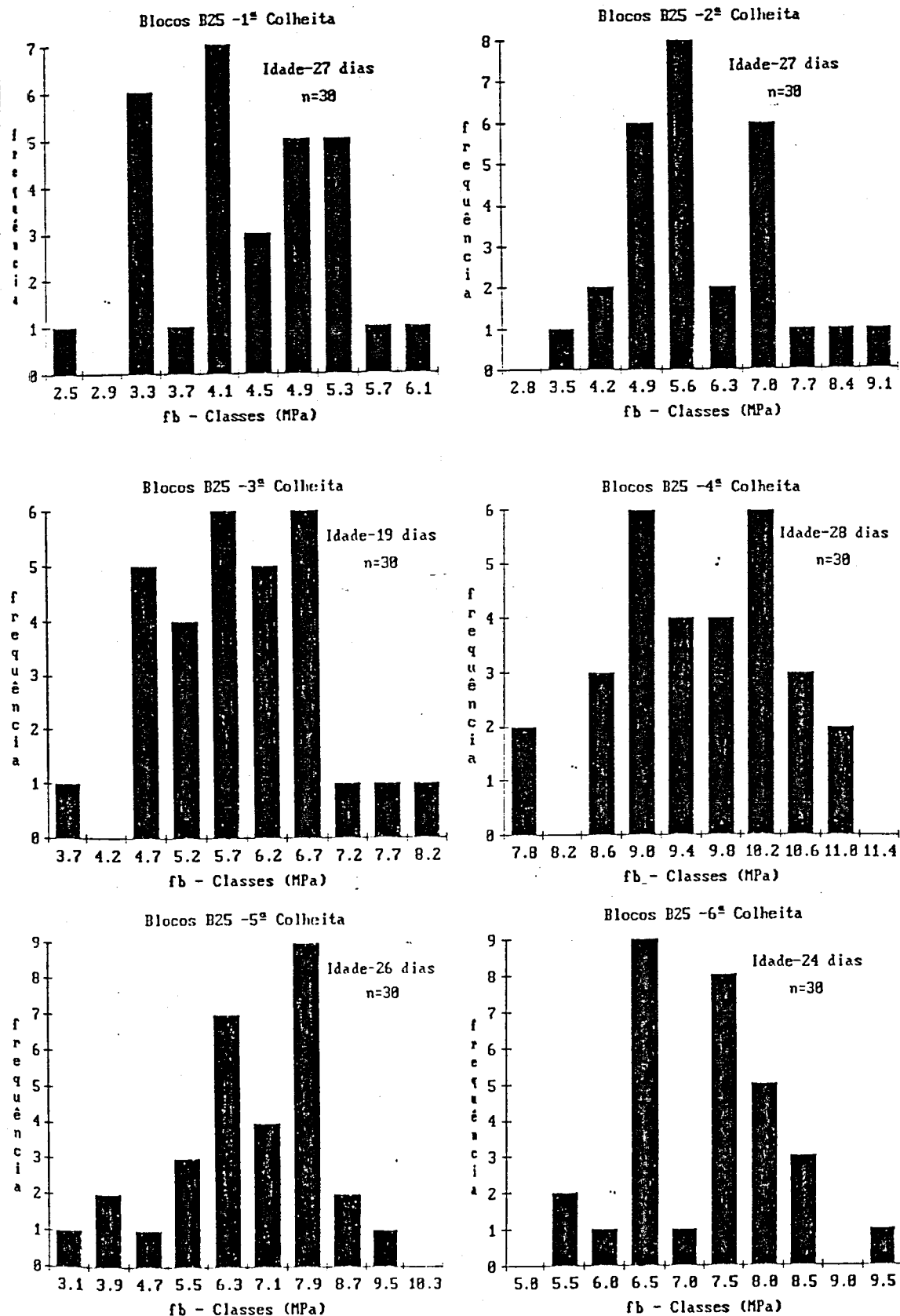


Fig. 3.13 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos B25 ensaiados, para as seis colheitas efectuadas

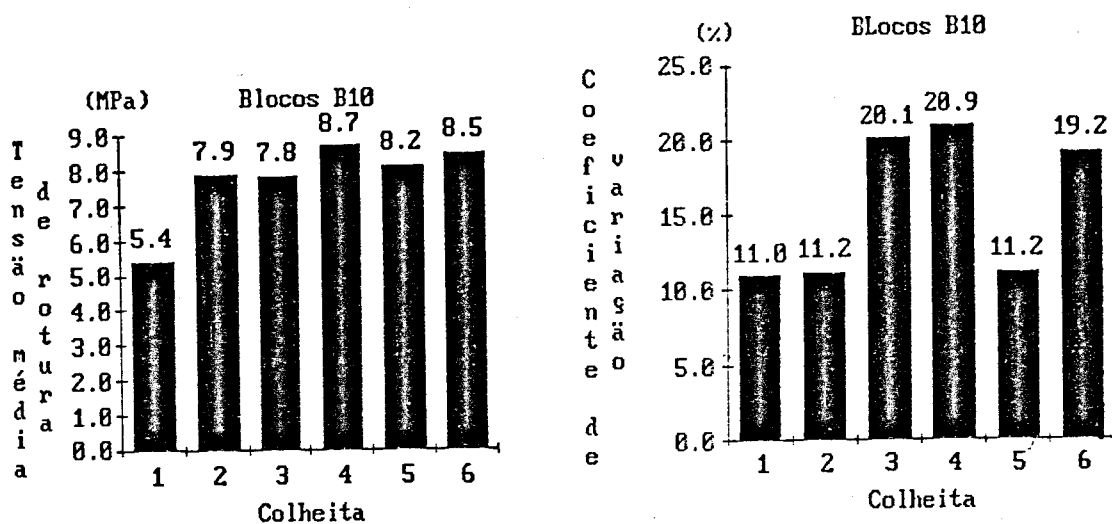


Fig. 3.14 - Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, para cada colheita dos blocos B10

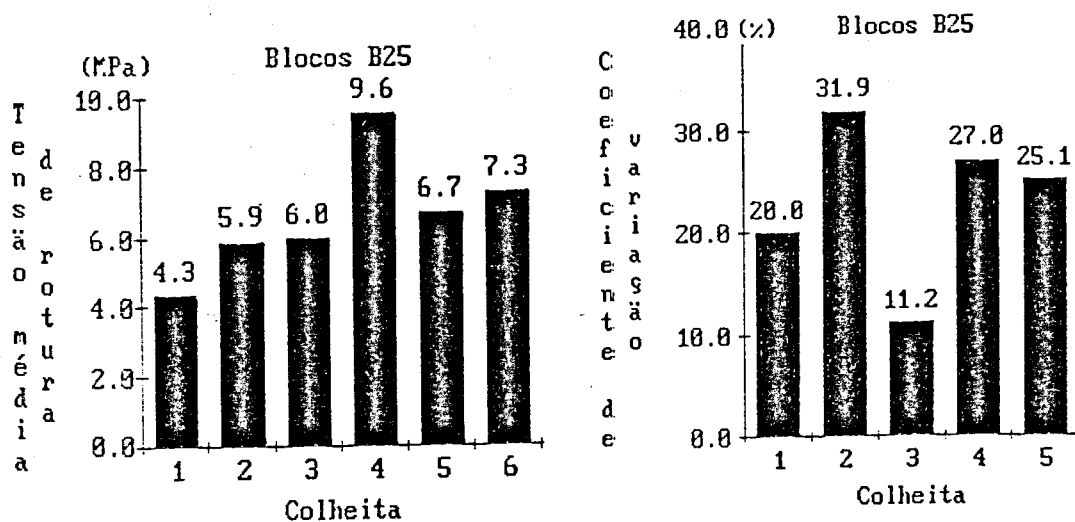


Fig. 3.15 - Valores médios e coeficiente de variação da tensão de rotura por compressão, para cada colheita dos blocos B25

Na quinta colheita regularizaram-se mais quatro blocos de cada uma das geometrias que se ensaiaram com 112 dias de idade; os resultados apresentam-se no quadro 3.27 em termos de valores médios, coeficientes de variação, valores máximo e mínimo.

Na sétima colheita, complementar, realizou-se em três blocos

de cada uma das geometrias um ensaio de rotura por compressão, na direcção paralela às faces de assentamento, isto é com os blocos ao alto.

A técnica e máquina de ensaio foram as mesmas adoptadas para o ensaio de rotura por compressão na direcção normal de assentamento, e conforme já foi referido consta da ficha de ensaio número 13.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.28.

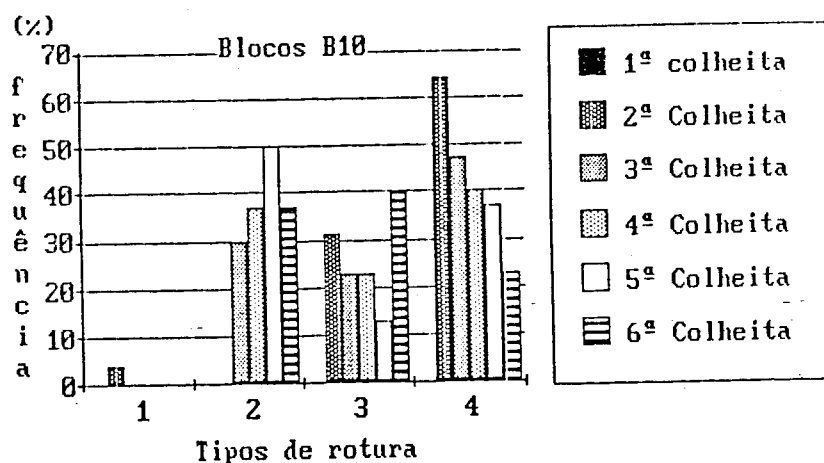


Fig. 3.16 - Distribuição das configurações de rotura em cada uma das colheitas de blocos B10, segundo quatro configurações tipo

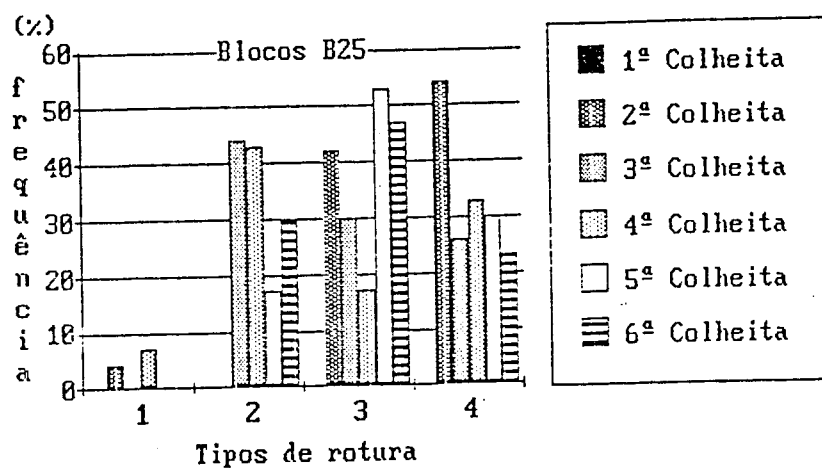


Fig. 3.17 - Distribuição das configurações de rotura em cada uma das colheitas de blocos B25, segundo quatro configurações tipo

Quadro 3.27 - Valores médio, coeficientes de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos B10 e B25 aos 112 dias, da 5a colheita

Geometria	Colheita	Idade (dias)	Número de elementos ensaiados	Valor médio (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Valor máximo (MPa)	Valor mínimo (MPa)
B10	5a	112	4	8.8	21.7	11.4	6.8
B25	5a	112	4	6.5	17.9	8.0	5.2

Quadro 3.28 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos B10 e B25 segundo a direcção paralela às faces de assentamento

Geometria	Colheita	Idade (dias)	Número de elementos ensaiados	Valor médio (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Valor máximo (MPa)	Valor mínimo (MPa)
B10	7a	28	3	6.0	16.6	7.0	5.0
B25	7a	28	3	7.2	10.5	8.0	6.6

3.2.3.2.15. Blocos de Betão - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados

A determinação da tensão de rotura por compressão de blocos de betão é um processo demorado e trabalhoso, sobretudo pela necessidade de proceder à regularização com argamassa das faces do bloco.

A normalização inglesa (5), para possibilitar a obtenção de resultados mais rapidamente, refere a realização dum ensaio expedito para controlo em fábrica, em que se interpõe entre as faces do bloco e os pratos da prensa, contraplacado, e cujos resultados deverão ser confrontados com os obtidos com regularização de argamassa.

Realizou-se este ensaio normalmente em oito blocos por geometria e colheita, segundo a técnica preconizada na ficha de ensaio número 14.

Os resultados apresentam-se na fig. 3.18, para as geometrias B10 e B25 em termos de valor médio, valor máximo e mínimo e coeficiente de variação para cada uma das colheitas.

As configurações de rotura observadas enquadram-se nos tipos apresentados em 3.2.3.2.14.

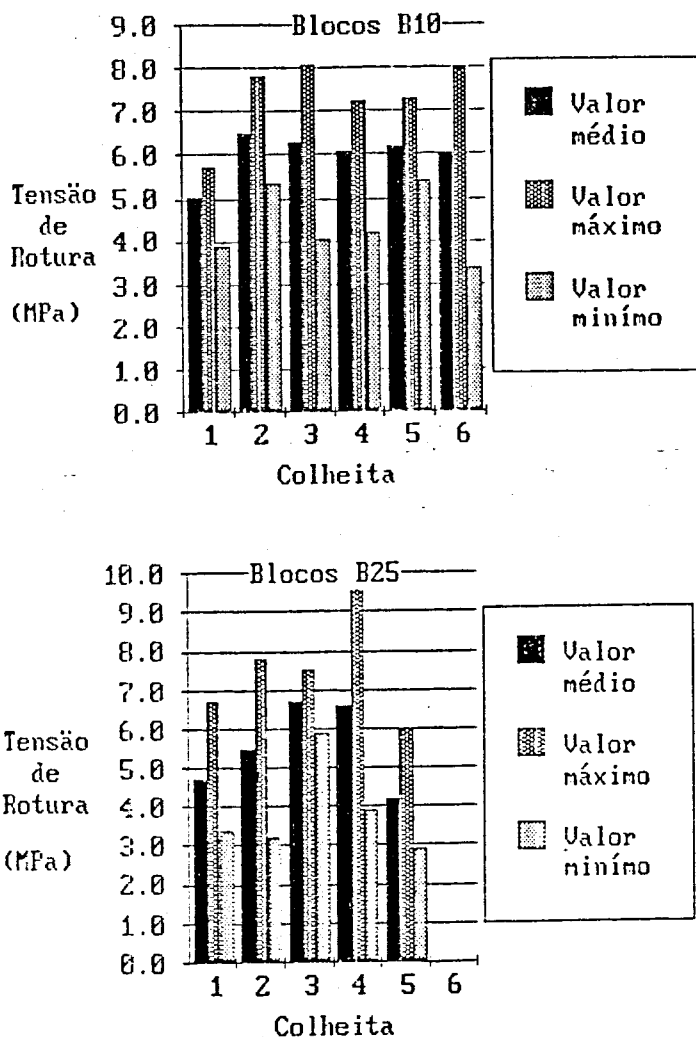


Fig. 3.18 - Valores médio, máximo, mínimo e coeficiente de variação da tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados para cada colheita blocos B10 e B25

3.2.3.2.16. Blocos de Betão - Relação tensões de compressão, extensões

Nas colheitas iniciais, ao determinar a tensão de rotura por compressão dos blocos regularizados, procedeu-se em alguns à determinação das extensões, segundo a técnica preconizada na ficha

de ensaio número 13.

Abandonou-se esta determinação por parecer que os resultados eram bastante influenciados pela argamassa de regularização das faces, não traduzindo o comportamento real do bloco, sobretudo na fase inicial de carregamento.

No entanto, a título exemplificativo, apresentam-se na fig. 3.19 relativamente à geometria B25, os resultados obtidos para três ensaios efectuados na 2ª e 3ª colheitas respectivamente.

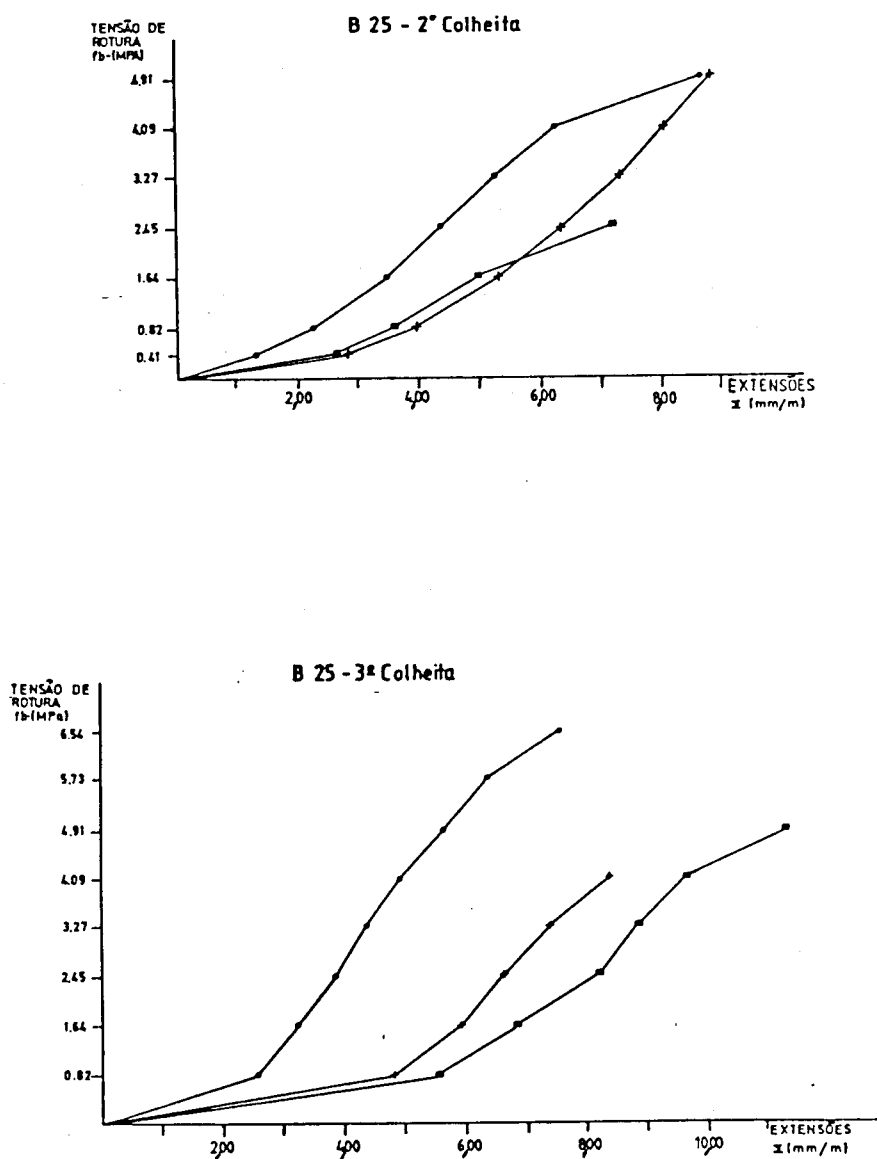


Fig. 3.19 - Relação tensões/extensões em três blocos geometria B25, da 2ª e 3ª colheitas

3.2.4. Caracterização das paredes

3.2.4.1. Massa volúmica

A partir das massas volúmicas dos blocos obtidas em 3.2.3.2.11, admitindo dimensões nominais de 494 x 190 mm, juntas verticais de 6 mm, horizontais de 10 mm, reboco nas faces exteriores e interiores de 15 mm e massa volúmica da argamassa de assentamento e reboco de 1800 Kg/m^3 , obtiveram-se analiticamente as massas de 1 m^2 de parede constantes do quadro 3.29.

Quadro 3.29 - Massa volúmica de 1 m^2 de parede realizada com blocos B10 ou B25

Geometria	Massa volúmica da parede (Kg/m^2)			
	Não rebocada		Rebocada	
	Valor médio	Valor sugerido	Valor médio	Valor sugerido
B10	130.6	130	184.6	185
B25	272.6	275	326.6	325

3.2.4.2. Isolamento térmico

Determinou-se analiticamente os valores da condutância térmica dos blocos B 10 e B 25 e das paredes simples com eles realizadas.

Considerou-se que na execução das paredes as juntas horizontais, verticais e os rebocos têm as espessuras referidas em 3.2.4.1. O cálculo das condutâncias térmicas foi efectuado para paredes não revestidas. Para paredes revestidas determinou-se o seu coeficiente de transmissão térmica, admitindo parede em contacto com o exterior. Adoptaram-se os seguintes dados idênticos aos adoptados na publicação LNEC(43):

- condutibilidade térmica do betão $\lambda = 1.40 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$
constituente dos blocos
- condutibilidade térmica argamassa juntas $\lambda = 1.15 \text{ "}$

- " " reboco exterior $\lambda = 1.15$ "
- " " reboco interior $\lambda = 1.15$ "
- condutância " superficial exterior $\lambda = 17 \text{ W/(m}^2\text{°C)}$
- " " interior - $h_i = 9$ "
- resistência térmica espaço ar espessura de 14 a 300 mm
 $R_a = 0,16 \text{ m}^2\text{°C/W}$

Por consulta das tabelas constantes da referida publicação do LNEC (43) foi possível estimar com certa aproximação os valores do factor de amortecimento μ e o factor de atraso ϕ (em horas).

Os resultados apresentam-se no quadro 3.30:

Quadro 3.30 - Parâmetros de caracterização térmica dos blocos de betão e paredes

Geometria	Blocos	Paredes não revestidas	Paredes revestidas		
	Condutância térmica - K_b $\text{W/(m}^2\text{°C)}$	Condutância térmica - K_p $\text{W/(m}^2\text{°C)}$	Coefficiente de transmissão térmica - K $\text{W/(m}^2\text{°C)}$	Factor de amortecimento - μ	Factor de atraso - ϕ horas
B10	7.96	8.33	3.15	0.34	2.6
B25	2.63	2.70	1.75	0.13	6.0

3.2.4.3. Isolamento acústico

A obtenção do valor do índice de isolamento sonoro para os sons aéreos - I_a -, definido pela NP-2073 (44), requer a realização de ensaios para cada divisória em câmara reverberante, objectivo que não se enquadra no âmbito deste trabalho.

Contudo pode-se obter sem grande erro valores previsíveis para esse parâmetro, em zonas correntes de paredes simples, com o auxílio da lei de massa teórica para campo difuso (45). Admitindo os revestimentos já definidos nos pontos anteriores, a partir da distribuição por frequências dos valores obtidos da lei de massa e através da curva de referência, conforme processo descrito na NP-2073 (44) obtiveram-se os seguintes valores dos I_a correspondentes:

B10 - 52 dB

B25 - 57 dB

Saliente-se que estes valores não têm em conta o efeito previsível das transmissões marginais que poderão reduzir entre 3 a 5 dB os valores apresentados.

3.2.4.4. Comportamento ao fogo

Embora já exista em Portugal documentação visando a determinação experimental da reacção ao fogo dos elementos de construção (46) (85), não se realizou qualquer determinação experimental.

No entanto, e apenas com carácter indicativo, referem-se valores constantes de bibliografia:

- Reacção ao fogo - M0 (46);
- Resistência ao fogo de paredes de betão normal 50x20x15 e 50x20x20 de geometria próxima da caracterizada, segundo ensaios realizados em França no CSTB (47):
 - 50x20x15
 - peso médio - 16,3Kg
 - percentagem de furação-43%
 - estabilidade ao fogo - 6 h
 - pára-chamas - 6 h
 - corta-fogo - 2 h
 - 50x20x20
 - peso médio - 20,5Kg
 - percentagem de furação-50%
 - estabilidade ao fogo - 6 h
 - pára-chamas - 6 h
 - corta-fogo - 3 h

3.3. BLOCOS CERÂMICOS

3.3.1. Produção

3.3.1.1. Fábrica "B"

3.3.1.1.1. Descrição geral da fábrica

A empresa localiza-se no distrito de Viana do Castelo.

Actualmente produz blocos cerâmicos furados para alvenaria e blocos de cofragem para pavimentos. Já produziu tijolos maciços e perfurados 22 x 11 x 7.

O número total de trabalhadores é próximo de 150.

A capacidade de produção média mensal é de aproximadamente 7000 toneladas de produto cozido.

A área coberta industrial é de cerca de 20 000 m². Dispõe de áreas de apoio à produção.

3.3.1.1.2. Blocos cerâmicos produzidos

A empresa produz blocos cerâmicos furados de acordo com os formatos base da NP-834 (7).

A furação das diversas geometrias é a seguinte: 30 x 20 x 7 e 30 x 20 x 11 - 8 furos; 30 x 20 x 15 - 12 furos; 30 x 22 x 20 - 16 furos.

A espessura nominal dos septos é de 10 mm para os exteriores e 9 mm para os interiores.

3.3.1.1.3. Processo de fabrico

a) Extracção e armazenamento dos barros

Os barros são extraídos de barreiras localizadas na zona, transportados para a fábrica em camiões e armazenados durante alguns meses para homogeneização ao ar livre.

b) Preparação dos barros e fabrico dos blocos cerâmicos

Os barros são misturados em doseadores; passam por destorroadores e laminadores onde a dimensão das partículas é reduzida. Seguidamente são humidificados e misturados de novo completando-se a homogeneização em armazenamento em zona coberta.

A matéria-prima retirada do local de armazenamento é doseada, laminada e misturada de novo em partículas de menor dimensão até que dá entrada na fieira onde a pasta é conformada e seguidamente cortada numa mesa de corte. O transporte é feito sobre telas transportadoras.

c) Secagem

A secagem dos blocos realiza-se num secador rápido, contínuo, à temperatura máxima de 120°C , durante cerca de 2 h. O calor utilizado provém de fornalha alimentada a combustível sólido.

d) Cozedura

A cozedura é realizada em forno túnel circular, alimentado a combustível sólido previamente homogeneizado. A enforma e desenforma são realizadas automaticamente.

A temperatura máxima de cozedura é de 1150°C , sendo controlada automaticamente em local de comando.

e) Escolha e armazenamento

Seguidamente os blocos cerâmicos são armazenados em parque, sendo escolhidos na altura da carga para transporte. O critério de escolha consiste em detectar sobretudo vértices partidos, grandes fissuras e deformações importantes.

3.3.1.1.4. Controlo de qualidade

A empresa realiza o controlo de qualidade através da inspecção visual do pessoal envolvido na produção e de acções de manutenção de periodicidade regular. Assim:

- matérias-primas - as matérias primas estão sujeitas a inspecção visual dos barros e da pasta durante a sua preparação;
- fabrico - verificação do funcionamento do equipamento de

produção, rectificação dos laminadores e substituição periódica das boquilhas da extrusora, controlo periódico das dimensões e pesos dos tijolos em verde e seco, particularmente da espessura dos septos;

- produto acabado - o controlo do produto acabado é realizado através da inspecção visual e escolha efectuada na fase de armazenamento, baseada nos critérios já referidos e que permite classificar o produto em categorias comerciais.

3.3.1.2. Fábrica "C"

3.3.1.2.1. Descrição geral da fábrica

Esta empresa localiza-se no distrito de Aveiro.

A gama de produção actual inclui blocos cerâmicos furados para alvenaria, telha e respectivos acessórios, bem como diversos artefactos cerâmicos. A empresa já produziu tijolos maciços e perfurados 22 x 11 x 7.

O número total de trabalhadores é de 140, sendo o peso da produção de 46%. Dos Quadros da Empresa fazem parte um Engenheiro e um Engenheiro Técnico.

A capacidade de produção média mensal é de 6000 ton. de produto cozido, em dois turnos de trabalho.

As instalações ocupam uma área de 110 000 m², representando a área coberta total cerca de 20 000 m². A empresa dispõe de áreas de apoio com oficinas de manutenção.

3.3.1.2.2. Blocos cerâmicos produzidos

Produz blocos cerâmicos furados de acordo com os formatos base da NP-834 (7), blocos com a mesma secção mas de comprimento de catálogo de 40 cm e ainda blocos duplex 30 x 22 x 20 e 40 x 22 x 20. A furação das diversas geometrias é a seguinte: 30 x 20 x 7 e 30 x 20 x 11 - 8 furos; 30 x 20 x 15 - 12 furos; 30 x 22 x 20 - 15 furos, um dos quais, central, é de grandes dimensões.

A espessura nominal dos septos é de 10 mm para os exteriores e 7 mm para os interiores; a retracção por secagem e cozedura é

estimada em 7%.

3.3.1.2.3. Processo de fabrico

a) Extracção e armazenamento dos barros

A empresa utiliza na composição da sua pasta 2 barros, um gordo e plástico e outro magro. As barreiras localizam-se no distrito; o transporte é efectuado para a fábrica em camião durante o Verão. O armazenamento é feito ao ar livre durante cerca de um ano para homogeneização.

b) Preparação dos barros e fabrico dos blocos cerâmicos

Os barros são misturados em dois doseadores na percentagem de 65% de barro gordo e 35% de barro magro. Após a passagem num moinho de galgas o barro permanece em stock para melhor homogeneização, durante cerca de uma semana. Seguidamente passa por dois laminadores que reduzem progressivamente a sua dimensão até 1 mm.

A matéria prima prossegue até um misturador humidificador, onde o seu teor de humidade é corrigido antes de entrar na fieira; aqui dá-se a moldagem da pasta em peças contínuas com o formato dos blocos que são cortados de acordo com o comprimento estabelecido, numa mesa de corte. O transporte é feito em telas transportadoras.

c) Secagem

A secagem dos blocos realiza-se em secador rápido, contínuo de prateleiras, à temperatura de 200°C, durante cerca de 2h e 20 minutos.

O calor utilizado resulta em cerca de 10% de recuperação do forno, sendo o restante proveniente duma fornalha alimentada a combustível sólido.

d) Cozedura

A enforma é realizada automaticamente. Os blocos são conduzidos para dois pré-fornos, onde se extraem humidades residuais da secagem ou absorvidas do ar durante o transporte. O calor utilizado é recuperado do forno. Seguidamente entram no forno túnel contínuo de 112 m, demorando cada vagão na travessia cerca de 34 horas.

O combustível sólido é moído, peneirado e homogeneizado previamente. A temperatura de cozedura, de 910°C, é controlada automaticamente. A desenforma é automática e os blocos saem praticamente frios.

e) Escolha, empacotamento e armazenamento

Os blocos cerâmicos são escolhidos no parque em duas categorias: primeira e refugo.

O critério utilizado consiste em detectar sobretudo septos, vértices partidos e grandes fissuras. Após a escolha os blocos são paletizados e armazenados em parque.

A empresa dispõe duma linha de recuperação de caco.

3.3.1.2.4. Controlo de qualidade

A empresa realiza o controlo de qualidade através da inspecção visual do pessoal envolvido na produção e de acções de manutenção de periodicidade estabelecida:

- Matérias-primas - Inspecção visual dos barros e da pasta; as barreiras estão caracterizadas, a empresa solicitou estudos para definição da mistura óptima de barros.
- Fabrico - verificação do normal funcionamento do diverso equipamento, rectificações semanais dos laminadores, substituição mensal das boquilhas da extrusora, controlo da plasticidade e humidade da pasta através da pressão da máquina extrusora necessária à conformação, o ajuste efectua-se através da adição de água; controlo diário do peso dos blocos em verde e seco, verificação sistemática da espessura dos septos pelo operador, medição esporádica das dimensões exteriores dos blocos cozidos.
- Produto acabado - efectua-se através duma escolha baseada em atributos de aspecto, conforme já referido, permitindo classificar os blocos em duas categorias comerciais; todos os blocos são marcados em verde.

3.3.2. Seleção de geometrias e amostragem

3.3.2.1. Fábrica "B"

3.3.2.1.1. Selecção de geometrias

Pelas razões já apresentadas em 3.1., limitou-se a caracterização a duas geometrias.

Apreciadas as geometrias de blocos cerâmicos furados produzidas, optou-se por seleccionar os formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 22 x 20, cujas geometrias e dimensões nominais se apresentam na fig. 3.20 e que são representativos da gama produzida.

O formato 30 x 20 x 11, pouco espesso, de reduzido isolamento térmico destina-se sobretudo a paredes interiores ou paredes duplas. Por sua vez o 30 x 22 x 20 apresenta características opostas sendo vocacionado sobretudo para a realização de paredes exteriores simples.

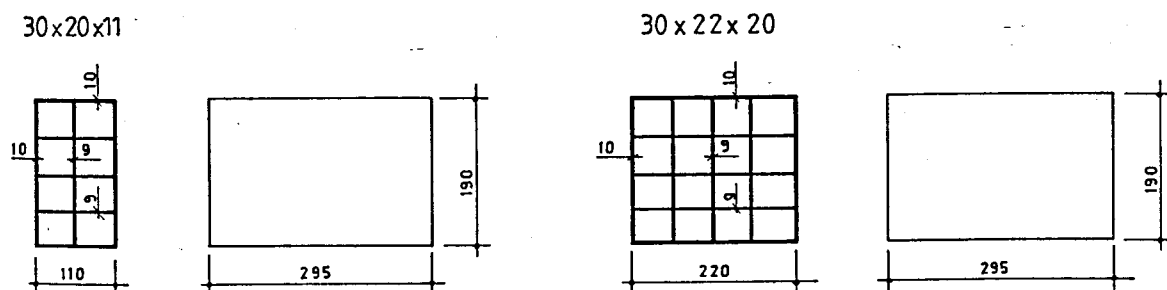


Fig. 3.20 - Fábrica "B", formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 22 x 20, geometria e dimensões nominais

3.3.2.1.2. Amostragem

Foram feitas deslocações periódicas à fábrica para efectuar colheitas.

Efectuaram-se três colheitas de cerca de 70 unidades de blocos cerâmicos formato 30 x 22 x 20 e duas colheitas, também de cerca de 70 unidades, do formato 30 x 20 x 11, nos dias 87.03.26 (só formato 30 x 22 x 20), 87.04.17 e 87.05.18.

Em cada deslocação à fábrica e pela especificidade do processo tecnológico apenas se apreciava este em linhas gerais sem realizar qualquer caracterização "in loco". Fazia-se uma selecção de unidades para ensaio no parque de armazenamento de

acordo com determinados critérios de selecção, para posterior transporte para o Laboratório.

Na recolha de amostras seguiu-se o critério adoptado comercialmente pela empresa.

Assim, sob a nossa orientação, pessoal da empresa retirava aleatoriamente da pilha de material em stock, elementos que eram apreciados pelo critério expedito apresentado. Constituíam-se dois lotes, correspondendo um aos elementos que satisfaziam e o outro aos que não satisfaziam o referido critério.

A colheita terminava quando o número de blocos era suficiente. Então contavam-se os elementos de cada um dos lotes. O lote dos melhores blocos constituía a amostra base a caracterizar; todavia, do lote dos piores, a rejeitar, retiravam-se aleatoriamente cerca de 10 elementos que se referenciavam e se juntavam à amostra base; os restantes eram rejeitados.

Posteriormente o lote era transportado em camião para o Laboratório da Faculdade.

Nas colheitas efectuadas as percentagens de elementos em cada um dos lotes definidos acima, foram:

1ª. colheita	- Formato 30 x 22 x 20	- Seleccionados	- 57%
		- Rejeitados	- 43%
2ª. colheita	- Formato 30 x 20 x 11	- Seleccionados	- 66%
		- Rejeitados	- 34%
	- Formato 30 x 22 x 20	- Seleccionados	- 62%
		- Rejeitados	- 38%
3ª. colheita	- Formato 30 x 20 x 11	- Seleccionados	- 80%
		- Rejeitados	- 20%
	- Formato 30 x 22 x 20	- Seleccionados	- 77%
		- Rejeitados	- 23%

3.3.2.2. Fábrica "C"

3.3.2.2.1. Selecção de geometrias

A produção de blocos cerâmicos furados na Fábrica "C" obedece aos formatos base estabelecidos na normalização portuguesa.

A caracterização incidiu sobre os formatos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20, cujas geometrias e dimensões nominais se apresentam na fig. 3.21, pelos motivos que se apresentam:

- os formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 22 x 20, pelas razões já invocadas em 3.3.2.1.1.;
- o formato 30 x 20 x 15, intermédio entre os outros dois e com interesse para permitir caracterizar mais correctamente a produção a partir do formato 30 x 20 x 11 e deste, pois o 30 x 22 x 20 tem uma disposição dos orifícios singular, que não permite fazer extrapolações para os outros formatos.

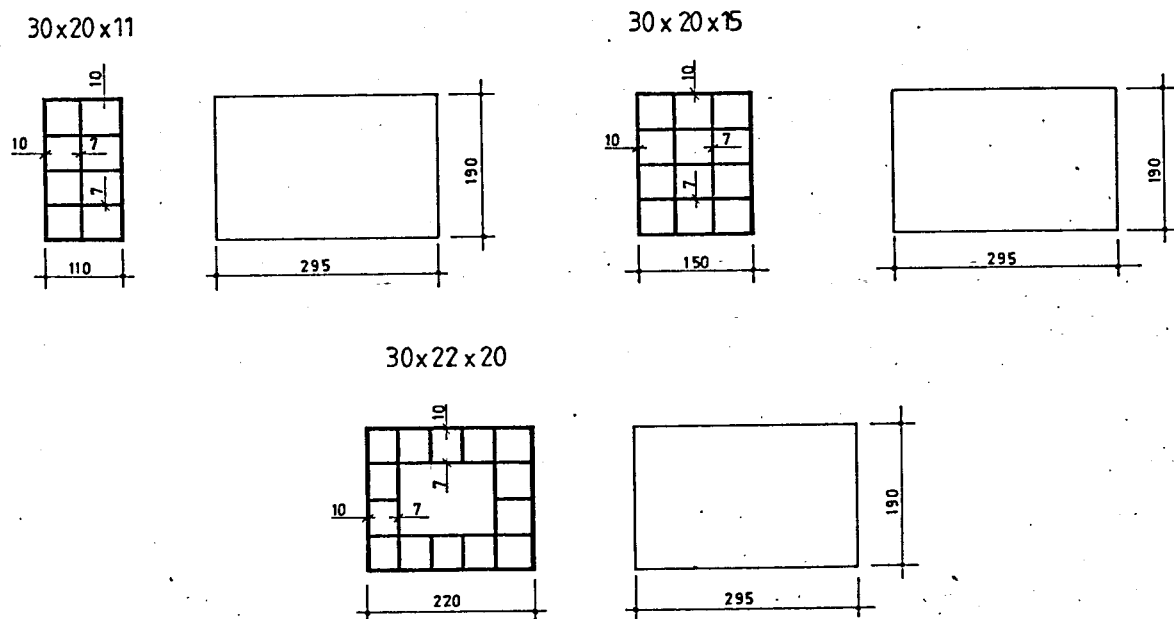


Fig. 3.21 - Fábrica "C", formatos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20, geometria e dimensões nominais

3.3.2.2.2. Amostragem

Fizeram-se deslocações à fábrica para apreciar o processo de fabrico.

Efectuaram-se quatro colheitas dos formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 20 x 15 e apenas três colheitas do formato 30 x 22 x 20. As datas de chegada ao Laboratório das amostras foram 87.05.27 (apenas formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 20 x 15), 87.06.25, 87.07.03 e 87.07.21.

Por um conjunto de diversas circunstâncias a recolha das

amostras foi efectuada pela própria empresa, seleccionando cerca de 60 unidades consideradas de la qualidade, que enviava em camião para o Laboratório de Ensaio de Materiais da FEUP.

3.3.3. Caracterização experimental dos blocos

A componente laboratorial é preponderante nesta caracterização.

O volume de trabalho significativo e o limitado período de tempo disponível, obrigaram a racionalizar e sistematizar o conjunto de operações e ensaios necessários à realização da referida caracterização.

Na fig. 3.22 apresenta-se uma síntese sequencial do processo laboratorial. Por colheita e para as duas ou três geometrias a realização de todos os ensaios durava entre três e quatro semanas, evoluindo em paralelo com a caracterização dos blocos de betão.

3.3.3.1. Blocos Cerâmicos - Apreciação de aspecto

No Laboratório praticamente todos os elementos da amostra, já devidamente referenciados, foram sujeitos a uma apreciação de aspecto.

Esta apreciação é distinta da escolha efectuada em fábrica, pois, assentando em critérios mais objectivos, e sendo menos expedita, permite associar univocamente, a cada elemento determinados atributos de aspecto.

A definição dos tipos de defeitos, bem como a técnica de ensaio constam da ficha número 15. No anexo II apresentam-se algumas fotografias ilustrando os principais defeitos.

Os resultados apresentam-se de duas formas distintas:

Dos quadros 3.31 a 3.33 constam respectivamente para as três geometrias 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 e para as duas produções, o número de blocos defeituosos de acordo com os diferentes atributos de aspecto, em alguns casos divididos em subclasses de acordo com o número de vezes que esse defeito ocorre em cada elemento.

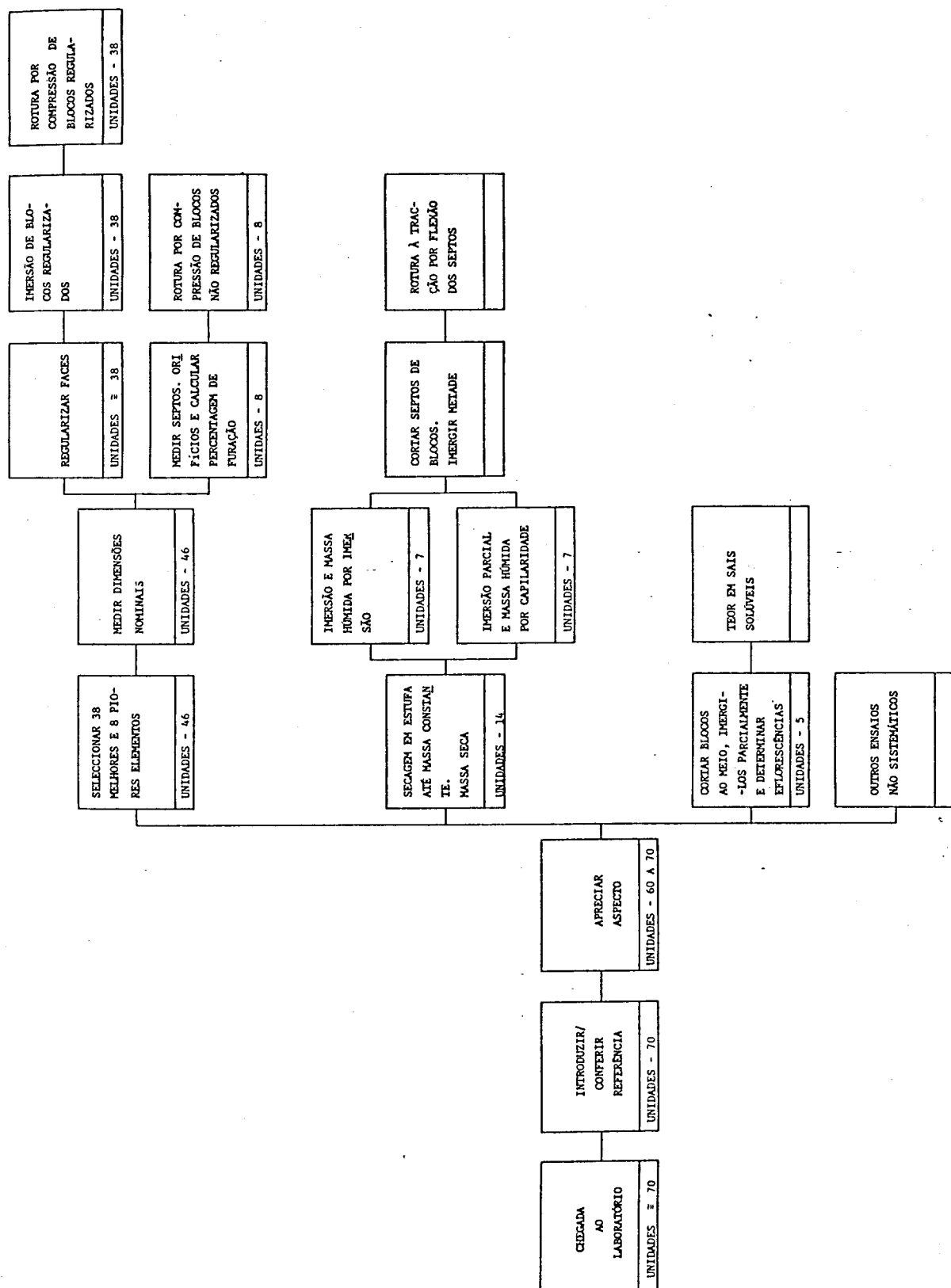


Fig. 3.22 - Síntese do processo laboratorial relativo aos blocos cerâmicos

Quadro 3.31 - Número de blocos cerâmicos 30 x 20 x11 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto

"B"

Colheita	Elementos apreciados	Fendas de topo				Fissuras						Cratera	Borbulha	Esfoliação	Vértices partidos	Def. de retillinearidade, planez e ortogonalidade das faces e arestas	Defeitos de cozedura
		1	2	3	≥ 4	1 L	2 L	1 T	2 T	1L+1T	≥ 3						
1ª	66	18	15	7	6	11	3	3	-	-	-	-	1	3	11	10	10
2ª	61	10	13	16	20	5	3	10	2	3	1	1	1	12	16	17	2

"C"

Colheita	Elementos Apreciados	Fendas de topo				Fissuras						Cratera	Borbulha	Esfoliação	Vértices Partidos	Def. de retillinearidade, planez e ortogonalidade das faces e arestas	Defeitos de Cozedura
		1	2	3	≥ 4	1 L	2 L	1 T	2 T	1L+1T	≥ 3						
1ª	60	15	4	2	2	10	2	-	-	1	1	-	3	17	7	1	1
2ª	50	6	1	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	9	6	4	2
3ª	54	9	-	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	5	2	-	-
4ª	50	4	4	-	-	4	1	1	-	-	-	-	2	4	1	-	-

Quadro 3.32 - Número de blocos cerâmicos 30 x 20 x15 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto

"C"

Colheita	Elementos apreciados	Fendas de topo				Fissuras						Cratera	Borbulha	Esfoliação	Vértices partidos	Def. de retillinearidade, planez e ortogonalidade das faces e arestas	Defeitos de cozedura
		1	2	3	≥ 4	1 L	2 L	1 T	2 T	1L+1T	≥ 3						
1ª	60	12	6	1	2	11	4	2	-	1	-	2	2	20	17	3	4
2ª	50	13	4	-	-	4	-	-	-	1	-	1	-	2	8	-	-
3ª	54	11	1	-	-	6	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-
4ª	50	18	5	-	-	9	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1

Quadro 3.33 - Número de blocos cerâmicos 30 x 22 x20 defeituosos, de acordo com determinados atributos de aspecto

"B"

Colheita	Elementos apreciados	Fendas de topo				Fissuras						Cratera	Borbulha	Esfoliação	Vértices partidos	Def. de rectilínea-ridade, planeza e ortogonalidade das faces e arestas	Defeitos de cozedura
		1	2	3	≥ 4	1 L	2 L	1 T	2 T	1L + 1T	≥ 3						
1ª	58	13	15	9	12	19	2	5	3	-	2	1	1	1	13	6	8
2ª	66	12	10	18	11	11	10	1	1	-	5	6	1	4	13	10	8
3ª	61	6	8	13	32	11	10	2	-	2	12	5	1	2	16	1	9

"C"

Colheita	Elementos apreciados	Fendas de topo				Fissuras						Cratera	Borbulha	Esfoliação	Vértices partidos	Def. de rectilínea-ridade, planeza e ortogonalidade das faces e arestas	Defeitos de Cozedura
		1	2	3	≥ 4	1 L	2 L	1 T	2 T	1L + 1T	≥ 3						
1ª	50	9	12	14	12	9	3	3	-	-	2	2	-	2	4	1	1
2ª	50	4	6	-	-	6	-	2	-	-	-	-	-	3	8	-	6
3ª	51	14	1	-	-	7	1	1	-	-	-	-	2	5	5	1	6

Nas figuras 3.23 a 3.25 aglutinaram-se os diferentes defeitos em quatro tipos distintos, de acordo com a frequência com que ocorrem:

- fendas de topo;
- fissuras;
- vértices partidos;
- outros;

sintetizando em histogramas o número de elementos que apresentam zero, um, dois e três ou mais defeitos distintos, de acordo com o peso relativo de cada um dos tipos apresentados acima.

Consideram-se defeitos distintos aqueles que são caracterizados por atributos diferentes. Dentro de cada tipo não se discrimina o número de vezes que esse defeito ocorre.

Concluída a apreciação de aspecto dos blocos já classificados, escolhiam-se cerca de 30 elementos, os melhores da amostra, para serem ensaiados à compressão (nas primeiras colheitas esco-

lheram-se 38 elementos, sendo 30 para ensaiar à compressão com regularização das faces e 8 para ensaiar sem regularização das faces).

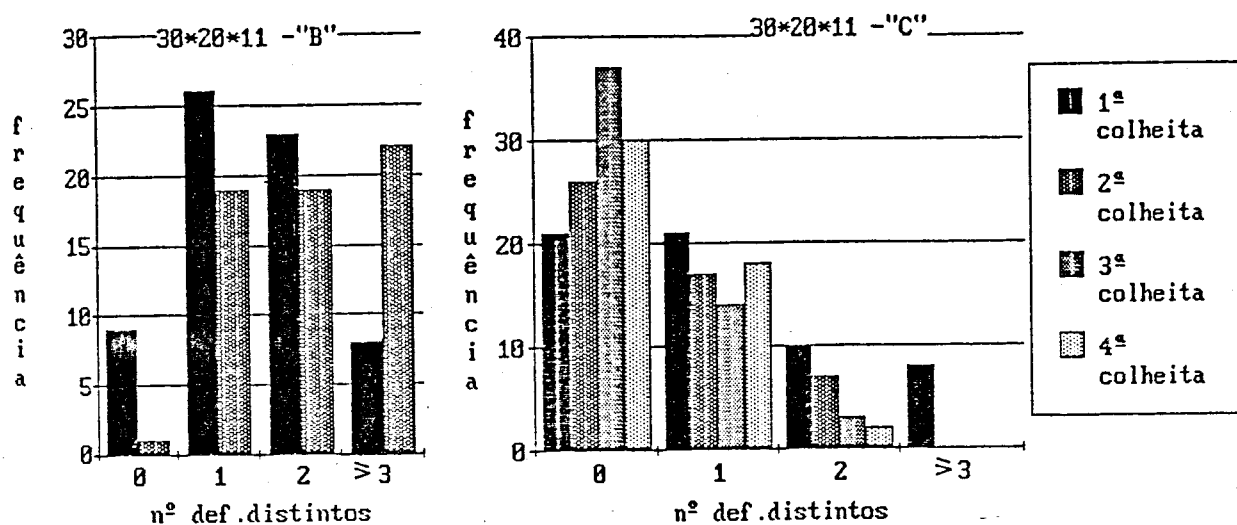


Fig. 3.23 - Defeitos distintos nos blocos 30 x 20 x 11, para as diferentes colheitas

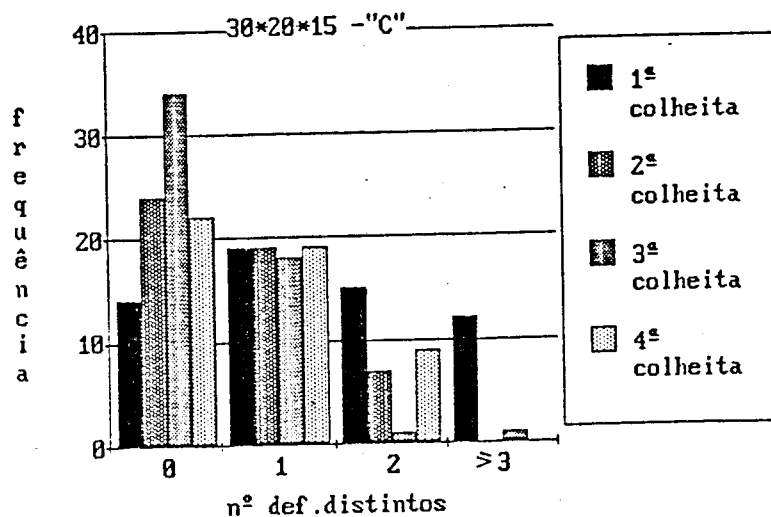


Fig. 3.24 - Defeitos distintos nos blocos 30 x 20 x 15, para as diferentes colheitas

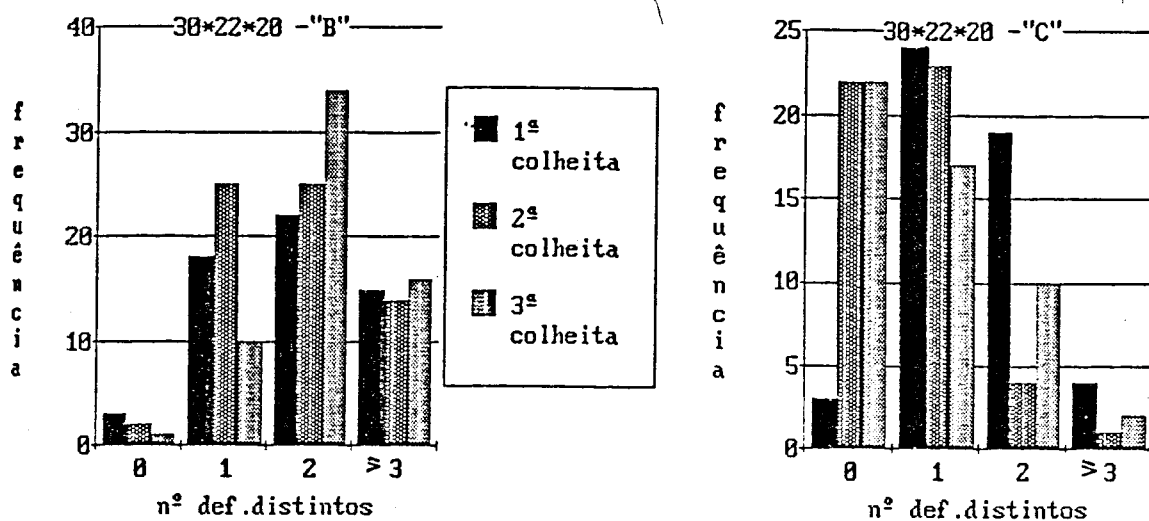


Fig. 3.25 - Defeitos distintos nos blocos 30 x 22 x 20, para as diferentes colheitas

Esta selecção apoia-se num critério adaptado da normalização francesa (48), que define categorias de blocos, função da percentagem de elementos fissurados; assim escolhiam-se em primeiro lugar os blocos sem nenhuma fissura, seguidamente os blocos com uma fissura transversal, depois com uma fissura longitudinal, etc., até reunir o número necessário para o ensaio de compressão. Normalmente não se seleccionaram elementos com mais de uma fissura.

Dos elementos sobrantes escolhiam-se em número variável os piores, de acordo com o referido critério, para ensaiar também à compressão.

Com os restantes elementos realizavam-se todos os outros ensaios em que o número de fissuras não se revela determinante.

3.3.3.2. Blocos Cerâmicos - Desvios de dimensões

Em cada colheita e por geometria determinaram-se as dimensões exteriores efectivas em cerca de 40 blocos. A partir destas dimensões é possível obter desvios relativamente às dimensões nominais dos provetes que já se apresentaram nas figuras 3.20 e 3.21.

Quadro 3.35 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11, da Fábrica "C"

[illegible]

Quadro 3.36 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 15, da Fábrica "C"

[illegible]

Quadro 3.37 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30 x 22 x 20, da Fábrica "B"

Dimensão	Cotação	Número de elementos	Desvio individual (mm)																		Desvio médio (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Espessura	18	38	1	1	2	2	11	15	32	29	26	25	8															1	1	6	2	12	10	4	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Quadro 3.38 - Desvios individuais e médios das dimensões exteriores espessura, largura e comprimento dos blocos cerâmicos 30 x 22 x 20, da Fábrica "C"

Dimensão	Colheita	Número de elementos	Desvios individuais (mm)														Desvios médios (mm)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
			-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Espessura	18	38	1	1	1	5	1	4	4	13	41	16	24	16	3	2														1	1	1	2	2	11	9	8	2	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Quadro 3.39 - Secção média bruta e volume efectivo médio, para cada colheita, das geometrias 30 x 20 x 11 e 30 x 22 x 20 da Fábrica "B"

Formato	Colheita	Número de elementos	Secção média bruta (cm ²)	Volume efectivo médio (cm ³)
30x20x11	1a	46	308	5915
	2a	41	312	6003
30x22x20	1a	38	622	12131
	2a	40	618	11895
	3a	41	620	11922

Quadro 3.40 - Secção média bruta e volume efectivo médio para cada colheita das geometrias 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 da Fábrica "C"

Formato	Colheita	Número de elementos	Secção média bruta (cm ²)	Volume efectivo médio (cm ³)
30x20x11	1a	40	320	6145
	2a	38	322	6318
	3a	33	325	6379
	4a	32	324	6351
30x20x15	1a	39	443	8630
	2a	38	437	8455
	3a	33	452	8963
	4a	34	452	8955
30x22x20	1a	38	634	12682
	2a	32	624	12330
	3a	32	625	12340

- quadros 3.41 a 3.43 valor médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo da espessura de septos exteriores e interiores (horizontais e verticais), para cada colheita, geometria e produção.

Quadro 3.41 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11, das Fábricas "B" e "C"

"B"

Colheita	Número de elementos	Septos Exteriores								Septos Interiores							
		Horizontais				Verticais				Horizontais				Verticais			
		Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1a	7	9.1	9.7	10.5	7.5	8.9	6.2	10.0	8.0	7.4	6.6	8.0	6.5	8.6	6.8	9.5	7.0
2a	7	9.9	5.1	11.0	9.0	9.7	6.5	11.0	8.5	9.0	9.7	10.0	7.0	8.6	11.2	10.0	7.0

"C"

Colheita	Número de elementos	Septos exteriores								Septos interiores							
		Horizontais				Verticais				Horizontais				Verticais			
		Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1a	7	8.8	6.1	10.0	8.0	9.0	4.1	10.0	8.5	7.3	9.3	9.0	6.0	8.6	8.9	9.5	7.5
2a	7	8.0	11.0	10.0	7.0	8.6	8.3	10.0	7.0	6.5	8.6	8.0	6.0	7.4	7.6	8.0	6.0
3a	7	8.6	12.7	10.0	7.0	9.3	8.0	11.0	8.0	7.5	10.8	9.0	5.5	8.1	15.5	10.0	6.5
4a	7	8.8	8.4	10.0	7.5	9.7	8.2	12.0	9.0	7.5	13.0	9.0	5.0	8.0	10.3	9.5	7.5

Quadro 3.42 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 15, da Fábrica "C"

Colheita	Número de elementos	Septos exteriores								Septos interiores							
		Horizontais				Verticais				Horizontais				Verticais			
		Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1a	7	8.7	8.0	11.0	8.0	8.5	11.8	10.0	6.0	7.0	6.5	8.0	6.0	6.8	7.7	8.0	6.0
2a	6	9.0	9.0	10.0	7.0	8.8	9.7	11.0	7.5	7.2	8.2	8.0	6.0	8.6	7.4	10.0	7.5
3a	7	8.8	7.0	10.0	7.5	8.7	9.3	10.0	7.0	7.4	7.9	8.5	6.0	8.0	10.2	9.0	6.5
4a	7	8.8	9.0	10.0	7.5	8.8	9.5	10.0	7.0	7.9	6.8	9.0	6.5	7.9	8.2	9.0	7.0

Quadro 3.43 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da espessura de septos dos blocos cerâmicos 30 x 22 x 20, das Fábricas "B" e "C"

"B"

Colheita	Número de Elementos	Septos exteriores								Septos interiores							
		Horizontais				Verticais				Horizontais				Verticais			
		Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1a	8	10.1	5.6	11.0	8.5	8.8	4.6	9.5	8.0	8.6	9.1	10.0	7.0	8.5	5.6	9.0	7.5
2a	7	10.6	7.0	12.0	9.5	10.1	5.6	11.0	8.5	8.5	8.9	10.0	7.0	9.1	8.0	10.5	7.5
3a	7	10.1	5.6	11.0	9.0	9.8	5.1	11.0	9.0	8.5	6.6	9.5	7.5	8.9	5.6	10.0	8.0

"C"

Colheita	Número de elementos	Septos exteriores								Septos interiores							
		Horizontais				Verticais				Horizontais				Verticais			
		Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Média (mm)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1a	7	8.7	10.1	10.00	7.0	8.7	9.0	10.0	7.0	8.0	9.3	9.5	6.5	7.2	10.5	9.0	6.0
2a	7	8.3	13.3	10.0	6.0	7.7	13.8	10.0	6.0	7.7	11.1	9.0	6.0	7.4	9.2	9.0	6.0
3a	7	8.1	12.7	10.0	6.0	7.7	12.4	11.0	6.0	7.7	11.8	9.0	6.0	7.5	9.1	9.0	6.0

3.3.3.3. Blocos Cerâmicos - Percentagem de furação

A percentagem de furação foi determinada a partir do conhecimento das dimensões exteriores e espessuras de septos e orifícios, analiticamente, dada a simplicidade "geométrica" destes blocos.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.44 a 3.46, para cada colheita geometria e produção, em termos de valor médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo.

Quadro 3.44 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação de blocos cerâmicos 30 x 20 x 11 das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	56	0.5	57	56
2a	7	59	0.8	60	59

" C "

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	61	1.3	61	59
2a	7	63	0.9	64	63
3a	7	60	3.5	62	56
4a	7	60	0.8	61	60

Quadro 3.45 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação de blocos cerâmicos 30 x 20 x 15 da Fábrica "C"

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	64	1.1	65	63
2a	6	62	0.9	63	62
3a	7	63	0.9	64	62
4a	7	63	1.0	64	62

Quadro 3.46 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da percentagem de furação de blocos cerâmicos 30 x 22 x 20 das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	8	62	1.5	64	61
2a	7	59	0.4	60	59
3a	7	60	0.3	61	60

" C "

Colheita	Número de elementos	Percentagem de Furação (%)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	64	2.0	67	63
2a	7	66	3,8	71	63
3a	6	68	2,2	69	66

3.3.3.4. Blocos Cerâmicos - Massa dos blocos no estado seco

A massa dos blocos no estado seco foi determinada normalmente em cerca de 14 elementos por colheita e geometria.

A técnica de ensaio consta da ficha número 17.

A secagem dos blocos em estufa foi de 48 horas.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.47 a 3.49 para cada colheita geometria e produção, em termos de valor médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo.

3.3.3.5. Blocos Cerâmicos - Massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte

Foram determinadas as massas volúmicas no estado seco dos blocos e da argila cozida constituinte, de acordo com a técnica especificada na ficha de ensaio número 17, em cerca de 14 blocos por geometria e colheita.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.50 a 3.52 através dos valores médio, máximo e mínimo em cada colheita geometria e produção.

Quadro 3.47 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11, das Fábricas "B" e "C", no estado seco

" B "

Colheita	Número de elementos	Massa no estado seco (Kg)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	14	4.62	0.7	4.68	4.57
2a	14	4.92	1.4	5.05	4.82

" C "

Colheita	Número de elementos	Massa no estado seco (Kg)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	13	4.31	1.9	4.57	4.23
2a	14	4.34	0.3	4.36	4.31
3a	14	4.55	0.6	4.59	4.52
4a	14	4.52	0.5	4.57	4.50

Quadro 3.48 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos 30x20x15, da Fábrica "C", no estado seco

Colheita	Número de elementos	Massa no estado seco (Kg)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	14	5.81	1.0	5.91	5.70
2a	14	5.97	0.4	6.03	5.94
3a	14	5.89	1.1	5.99	5.81
4a	14	5.89	0.8	5.97	5.83

Quadro 3.49 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da massa dos blocos cerâmicos 30 x 22 x 20 das Fábricas "B" e "C", no estado seco

"B"

Colheita	Número de elementos	Massa no estado seco (Kg)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	14	8.77	1.5	8.89	8.55
2ª	13	9.13	0.7	9.21	9.01
3ª	14	8.94	0.8	9.21	8.85

"C"

Colheita	Número de elementos	Massa no estado seco (Kg)			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	14	7.97	1.2	8.08	7.83
2ª	12	7.23	0.7	7.28	7.16
3ª	12	7.20	0.4	7.23	7.15

Quadro 3.50 - Valores médio, máximo e mínimo da massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30 x 20 x 11, das Fábricas "B" e "C"

"B"

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica seca (Kg/m ³)					
		Blocos			Argila		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1ª	14	781	791	773	1791	1815	1772
2ª	14	820	841	803	2018	2072	1977

"C"

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica seca (Kg/m ³)					
		Blocos			Argila		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1ª	14	673	685	660	1867	1890	1832
2ª	14	706	713	703	1867	1886	1858
3ª	14	657	668	648	1756	1786	1732
4ª	13	658	667	651	1754	1778	1737

Quadro 3.51 - Valores médio, máximo e mínimo da massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30 x 20 x 15, da Fábrica "C"

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica seca (Kg/m ³)					
		Blocos			Argila		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1ª	13	701	744	688	1779	1887	1746
2ª	14	687	690	682	1877	1886	1864
3ª	14	713	720	709	1789	1804	1777
4ª	14	712	720	109	1790	1809	1782

QUADRO 3.52 - Valores médio, máximo e mínimo da massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte, para o formato 30 x 22 x 20, das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica seca (Kg/m ³)					
		Blocos			Argila		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1ª	14	723	733	705	1878	1903	1831
2ª	13	768	774	757	1883	1900	1858
3ª	14	750	765	742	1889	1927	1870

" C "

Colheita	Número de elementos	Massa volúmica seca (Kg/m ³)					
		Blocos			Argila		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1ª	14	628	637	617	1759	1784	1728
2ª	12	586	590	581	1729	1741	1713
3ª	12	584	586	580	1780	1804	1785

3.3.3.6. Blocos Cerâmicos - Absorção de água por imersão

A absorção de água por imersão foi determinada normalmente em 7 provetes por colheita e geometria.

A técnica de ensaio consta da ficha número 18.

O período de secagem em estufa, adoptada para obtenção da massa constante, foi de 48 horas.

Os resultados apresentam-se nos Quadros 3.53 a 3.55 descritos por valor médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo para a absorção de água por imersão, por colheita, geometria e produção respectivamente.

Quadro 3.53 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão de blocos cerâmicos 30 x 20 x 11 das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por imersão $\frac{m_h - m_s}{m_s} (\%)$			
		Médio	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	10.3	14.1	12.7	8.4
2ª	7	11.2	4.6	11.5	10.3

" C "

Geometria	Número de elementos	Absorção de água por imersão $\frac{m_h - m_s}{m_s} (\%)$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	7.5	21.6	9.6	5.7
2ª	7	9.8	10.2	11.7	8.7
3ª	7	11.1	8.0	11.9	9.6
4ª	7	10.7	10.1	11.9	9.3

Quadro 3.54 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão de blocos cerâmicos 30 x 20 x 15, da Fábrica "C"

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por imersão $\frac{mh - ms}{ms} (\%)$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	10.1	23.2	15.0	8.4
2a	7	8.6	16.3	10.5	6.6
3a	7	11.5	11.1	13.0	9.5
4a	7	12.1	5.8	13.2	11.4

Quadro 3.55 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por imersão de blocos cerâmicos 30 x 22 x 20, das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por imersão $\frac{mh - ms}{ms} (\%)$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	9.8	12.2	11.8	8.8
2a	7	9.6	8.3	10.5	8.1
3a	7	9.7	12.7	11.7	8.4

" C "

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por imersão $\frac{mh - ms}{ms} (\%)$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1a	7	10.7	18.5	11.9	6.7
2a	6	10.3	4.5	10.8	9.4
3a	6	10.1	4.3	10.5	9.3

3.3.3.7. Blocos Cerâmicos - Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade foi determinada em cerca de 7 blocos por colheita e geometria.

A técnica de ensaio consta da ficha número 19.

O período de secagem em estufa, foi de 48 horas.

A expressão dos resultados é feita segundo diferentes critérios, de acordo com a normalização estrangeira que se tomou como referência.

Os resultados apresentam-se nos quadros 3.56 a 3.58, discriminados por valor médio, coeficiente de variação, valores máximo e mínimo, para cada colheita, geometria e produção.

Quadro 3.56 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30x20x11 das Fábricas "B" e "C"

"B"

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por capilaridade aos 10 min, da fábrica "B", blocos 30 x 20 x 11											
		$100 \times \frac{mc - ms}{ms} [\%]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s \sqrt{t}} [g. cm^2 min^{-1/2}]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s} [g.dm^{-2}]$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	1.9	12.8	2.1	1.4	8.8	12.9	10.1	6.7	27.9	12.9	31.8	21.1
2ª	7	2.5	13.0	3.1	3.1	12.6	12.3	15.0	10.8	40.0	12.3	47.4	34.3

"C"

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por capilaridade aos 10 min, da fábrica "C", blocos 30 x 20 x 11											
		$100 \times \frac{mc - ms}{ms} [\%]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s \sqrt{t}} [g. cm^2 min^{-1/2}]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s} [g.dm^{-2}]$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	6	0.6	29.5	0.9	0.4	2.5	29.8	3.7	1.5	7.8	29.7	11.6	4.7
2ª	7	0.6	40.5	1.1	0.4	2.6	40.6	4.8	1.7	8.3	40.7	15.2	5.3
3ª	7	1.0	21.9	1.3	0.7	4.5	22.2	5.8	2.9	14.5	21.1	18.5	9.2
4ª	7	0.8	22.7	1.1	0.6	3.6	22.8	4.7	2.7	11.5	22.8	14.8	8.6

Quadro 3.57 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo de absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30 x 20 x 15 da Fábrica "C"

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por capilaridade aos 10 min, da fábrica "C", blocos 30 x 20 x 15											
		$100 \times \frac{mc - ms}{ms} [\%]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s \sqrt{t}} [g. cm^2 min^{-1/2}]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s} [g.dm^{-2}]$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	1.3	46.0	2.4	0.8	5.2	46.8	10.0	3.0	16.5	46.8	31.6	9.5
2ª	7	0.9	13.4	1.2	0.8	4.1	13.1	5.1	3.6	12.9	13.1	13.7	11.4
3ª	7	1.7	23.1	1.4	0.8	5.2	22.4	7.0	3.5	16.3	22.4	22.1	11.1
4ª	6	1.2	27.4	1.6	0.8	5.1	27.0	6.7	3.4	16.2	26.3	21.1	11.1

Quadro 3.58 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da absorção de água por capilaridade de blocos cerâmicos 30x22x20 das Fábricas "B" e "C"

" B "

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por capilaridade aos 10 min, da fábrica "B", blocos 30 x 22 x 20											
		$100 \times \frac{mc - ms}{ms} [\%]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s \sqrt{t}} [g. cm^2 min^{-1/2}]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s} [g.dm^{-2}]$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	1.8	16.3	2.3	1.5	8.1	17.1	10.2	6.6	25.7	17.0	32.2	20.7
2ª	6	1.7	9.3	1.9	1.5	8.0	10.3	9.0	6.8	15.4	10.3	28.5	21.4
3ª	7	1.8	10.1	2.0	1.5	8.0	10.0	9.2	6.7	25.2	10.0	29.0	21.3

" C "

Colheita	Número de elementos	Absorção de água por capilaridade aos 10 min, da fábrica "C", blocos 30 x 22 x 20											
		$100 \times \frac{mc - ms}{ms} [\%]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s \sqrt{t}} [g. cm^2 min^{-1/2}]$				$\frac{(mc - ms) \times 10^5}{s} [g.dm^{-2}]$			
		Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo	Média	Coeficiente de variação	Máximo	Mínimo
1ª	7	1.9	15.3	2.4	1.6	7.5	15.4	9.5	6.5	23.7	15.4	30.0	20.5
2ª	6	1.1	42.1	1.7	0.6	4.0	42.0	6.3	2.3	12.6	41.9	20.0	7.4
3ª	6	1.1	27.7	1.5	0.8	4.0	28.8	5.6	2.7	12.6	27.7	17.0	8.6

3.3.3.8. Blocos Cerâmicos - Eflorescências e sais solúveis

A tendência para a eflorescência foi determinada em cinco provetes por colheita e geometria.

A técnica de ensaio foi a preconizada na NP-80 (6); consiste resumidamente em imergir parcialmente meios blocos segundo um dos topos em água destilada e detectar ao fim de sete dias, eventuais manchas de eflorescências.

Em nenhum dos ensaios apareceram depósitos salinos.

O ensaio da determinação do teor total em sais solúveis não se realizou, porque não houve manifestações excessivas de eflorescências que suscitassem dúvidas de acordo com os critérios da NP-80 (6).

3.3.3.9. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados com argamassa

A determinação da tensão de rotura por compressão dos blocos regularizados com argamassa de cimento, na sua posição de assentamento, foi realizada sistematicamente em mais de trinta blocos por geometria e colheita.

Conforme referido em 3.3.3.1. em geral decompôs-se a amostra em duas, uma, a base, com cerca de trinta elementos pretendendo representar os melhores blocos, ou seja com o menor número de fissuras; a outra, de controlo, com um número de elementos bastante menor, representativa dos piores blocos de acordo com o mesmo critério.

A técnica de ensaio está especificada na ficha número 20, no Anexo I

Na regularização dos blocos cerâmicos usou-se a argamassa utilizada com o mesmo fim nos blocos de betão, pelo que os resultados de ensaio dos prismas 4 x 4 x 16, apresentados em 3.2.3.2.14. são comuns aos blocos cerâmicos.

Na realização do ensaio utilizou-se uma prensa com 3000 KN de carga máxima, mas possibilitando fracções de 1500KN e 600KN.

Os ensaios foram realizados com a máquina regulada para 600KN.

Os resultados apresentam-se num conjunto de figuras desde 3.26 a 3.31.

Nas figuras 3.26, 3.27 e 3.28 apresentam-se para os formatos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 e para cada colheita, as tensões de rotura por compressão obtidas, (reunindo indiscriminadamente melhores e piores blocos), distribuídas por 10 classes de resistência, de largura de intervalo variável, dependente do desvio padrão da amostra; refere-se também o número de provetes ensaiados.

Nas figuras 3.29, 3.30 e 3.31 sintetiza-se o conjunto de resultados de cada um dos formatos, através dos valores médios discriminados em melhores e piores blocos e respectivos coeficientes de variação.

No decurso do ensaio apreciava-se a evolução do bloco até à rotura, tendo-se observado que a progressão foi praticamente idêntica para todos os elementos, conforme se passa a descrever:

Início do carregamento - Transmissão de carga ao bloco, presente-se por um som característico provocado pela microfissuração do elemento e pela formação de zonas mais secas, com coloração diferente, desenhando as fissuras formadas.

Progressão do carregamento - Evidenciam-se fissuras principais, normalmente longitudinais, nas paredes em contacto com os pratos da máquina, e outras no cruzamento dos septos verticais e horizontais sobretudo na ligação ao septo vertical exterior.

Rotura do elemento - Normalmente após rotura de algumas ligações de septos verticais a horizontais, com encurvadura e rotura dos septos verticais já não travados, sobretudo os exteriores.

As fotografias apresentadas no Anexo II exemplificam a sequência descrita.

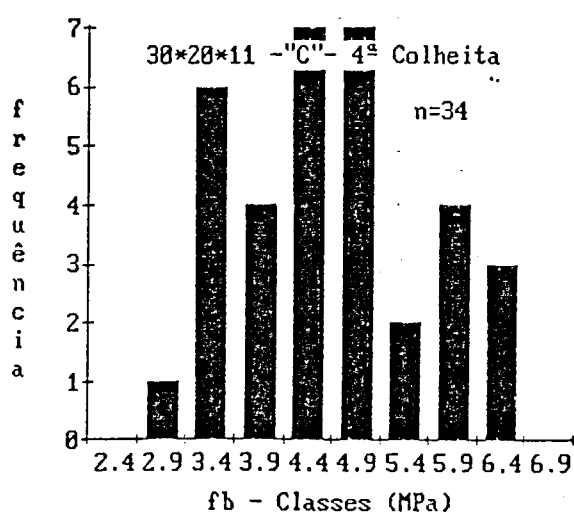
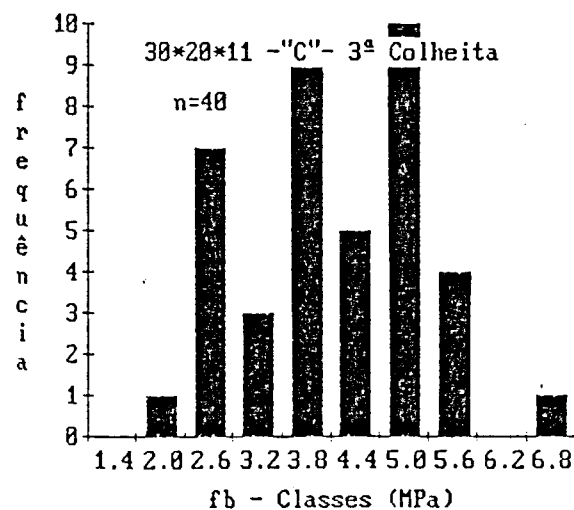
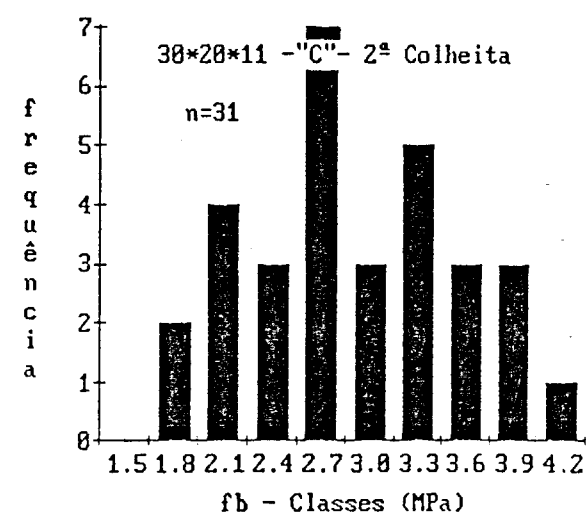
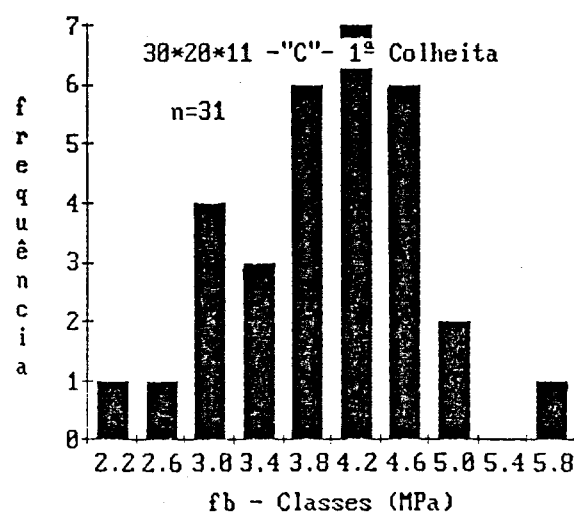
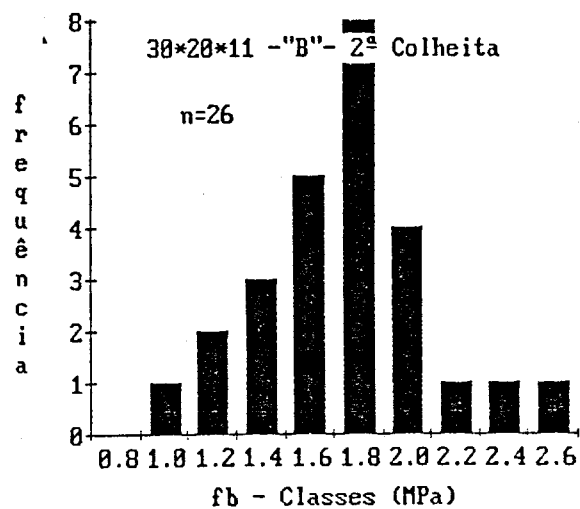
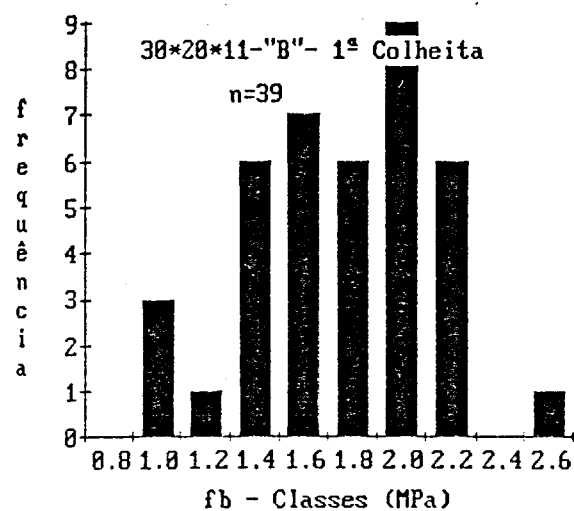


Fig. 3.26 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11 das Fábricas "B" e "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas

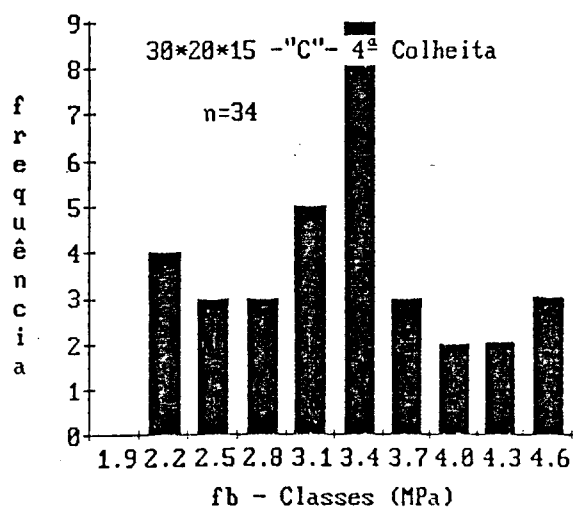
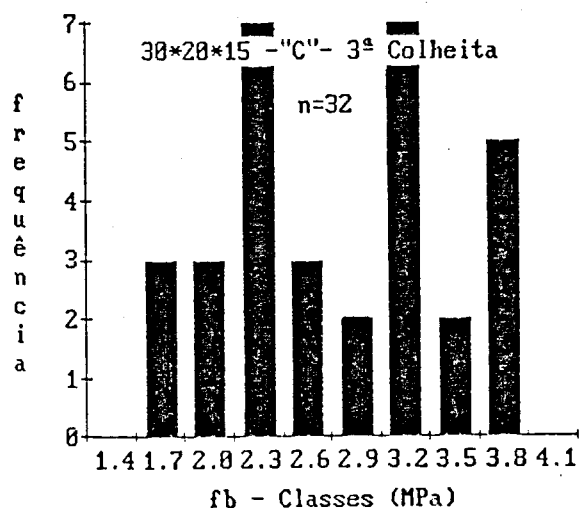
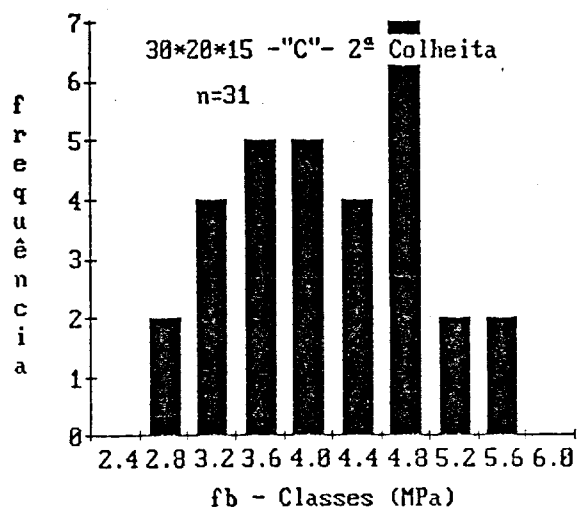
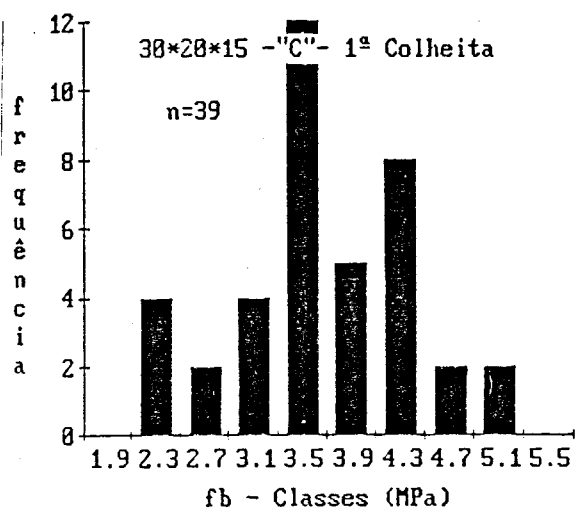


Fig. 3.27 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 15 da Fábrica "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas

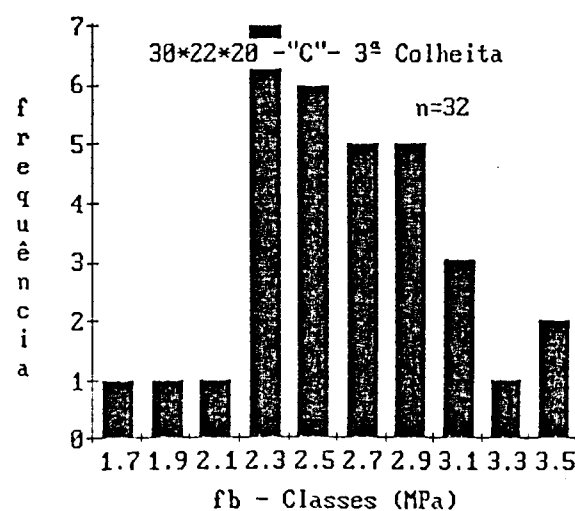
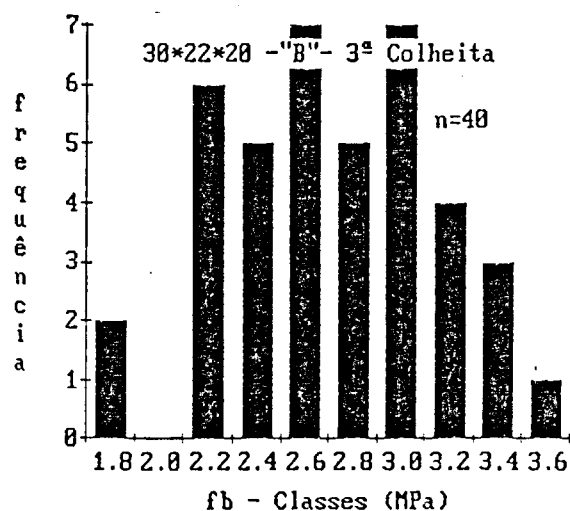
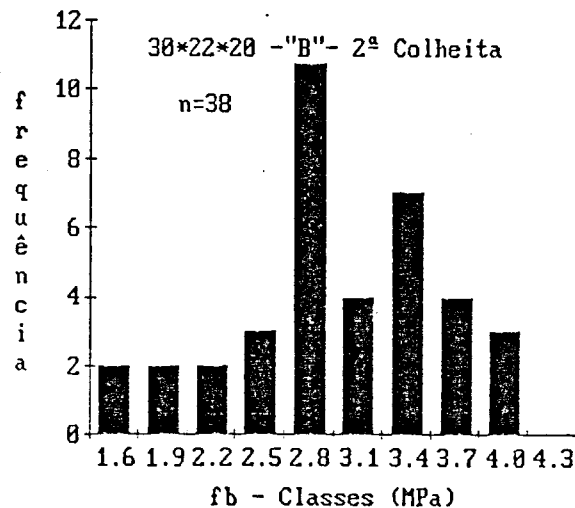
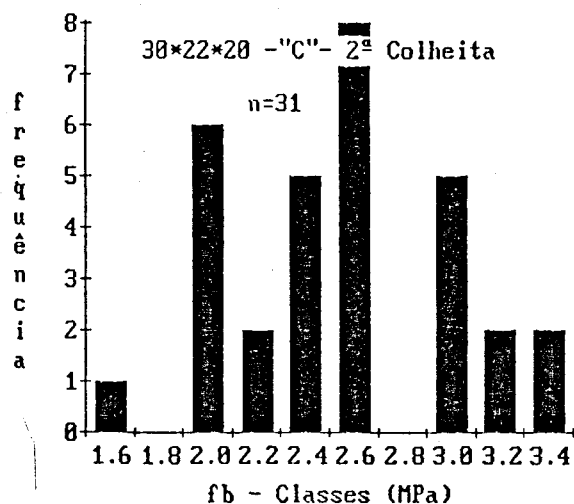
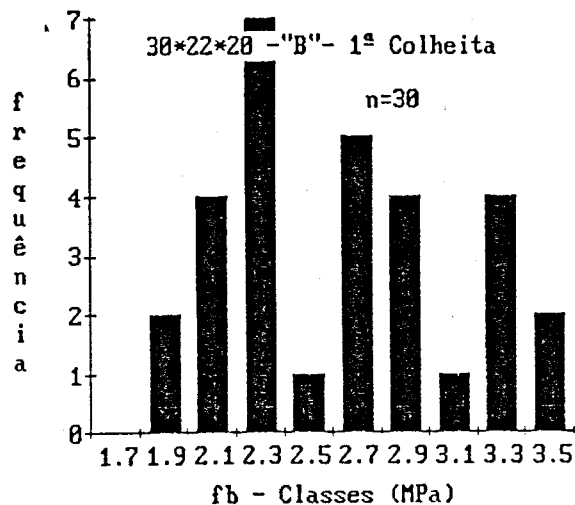
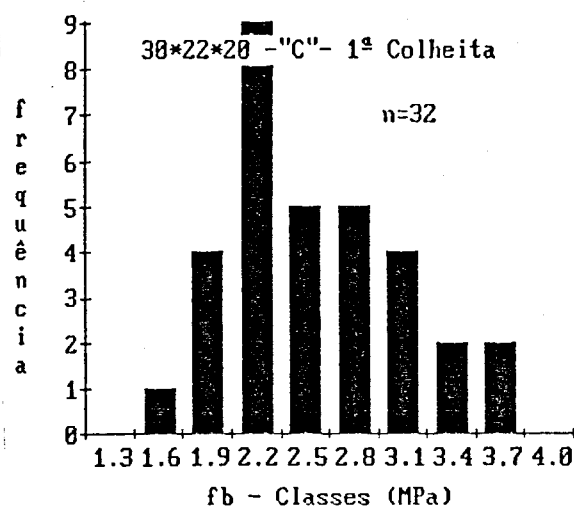


Fig. 3.28 - Distribuição por 10 classes da tensão de rotura por compressão, f_b , de blocos cerâmicos 30 x 22 x 20 das Fábricas "B" e "C" ensaiados, para as colheitas efectuadas

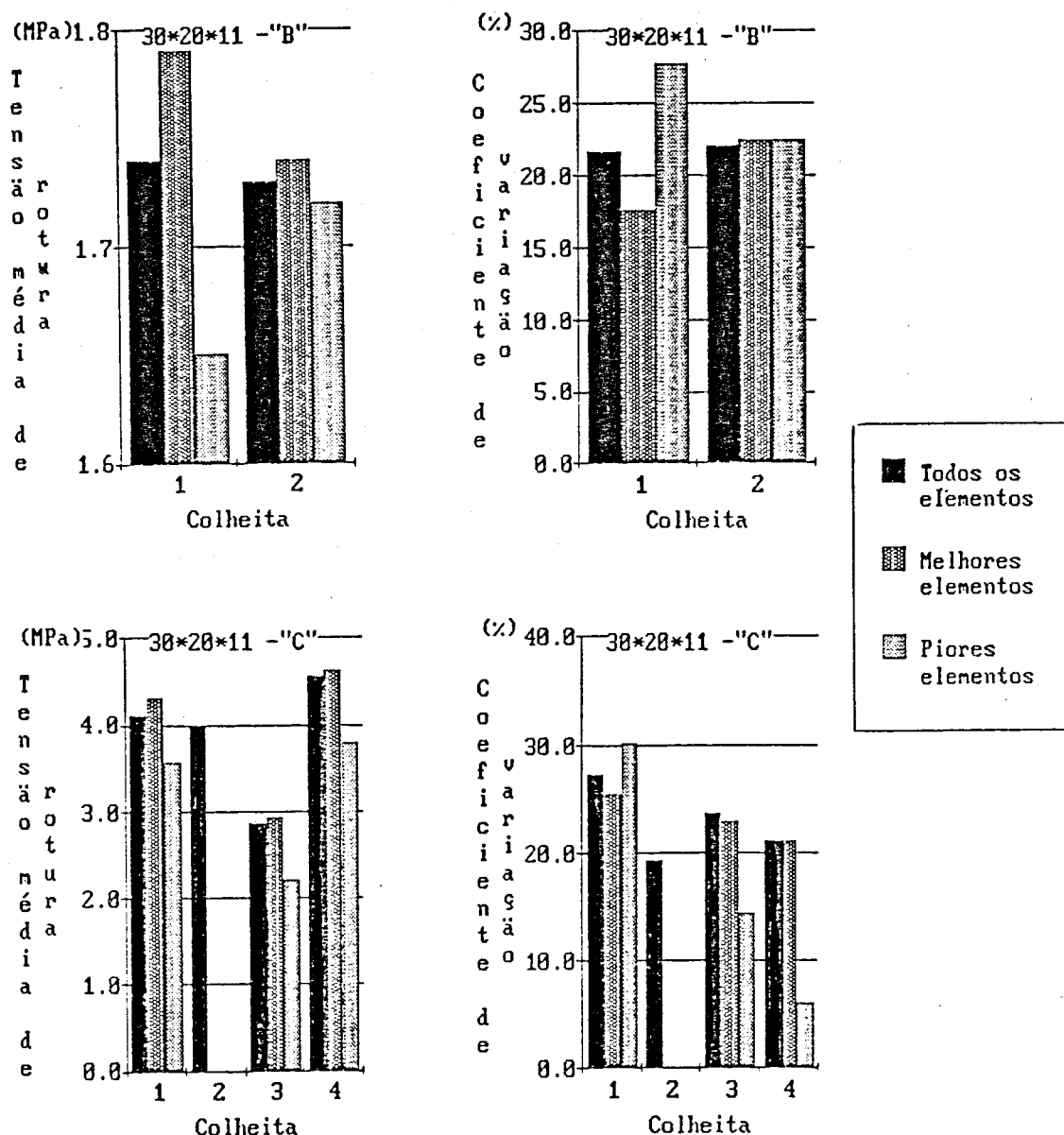


Fig. 3.29 - Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11 das Fábricas "B" e "C", agrupados em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas

Em alguns ensaios verificou-se uma rotura total do elemento, explosiva, com projecção à distância de fragmentos do provete. Geralmente estes blocos eram os que apresentavam valores mais elevados da carga de rotura.

Na última colheita da produção "C", realizou-se em quatro elementos das geometrias 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20, um ensaio de rotura por compressão, na direcção paralela às faces de assentamento, ou seja, com os blocos ao alto.

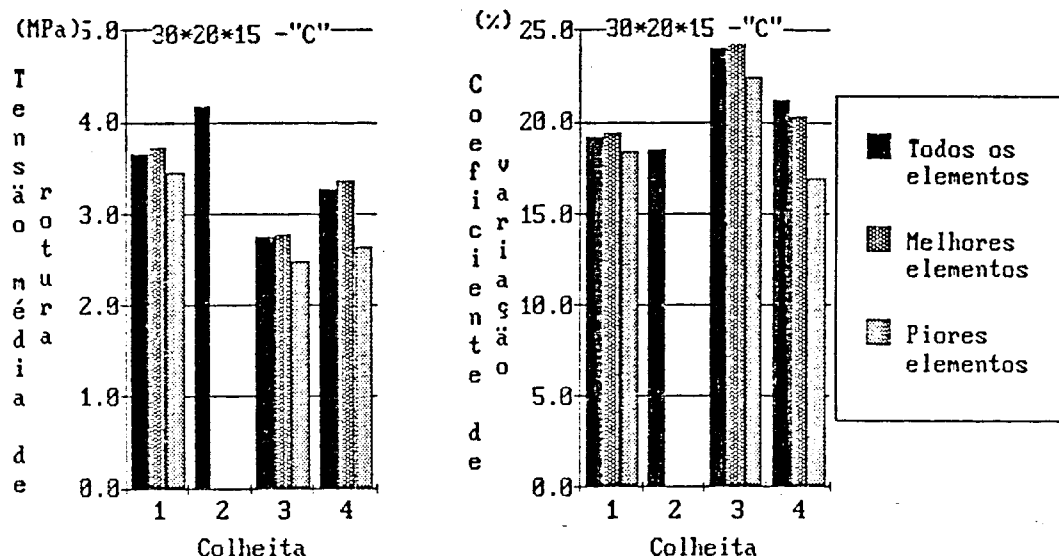
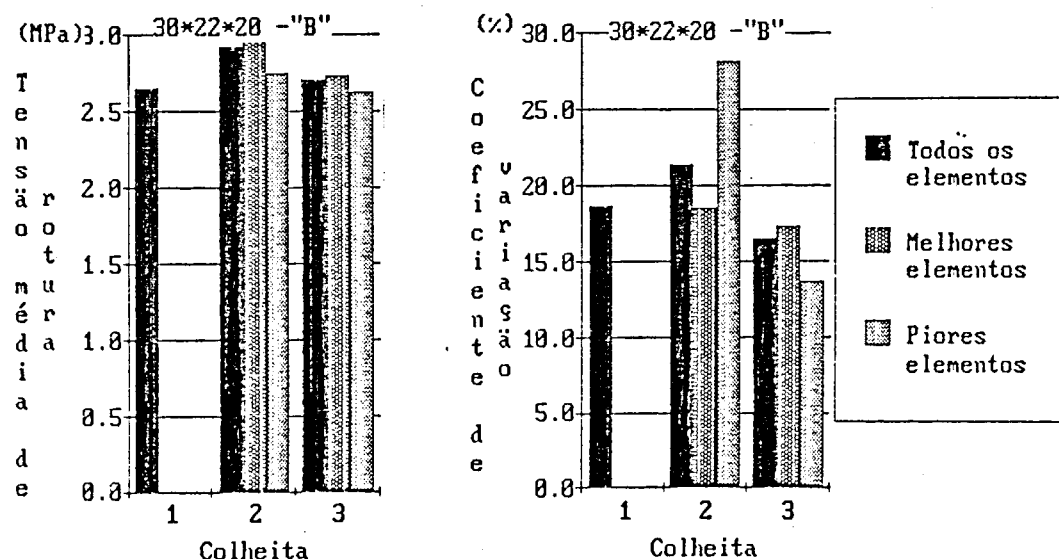


Fig. 3.30 - Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 15, da Fábrica "C", agrupados em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas



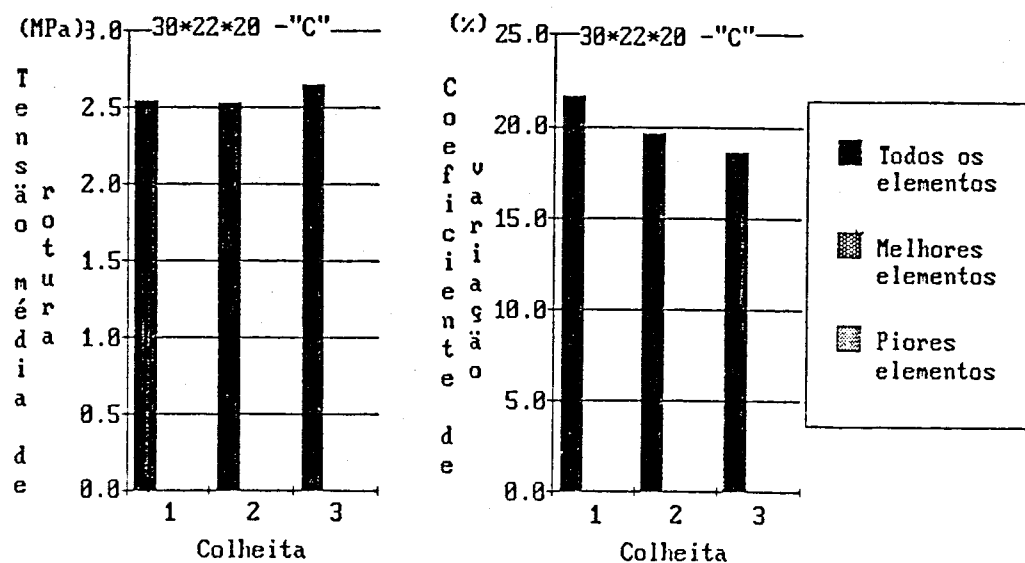


Fig. 3.31 - Valores médios e coeficientes de variação da tensão de rotura por compressão, f_b , dos blocos cerâmicos 30x22x20, das Fábricas "B" e "C", agrupados em todos, melhores e piores elementos, para as colheitas efectuadas

A técnica e máquina de ensaio foram as mesmas adoptadas para a rotura por compressão na direcção normal de assentamento, e constam da ficha de ensaio número 20.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.59.

Dado o reduzido número de ensaios não pudemos estabelecer com rigor configurações de rotura tipo, no entanto, a mais frequente foi o desprendimento das paredes exteriores do bloco, em alguns casos acompanhadas de fissuras verticais.

3.3.3.10. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados

Em analogia com os blocos de betão, tentou-se também nos blocos cerâmicos realizar um ensaio expedito de rotura, sem regularização da face dos blocos.

Para tal experimentaram-se diversos materiais de interposição entre a face dos provetes e os pratos da máquina: contraplacado, madeira, chumbo e cartão prensado.

Quadro 3.59 - Valores médio, coeficiente de variação, máximo e mínimo da tensão de rotura por compressão de blocos cerâmicos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 da Fábrica "C", segundo a direcção paralela às faces de assentamento

Geometria	Colheita	Número de elementos ensaiados	Tensão de rotura por compressão			
			Média (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Máximo (MPa)	Mínimo (MPa)
30x20x11	4a	4	10.53	31.3	13.83	6.40
30x20x15	4a	4	10.69	8.9	11.86	9.55
30x22x20	3a	4	9.40	14.2	10.81	7.71

A máquina foi a adoptada para os outros ensaios de rotura por compressão de blocos cerâmicos; a técnica apresenta-se na ficha de ensaio número 21.

Os resultados foram com qualquer dos materiais descontrolados e inverosímeis; presume-se por ser difícil assegurar a transmissão da carga a todo o elemento, provocada pelo processo de fabrico do bloco cerâmico, com orifícios horizontais, em que a compressão é efectuada ortogonalmente ao sentido de extrusão do material.

Pelas razões invocadas a realização deste ensaio foi abandonada.

3.3.3.11. Blocos Cerâmicos -Relação tensões de compressão /extensões

Também nos blocos cerâmicos procedemos em algumas colheitas à determinação das extensões, segundo, a técnica apresentada na ficha de ensaio número 20.

Os resultados parecem também bastante influenciados pela argamassa de regularização das faces, afastando-se porventura do comportamento real do bloco, sobretudo na fase inicial de carregamento, pelo que se abandonou a realização do ensaio.

3.3.3.12. Blocos Cerâmicos - Tensão de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos

A referência a este ensaio, de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos, é frequente em bibliografia italiana (8).

Realizou-se este ensaio em alguns septos retirados de blocos das produções "B" e "C", de acordo com a ficha anexa número 22.

Para se avaliar a influência da humedificação do bloco neste ensaio, bem como no de rotura por compressão referido em 3.3.3.9., ensaiaram-se alguns septos após imersão e outros secos.

Os resultados apresentam-se no quadro 3.60.

Quadro 3.60 - Resultados do ensaio de rotura à tracção por flexão de septos de blocos cerâmicos

Origem	Provetes secos			Provetes saturados		
	Nº de elementos	Tensão média (MPa)	Coef. de variação	Nº de elementos	Tensão média (MPa)	Coef. de variação
B	-	-	-	7	2.8	61.0
C	13	12.4	13.5	8	12.4	10.2

3.3.4. Caracterização das paredes

3.3.4.1. Massa volúmica

Admitindo para cada formato as respectivas dimensões nominais, juntas verticais de 5mm e horizontais de 10mm, reboco nas faces exterior e interior totalizando 3cm e massa volúmica média da argamassa de assentamento e reboco de 1800Kg/m³, obtiveram-se as massas de 1m² de parede constantes do quadro 3.61.

Quadro 3.61 - Massa de $1m^2$ de parede realizada com os formatos 30x20x11, 30x20x15 e 30x22x20 ensaiados

Geometria	Origem	Massa volúmica da parede (Kg/m^2)			
		Não rebocada		Rebocada	
		Valor médio	Valor sugerido	Valor médio	Valor sugerido
30x20x11	B	95.3	95	149.3	150
	C	85.3	85	139.3	140
30x20x15	C	112.1	115	166.1	170
30.22.20	B	179.6	180	233.6	235
	C	149.2	150	203.2	205

3.3.4.2 Isolamento térmico

Determinaram-se analiticamente os valores das condutâncias térmicas dos blocos cerâmicos, Kb, 30x20x11, 30x20x15 e 30x20x20, da duas produções.

Consideraram-se as juntas horizontais, verticais e rebocos referidos no ponto anterior.

O cálculo das condutâncias térmicas da parede, Kp, foi efectuado para paredes não revestidas. Para paredes revestidas determinou-se o seu coeficiente de transmissão térmico, admitindo paredes em contacto com o exterior.

O cálculo baseou-se em dados idênticos aos adoptados em 3.2.4.2. Para a condutibilidade térmica da argila considerou-se $\lambda = 1.15 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$.

Por consulta das tabelas constantes da referida publicação estimou-se com certa aproximação valores do factor de amortecimento μ e do factor de atraso φ (em horas). Todos os resultados são apresentados no quadro 3.62.

3.3.4.3. - Isolamento acústico

Por um procedimento análogo ao descrito em 3.2.4.3. obtiveram-se os valores do Ia apresentados no quadro 3.63.

Quadro 3.62 - Parâmetros de caracterização térmica dos blocos cerâmicos e paredes

Geometria	Origem	Blocos	Paredes não revestidas	Paredes		
		Condutância térmica - K_b $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	Condutância térmica - K_p $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	Coefficiente de transmissão térmica - K $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$	Factor de amorteci- μ	Factor de atraso - 4 horas
30x20x11	B	4.77	5.36	2.61	0.27	2.6
	C	4.54	5.15	2.56	0.27	2.6
30x20x15	C	3.19	3.66	2.13	0.20	3.7
30x22x20	B	2.40	2.69	1.76	0.13	5.4
	C	2.23	2.54	1.69	0.14	5.2

Quadro 3.63 - Índice de isolamento sonoro aos sons aéreos, I_a , para as diferentes geometrias, segundo a sua origem

Geometria	Origem	I_a (dB) (estimado de acordo com a lei de massa)
30 x 20 x 11	B	50
	C	50
30 x 20 x 15	C	51
30 x 22 x 20	B	54
	C	53

3.3.4.4 Comportamento ao fogo

Generalizam-se aos blocos cerâmicos as considerações referidas para os blocos de betão em 3.2.4.4.

No entanto sabe-se apenas que os blocos cerâmicos apresentam uma reacção ao fogo - Mo (46).

CAPÍTULO 4

APRECIACAO DOS RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo é dedicado à apreciação dos resultados obtidos no capítulo anterior.

Para cada um dos aspectos objecto de caracterização experimental ou analítica, começa por fazer-se uma síntese da informação que se conhece neste domínio, recorrendo sobretudo a normalização e bibliografia estrangeira. Sequidamente, e tendo por base os critérios apresentados, apreciam-se os resultados obtidos, procurando, sempre que as causas são mais objectivas, diagnosticar os motivos da não satisfação.

Sempre que possível procura-se não limitar exclusivamente a análise aos elementos em si, mas estendê-la às aplicações dos mesmos na realização de paredes.

4.2. BLOCOS DE BETÃO

4.2.1. Introdução

Os blocos de betão de inertes correntes, como produto manufacturado requerendo a utilização de betão, têm a sua qualidade inevitavelmente associada às suas características e dos seus constituintes.

As vertentes que influenciam a qualidade do produto acabado, como elemento de construção, são fundamentalmente três:

- inertes e composição do betão;
- moldagem e vibração;
- cura e armazenamento.

Relativamente aos inertes e composição do betão, mais facilmente caracterizáveis, o problema tem aspectos comuns com as características essenciais que os betões vibrados e comprimidos, utilizados no fabrico de produtos de betão devem apresentar:

- uma boa aptidão à colocação e à vibração por forma a obter cadências de fabrico rápidas, compatíveis com um fabrico em série;
- compacidade máxima, aumentando a resistência mecânica;

- uma rigidez máxima do betão fresco, permitindo uma desmoldagem imediata e um manuseamento sem problemas.

Estas características, sendo primordiais, dependem dum grande número de factores; dum lado a composição do betão, doutro lado os meios de colocação (vibração e compressão) e que conjuntamente com o processo de cura se vão procurar escalpelizar na busca das justificações para os resultados obtidos.

Em cada uma destas fases e sobretudo a partir do produto acabado, determinaram-se algumas características por via experimental e analítica que permitem formular apreciações à produção analisada.

Assim sintetizou-se a informação normativa existente sobre cada um dos atributos obtidos, por via experimental ou analítica, relativos a blocos de betão, de que se fez uma apreciação sucinta. Esta análise incidiu sobre a forma e aspecto dos blocos, desvios dimensionais, massa e massa volúmica, absorção e teor em água, variações dimensionais entre estados convencionais de humidade e temperatura e resistência à compressão. Apreciam-se também algumas características das paredes como a massa, o desempenho térmico e acústico e o comportamento ao fogo.

4.2.2. Inertes

Os inertes como constituintes do betão utilizado na confecção dos blocos, influenciam determinantemente o desempenho do produto acabado.

No entanto este problema não pode ser desligado da análise da composição do betão, com o qual se articula profundamente.

As principais características que se analisam são a granulometria e a sua constância no tempo, a origem dos inertes, o teor de humidade e a sua variação.

Alguns dos aspectos serão complementados no ponto seguinte em que se discutem as características do betão.

4.2.2.1. Granulometria e massa específica das partículas

4.2.2.1.1. Síntese de informação

A granulometria é uma característica importante num inerte

de betão para blocos, pois afecta a carga de rotura, textura da superfície e porosidade do bloco; o rendimento e as operações na bloqueira são também influenciados com as inevitáveis implicações no custo.

Embora a granulometria adequada dependa bastante do tipo de bloco e da máquina a usar, podem no entanto enunciar-se um conjunto de princípios gerais que devem ser respeitados:

- quanto maior for a máxima dimensão do inerte melhor, no entanto dimensões exageradas dificultam a extrusão e provocam segregação;
- granulometrias grosseiras produzem blocos com texturas muito abertas e com baixas resistências em verde;
- granulometrias finas produzem blocos com texturas fechadas, finos em excesso causam problemas de desmoldagem;
- quanto mais potente é a máquina menos sensível é a estes problemas;
- em publicação sul-africana (37), estabelece-se como máxima dimensão do inerte $1/3$ da espessura dos septos mais finos, no entanto, a norma inglesa BS6073: Part 1 (4) refere que a espessura dos septos não deve ser inferior a 1,75 vezes a máxima dimensão do inerte;
- um outro aspecto a ter em consideração é a forma das partículas dos inertes. Partículas arredondadas produzem betões que fluem melhor do que os realizados com partículas angulares.

A forma das partículas têm também importância no desgaste dos moldes, mas a composição geológica dos inertes tem provavelmente uma importância maior.

Os inertes deverão ainda ser quimicamente estáveis e isentos de impurezas satisfazendo o prescrito na regulamentação nacional (49).

Para o produtor de blocos a produção ou extracção de inertes encontra-se geralmente a montante, por outro lado o estudo comparativo de diferentes curvas granulométricas de uma mesma origem mostra que os fornecimentos não são sempre idênticos. Estes desvios, inevitáveis em qualquer processo de produção industrial, devem ser vigiados, quer pelo fornecedor, que deve conhecer os factores de flutuação, função das diferentes naturezas geológicas das zonas de exploração e do desgaste dos crivos, quer pelo produtor de blocos, que sabendo quanto este aspecto é importante no desempenho final do seu produto, deve assegurar que os forne-

cimentos estão dentro das tolerâncias permitidas pela sua produção.

Em publicação do CERIB (50), define-se o conceito de fusos envolventes das curvas granulométricas, com dois objectivos:

- definir o que o produtor pode fazer;
- definir o que o utilizador pode aceitar;

e que se passam a descrever:

- Fuso de especificação - próprio de cada utilização, define a zona na qual devem situar-se os fusos de regularidade. Trata-se do fuso envolvente de todas as curvas que hipoteticamente podem convir ao utilizador, função do destino do inerte. Precisa os limites extremos do fuso de controlo.

- Fuso de regularidade - define a extensão da zona na qual se devem situar 95% das curvas obtidas durante o controlo. Está situado no interior do fuso de especificação. Corresponde ao fuso teórico estabelecido a partir da curva granulométrica média definida pelo utilizador. O fornecedor deve poder posicionar aí a sua curva média e uma parte importante das suas análises. Este fuso caracteriza a variação tolerável dos diferentes fornecimentos, sem que seja necessário intervir no processo de fabrico. Não é obrigatoriamente centrado no fuso de especificação.

A fig. 4.1 especifica o conceito.

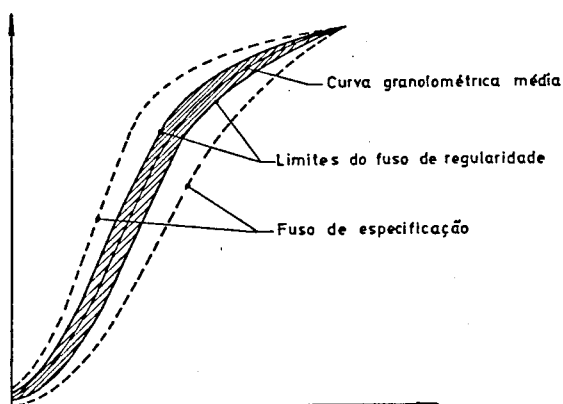


Fig. 4.1 - Representação de fusos envolventes das curvas granulométricas

A zona compreendida entre o fuso de regularidade e o fuso de especificação corresponde a fornecimentos aceitáveis, mas que necessitam uma adaptação.

- Fuso de fabrico - caracteriza a produção. Contém 95% das curvas granulares do material produzido. É um fuso prático, define a zona na qual se situa a quase totalidade das curvas granulométricas obtidas a partir do controlo. É necessário que os seus limites estejam no interior dos do fuso de especificação e que sejam muito próximos, similares, aos do fuso de regularidade.

A partir destes conceitos cada cliente definirá os seus fusos de especificação e de regularidade.

Para o estabelecimento do fuso de especificação o mesmo documento refere que para dimensões do peneiro superiores a 0.25 mm é corrente admitir uma tolerância de $\pm 10\%$ relativamente à curva teórica, enquanto para valores inferiores $\pm 6\%$. O módulo de finura não deverá afastar-se mais de $\pm 0,3$ do valor teórico.

A origem do inerte tem sobretudo importância sob o ponto de vista petrográfico, associado à tensão de rotura das rochas que constituem o inerte. Normalmente, para as dosagens correntes de cimento, a tensão de rotura do inerte é bastante superior à resistência do betão, sendo portanto esta condicionada sobretudo pela pasta de cimento e pela sua dosagem.

4.2.2.1.2. Apreciação dos resultados

Para todas as colheitas efectuadas, a máxima dimensão do inerte corresponde ao peneiro de $3/8'' - 9.5 \text{ mm}$ -, que é próxima de $1/2$ da mínima dimensão dos septos, e dentro dos limites especificados na norma inglesa.

A partir das curvas granulométricas apresentadas em 3.2.3.2.4. determinou-se o fuso granulométrico envolvente de cada um dos inertes que se apresenta na fig. 4.2. As variações são as seguintes:

a) Sarrisca:

- variação excessiva em torno do peneiro n^o. 4;
- módulo de finura entre 5.09 e 5.66;
- desajuste máximo ocorreu na quinta e sexta colheita.

b) Areia do mar:

- variação excessiva em torno dos peneiros n^o. 16 e 30;
- módulo de finura entre 2.04 e 3.63;
- desajuste máximo ocorreu na segunda colheita.

c) Areia de pedreira:

- variação compatível com os critérios apresentados;
- módulo de finura entre 3.37 e 3.99.

Quanto à origem dos inertes, comprovada pela massa específica das partículas, esta parece apresentar uma constância razoável no tempo, sinónimo de estabilidade.

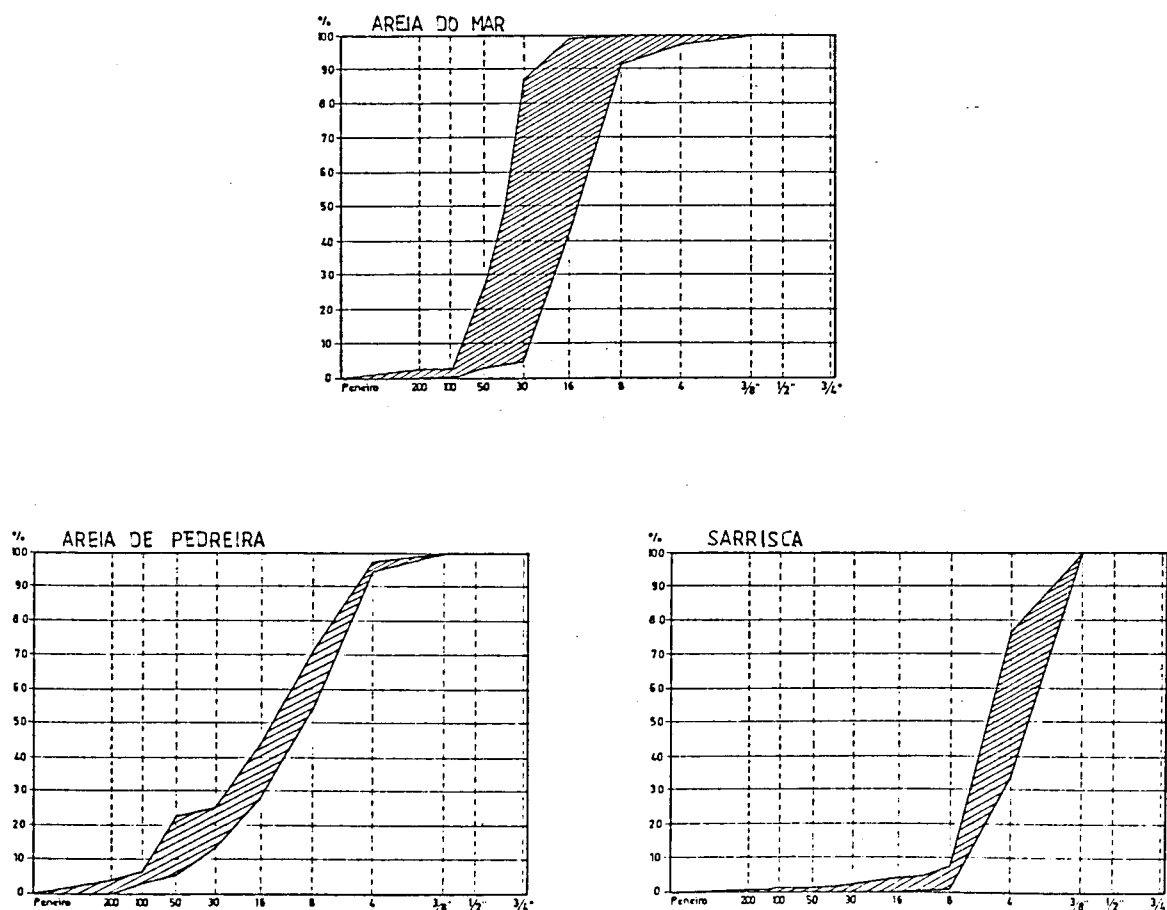


Fig.4.2 - Fusos envolventes das análises granulométricas efectuadas, ao longo das sete colheitas, para os três inertes utilizados

4.2.2.2. Teor em água total

4.2.2.2.1. Síntese de informação

A generalidade das normas não especificam características relativas aos inertes a utilizar na confecção de betão para blocos. No entanto o teor em água total dos inertes é fundamental no processo de fabrico do betão pois, se é muito variável, e a empresa não tem meios para o controlar, a dificuldade em ajustar objectivamente a água de amassadura a adicionar provoca variações significativas nas propriedades do betão.

O teor em água depende de diversos factores:

- natureza dos materiais (afecta as características do betão como a resistência, porosidade, etc.);
- tratamentos a que o inerte esteve sujeito (afectam as suas características dimensionais como a forma, a granulometria, e físico-químicas como a limpeza, o teor em água, etc.).

4.2.2.2.2. Apreciação dos resultados

Da análise dos resultados sobressai uma grande variação desta característica.

Não foi possível definir a influência das estações do ano nos resultados obtidos, julga-se que esta característica depende sobretudo da forma de produção. Os inertes britados e posteriormente lavados apresentam sistematicamente teores em água mais elevados.

Uma vez que a variação do teor em água no fornecimento dos inertes parece inevitável, seria conveniente efectuar o estudo da sua variação nas várias fases de armazenamento:

- ao ar livre, analisando a sua variação em profundidade, com a pluviosidade e temperatura do ar;
- nos silos, detalhando a sua variação em altura.

A obtenção desta informação passa pela instalação na fábrica dum sistema expedito de medição do teor em água total.

4.2.2.3. Baridade

4.2.2.3.1. Síntese de informação

A baridade dos inertes no seu estado natural-húmida-, é uma grandeza determinante na composição de betões.

Varia com a origem dos inertes, com a granulometria, mas sobretudo com o teor em água total, conforme se especifica na fig. 4.3, retirada de (41).

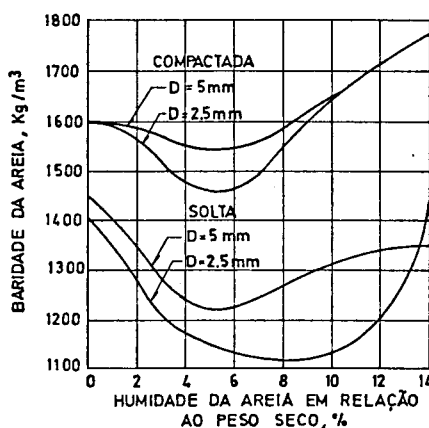


Fig. 4.3 - Variação da baridade da areia com o teor de humidade

Esta variação com a humidade dos inertes é sobretudo importante quando o seu dos inertes é volumétrico, como é o caso em análise, pois há um empolamento que provoca variações na quantidade real de inertes misturados, relativamente à proporção teórica, quantificada através do volume aparente.

Este facto poderá ser tido em consideração através duma correcção, desde que se conheça o teor de humidade e a baridade húmida, através da seguinte expressão, conforme se refere em (41):

$$V = \frac{p (1 + H/100)}{B_h}$$

em que:

V - volume de inerte que se deve introduzir;

p - massa do inerte que entra na amassadura;
H - teor de humidade do inerte;
 B_h - baridade húmida do inerte.

Esta correcção não é fácil de introduzir automaticamente conforme será referido oportunamente.

4.2.2.3.2. Apreciação dos resultados

Os resultados evidenciam o que se afirmou no ponto anterior, há variações das baridades que terão implicações nas características do betão conseguido.

A necessidade dum sistema de determinação do teor de humidade e a correcção das quantidades de inertes parece indiscutível. Haveria interesse em determinar as curvas de variação da baridade com o teor de humidade para os inertes utilizados.

4.2.3. Betão - Composição, moldagem, cura e caracterização

Nos betões destinados à realização de elementos pré-fabricados, conseguem-se distinguir vários tipos, correspondentes a utilizações e exigências completamente distintas, em algumas fábricas realizados com o mesmo equipamento.

O betão para blocos é um destes, com os seus aspectos peculiares conforme se constata da análise do quadro 4.1, extraído da publicação nº 63 do CERIB (51).

O duplo objectivo de simultaneamente responder a exigências de qualidade progressivamente mais apertadas e constantes no tempo, bem como automatizar as máquinas e aumentar a cadência de produção, obriga a grande regularidade do betão e a um conhecimento da influência de todos os parâmetros intervenientes, conforme já foi referido em 4.2.1.

Vai-se analisar sobretudo o problema da composição do betão sob o aspecto granulométrico, dosagem de cimento e de água que se revela determinante. Referir-se-ão ainda alguns aspectos ligados à moldagem, cura e caracterização do betão.

Quadro 4.1 - Alguns betões para elementos pré-fabricados e as suas características

Tipo de betão	Dosagem de cimento em % ponderal	Dosagem de água em % ponderal	Dimensão máxima dos inertes em mm	Características do betão fresco	Forma de desmoldagem	Características do betão endurecido
Blocos para alvenaria e blocos de cofragem	8 a 10	5 a 6	6 a 12	Consistência terra húmida. Colocação muito rápida, 2 a 6s de vibração mais compressão	Imediata sobre pranchas	Betão semi-cavernoso. Resistência à compressão fraca entre 8 a 12 MPa.
Tubos (vibrados e comprimidos)	15 a 17	6 a 7	10 a 12	Consistência seca, colocação por vibração mais compressão, grande rigidez na desmoldagem	Imediata sobre bases	Betão compacto e estanque
Vigotas pré-esforçadas	18 a 20	7.5 a 8.5	10 a 12	Consistência plástica a mole, vibração	Imediata ou diferida. Endurecimento em banca	Betão compacto. Resistência à compressão elevada, 40 a 70 MPa
Telhas em betão	23 a 24	7.5 a 8	2.5 a 3.15	Consistência seca a plástica, realização por laminagem a grande velocidade (1.5 a 2.3 m/s)	Imediata sobre matriz. Endurecimento sobre matriz	Microbetão compacto e estanque
Pequenos elementos diversos	14 a 18	6.5 a 7.5	6 a 12	Consistência seca vibração 30 a 60 s	Imediata no pavimento ou sobre pranchas	Betão compacto e com bom aspecto
Pedras de chão	13 a 15	5.5 a 6.5	5 a 8	Consistência terra húmida, colocação por vibração mais compressão	Imediata sobre pranchas	Betão compacto, fraca porosidade, bom aspecto de superfície

4.2.3.1. Composição

4.2.3.1.1. Síntese de informação

a) Granulometria

A composição granulométrica do betão deve ser o mais fechada possível. Estudos realizados no CERIB (52) demonstram que mantendo-se a curva granulométrica fechada, a composição granular tem pouca influência na compactidade; no entanto, a aptidão à colocação e à estabilidade após desmoldagem imediata variam sensivelmente em função da quantidade de elementos finos da areia, compreendidos entre 0.08 e 0.5 mm. O teor em finos deve ser ainda função da relação água/cimento. Para uma boa estabilidade à desmoldagem, refere-se no mesmo estudo que para relações água/cimento baixas, 0.36 a 0.38, convém utilizar uma quantidade de finos compreendida entre 4 e 8%, expressa em termos ponderais relativamente à totalidade dos materiais secos do betão. Para

teores em água mais elevados, relações água/cimento de 0.40 a 0.42, a quantidade de finos deve estar compreendida entre 10 e 15%.

Refira-se que nos betões pobres, como é o caso dos blocos, os finos colaboram com o ligante, pois desde que não sejam argilosos não interferem no crescimento e colagem dos cristais de cimento hidratado, corrigindo a granulometria da pasta de cimento.

A dimensão máxima dos inertes deve ser escolhida de acordo com as espessuras mínimas do elemento a fabricar, conforme já foi referido em 4.2.2.1.1, mas deve ser o maior possível, pois o seu aumento melhora a compacidade do betão e a sua rigidez na desmoldagem. A utilização de um inerte rolado é preferível à dum inerte britado pois permite melhorar a compacidade do betão e a estabilidade à desmoldagem, conforme é sublinhado nos resultados das figuras 4.4 e 4.5, retiradas do estudo do CERIB já referido (52).

Segundo a bibliografia do CERIB referida, a resistência à compressão do betão fresco é determinada sobre provetes cilíndricos, desmoldados após betonagem. A técnica consiste em dispôr de uma célula de carga colocada sob o provete que permite conhecer a força aplicada ao longo do tempo. A velocidade de descida do êmbolo é constante, fazendo-se portanto o ensaio a deformação constante. A partir da curva "força aplicada em função do tempo" obtêm-se a curva que expressa a "resistência à compressão em função da deformação", bastando apenas para tal substituir a força pela respectiva tensão e o tempo pela correspondente deformação.

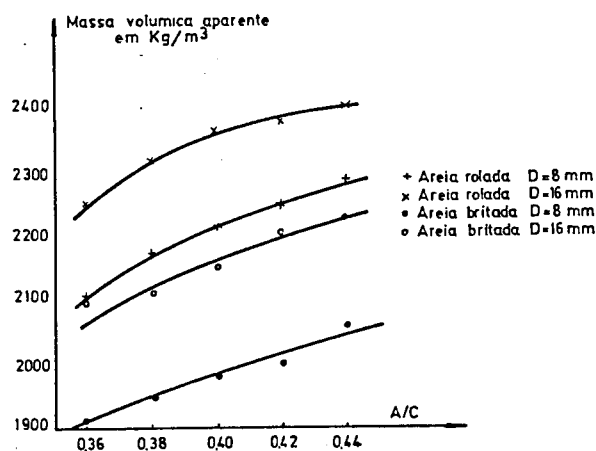


Fig. 4.4 - Massa volúmica aparente dos betões em função da relação água/cimento

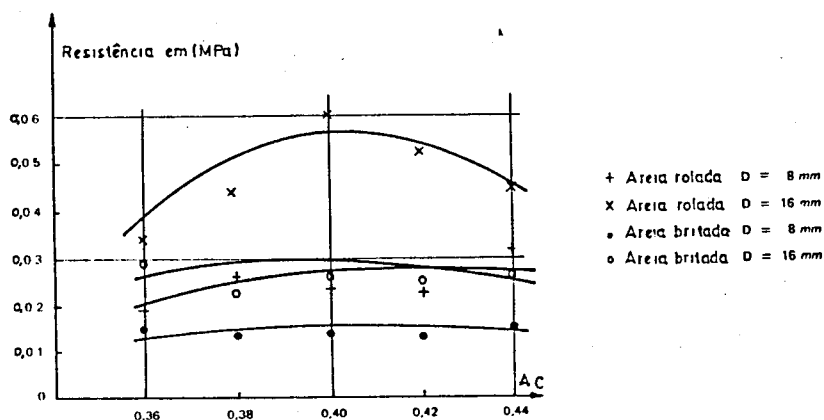


Fig. 4.5 - Resistência à compressão do betão fresco em função da relação água/cimento

Um outro texto sul-africano a que já se fez referência (37), diz que de acordo com experiências diversas, a granulometria da mistura que conduz a melhores resultados é aquela cujo módulo de finura se situa entre 4.2 e 3.2, correspondendo às seguintes percentagens de passados e acumulados em alguns peneiros da série ASTM:

- 1/2"	- 100%
- 3/8"	- 90 - 100%
- 4 -	- 70 - 85%
- 8 -	- 50 - 65%
...	
- 50 -	- 10 - 25%
- 100 -	- 5 - 15%
- 200 -	- 2 - 10%

b) Dosagem de cimento

A dosagem de cimento nos blocos de betão é baixa, e fixada por imperativos económicos, sendo mesmo normalmente a mais baixa dos artefactos para betão.

Conforme referido no quadro 4.1, a dosagem oscila entre 8 e 10%, o que para um betão de 2100 Kg/m^3 de massa volúmica representa uma dosagem entre 170 e 210 Kg/m^3 . A publicação sul-africana que temos utilizado refere como dosagens correntes valores aproximadamente coincidentes, referindo também que esta dosagem é limitada superiormente por problemas de retracção.

O crescimento da dosagem de cimento melhora a aptidão à

moldagem e a compacidade do betão; no entanto um aumento da dosagem diminui a rigidez do betão à desmoldagem imediata.

c) Água de amassadura

A água de amassadura é a pedra de toque da composição de betão para blocos, é fundamental para as propriedades dos betões, o seu aumento melhora consideravelmente a aptidão à moldagem, mas a rigidez óptima na desmoldagem depende sobretudo da quantidade de elementos finos dos inertes.

Em termos práticos devia-se usar o máximo de água possível sem criar problemas na produção, nem deformações nos blocos frescos.

Existe a sensação que é frequente os betões serem exageradamente secos.

Conforme referido em publicação do CERIB (51) sobre este assunto, a importância preponderante do teor em água é devida aos seguintes factores que se enumeram:

i) - A água desempenha um papel duplo nos betões:

- dá trabalhabilidade ao betão fresco pela sua acção lubrificante entre os diferentes grãos, e pela coesão conferida à pasta resultante da associação dos grãos finos (finos dos inertes e cimento) com a água;
- permite a hidratação do cimento e o endurecimento do betão; um cimento "Portland" requer cerca de 24% do seu peso para a sua hidratação completa. A variação da quantidade de água provoca variações da velocidade de endurecimento e das resistências mecânicas.
- A importância da dosagem de água provém ainda da extrema sensibilidade do comportamento do betão fresco, e das características do betão endurecido, às variações do teor em água; existe em geral um patamar do teor em água, dito "crítico", para o qual a sensibilidade do betão fresco e endurecido à dosagem de água é mínima, correspondendo em geral às melhores características mecânicas do betão, conforme se apresenta na fig. 4.6, extraída de (51) e relativa à resistência à compressão do betão fresco em função do teor em água, de betão para blocos.

ii) - Dificuldades de realizar em fábrica uma dosagem regular de água, devido à:

- importância das variações do teor em água total dos inertes;

- aos princípios utilizados para medir o teor em água dos inertes e do betão, quando existem, pois a sensibilidade da medição varia com o patamar do teor em água, e esta determinação é influenciada pelas variações de outros factores;
- precisão e fiabilidade dos dispositivos que realizam a determinação e comando dos ajustes da água e correcção das dosagens;
- variedade de betões que frequentemente na mesma fábrica, a mesma central produz;
- refira-se ainda que o objectivo final não é a realização de dosagens constantes da água, mas sim a obtenção dum betão obedecendo a determinadas características regulares, o que agrava o problema se as outras matérias primas apresentarem variações importantes, pelo que só faz sentido tratar o problema da água, quando já se tiverem resolvido os problemas de regularidade das outras matérias-primas e da sua dosagem.

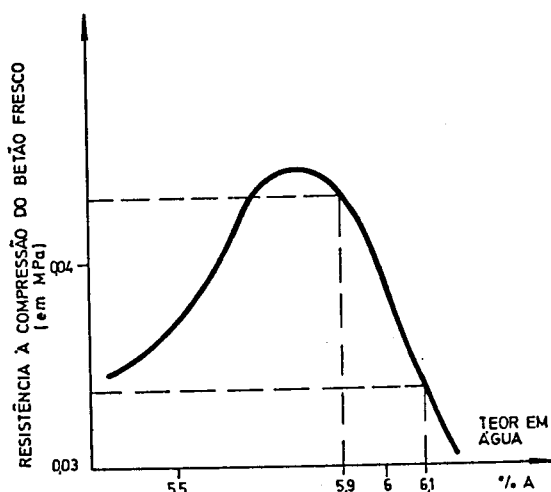


Fig. 4.6 - Resistência à compressão do betão fresco em função do teor em água dum betão para blocos

iii)- A consequência destas dificuldades é que o ajuste da água constitui talvez o maior problema das empresas produtoras:

- a perturbação provocada pelas variações do teor em água dos blocos traduz-se em abrandamentos ou paragens da produção, quebras ou rejeições, aumento das dispersões das características dos produtos, conduzindo a um sobre-doseamento de cimento.

b) Dosagem de cimento

A dosagem de cimento, sendo próxima dos 195 Kg/m^3 , e oscilando a massa volúmica do betão entre 1900 e 2000 Kg/m^3 , equivale a dosagens de cerca de 10%, valores idênticos aos referidos nos documentos bibliográficos analisados.

No entanto seria interessante analisar a variação de algumas propriedades do betão, particularmente a resistência mecânica e as variações dimensionais, com a variação da dosagem de cimento.

c) Água de amassadura

A partir dos teores em água total, das baridades húmidas dos inertes e da quantidade de água adicionada, todos conhecidos, é possível obter a massa do betão fresco em cada amassadura e o volume total de água, quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Massa do betão fresco e volume total de água do betão usado na confecção dos blocos da 5ª, 6ª e 7ª colheitas

Composição por amassadura		5ª Colheita				6ª Colheita				7ª Colheita			
		Baridade húmida	Massa húmida	Teor em água	Água	Baridade húmida	Massa húmida	Teor em água	Água	Baridade húmida	Massa húmida	Teor em água	Água
Cimento	140Kg	(kg/m^3)	(Kg)	(%)	(l)	(kg/m^3)	(Kg)	(%)	(l)	(kg/m^3)	(Kg)	(%)	(l)
Areia do mar	200 l	1230	246	2.6	6.4	1205	241	3.4	8.2	1110	222	4.1	9.1
Areia de pedreira	500 l	1200	600	2.6	15.6	1100	550	6.8	38.9	1145	573	5.2	29.8
Sarrisca	300 l	1235	371	2.7	10.0	1150	345	4.8	17.2	1195	359	3.3	11.8
Água adicionada					13.0				24.0				10.5
Água total					45.0				88.3				61.2
Massa total		-	1370	-	-	-	1300	-	-	-	1305	-	-

Com os resultados disponíveis obtiveram-se os indicadores de razão água/cimento, percentagem de cimento e de água relativamente à massa total do betão e que se apresentam no quadro 4.3.

Verifica-se que a percentagem de água tem variações muito importantes, chegando mesmo a duplicar; além disso, à excepção da 6ª colheita, os valores encontram-se abaixo dos referidos na bibliografia apresentada, confirmando a indicação fornecida pelo

ensaio expedito de avaliação do teor em água óptima do betão apresentada em 3.2.3.1.3.

O betão fresco resultante destas composições apresentava uma trabalhabilidade terra húmida, comprovada pela ausência de abaixamento no cone de Abrams. Na 7a. colheita a massa volúmica, imediatamente após moldagem, foi de 1940 Kg/m^3 para os blocos B10 e 2050 Kg/m^3 para os B25.

Quadro 4.3 - Indicadores da composição do betão das 5ª, 6ª e 7ª colheitas

Colheita	Indicadores		
	A/C	ZC	ZA
5ª	0.32	10.2	3.3
6ª	0.63	10.8	6.8
7ª	0.44	10.7	4.7

4.2.3.2. Moldagem e cura

4.2.3.2.1. Síntese de informação

a) Moldagem

O processo de moldagem é também importante na obtenção de uma boa compacidade e de uma boa resistência após moldagem e final.

Os parâmetros de fabrico que intervêm nesta fase são:

- os relativos ao fabrico e composição do betão já atrás referido;
- as pranchas que suportam e transmitem a vibração, tendo importância a sua natureza, espessura e transmissibilidade;
- a prensa com as suas regulações mecânicas (pilão, molde, gaveta, mesa vibrante e chassis) e controlo em comando (duração de enchimento, pré-vibração, passagens da gaveta, quantidade de betão).

De todos os factores apontados os mais influentes parecem

ser a duração de enchimento do molde e a duração da pré-vibração.

Estes factores normalmente relacionam-se com o teor em água do betão:

- a duração da pré-vibração e o teor em água têm efeitos semelhantes sobre a massa ou resistência dos blocos; para manter uma resistência constante, um teor em água baixo necessita uma duração de pré-vibração elevada e inversamente;
- a duração total de enchimento é complementar dos parâmetros precedentes; a sua variação pode ser importante quando um dos outros parâmetros atingiu um valor limite, ou seja, na prática, para os valores máximo e mínimo do teor em água.

Ensaio realizados no CERIB (52) evidenciaram que o crescimento do tempo de pré-vibração conduz a uma melhoria sensível da resistência do betão; a partir duma certa duração o aumento dessa característica é fraco, conforme está patente na fig. 4.8.

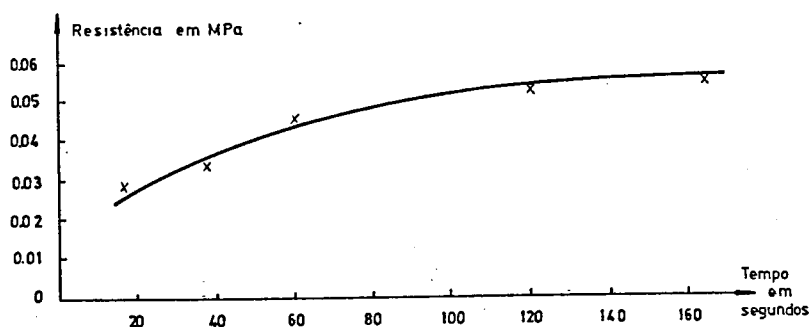


Fig. 4.8 - Variação da resistência à compressão do betão fresco com o tempo de vibração

Por outro lado o aumento da potência dos vibradores permite obter uma melhoria notável da compacidade e da resistência após desmoldagem.

A compressão efectuada durante a vibração é favorável dentro de certos limites.

b) Cura

Sendo os blocos moldados e curados sobre pranchas é preciso recuperar rapidamente esses suportes e libertar o espaço por eles ocupado, necessário à cura de novos blocos.

É possível, mediante o fornecimento de calor e humidade, reduzir a permanência dos blocos nas câmaras de cura. Dado que esta opção implica consumos energéticos, é necessário fazer um balanço custo/benefício que permita comparar as diferentes alternativas.

O processo da cura, seja ela natural ou acelerada pode apresentar-se nas seguintes alternativas:

- conhecendo a resistência a atingir no final da cura, é preciso definir o ciclo de tratamento que permite obter as melhores condições de prazo e preço;
- sendo o ciclo de cura imposto pelo volume de câmaras disponível, é necessário prever a resistência que é possível obter após tal tratamento;
- a resistência e o ciclo de tratamento não são conhecidos, mas sabe-se que a desmoldagem pode ser efectuada após uma cura natural com duração conhecida. Pretende-se determinar as condições de cura, de que se pode impor a duração ou a temperatura, sabendo que essa cura deve ser equivalente à natural.

4.2.3.2.2. Apreciação dos resultados

Conforme já foi referido, não se realizaram ensaios de caracterização sobre estas fases do processo produtivo, tendo-se apenas observado em termos gerais o sistema de funcionamento, o que aliás já foi descrito em 3.2.1.3.3. e 3.2.1.3.4..

4.2.3.3. Betão

4.2.3.3.1. Síntese de informação

Não se conhece informação que refira de forma concreta ensaios de caracterização do betão para blocos, relações entre a capacidade resistente dos blocos e do betão constituinte, nem tão pouco limites a que este deva obedecer, em analogia com o que se passa com os outros betões.

4.2.3.3.2. Apreciação dos resultados

Apesar do referido no ponto anterior tentou-se caracterizar minimamente o betão usado na confecção dos blocos através da moldagem de cubos de 20 cm de aresta. Tendo surgido dificuldades na moldagem dos cubos pelo processo tradicional, com vibrador de agulha, optou-se por um processo de enchimento e vibração que reproduzisse tanto quanto possível o utilizado na confecção dos blocos (vidé ficha de ensaio número 5).

Dos resultados apresentados em 3.2.3.2.5. conclui-se que:

- A massa volúmica do betão dos cubos moldados nas referidas condições é ligeiramente superior à do betão dos blocos. Esta diferença parece radicar-se nos processos de enchimento, que não são rigorosamente coincidentes e nas configurações volumétricas distintas do cubo e do bloco que originam diferentes compacidades.
- A tensão de rotura dos cubos é também superior à dos blocos de betão, devido à existência de orifícios nos blocos e à maior compacidade dos cubos, comprovada pela sua massa volúmica. Em cada colheita a dispersão dos valores em torno da média foi significativa, causada pela variação das características do betão e pelo processo de enchimento.

Verifica-se, como seria de esperar, que a tensão média de rotura à compressão é proporcional à massa volúmica conforme é apresentado na fig. 4.9.

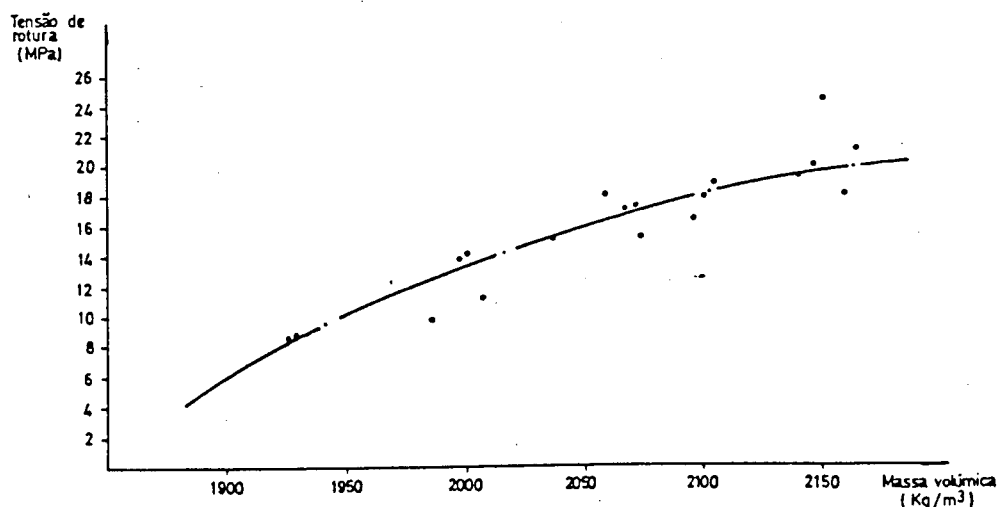


Fig. 4.9 - Variação da tensão de rotura com a massa volúmica de cubos de betão usado na confecção dos blocos

Determinou-se o valor característico da tensão de rotura à compressão dos cubos moldados da 2^a. à 6^a. colheita, tendo-se obtido o valor $f_{ck} \approx 12$ MPa.

Procurou-se correlacionar para cada colheita, a resistência à compressão dos cubos com a dos blocos de betão, mas os resultados não o permitiram. Parece que essa relação deve existir desde que se defina um processo perfeitamente objectivo e estável de encher os cubos. Esta relação tem interesse porque permite conhecer a resistência do bloco a partir da dos cubos, que é mais fácil de obter numa prensa com pratos mais pequenos e sem necessitar da regularização das faces com argamassa.

Tentou-se determinar experimentalmente a retracção do betão em prismas 4 x 4 x 16, mas este ensaio não foi concludente.

4.2.4. Apreciação da forma dos blocos

4.2.4.1. Dimensões exteriores

4.2.4.1.1. Síntese de informação normativa

Em Portugal não há documentação normativa relativa a formatos de blocos de betão, apesar de já há alguns anos existir essa documentação sobre blocos cerâmicos - Norma Portuguesa NP-834 (7) e Especificação LNEC E-309 (28).

Na apreciação da geometria dos blocos, e de acordo com (53), terão que se considerar os seguintes condicionantes principais:

- tecnologia de fabrico utilizada;
- facilidade e rendimento na aplicação em obra;
- princípios de coordenação dimensional estabelecidos;
- exigências de comportamento a satisfazer pelas paredes executadas pelos blocos.

O rendimento na aplicação em obra depende da facilidade de manuseamento e assentamento, estando estas associadas ao peso e à forma do bloco, admitindo que estas tarefas são realizadas por um só operário, com uma, ou eventualmente com as duas mãos.

Um condicionante genérico das dimensões dos blocos, resulta

da necessidade sentida actualmente de limitar a gama de dimensões produzidas e escolhê-las racionalmente, por forma que as ligações entre os diversos elementos de construção sejam possíveis, minimizando o tempo e o desperdício de material.

Esta tendência para a coordenação dimensional modular, assenta internacionalmente num módulo base de 100 mm - M, também adoptado em Portugal através da NP-88 (54).

Além do módulo base, diversos países e mesmo a ISO (Organização Internacional de Normalização), têm normas relativas a multimódulos a utilizar nas dimensões horizontais e, mesmo em alguns casos, nas dimensões verticais.

Entre nós não há qualquer normalização sobre este assunto; no entanto os princípios da coordenação modular estão já presentes nos formatos dos blocos cerâmicos e tijolos, NP-834(7).

Assim fixam-se dimensões de coordenação modular para o comprimento e altura dos blocos cerâmicos furados de 300 e 200 mm respectivamente, correspondendo, admitidas que foram juntas horizontais de 10 mm de espessura e juntas verticais de 5 mm, a dimensões de fabrico de 295 mm para o comprimento e 190 mm para a altura. As espessuras são sobretudo condicionadas pelas exigências de comportamento a satisfazer pelas paredes e também pela tecnologia de fabrico utilizada.

No respeitante aos blocos de betão, são muito frequentes no nosso país dimensões de coordenação de 400 e 500 mm para o comprimento e 200 mm para a altura (30).

Estas dimensões são também usuais na produção de blocos de betão de outros países e fazem parte, por exemplo, da gama de dimensões de coordenação modular normalizadas em França (48), (55), Espanha (56) e Grã-Bretanha (4).

No quadro 4.4 apresentam-se as dimensões de coordenação e nominais especificadas nas normas acima referidas; as dimensões nominais correspondentes obtem-se subtraindo, às duas dimensões de coordenação, as duas meias juntas respectivas. O esquema apresentado na fig. 4.10 exemplifica o que se refere. L, H e E são respectivamente o comprimento, a altura e a espessura.

Os índices c e n referem-se às dimensões de coordenação e nominal.

Verifica-se que as normas espanhola e inglesa admitem para a junta vertical 10 mm, enquanto a norma francesa estabelece apenas 6 mm. Quanto às juntas horizontais todas as normas pressupõem 10 mm.

A diferença entre as espessuras das juntas verticais tem a ver com a forma dos topos e o correspondente modo de execução das

juntas verticais da argamassa.

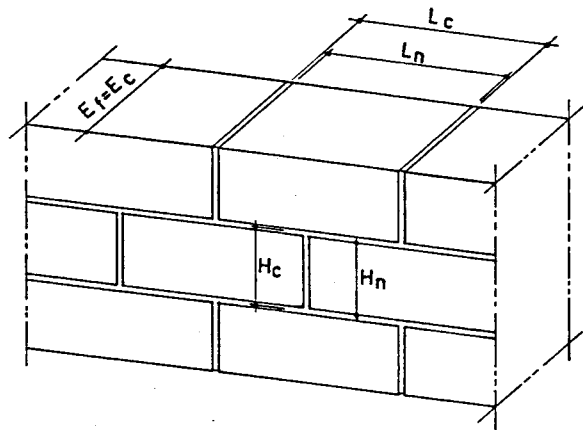


Figura 4.10 - Dimensões de fabrico e de coordenação dos blocos

Relativamente à largura dos blocos, apenas a norma francesa indica valores de coordenação que são múltiplos do submódulo M/4.

Quadro 4.4 - Dimensões de coordenação e de fabrico especificadas em normalização francesa, espanhola e inglesa sobre blocos de betão

Dimensões de coordenação e nominal na norma							
		NFP14 - 402		NTE - FFB		BS 6073	
		Coordenação	Nominal	Coordenação	Nominal	Coordenação	Nominal
Dimensões (mm)	Comprimento	300	294	400	390	400	390
		400	394	500	490	450	440
		500	494	600	590	600	590
		600	594				
	Altura	200 (*)	190	200	190	150	140
		250	240			200	190
		300	290			225	215
					300	290	
	Espessura	75	50		65		60
		100	75		90		75
		125	100		115		90
		150	125		140		100
		175	150		190		115
		200	175		240		125
		225	200	-	290	-	140
		250	225				150
		275	250				175
		300	275				190
		325	300				200
		350	325				215
							220
							225
							250

(*) Altura preferencial

4.2.4.1.2. Apreciação

a) Comprimento

O comprimento de fabrico de 495 mm, igual para os blocos caracterizados, corresponde a um comprimento de coordenação modular de 500 mm e a uma espessura da junta vertical de 5 mm. Mesmo que se admita que a geometria dos blocos é de origem francesa e que a configuração do topo do bloco implica uma espessura média superior, fig. 4.11, estamos ainda áquem do valor especificado na normalização francesa (55), pelo que se considera, que embora não sendo grave, seria vantajoso reduzir ao comprimento nominal do bloco, considerando juntas mínimas de 6 mm, a comprovar pela observação sistemática da prática construtiva.

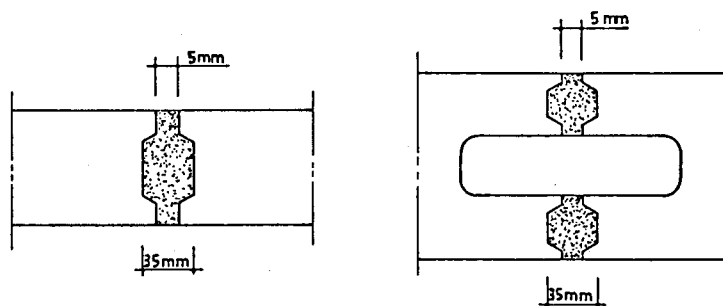


Fig. 4.11 - Configuração da junta vertical de argamassa nos blocos B10 e B25

b) Altura

A altura de fabrico de 195 mm, igual para as geometrias B10 e B25, deverá corresponder a uma altura de coordenação modular de 200 mm, considerando uma junta de 5 mm.

Constata-se que a documentação normativa estabelece juntas horizontais de 10 mm e a realidade construtiva aponta para a impossibilidade de realizar juntas de 5 mm de espessura.

Preconiza-se assim que a altura de 195 mm seja reduzida para 190 mm, em conformidade com o adoptado para os formatos nacionais de blocos cerâmicos e pelas normas francesa e espanhola sobre blocos de betão, conforme consta do quadro 4.4.

c) Largura

Relativamente à largura considera-se de reduzido interesse a adopção de valores modulares.

Os valores a adoptar para a largura dos blocos deverão resultar fundamentalmente das exigências de comportamento a satisfazer pelas paredes, de acordo com a utilização prevista, as quais deverão ser referidas em regulamentação nacional específica (térmica, estrutural, acústica, segurança ao fogo, ...).

Em termos comparativos, verifica-se que as larguras preconizadas na normalização internacional da gama baixa e média têm paralelo na produção nacional, não existindo no entanto os valores da gama superior.

4.2.4.2. Topos, geometria interna e furação

4.2.4.2.1. Síntese de informação normativa

A geometria interna dos blocos e a forma dos topos devem ser estabelecidas de modo a contribuírem para a obtenção das características exigidas às paredes dos edifícios.

Entre nós não há qualquer normalização que contemple as características dos blocos. A norma francesa NFP 14-301 (57) relativa a blocos de betão de inertes correntes, apresenta, relativamente às características geométricas, um conjunto de especificações a que devem satisfazer os blocos em geral e, em particular, os blocos que se destinam a ser usados em paredes exteriores. É esta norma que vamos tomar como referência. Refira-se no entanto que esta mesma norma admite a não satisfação de algumas das especificações de geometria nela fixadas, mediante justificação, para os blocos titulares de marca NF de conformidade com a norma.

Por último saliente-se que o domínio de aplicação da NFP 14-301 (57) não inclui os blocos a serem utilizados em alvenaria aparente, sendo portanto as características nela fixadas, válidas apenas para os blocos a utilizar em paredes que irão ser revestidas. Aos blocos em alvenaria aparente aplicam-se disposições construtivas constantes de um outro documento de índole normativa, de origem francesa, o DTU 20.1 (18).

a) Secção de apoio

De acordo com a norma francesa, exige-se o valor mínimo de $1/3$ para relação entre a secção de apoio e a secção bruta do bloco. Em consonância com a nomenclatura adoptada entende-se por secção de apoio a secção comum das faces de apoio e assentamento

do elemento, sobrepostas por juntas de argamassa e capazes de transmitirem as cargas.

b) Junta vertical

A norma define duas geometrias para o topo dos blocos correntes:

- uma geometria, representada na fig. 4.12, para o topo dos blocos correntes cuja montagem é feita com juntas argamassadas contínuas, sem interrupção de junta.

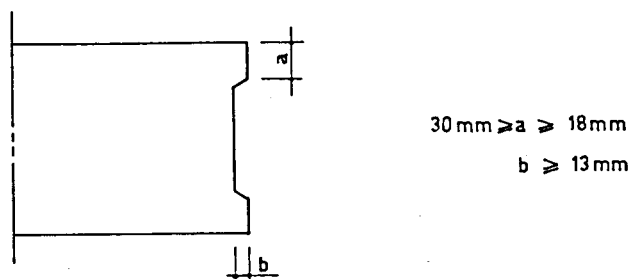


Fig. 4.12 - Forma do topo dos blocos correntes, segundo NFP 14-301

- uma geometria, representada na fig. 4.13, para os blocos correntes destinados a ser assentes em paredes exteriores com interrupção de junta vertical, junta descontínua, na zona central do topo. As zonas reentrantes periféricas, com profundidade mínima de 13 mm, destinam-se a ser preenchidas com argamassa, introduzida por cima à colher.

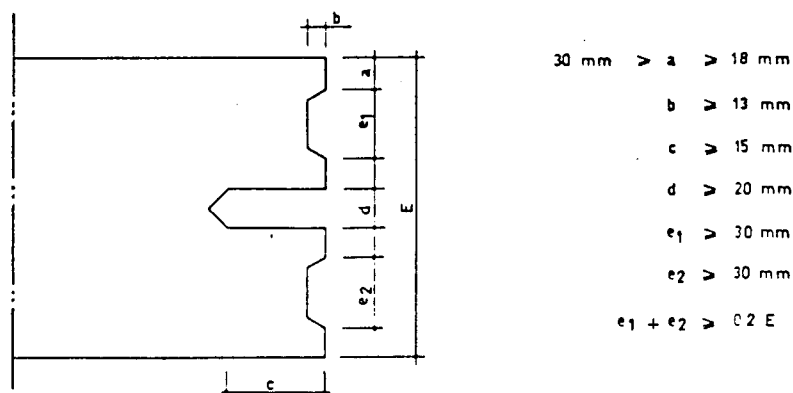


Fig. 4.13 - Forma do topo dos blocos correntes com junta descontínua, segundo NFP14-301

c) Junta horizontal

A norma francesa estabelece que os blocos a usar em paredes exteriores devem permitir a realização de juntas contínuas ou descontínuas, devendo neste caso a largura da zona argamassada ser no mínimo 40% da largura total do bloco, conforme se explicita na fig. 4.14.

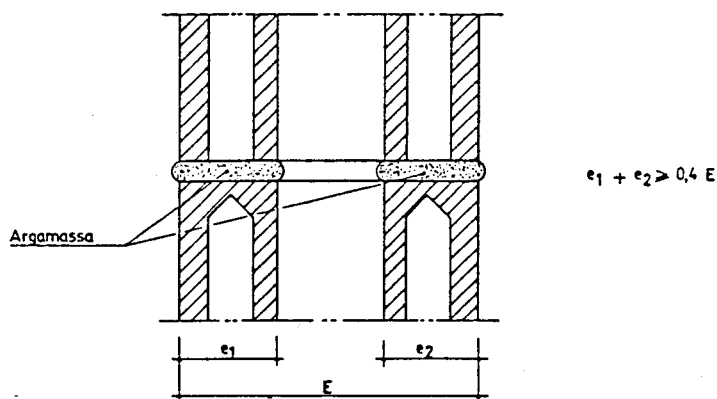


Fig. 4.14 - Largura mínima da junta horizontal argamassada, segundo NFPl4-301

d) Intercepção das juntas descontínuas

Para os blocos com interrupção das juntas vertical e horizontal, a utilizar em paredes exteriores, a norma impõe que as faces de topo permitam continuidade entre os cordões de argamassa das juntas vertical e horizontal situadas do mesmo lado da zona de interrupção da junta.

e) Geometria interna

A norma francesa impõe as seguintes dimensões mínimas:

- 17 mm para a espessura das paredes longitudinais exteriores, medida a meia altura;
- 5 mm para a espessura da face de assentamento, medida em relação ao fundo dos furos;
- 15 mm para a largura dos orifícios, medida na face de apoio, para os blocos com interrupção de junta.

Refira-se que a norma inglesa BS 6073 (4) especifica como espessura mínima dos septos exteriores medida na face de apoio o maior dos dois valores:

- 15 mm;
- 1,75 vezes a máxima dimensão do inerte.

Por sua vez as normas americanas ASTM C 129 (58) e ASTM C 90 (59) estabelecem respectivamente:

- espessura mínima de 13 mm para septos exteriores de blocos de betão sem função estrutural;
- espessura mínima de septos de blocos de betão com função estrutural, de acordo com o quadro 4.5, dependendo da respectiva espessura.

Quadro 4.5 - Espessura mínima de septos exteriores e interiores de acordo com ASTM C 90

Largura dos blocos (mm) (*)	Espessura mínima	
	Septos longitudinais exteriores (mm) (*)	Septos transversais exteriores e interiores (mm) (*)
76.2	19	19
152	25	25
203	32	25
254	32/35	29
305	32/38	29

(*) As dimensões em unidades imperiais foram convertidas em unidades S.I.

As exigências impostas nas diferentes normalizações relativamente à espessura dos septos devem ser analisadas face às geometrias mais correntes nesses países. Assim, a produção francesa privilegia blocos com vários septos no sentido longitudinal enquanto nas produções inglesa e americana predominam blocos com apenas duas paredes longitudinais exteriores. É portanto justificável que a norma americana exija espessuras mais elevadas.

f) Furação

Nenhuma das normas apresenta exigências explícitas relativas a limites da percentagem de furação; no entanto a satisfação de outras exigências de comportamento e de produção implica que esta percentagem não exceda determinados limites.

4.2.4.2.2. Apreciação dos resultados

Todas as exigências apresentadas no ponto anterior constantes das normas francesa e inglesa são satisfeitas.

4.2.5. Apreciação de aspecto dos blocos

4.2.5.1. Síntese de informação normativa

Ao contrário do que se passa com os blocos cerâmicos em que é vulgar a normalização quantificar o número máximo e o tipo de defeitos tolerados numa dada amostra, nos blocos de betão essas exigências não são explicitadas porque os defeitos são menos frequentes e influenciarão menos o comportamento dos elementos.

Assim a norma francesa NFPl4-301 (57) limita-se a exigências qualitativas, referindo nomeadamente que os blocos não devem apresentar defeitos aparentes como fissuras, deformações ou estar partidos. As faces devem ser planas e as arestas rectilíneas. A textura das faces deve ser suficientemente rugosa para assegurar uma boa aderência aos rebocos.

A norma inglesa BS6 073 (1) não faz qualquer referência às exigências de aspecto.

Finalmente as normas americanas ASTM C90 (59) e ASTM C129 (58) especificam que todos os elementos devem estar isentos de defeitos que interfiram com a colocação e o desempenho da alvenaria. Todavia referem que defeitos ligeiros, como pequenas fissuras ou pequenas lascas de material em falta, inerentes ao fabrico ou manuseamento, quer na produção como na comercialização, devem ser tolerados. No caso de blocos para utilização em alvenaria à vista estes defeitos ligeiros não podem ultrapassar 5% e o seu desenvolvimento não deve ser superior a 25 mm. Estas normas salientam também que a textura das faces deve ser rugosa, para assegurar a aderência dos rebocos.

4.2.5.2. Apreciação dos resultados

Dos resultados apresentados em 3.2.3.2.6. ressalta a prepon-

derância de arestas e vértices partidos e furos vazados que deveriam ser cegos, não apresentando os outros defeitos expressão significativa.

Parece existirem dois tipos de causas:

- O número significativo de furos vazados, particularmente nos blocos B25, terá a ver com a pouca importância atribuída nas operações de reparação do molde à espessura da face de assentamento, medida em relação ao fundo dos furos, que não deve ser inferior a 5 mm, e ainda com o estado de desgaste dos moldes.
- As arestas e vértices partidos terão sobretudo a ver com o manuseio; constatou-se que à saída da bloqueira os blocos frescos apresentam normalmente todos os vértices e arestas intactos. Aliás nos blocos B25 este defeito é mais frequente, quer pelo maior número de vértices existentes nesta geometria, devido à rotura de junta, como também à maior dificuldade em o manusear, pois é bastante pesado. Refira-se todavia, que os blocos apreciados foram sujeitos a um transporte não paletizado e a um manuseio superior ao habitual, o que justificará parte das arestas e vértices partidos detectados.

4.2.6. Desvio de dimensões exteriores dos blocos

4.2.6.1. Síntese de informação normativa

As exigências de precisão dimensional são estabelecidas através de desvios máximos admissíveis.

No quadro 4.6 apresentam-se os desvios máximos admissíveis fixados nas normas francesa, inglesa e americanas (55), (4), (59) e (58) já referidas.

Os valores fixados para os desvios referem-se em todas as normas, aos valores individuais das medições em cada bloco e não à sua média. Em relação à espessura a norma inglesa fixa não só o valor máximo do desvio individual, mas também o do desvio médio.

As normalizações em análise não coincidem exactamente no método de determinação das dimensões.

De acordo com a norma francesa fazem-se 3 medições para o comprimento, 4 para a altura e 3 para a espessura, conforme

indicado na ficha de ensaio número 7 .

Quadro 4.6 - Desvios máximos admissíveis para as dimensões exteriores dos blocos de betão segundo a normalização francesa, inglesa e americana

Dimensões exteriores dos blocos	Desvios máximos fixados na norma		
	NFP 14 - 402	BS 6073	ASTM C 90 ASTM C 129
Comprimento	± 5 mm	+ 3 mm - 5 mm	± 3.2 mm (1/8 in.)
Altura	± 4 mm	+ 3 mm - 5 mm	± 3.2 mm (1/8 in.)
Espessura	± 4 mm (blocos com espessura de 50, 75 e 100 mm) ± 5 mm (restantes espessuras)	± 2 mm desvio médio ± 4 mm desvio individual	± 3.2 mm (1/8 in.)

A norma inglesa estabelece maior número de medições: 4 para o comprimento (nas quatro arestas), 6 da altura (nas quatro arestas e a meio da maior face), 7 da espessura (nas quatro arestas, a meio da face de apoio, de assentamento e segundo o centro de massa do bloco).

As normas americanas estabelecem um menor número de medições: 4 do comprimento (a meio das quatro faces), 2 da largura (a meio da face de assentamento e de apoio) e 2 da espessura (a meio das faces de topo).

4.2.6.2. Apreciação dos resultados

A observação dos resultados apresentados em 3.2.3.2.7. permite concluir que o comprimento e a espessura dos blocos têm dispersões mais pequenas que a altura. As amplitudes dos desvios individuais obtidos nas medições são as seguintes:

	B10	B25
Comprimento	- 6 mm	7 mm
Altura	- 10 mm	15 mm
Espessura	- 7 mm	6 mm

Refira-se também que os desvios observados são predominantemente positivos, sendo este facto mais acentuado para o comprimento. Sintetizam-se no quadro 4.7 essas conclusões.

O facto do comprimento e a espessura dos blocos terem valores efectivos superiores aos nominais está relacionado com as dimensões iniciais dos moldes e com o posterior desgaste ao longo do período de utilização.

Esta tendência foi confirmada pelos valores encontrados por medição directa dos moldes.

Quadro 4.7 - Percentagem de desvios individuais e médios positivos para as três dimensões exteriores dos blocos B10 e B25

Dimensões exteriores dos blocos	Percentagem de desvios positivos relativamente ao total			
	B 10		B 25	
	Indivi- duais (%)	Médios (%)	Indivi- duais (%)	Médios (%)
Comprimento	85	91	98	100
Altura	100	100	86	90
Espessura	37	53	97	88

Enquanto o comprimento e a espessura dos blocos são definidos pelos moldes, o mesmo não acontece à altura, que é definida na prensagem pela energia transmitida e através dum sistema de regulação que permite ajustar a posição relativa entre a mesa vibratória e o pilão. Estes factos, aliados ao enchimento ligeiramente desigual em cada estampagem dos blocos dos extremos relativamente aos blocos centrais, bem como a falta de sensibilização dos operadores para a importância do controlo dimensional, justificam os desvios significativos encontrados.

Na fig. 4.15 apresentam-se sob a forma gráfica os resultados apresentados nos quadros 3.10 e 3.11; no quadro 4.8 faz-se a sínteses do número e percentagem de medições individuais efectuadas que não satisfizeram a NFPl4 - 402(55), BS 6073 (4) e ASTM C90 e C129 (59) e (58).

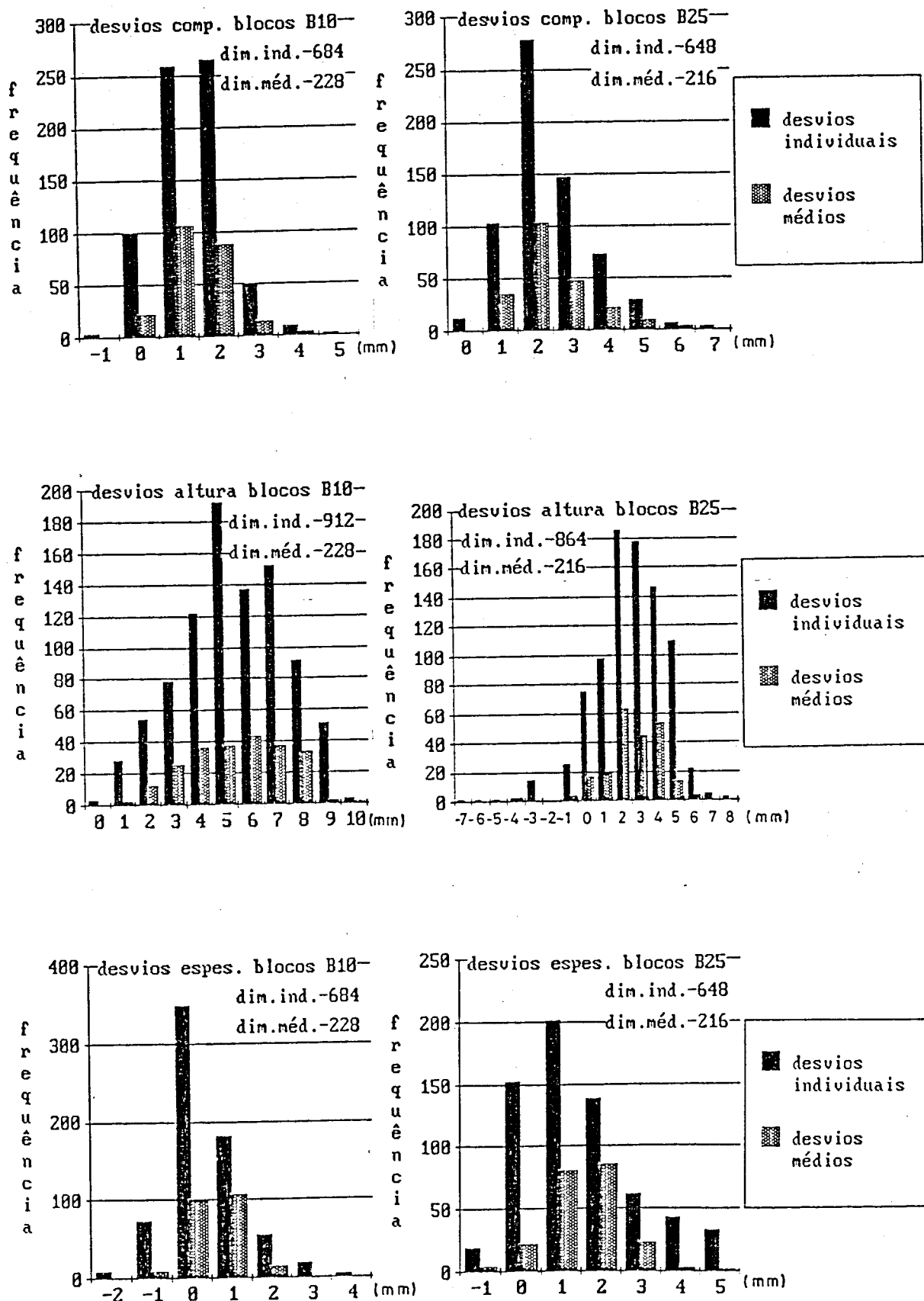


Fig.4.15 - Desvios dimensões exteriores blocos B10 e B25

Quadro 4.8 - Medições relativas às dimensões exteriores dos blocos B10 e B25 que não satisfazem à normalização francesa, inglesa e americana

Medições relativas às dimensões exteriores que não satisfizeram à norma							
Blocos	Dimensões exteriores dos blocos	NFP14 - 402		BS 6373		ASTM C 90 e C 129	
		Número	%	Número	%	Número	%
B 10	Cumprimento	0	0	10	1.5	10	1.5
	Altura	629	68.8	749	82.1	749	82.1
	Espessura	0	0	Média e individual 0	0	4	0.6
B 25	Comprimento	8	1.2	109	16.8	109	16.8
	Altura	141	16.3	286	33.1	287	33.2
	Espessura	0	0	Média 26 Individual 33	12.0 5.1	76	11.7

Conclui-se que a altura é a dimensão que apresenta uma percentagem muito significativa de medições que não satisfazem os critérios definidos na normalização francesa, inglesa e americana. Este problema põe-se também noutros países, conforme é salientado em (37).

Destes resultados ressalta a necessidade de montar em fábrica um sistema eficaz de controlo da altura, que permita manter dentro de níveis razoáveis os desvios observados.

As outras duas dimensões apresentam desvios menos significativos face às mesmas exigências. O comprimento apresenta desvios maiores que a espessura porque esta dimensão é objecto dum maior cuidado no molde, pois cada molde estampa um determinado número de blocos, praticamente justapostos, separados apenas por um pequeno intervalo, espaço que não é mais do que a espessura da chapa que limita a largura dos blocos; esta chapa não pode estar muito desgastada porque pode comprometer o processo de fabrico.

Desta análise sobressai o interesse em que os moldes, quando novos, tenham dimensões, em especial o comprimento, 1 a 2 mm inferiores às nominais, de modo a obter-se uma distribuição dos desvios positivos e negativos mais equilibrada, além de ser

conveniente proceder a revisões dimensionais dos moldes mais frequentes. Saliente-se que sob o ponto de vista económico, a empresa embora dispenda mais em reparação dos moldes, poupará em material em excesso.

4.2.7. Desvio das dimensões internas e espessura dos septos

4.2.7.1. Síntese de informação normativa

As exigências normativas relativas a dimensões mínimas de septos, reentrâncias e orifícios já foram apresentadas na apreciação de forma particularmente em 4.2.4.2.1..

4.2.7.2. Apreciação dos resultados

Os resultados foram apresentados em 3.2.3.2.7.. No quadro 4.9 apresentam-se os desvios individuais para cada uma das geometrias B10 e B25 separados por colheita em septos exteriores e interiores para classes de desvio de 0,5 mm. Na fig. 4.16 sintetizam-se sob a forma gráfica os desvios individuais agrupados, de todas as colheitas para as geometrias B10 e B25.

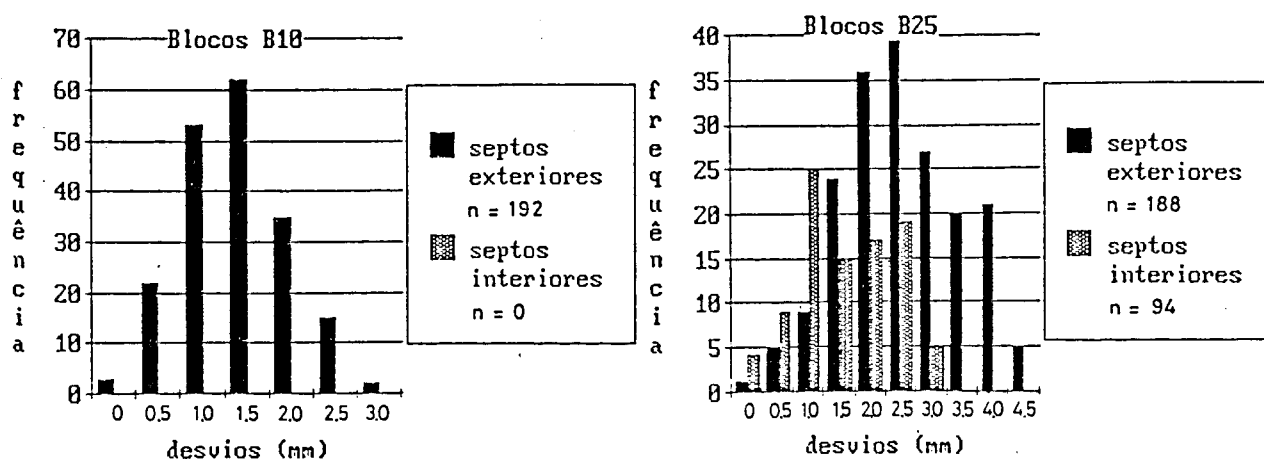


Fig. 4.16 - Desvios individuais da espessura de septos de todas as colheitas dos B10 e B25

Quadro 4.9 - Desvios individuais da espessura de septos exteriores e interiores nos blocos B10 e B25

Blocos	Colheita	Septos exteriores (A)										Septos interiores (B)							
		Desvios individuais (mm)										Desvios individuais (mm)							
		0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0	+4.5	0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	
B 10	1ª	1	4	12	8	5	2												
	2ª		3	5	10	9	4	1											
	3ª	2	3	8	10	5	4												
	4ª		6	7	10	6	2	1											
	5ª		2	11	11	5	3												
	6ª		4	10	13	5													
B 25	1ª	1	4	1	6	3	5	5	5	5	2			6	1	2	6	1	
	2ª	1	-	1	1	8	9	4	2	4	2			6	1	2	4	3	
	3ª		1	2	4	5	9	2	5			2	1	3	-	4	3	1	
	4ª		3	1	4	7	2	7	4	4		1	-	6	4	4	1		
	5ª			1	6	6	8	6	1	3	1	-	2	3	3	4	4		
	6ª		1	3	3	7	7	3	3	5		1	6	1	6	1	1		

(A) - Correspondente à dimensão g do Quadro 3.12 para o B10 e g do Quadro 3.13 para o B25.

(B) - Correspondente à dimensão h do Quadro 3.13 para o B25

Conforme se pode verificar as dimensões efectivas da espessura das paredes foram em todos os blocos superiores às nominais. Os desvios individuais observados situam-se entre 0 e + 4,5 mm, predominando os desvios de + 2,0 e + 2,5 mm. Relativamente às quatro medições efectuadas em cada bloco, para os septos exteriores a amplitude máxima observada foi de 2,9 mm; nas duas medições relativas à espessura dos septos interiores as amplitudes foram menores.

Este panorama reflecte a tendência já patenteada anteriormente dum elevado desgaste dos moldes, bem como reparações em que não há grande preocupação em restabelecer as dimensões nominais. Parece que haveria todo o interesse, conforme foi referido em 4.2.6.2., em estabelecer dimensões iniciais ligeiramente inferiores às nominais, para que a distribuição dos desvios ao longo do tempo resulte mais equilibrada.

Quanto às outras dimensões, nomeadamente reentrâncias, rotação de juntas e orifícios, como são complementares da espessura dos septos, os desvios são exclusivamente negativos, pelas causas anteriormente apontadas.

4.2.8. Percentagem de furação

4.2.8.1. Síntese de informação normativa

Conforme foi referido em 4.2.4.2.1. f) não existem na normalização base que se adoptou, exigências relativas a esta característica, havendo mesmo discrepâncias no significado das designações adoptadas em diferentes nomenclaturas.

Todavia a percentagem de furação e a sua disposição têm uma importância fundamental no desempenho dos materiais para alvenaria pelas razões que se passam a referir.

a) Ponto de vista estrutural

Condiciona a resistência do elemento; normalmente para um dado material constituinte, a resistência diminui com o aumento da percentagem de furação.

Condiciona a forma de avaliar a capacidade resistente de painéis de parede, pois no processo de transmissão de esforços de compressão entre os blocos é determinante a forma como os septos dos diferentes elementos se sobrepõem. Pretende-se assim que ao assentar-se uma parede a probabilidade de septos descarregarem em orifícios seja razoavelmente reduzida; no entanto esta probabilidade cresce com a percentagem de furação.

Pelas razões invocadas os critérios mais recentes que se conhecem de cálculo estrutural de paredes, publicação 94 do CIB (9), estabelecem que só é possível determinar o valor característico da tensão de compressão da alvenaria, a partir do conhecimento do valor característico da tensão de compressão dos elementos e do tipo de argamassa, para blocos perfurados (com pequenos orifícios) se, a percentagem de furação não ultrapassar 50%; o conceito de pequeno orifício não é especificado. Para percentagens de furação superiores será necessário proceder a ensaios de provetes de parede.

A mesma publicação estabelece ainda que a utilização de alvenaria estrutural em zonas sísmicas só é possível quando se utilizarem elementos perfurados com percentagem de furação menor ou igual a 50%.

Refira-se por último, que sob o ponto de vista estrutural, a optimização da resistência dum dado elemento e para a mesma percentagem de furação global, depende ainda da forma como os orifícios se dispõem, pois condicionam o mecanismo de rotura do elemento.

b) Ponto de vista de conforto térmico

É um aspecto a ter também em consideração. Cada vez mais a opinião pública é sensível aos problemas de conforto e de economia energética pelo que qualquer solução equilibrada para elementos em alvenaria deverá ter em conta o seu comportamento térmico. Neste, o número de espaços de ar e a sua disposição são determinantes, pelo que interessaria maximizar a percentagem de furação.

Do equilíbrio entre pontos de vista aparentemente contraditórios resultará a solução mais adequada.

4.2.8.2. Apreciação dos resultados

Dos resultados apresentados em 3.2.3.2.8. sobressai uma certa uniformidade para as duas geometrias, pequenas variações resultam sobretudo do maior ou menor número de furos vazados que os provetes apresentavam.

No que diz respeito às considerações desenvolvidas no ponto anterior e avaliando apenas na perspectiva de funcionamento estrutural, já que a condutância térmica será avaliada oportunamente, as percentagens de furação obtidas são compatíveis com qualquer utilização estrutural, pois não se atinge, mesmo para o bloco B25, o limiar dos 50% da percentagem de furação.

4.2.9. Massa dos blocos no estado natural

4.2.9.1. Síntese de informação normativa

A massa dos blocos associada à sua forma tem importância na facilidade de manuseamento e assentamento, admitindo que estas tarefas são realizadas por um só operário.

É corrente admitir 9 Kgf e 32 Kgf como pesos máximos que é possível levantar e posicionar, em boas condições, com uma ou duas mãos, respectivamente (60).

As normas francesas, inglesas e americanas em que nos temos baseado são omissas a este respeito. No entanto a norma espanhola (56) estabelece valores máximos para o peso dos blocos maciços e furados, os quais não devem ultrapassar 25 e 30 Kgf, respectivamente.

4.2.9.2. Apreciação dos resultados

Os valores encontrados para as massas dos blocos no estado natural são compatíveis com o manuseio por um só operário, embora com as duas mãos. No entanto o bloco B25 está próximo do limite máximo.

Um aspecto a sublinhar é a significativa variação das massas dos blocos relativas a diferentes colheitas, se atendermos a que os blocos foram conservados sempre nas mesmas condições, em local abrigado. Da análise dos quadros 3.16 e 3.17 resultam as seguintes amplitudes apresentadas no quadro 4.10:

Quadro 4.10 - Amplitude das massas dos blocos no estado natural

Blocos	Máximo (Kg)	Mínimo (Kg)	Média (Kg)	Variação em relação à média (%)
B10	13.15	11.51	12.35	-6.9 a +6.4
B25	26.84	24.10	25.26	-6.4 a +6.3

Embora não se dispondo de referências, estas variações parecem exageradas e traduzem deficiências no processo produtivo que se deveriam atenuar. Estas variações são um indicador importante da regularidade da produção pois informam em simultâneo sobre a constância da composição do betão, as condições de moldagem da máquina e também o estado do molde ao longo do tempo.

Além disso, e embora ensaios realizados em França (61) não verificassem tal hipótese, com o decorrer do trabalho percebeu-se que a massa dos blocos é um bom indicador da sua resistência à compressão, como expressão, para uma dada composição do betão que se admite constante, da sua compacidade. Assim, a partir dessa altura pesaram-se sistematicamente todos os blocos que eram ensaiados à compressão. Posteriormente verificou-se em bibliografia recente do CERIB (62) que a massa do bloco é referida como indicador substituto da resistência do bloco.

Para traduzir a relação existente entre o peso dos blocos e a sua resistência a compressão fez-se uma análise de regressão em que se tomou como parâmetro a massa específica do betão, a fim de excluir a variável respeitante aos desvios dimensionais. Os resultados apresentam-se no item seguinte.

4.2.10. Massa volúmica dos blocos e do betão no estado natural

4.2.10.1. Síntese de informação normativa

A caracterização do betão utilizado na confecção dos blocos e da sua massa volúmica, já foi discutida em 4.2.3..

Constatou-se aí que o betão utilizado na confecção dos blocos, semicavernoso, apresenta massa volúmica na fronteira entre os betões leves e os betões correntes de finos.

A normalização europeia que se tem referido é omissa relativamente a este aspecto. No entanto a norma americana relativa a unidades de betão para alvenaria não estrutural, ASTM C129 (58), estabelece a classificação constante do quadro 4.11.

Todavia a norma ASTM C90 (59), relativa a blocos de betão para alvenaria resistente é omissa a este respeito.

Uma publicação francesa, do CERIB (63), embora relativa a blocos de inertes leves refere uma variação máxima para a massa volúmica seca dos blocos de 2,5%, podendo funcionar como indicador para os blocos de betão normal.

Quadro 4.11 - Blocos de betão para alvenaria de preenchimento, classificação ASTM, função da massa específica do betão

Classificação	Massa específica seca do betão cons- tituinte (Kg/m ³)
Leve	≤ 1680
Médio	1680 a 2000
Normal	≥ 2000

4.2.10.2. Apreciação dos resultados

A massa volúmica dos blocos é um dado acessório de caracterização com interesse para a eventual definição da massa das paredes realizadas com estes blocos. As massas volúmicas obtidas

variam bastante entre colheitas ultrapassando muito os 2,5%, com as inevitáveis repercussões nas propriedades físicas e mecânicas dos blocos. As amplitudes de variação expressas como percentagem da média, foram :

B10 - 7,3%

B25 - 8,2%

É interessante a diferença entre a massa volúmica dos blocos no estado natural e seco. Nos blocos B10 essa variação oscila entre 15 e 27 Kg/m³, com um valor médio de 23 Kg/m³, o que equivale a cerca de 2,3 litros de água por m² de parede construída. Nos blocos B25 essa variação é menor oscilando entre 13 e 17 Kg/m³, com um valor médio de 14,8 Kg/m³, o que equivale a cerca de 3,7 litros de água por m² de parede construída.

Estes resultados são comprovados pela diferença entre a massa volúmica do betão dos blocos imediatamente após moldagem e à data de fornecimento, na 7^a. colheita; nos blocos B10 essa diferença é apenas de 7 Kg/m³, enquanto nos blocos B25 atinge os 30 Kg/m³.

Inferese assim que os blocos B10 retêm mais água pois têm menores percentagens de furação, paredes mais espessas e uma estrutura do betão constituinte menos densa, resultado da maior dificuldade de vibração.

Quanto à massa volúmica do betão constituinte ela revela-se um ótimo indicador da compacidade dos blocos, e implicitamente da sua resistência conforme já foi referido.

De acordo com a norma ASTM C 129 (58) os blocos produzidos posicionam-se entre os blocos médios e os normais. Este tipo de bloco deveria pertencer à classe dos betões normais, devendo para tal ter uma massa específica seca do betão constituinte, igual ou superior a 2000 Kg/m³, o que foi praticamente conseguido em grande parte das colheitas de blocos B25. Esta melhoria poderá ser obtida à custa dum estudo experimental da composição ótima do betão, sobretudo no respeitante à dosagem de água.

Conforme referido em 4.2.9.2. realizou-se uma análise de regressão entre a massa específica do betão constituinte dos blocos e a sua resistência, para as duas geometrias ensaiadas. Dado não possuímos inicialmente a massa de todos os blocos, a correlação foi ensaiada entre os valores médios das massas específicas dos blocos de cada uma das colheitas e a respectiva tensão de rotura média da colheita, conforme se documenta na fig. 4.17. Os resultados indiciam uma correlação razoável.

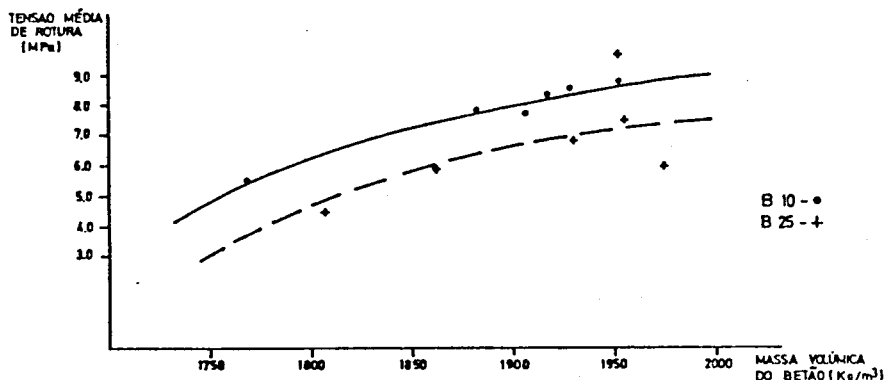


Fig. 4.17 - Variação da tensão média de ruptura com a massa volúmica do betão

4.2.11. Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento

4.2.11.1. Síntese de informação

Das normas consultadas apenas as normas americanas ASTM C90 (59) e ASTM C129 (58) referem o assunto, no entanto as exigências quanto à absorção de água por imersão à data de fornecimento aplicam-se apenas aos blocos com utilização estrutural, ASTM C90 (59).

Para tal são especificados dois tipos de blocos, I e II, e duas utilizações, N e S, a saber:

- I - Com humidade controlada;
- II - Sem humidade controlada;
- N - Utilização geral;
- S - Limitada a paredes não expostas à acção dos agentes atmosféricos exteriores ou com revestimentos protectores.

A absorção máxima de água por imersão admitida é função da massa específica seca do betão constituinte dos blocos, de acordo com as classes já apresentadas no quadro 4.11, e expressa-se em Kg/m^3 relativamente ao volume efectivo de betão do bloco; os valores exigidos constam do quadro 4.12.

Quadro 4.12 - Valores máximos da absorção de água por imersão de blocos de betão, função da massa específica do betão e da utilização, segundo ASTM C90

Utilização	Absorção de água por imersão (kg/m^3)			
	Massa específica do betão (Kg/m^3)			
	Leve		Média	Normal
	< 1362	1362 a 1682	1682 a 2002	≥ 2002
N - I N - II	-	268	240	208
S - I S - II	320	-	-	-

É corrente fazer depender o humedecimento prévio dos elementos, antes do assentamento, da sua absorção de água por capilaridade nos minutos iniciais de contacto com a água (1 ou 10 minutos conforme a normalização). Contrariamente ao que é preconizado nas normas relativas a blocos cerâmicos, as normas relativas a blocos de betão de inertes correntes não especificam este ensaio. Embora se julgue de interesse a sua realização, ele não foi realizado em virtude de não se conhecerem exigências que apoiassem a sua apreciação.

Quanto aos valores máximos do teor em água dos blocos à data de fornecimento, as duas normas ASTM C90 (59) e ASTM C129 (58) apresentam exigências coincidentes; estas aplicam-se apenas aos blocos do tipo I já definidos.

O referido valor máximo, à data de fornecimento, expresso em percentagem da absorção total, é fixado em função da retracção por secagem dos blocos e da humidade relativa média anual (H.R.) do local onde os blocos vão ser aplicados, a descrição sucinta da técnica de ensaio é apresentada em 4.2.12.1.. Essas exigências estão apresentadas no quadro 4.13.

4.2.11.2. Apreciação dos resultados

a) Absorção de água por imersão

Conforme demonstram os resultados apresentados em 3.2.3.2.10., os blocos ensaiados apresentam em todas as colheitas valores muito inferiores aos admitidos pela norma ASTM C90 (59), para os betões de massa específica normal.

Quadro 4.13 - Teor em água máximo relativamente à absorção total, função da retracção por secagem, segundo ASTM C90 e C129.

Retracção por Secagem (*) (%)	Teor em água máximo em relação à absorção total (%), à data de fornecimento		
	Humidade relativa média anual no local da obra		
	Húmido H.R. > 75%	Intermédio 50% ≤ H.R. 75%	Seco H.R. < 50%
≤ 0.03	45	40	35
0.03 a 0.045	40	35	30
0.045 a 0.065	35	30	25

(*) - Determinada de acordo com a norma ASTM C 426, ver 4.2.12.1

b) Teor em água à data de fornecimento

De acordo com dados climáticos nacionais (64), a humidade relativa em todo o território nacional é sempre superior a 50%, pelo que admitindo a máxima retracção por secagem, o teor em água máximo em percentagem da absorção total à data de fornecimento, não deveria ultrapassar os 30%, para blocos com humidade controlada.

Em termos médios e máximo este valor é praticamente sempre assegurado. Aliás um betão com esta massa volúmica e para as humidades relativas correntes no litoral norte tem, segundo (65), uma humidade de equilíbrio, expressa relativamente à massa seca do material, entre 2,0% e 2,5%. Este valor é praticamente igual, ao teor de humidade dos blocos à data de fornecimento, o que poderá significa que o material atingiu rapidamente o equilíbrio.

4.2.12. Variações dimensionais entre estados convencionais extremos

4.2.12.1. Síntese de informação normativa

A variação de comprimento dos blocos por retracção é um dado fundamental para a caracterização duma produção, pois a parcela de retracção ocorrida na parede já executada pode afectar desfavoravelmente o seu comportamento.

Este fenómeno depende sobretudo da composição do betão usado

na confecção dos blocos e do seu processo de cura. Sabe-se que blocos sujeitos a curas prévias com tratamento térmico têm menores variações dimensionais por retracção; no entanto este tratamento tem um custo energético significativo, que se reflecte no preço dos blocos.

Todas as normas que se têm seguido estabelecem máximos para estas variações dimensionais, embora com técnicas de ensaio subjacentes diferentes.

A norma francesa NFP 14-301 (57), que se tem tomado como base na técnica de ensaio, adopta a designação de "variações dimensionais entre estados convencionais extremos" e estabelece que a soma da variação de comprimento por secagem (retração) com a variação de comprimento por humedecimento (expansão), não deve ultrapassar a partir da data de fornecimento 0,45 mm/m. Especifica ainda que a parcela da variação de comprimento relativa apenas ao humedecimento não deve ultrapassar 0,3 mm/m.

Segundo a norma inglesa BS 6073 (4) a retracção é medida sobre provetes prismáticos retirados dos blocos e saturados inicialmente por imersão em água durante o período mínimo de 96 horas. De seguida os provetes são secos em estufa à temperatura de $55^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$ e com humidade relativa não inferior a 95% durante 15 dias. A retracção é expressa como a diferença entre o comprimento do provete saturado e do provete seco em relação ao primeiro. O valor máximo admitido é de 0,6 mm/m.

Na norma americana ASTM C426 (66) a retracção é medida sobre blocos inteiros ou provetes retirados dos mesmos, saturados inicialmente por imersão em água durante 48 horas. Seguidamente os provetes são sujeitos a ciclos consecutivos de secagem em estufa a $50^{\circ} \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ e arrefecimento a $23^{\circ} \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, até que se tenha obtido equilíbrio. Este é atingido quando a variação média de comprimento ao longo dum período de 6 dias de secagem é igual ou inferior a 0.002 mm/m e a média da variação da massa perdida em 48 h de secagem é no máximo 2×10^{-3} relativamente à última medição.

A retracção obtem-se conforme se especifica na fig. 4.18.

Refira-se por último que recomendações constantes da publicação 94 do CIB (9) estabelecem que a magnitude da expansão da alvenaria entre as condições seca e saturada e a retracção similar por nova secagem, deve estar compreendida entre 0,1 e 0,4 mm/m.

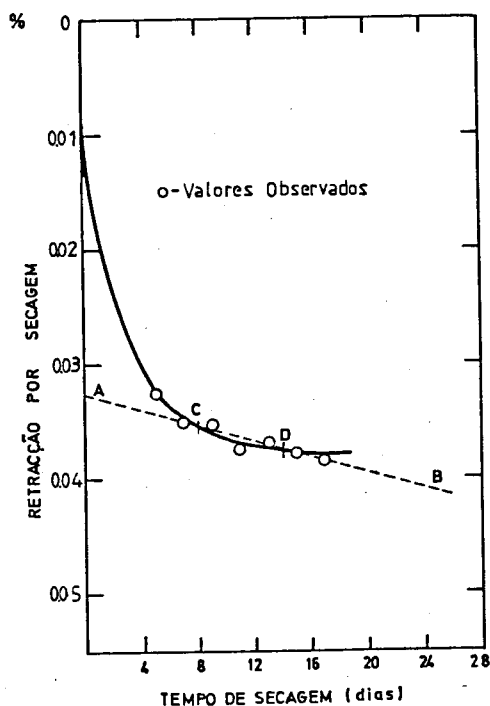


Fig. 4.18 - Retracção por secagem segundo ASTM C426

4.2.12.2. Apreciação dos resultados

Os resultados obtidos nos dois tipos de ensaios efectuados, embora escassos parece permitirem concluir que os blocos apresentam variações dimensionais superiores aos limites máximos tolerados nas diferentes referências.

A identificação dos factores que, além do tempo de cura, condicionam esta variação, deveria ser prosseguida de forma sistemática.

4.2.13. Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura dos blocos regularizados

4.2.13.1. Síntese de informação normativa

As características mecânicas exigíveis às produções de blocos de betão, dada a sua importância, constam de todas as normas,

no entanto os processos de determinação que as suportam nem sempre são coincidentes. É corrente as normas estabelecerem, para um dado número de blocos ensaiados, a tensão de rotura média ou característica mínima a satisfazer, bem como valores mínimos individuais absolutos que não devem ser ultrapassados. Na normalização orientada para alvenaria estrutural definem-se as classes resistentes nas quais as resistências dos elementos se deverão enquadrar (caso do CIB).

No quadro 4.14 especificam-se estes valores para as normas que temos vindo a utilizar: NFP 14-301 (57), BS6073 (4), ASTM C90 (59), ASTM C129 (58) e a publicação 94 do CIB já referida(9).

Quadro 4.14 - Exigências relativas à tensão de rotura por compressão de blocos de betão segundo a normalização francesa, inglesa, americana e CIB

Norma	Número de elementos ensaiados	Tensão de rotura (MPa)		
		Média (fbm)	Característica (fbk)	Mínima
NFP 14-301	8	-	Blocos maciços e perfurados ≥ 8 (classe B80) ≥ 12 (classe B120) ≥ 16 (classe B160) Blocos vazados ≥ 4 (classe B40) ≥ 6 (classe B60) ≥ 8 (classe B80)	80% da tensão característica de rotura
BS 6073	10	≥ 2.8	-	80% do valor mínimo da tensão de rotura média admissível
ASTM C90	3	≥ 6.9 ≥ 4.8	N - I N - II S - I S - II	≥ 5.5 ≥ 4.1 N - I N - II S - I S - II
ASTM C190	3	≥ 4.14	-	≥ 3.45
CIB	≥ 10	2.5(*) 26.5 6.5 40.0 10.0 53.0 13.0 80.0 20.0	2.0(*) 20.0 5.0 30.0 7.5 40.0 10.0 60.0 15.0	-

(*) - Não pode ser utilizada em zonas sísmicas. Ai, segundo o CIB, a tensão característica mínima é 4MPa.

Na análise dos valores apresentados deve ter-se em atenção que os ensaios para determinação da tensão de rotura, não são realizados exactamente nas mesmas condições.

A regularização das superfícies superior e inferior dos blocos é feita com argamassa de cimento e areia segundo a norma inglesa, com pasta de cimento segundo a norma francesa e com enxofre ou gesso segundo a norma americana; a publicação do CIB não especifica. Em ensaios realizados em França (61) verificou-se que os diferentes esquemas de regularização provocam resistências médias muito diferentes. Assim de acordo com estes resultados, e tomando como base a regularização com argamassa, a rectificação com pasta de cimento provoca resistências cerca de 1,40 vezes superiores, enquanto a rectificação com enxofre cerca de 2,30 vezes.

A determinação da tensão de rotura não é também coincidente. Segundo as normas inglesa, americana e CIB a tensão de rotura obtêm-se, em todos os casos, pelo quociente da carga de rotura pela área da secção aparente do bloco. Na norma francesa o procedimento é análogo para juntas horizontais de argamassa contínuas; no caso de blocos em que há rotura de junta, multiplica-se aquele valor por um coeficiente, inferior à unidade e que representa a relação entre a secção de apoio e a secção efectiva mínima do bloco. Este coeficiente de minoração pretende ter em conta que, no caso em que as juntas horizontais de argamassa são descontínuas, a área de transmissão de cargas é menor do que a área em que é aplicada a carga durante o ensaio de compressão.

Por último a publicação do CIB refere que as tensões apresentadas foram estabelecidas para unidades em que o indicador altura/espessura do bloco é próximo de 1, para valores diferentes as tensões devem ser modificadas.

As exigências da norma francesa são estabelecidas a partir da tensão característica de rotura de cada tipo de bloco, o que requer um número significativo de resultados de ensaio. O conceito de valor característico está generalizado na ciência da construção, associado aos princípios semi-probabilísticos utilizados actualmente na determinação da segurança das estruturas. Como se sabe chama-se valor característico de uma variável - f_k -, o valor que corresponde à probabilidade de ter apenas 5% de valores dessa variável, resultado de condições de fabricação rigorosamente normais, inferiores a f_k .

A obtenção do valor característico da variável em cada uma das sub-populações é então possível, se o número de resultados disponíveis, n , fôr razoável, através da seguinte expressão:

$$fk = \bar{x} - ks$$

em que $\bar{x}$ é a média aritmética amostral e s o desvio padrão amostral da variável relativa à sub-população, assumindo k os seguintes valores em função de n (3).

n	6	8	10	12	16	20	25	30
K	2,33	2,19	2,10	2,05	1,98	1,93	1,88	1,64

Agrupando o conjunto de resultados relativos a um dado período obtem-se uma representação do tipo da fig. 4.19, evidenciando que uma população de produtos ditos idênticos é de facto composta de conjuntos de sub-populações distintas.

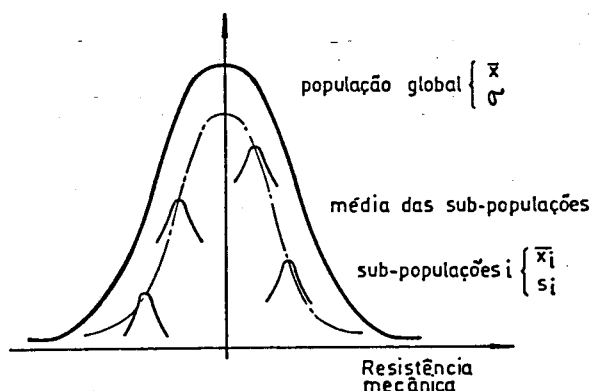


Fig. 4.19 - Distribuições das resistências mecânicas

Embora se saiba que os valores das tensões de rotura das amostras de betão fabricado em regime de produção constante, com inertes da mesma origem, calibrados do mesmo modo, com métodos de dosagem e amassadura constantes, em provetes moldados e conservados em condições rigorosamente iguais, ensaiados com a mesma idade, variam segundo uma lei de distribuição normal (41); essa certeza não existia para o conjunto de resultados relativos aos blocos que se ensaiaram, pois poderia existir qualquer facto estranho que alterasse a distribuição.

A garantia de condições de fabricação rigorosamente normais existe quando, a característica em estudo, segue uma lei de distribuição dita normal ou de Gauss, que representa particularmente bem a variação de uma grandeza sujeita à

influência simultânea de um conjunto de pequenas causas, estáveis no tempo, independentes entre si, e sem que qualquer uma prevaleça sobre a outra. Esta lei é caracterizada pela sua média $\bar{X}$ e desvio padrão σ .

Neste pressuposto o valor característico vale:

$$fk = \bar{X} - 1.64\sigma$$

No entanto a determinação real destes dois parâmetros, $\bar{X}$ e σ , comporta o conhecimento dum número quase infinito de resultados, sendo na prática impossível avaliar com precisão tais grandezas.

Assim ao longo do tempo, e admitindo que o fenómeno em estudo é regido por uma lei normal, vamos caracterizando sub-populações dum universo, conforme se simboliza na fig. 4.20, relativa à resistência mecânica à compressão:

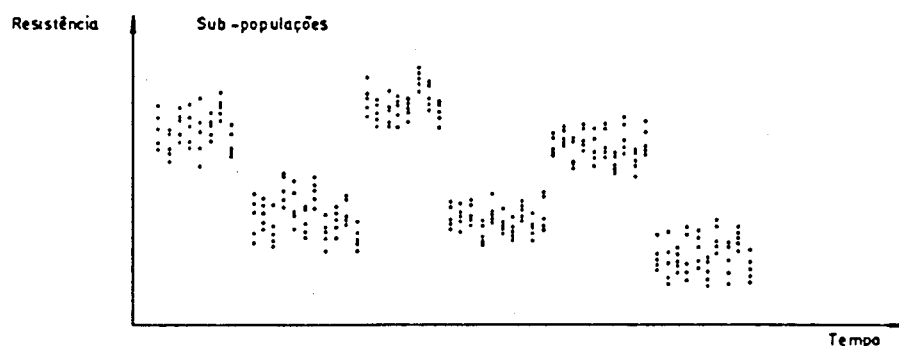


Fig. 4.20 - Aspecto da dispersão cronológica do fabrico de um determinado produto

Relativamente a estas sub-populações determinam-se estimadores amostrais para os dois parâmetros em causa:

$$\text{média amostral } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{desvio padrão amostral corrigido } s = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

sendo x_i o valor assumido pela variável em estudo nos n

resultados; a partir destes, e recorrendo à tabela apresentada, pode-se determinar o valor característico de cada uma das amostras. É apenas necessário ter a certeza que o fenómeno em análise segue uma lei normal. Há para isso diversos testes, dos quais apenas referiremos o teste X^2 de Pearson e o da recta de Henry. Este último, extremamente simples, resume-se à representação sobre um papel quadriculado graduado segundo a lei normal, dos valores limites das classes das tensões de rotura em abcissas, numa escala aritmética e em ordenadas as frequências acumuladas numa escala proporcional, à área compreendida sob a curva de Gauss. Os resultados, se a hipótese se verificar, devem dispor-se segundo uma linha recta.

Relativamente à rotura por compressão na direcção paralela às faces, a publicação 94 do CIB (9) recomenda que em zonas sísmicas os blocos apresentem nessa direcção uma resistência mínima de 2.0 MPa.

Quanto à configuração de rotura não se conhecem exigências ou referências bibliográficas.

4.2.13.2. Apreciação dos resultados

Para todas as colheitas e para os blocos B10 e B25, testou-se a normalidade através da recta de Henry, com a tensão de rotura agrupada em classes; os resultados foram satisfatórios conforme se depreende da fig. 4.21 relativa ao melhor e pior ajuste das duas geometrias.

Foi então possível obter os valores característicos da tensão de rotura conforme se apresenta no quadro 4.15. Para a geometria B25, e para poder comparar os resultados com os valores constantes da norma francesa, apresentam-se também os resultados minorados pelo coeficiente expressando a relação entre a secção de apoio e a secção mínima efectiva do bloco, que variou entre 89% e 91%, tendo-se adoptado 90%.

Não se uniformizaram as resistências aos 28 dias, por se desconhecer a lei de evolução da resistência com a idade, no entanto essa correcção seria favorável pois a generalidade dos ensaios foram efectuados antes dos 28 dias pelas limitações já referidas.

Verifica-se que os valores característicos são fortemente penalizados pelas grandes dispersões.

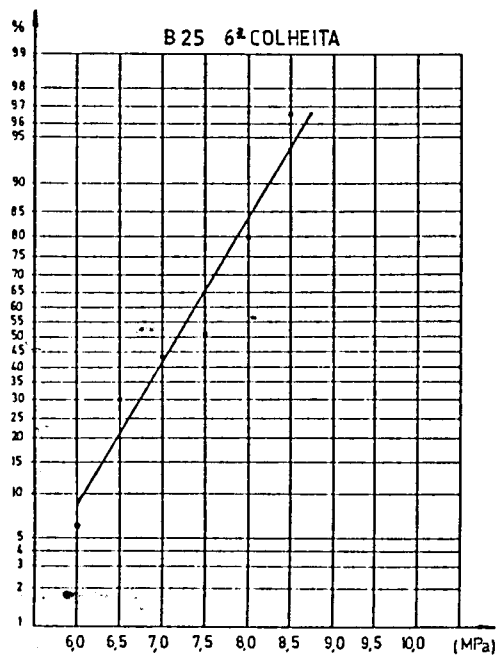
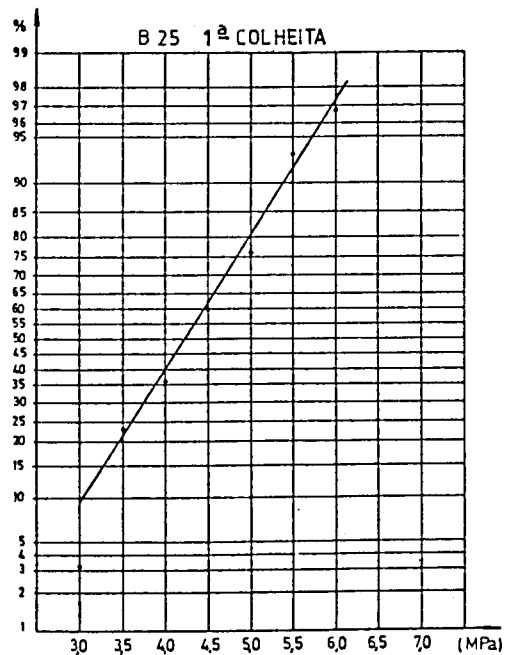
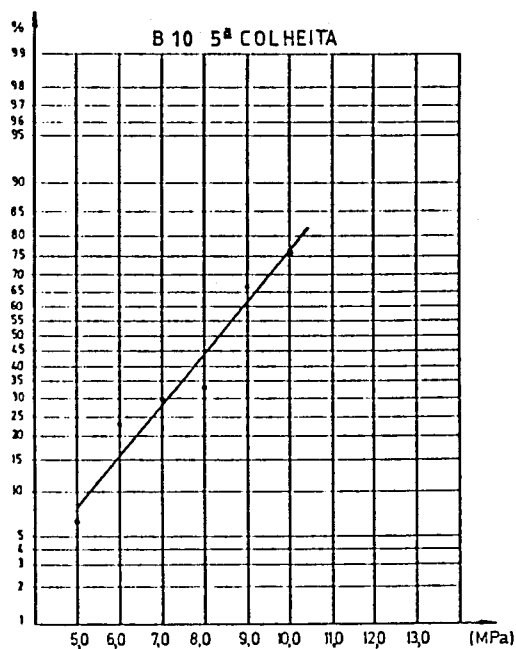
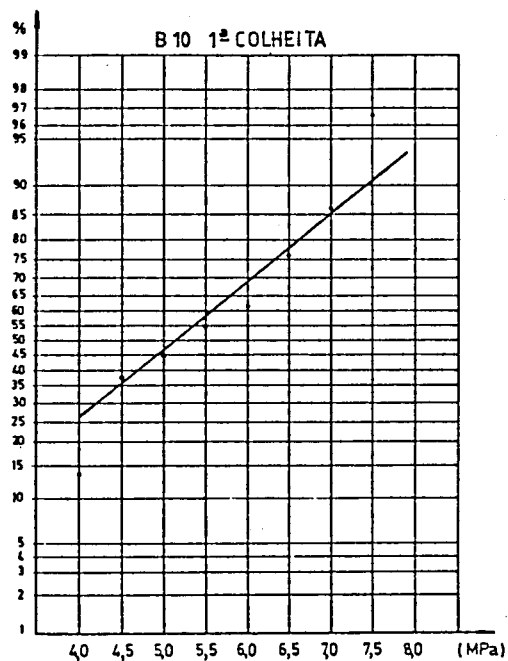


Fig. 4.21 -Teste de normalidade, para algumas colheitas de blocos através da recta de Henry

Quadro 4.15 - Valores característico e mínimo da tensão de rotura de blocos B10 e B25 regularizados para as seis colheitas efectuadas

Colheita	B 10		B 25			
	Valor característico - fbk (MPa)	Valor mínimo (MPa)	Valor característico fbk (MPa)		Valor mínimo (MPa)	
			Normal (A)	Minorado (B)	Normal (A)	Minorado (B)
1ª	3.37	3.50	2.90	2.61	2.30	2.07
2ª	4.71	3.83	3.58	3.22	3.20	2.88
3ª	5.42	4.35	4.31	3.88	3.97	3.57
4ª	6.10	4.71	8.10	7.29	8.43	7.59
5ª	5.06	4.61	4.06	3.65	2.77	2.49
6ª	5.92	5.94	5.67	5.10	5.58	5.02

(A) - Valor normal - Tensão correspondente à secção bruta do bloco

(B) - Valor mínimo - Tensão correspondente à secção argamassada

Parece poder afirmar-se que a produção assegura, para os blocos B10 valores característicos da tensão de rotura por compressão de cerca de 5,4 MPa, enquanto para os blocos B25 cerca de 4,4 MPa, ou , se afectados do coeficiente minorador 4 MPa. Assim ambas as geometrias pertencem à classe B40 da normalização francesa, embora, reduzindo as dispersões, facilmente os B10 passassem à classe B60. Saliente-se por último que as duas geometrias apresentam, segundo as recomendações do CIB, resistência suficiente para serem usadas em zonas sísmicas.

A generalidade das colheitas satisfaz ao requisito do valor mínimo não ser inferior a 0,8 do valor característico, excepção feita no B10 à quarta colheita e no B25 à quinta colheita.

A tentativa de apreciar a evolução da resistência com a idade não permitiu resultados concludentes, devido ao número pouco significativo de blocos ensaiados, embora para os blocos B10 haja um ligeiro crescimento da resistência com a idade.

Por sua vez os resultados da tensão de rotura por compressão na direcção paralela às faces de assentamento, embora em pequeno número, mostram que a resistência nesta direcção não é inferior à da direcção normal de assentamento, sendo muito superior aos limites estabelecidos na publicação do CIB.

Quanto às configurações de rotura, para as duas geometrias, elas distribuem-se de forma praticamente equilibrada entre os

tipos 2, 3 e 4.

Não se detectou nenhuma correlação entre a configuração de rotura e os resultados dos ensaios.

Pode-se afirmar que fundamentalmente apresentam roturas de compressão que se manifestam por:

- rotura dos septos interiores;
- esgotamento da capacidade resistente junto aos topos dos blocos, sobretudo nos B25 , com rompimento das ligações dos septos junto aos topos dos blocos;
- fissuras verticais ou esmagamento do betão com eventual cavalgamento e fissuras horizontais.

4.2.14. Tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados

4.2.14.1. Síntese de informação normativa

Apenas a norma inglesa BS 6073 (5) refere este ensaio, como forma expedita de controlar em fábrica a resistência à compressão de blocos sem os regularizar. Relativamente aos resultados a esperar, diz apenas que normalmente são inferiores aos obtidos com blocos regularizados e que deve estabelecer-se uma correlação entre os dois ensaios, baseada num volume significativo de resultados.

4.2.14.2. Apreciação dos resultados

Da análise dos resultados apresentados em 3.2.3.2.15., verifica-se que a evolução ao longo das diversas colheitas do valor médio da tensão de rotura por compressão e do coeficiente de variação não foram coincidentes para os dois tipos de ensaios, não se conseguindo justificar essas disparidades.

O quociente entre o valor médio da tensão de rotura de blocos não regularizados relativamente ao valor médio da tensão de rotura de blocos regularizados é apresentado no quadro 4.16.

Embora estes resultados pareçam apontar para uma relação entre resistências de blocos não regularizados e regularizados inferior à unidade, verificaram-se excepções no que respeita aos blocos B25. Considera-se que pelo interesse de uma relação deste

tipo seria de prosseguir esta análise.

Quadro 4.16 - Razão entre os valores da tensão de rotura por compressão de blocos não regularizados e regularizados, para as diversas colheitas e geometrias

Colheita	fbm-blocos não reg. fbm-blocos reg.	
	B 10	B 25
1ª	0.93	1.09
2ª	0.82	0.94
3ª	0.80	1.12
4ª	0.69	0.69
5ª	0.76	0.62
6ª	0.71	-

4.2.15. Isolamento térmico das paredes

4.2.15.1. Síntese de informação

De acordo com o Projecto de Regras de Qualidade Térmica de Edifícios (67), para satisfação das exigências de conforto de Inverno, os valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica médios de paredes pesadas ($\geq 100 \text{ Kg/m}^2$) da envolvente de edifícios, são os constantes do quadro 4.17.

Quadro 4.17 - Valores máximos admissíveis dos coeficientes de transmissão térmica médios, K_m ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$), de paredes pesadas da envolvente de edifícios

Localização	Zona climática		
	I_1	I_2	I_3
Empenas	1,35	0,95	0,70
Fachadas	1,35	1,35	1,35

O zonamento climático do território consta da referida publicação.

4.2.15.2. Apreciação

A partir dos resultados apresentados em 3.2.4.2. verifica-se que nenhuma das geometrias da produção caracterizada satisfaz às exigências de isolamento térmico; essa satisfação só será possível interpondo na espessura da parede isolantes térmicos ou realizando parede dupla.

4.2.16. Isolamento sonoro das paredes

4.2.16.1. Síntese de informação

A avaliação do comportamento acústico das paredes de alvenaria constituídas pelos elementos em estudo deve ser feita recorrendo ao Regulamento Geral Sobre o Ruído (68). Aí se estipulam valores mínimos para o isolamento acústico de paredes divisórias, função da sua localização, e tendo por base o índice I_a , conforme se esquematiza no quadro 4.18.

Quadro 4.18 - Limites inferiores do índice de isolamento sonoro para os sons de condução aérea - I_a , função da sua utilização

	Elementos interiores						
	Mesmo fogo	Entre fogos	Fogos/circulações comuns	Fogos/comércio, etc.	Escolas (*)	Escolas deficientes auditivos (*)	Hospitais (*)
$I_a \geq$ (dB)	40	48	48	55	40 55 50	40 50	45 50 55

(*) a adopção de um dos vários valores depende da relação de vizinhança do compartimento em função das actividades que nele se desenvolvem.

4.2.16.2. Apreciação

A partir dos resultados apresentados em 3.2.4.3. verifica-se

que mesmo tendo em conta o efeito das transmissões marginais as geometrias da produção caracterizada apresentam isolamentos compatíveis com a generalidade das utilizações, salvo as mais exigentes, de isolamento extremo.

4.2.17. Comportamento ao fogo

4.2.17.1. Síntese de informação

Para apreciar o comportamento ao fogo dos materiais e elementos de construção a regulamentação define dois critérios (17):

- Reacção ao fogo dos materiais - Indicador que tem em conta o contributo do material para a origem e desenvolvimento do incêndio. A regulamentação portuguesa estabelece cinco classes de M0 a M4 correspondendo respectivamente a materiais não combustíveis até materiais facilmente inflamáveis.
- Resistência ao fogo dos elementos de construção - Indicadores que caracterizam o tempo durante o qual os elementos de construção desempenham exigências relacionadas com as suas funções, apesar do desenvolvimento dum processo térmico normalizado. A classificação dos elementos está distribuída por três qualificações e dentro destas em escalões de duração. Sintetizam-se no quadro 4.19 as exigências a satisfazer em cada uma das qualificações.

Quadro 4.19 - Exigências a satisfazer pelos elementos função da sua qualificação

Resistência ao fogo	Resistência mecânica	Estanquidade à chama	Ausência de emissão de chamas ou gases inflamáveis na face não exposta ao fogo	Isolamento térmico da face não exposta, não devendo a face ultrapassar certos limites de temperatura
Estável ao fogo EF	Sim	—	—	—
Pára-chamas PC	Sim	Sim	Sim	—
Corta-fogo CF	Sim	Sim	Sim	Sim

O Regulamento sistematiza para diferentes tipos de edifícios de habitação as condições a que devem satisfazer os diferentes materiais e elementos de construção função da sua localização e utilização, em particular as paredes.

4.2.17.2. Apreciação

Em geral e salvaguardando a indispensável análise em cada caso particular, as paredes realizadas e revestidas com os materiais tradicionais, dos quais fazem parte os elementos em análise, apresentam características satisfatórias de comportamento ao fogo desde que sejam cumpridas determinadas condições expressas no Regulamento, e que não se abordam devido à sua extensão e especificidade.

4.3. BLOCOS CERÂMICOS

4.3.1. Matéria-prima, moldagem, secagem e cozedura

4.3.1.1. Síntese de informação

A qualidade dos produtos cerâmicos para alvenaria, em analogia com o que já foi referido a propósito dos blocos de betão, depende fundamentalmente da matéria-prima empregue e das tecnologias de fabrico utilizadas.

Os principais parâmetros que influenciam a qualidade do produto acabado e que vamos analisar, são:

- matéria-prima;
- conformação;
- secagem;
- cozedura.

a) Matéria-prima

A matéria-prima empregue na realização de elementos para alvenaria é a argila, material natural adquirindo plasticidade quando se lhe adiciona água, tornando-o moldável. Ao secar

endurece e fica quebradiço; quando cozido torna-se ainda mais duro e perde a capacidade de ser moldada de novo.

Os componentes das argilas responsáveis por estas propriedades são os designados minerais das argilas, que dão plasticidade para a conformação e resistência mecânica em verde para o manuseio. Estes minerais são silicatos originários da caulinição dos feldspatos como a caulinite, a illite e montomorilinite. Os aluminosilicatos que permitem cozer a temperaturas mais baixas fazem também parte das argilas.

Todavia os minerais das argilas por si só não são suficientes para conferir às pastas cerâmicas as devidas propriedades; são necessários outros componentes, impropriamente designados por inertes, que têm acção múltipla pois são o esqueleto da pasta, evitando retracção excessiva na secagem e cozedura e controlando o coeficiente de expansão térmica. O inerte mais corrente é o quartzo.

Por último a pasta precisa ainda de componentes que contribuam para a formação dum vidro no seu interior, durante a cozedura, aglutinando todos os componentes. Estes são designados por fundentes, sendo os mais comuns os feldspatos e os carbonatos.

O processo de mistura, homogeneização e adequação da plasticidade ao processo de conformação designa-se por preparação de pasta.

Na cerâmica do barro vermelho para construção, (blocos cerâmicos, tijolos e telhas), segue-se normalmente uma via plástica, que se sintetiza na figura 4.22 extraída de (69).

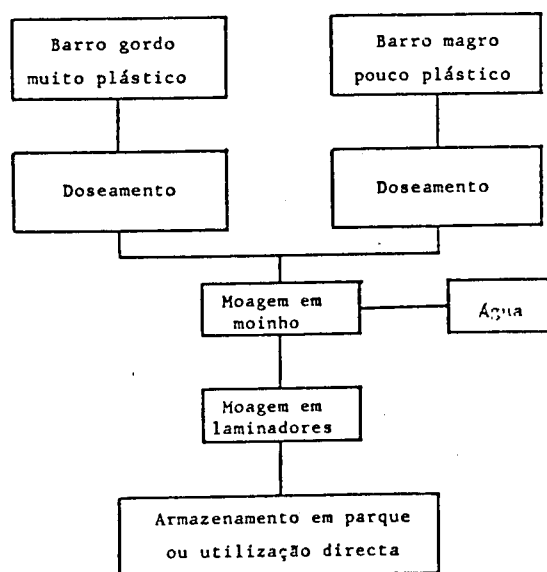


Fig.4.22 - Preparação de pasta, por via plástica, para produtos de barro cozido para emprego na construção

O perfeito doseamento, homogeneização e moagem dos constituintes é determinante na qualidade final da pasta. A composição química e mineralógica das argilas utilizadas é também muito importante.

b) Conformação

É através da conformação que se confere à pasta cerâmica a forma definitiva dos produtos que se pretendem fabricar. Esta fase é um compromisso entre a possibilidade de deformar a pasta cerâmica com a aplicação de uma força reduzida e sem ocasionar rotura e a exigência de manutenção da forma dos objectos após conformação. Este compromisso depende do tipo de pasta e seus constituintes e do processo usado para moldar as peças. Refira-se que a retracção por secagem e cozedura, fenómeno que se pretende minimizar, aumenta com a dosagem de água necessária ao aumento da plasticidade; uma forma de a melhorar sem adição de água é através da extracção do ar contido na pasta.

Das técnicas de conformação usadas na confecção de produtos de barro vermelho referem-se:

- Seca ou semi-seca - Prensagem de alta pressão da pasta granulada, sob a forma de pó, pouco usada na realização de elementos para alvenaria.
- Plástica - a dosagem de água é a suficiente para assegurar a sua trabalhabilidade; as técnicas habitualmente usadas são:
 - conformação à mão - hoje em dia pouco usada na realização de elementos para alvenaria;
 - conformação por extrusão - a pasta é comprimida, passando por uma câmara de vácuo onde se extrai o ar para melhorar a plasticidade, sendo obrigada a sair pela boquilha duma fieira, ver figura 4.23, de forma adequada à geometria da peça a moldar. Em posição posterior à extrusora existe um dispositivo de corte das peças fabricadas com o comprimento adequado. Este dispositivo dispõe de mecanismos que permitem que o movimento longitudinal seja efectuado no mesmo sentido e à velocidade de deslocação da pasta cerâmica. É este o processo mais usado na realização de blocos e tijolos.
 - conformação por extrusão seguida de prensagem - consiste em completar a extrusão descrita acima por uma prensagem.

c) Secagem

A água é um componente fundamental, mas fugaz; tem de ser eliminada na sua quase totalidade antes das peças entrarem no

forno. É fundamental utilizar a menor quantidade de água possível compatível com o processo. Os objectivos da secagem são:

- eliminar a água o mais rapidamente possível;
- fazê-lo com o menor consumo possível de energia;
- evitar empenos e fissuras;
- secar o suficiente de modo que a água remanescente não prejudique a cozedura.

Os dois primeiros objectivos devem sujeitar-se aos dois últimos.

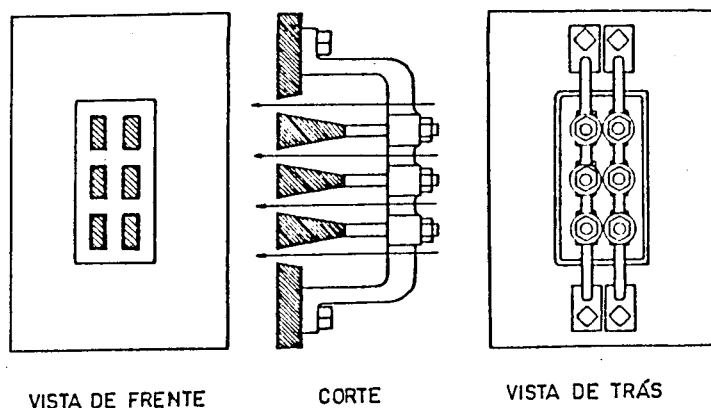


Fig. 4.23 - Boquilha de uma fieira, extraída de (70)

O mecanismo de secagem pode ser assim sintetizado:

- Eliminação da água de retracção - água existente entre as partículas da pasta, com contracção volumétrica proporcional à perda de peso. As partículas aproximam-se até se tocarem. Designa-se por humidade crítica aquela que corresponde ao fim da retracção, interessa que esta humidade seja o mais elevada possível conforme se depreende da figura 4.24. A partir da humidade crítica a secagem não provoca praticamente retracção, podendo o processo de secagem ser acelerado pois não há danificação das peças.
- Eliminação da água de preenchimento dos poros - depois da saída da água de retracção, elimina-se sucessivamente a água de preenchimento dos poros e água adsorvida, existente à superfície dos minerais das argilas e nos capilares da pasta. A contracção é pequena.
- Eliminação da água intercamadas - esta água existe entre

as camadas dos minerais das argilas e está muito fortemente ligada, exigindo temperaturas de secagem de cerca de 200°C .

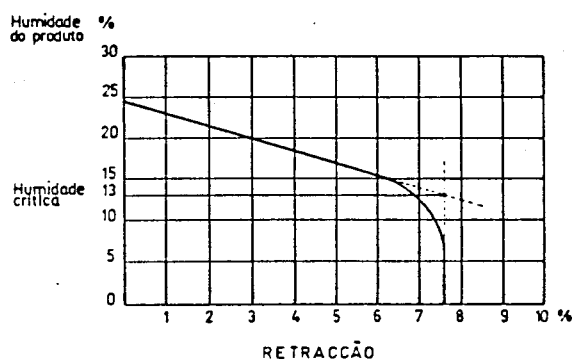


Fig. 4.24 - Curva de contracção durante a secagem, segundo (69)

A medida que a secagem prossegue a evaporação processa-se cada vez mais no interior das peças, logo mais lentamente, difundindo-se o vapor através dos capilares para o exterior. O controlo da velocidade de secagem é assim determinante para evitar estragar as peças; este processo tem a ver com a velocidade de evaporação superficial, migração da água até à superfície, temperatura e humidade relativa do ar envolvente e sua velocidade de circulação sobre as peças, pois o ar é simultaneamente o veículo que transporta o calor e retira o vapor de água.

Há factores inerentes às peças que têm grande influência no processo de secagem, como a superfície específica do elemento que interessa maximizar, a forma e dimensão das peças e a homogeneidade e natureza da pasta.

O processo de secagem pode ser natural, livre, interessando de início reduzir a velocidade de secagem, ou em secadores rápidos, constituídos basicamente por túneis onde o material se move em sentido contrário ao do ar que começa por ser bastante quente e seco, junto à saída dos elementos e sai mais frio e húmido na zona de entrada dos mesmos.

d) Cozedura

A cozedura é a última fase deste processo. Até cerca de 150° - 200°C dá-se a expulsão da água residual de secagem, que deve ser lenta.

Seguidamente, e até 900°C , começa por dar-se a combustão da matéria orgânica com libertação de dióxido de carbono e grande necessidade de oxigénio, (até cerca de 500°C); libertação irre-

versível da água de composição de alguns minerais; transformação do quartzo a 573°C com aumento brusco de volume, (devendo este dar-se em todos os pontos da peça para que esta não se danifique), sendo conveniente que a temperatura varie lentamente nesta zona; a decomposição dos carbonatos próxima dos 900°C .

Acima dos 900°C dá-se a vitrificação da pasta.

Sabe-se que o aumento da temperatura de cozedura normalmente corresponde a uma maior resistência à compressão, embora acima de determinados valores, ao provocar uma maior vitrificação, vai originar um aumento da fragilidade da argila.

A produção de blocos cerâmicos está fortemente condicionada pelos custos das diferentes alternativas energéticas, pois uma parcela significativa do custo global dos elementos é absorvida pela energia. Esta parcela varia com a temperatura de cozedura e com a massa dos elementos a cozer, pelo que, alterações nas temperaturas e diminuições da percentagem de furação traduzir-se-ão automaticamente em acréscimos de custos.

É importante controlar com exactidão a retracção dos elementos, entre a conformação e o fim da cozedura com estabilização do produto, para poder estabelecer as dimensões do elemento em verde que, após cozedura, apresente as dimensões pretendidas.

4.3.1.2. Apreciação do processo de fabrico

Relativamente às duas produções "B" e "C" caracterizadas apresentou-se no Capítulo 3 uma descrição sucinta do seu processo produtivo. Não se procedeu a ensaios de caracterização "in loco" que permitissem emitir juízos fundamentados àcerca do processo de fabrico e suas implicações no produto acabado, pelas razões já apontadas.

No entanto recorrendo ao "Catálogo das Argilas Portuguesas Utilizadas na Indústria Cerâmica" (71), compararam-se as características apresentadas pelas argilas utilizadas. Na zona de implantação da produção "B" os barros são do tipo "argila especial" e "argila comum". A distinção entre "argila especial" e "argila comum" tem a ver com o encaminhamento industrial mais adequado da matéria-prima, sendo a primeira recomendada para a Indústria do barro branco e a segunda para a do barro vermelho. A Fábrica "C" utiliza dois barros, um gordo com um peso de 65% "argila comum" e um barro magro com um doseamento de 35%, "argila especial".

A transcrição das características apresenta-se no quadro

4.20.

Quadro 4.20 - Algumas características das argilas utilizadas nas produções "B" e "C" segundo (71).

Características			Produção "B"		Produção "C"	
			Argila comum	Argila especial	Argila comum	Argila especial
Análise química	SiO ₂		63,26%	53,34%	52,67%	60.04%
	Al ₂ O ₃		21,23%	30.52%	18.25%	24.92%
Composição mineralógica	Amostra integral	Predomínio	Caulinite, ilite, quartzo	Caulinite, ilite	Ilite, quartzo	Caulinite, ilite quartzo
		Acessórios	feldspato goetite	Quartzo, feldspato	Caulinite, feldspato, goetite	-
	Inferior a 2 micra	Caulinite	83%	84%	10 a 20%	50 a 70%
		Ilite	17%	16%	70 a 90%	20 a 40%
		Feldspatos	-	-	vestígios	-
Granulometria	> 62 µm		43.3%	15.3%	0.2%	0.4 a 43.7%
	62 - 2 µm		50.4%	72.8%	27.9%	24.2 a 58.6%
	> 2 µm		6.3%	11.9%	71.9%	22.2 a 73.0%
Limites	Plasticidade		25.49	37.25	35.70	26.8 a 44.1
	Liquidez		40.77	67.15	60.3	39.8 a 72.4
	Índice de plasticidade		15.28	29.90	24.6	13.0 a 34.7
Aptidão à extensão			Boa	Satisfatória	Satisfatória	Satisfatória a boa
Resistência mecânica a flexão	Cru		1.2 MPa	1.1 MPa	> 4.5 MPa	4 MPa
	Cozedura		900 °C-2.1 MPa 1050 °C-4 MPa	900 °C-2.6 MPa 1250 °C-18.5 MPa	-	-
Retração	Verde-seco		5%	6%	9%	8%
	Seco-cozido a 900 °C		0%	0%	0%	1%
	a 1050 °C		1%	0%	-	-
	a 1250 °C		-	4%	2%	6%
Utilização industrial			Barro vermelho	Barro branco	Barro vermelho	Barro branco
Reservas			Limitadas	Limitadas	Limitadas	Limitadas

4.3.2. Apreciação de forma dos blocos

4.3.2.1. Introdução

Os elementos prismáticos de argila cozida, com mais ou menos

vazios e com diversas configurações geométricas, vulgarmente designados por tijolos ou blocos cerâmicos são um material tradicional na execução de paredes exteriores e interiores, entre nós e internacionalmente.

Conforme já foi referido em 2.4.1.2. há falta de coordenação nacional e internacional traduzida em discrepâncias de nomenclatura, diferentes exigências para produtos idênticos, etc, que provocam dificuldades de comparação e síntese dos diversos requisitos a que estes produtos devem satisfazer. Esta dificuldade acentua-se quando se assiste a nível internacional a uma redescoberta das alvenarias com alterações das matérias-primas, emprego da argila alveolada, desenvolvimento de novas geometrias satisfazendo maiores exigências graças às possibilidades das novas tecnologias.

A forma dos elementos, aspecto que se vai analisar, articula-se com todos os requisitos de desempenho das alvenarias. Pode ser analisada sob uma multiplicidade de ópticas, que vamos abordar sucintamente:

- Função mecânica - O elemento pode destinar-se a uma utilização estrutural, ou seja em que a sua função primordial é a portante. Em alternativa pode ter fundamentalmente uma função de tamponamento preenchendo espaços numa malha estrutural autónoma, sendo as exigências de forma diferentes.
- Dimensões - As dimensões, entre outras implicações, têm a ver com a tecnologia de fabrico utilizada e com as exigências de comportamento a satisfazer. Este aspecto vai ser analisado com mais detalhe.
- Isolamento térmico - Aspecto que vai ser objecto de reflexão mais cuidada, no entanto pode-se adiantar que o número de câmaras de ar, a sua disposição, bem como a porosidade da argila são determinantes. As dimensões, sobretudo a espessura, são também importantes.
- Facilidade de manuseio e colocação - A forma dos elementos, em conjunto com o seu peso, determinam a melhor ou pior facilidade de manuseio. É um dado que o rendimento de colocação aumenta com o volume até determinado limiar, a partir do qual o peso é preponderante. Por outro lado a adequação da forma ao manuseio é bastante importante, porque influencia a maior ou menor facilidade de preensão, a precisão e rapidez de posicionamento, conforme se demonstra através das figuras 4.25, 4.26 e 4.27, extraídas de (8).

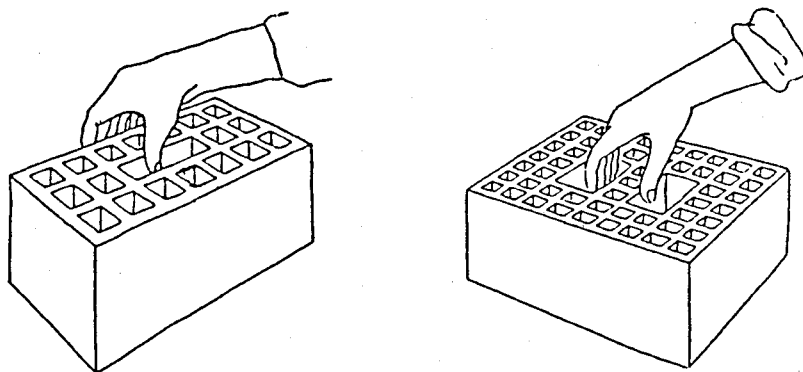


Fig. 4.25. - Orifícios visando a facilidade de manuseio, em elementos furados verticalmente

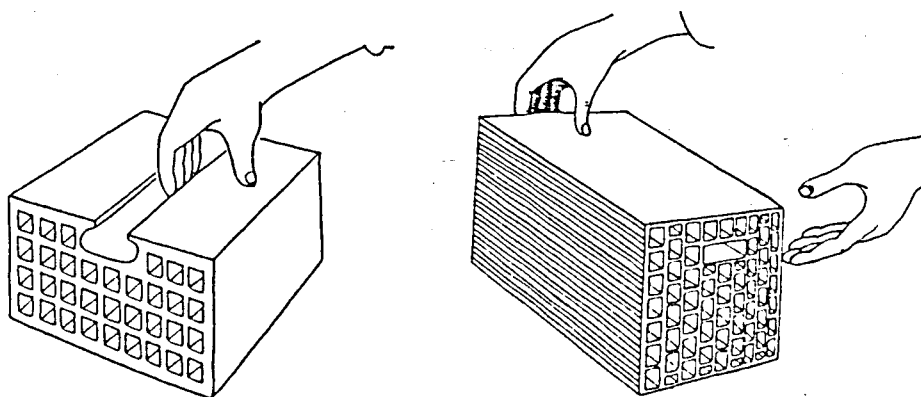


Fig. 4.26 - Orifícios visando a facilidade de manuseio em elementos furados horizontalmente

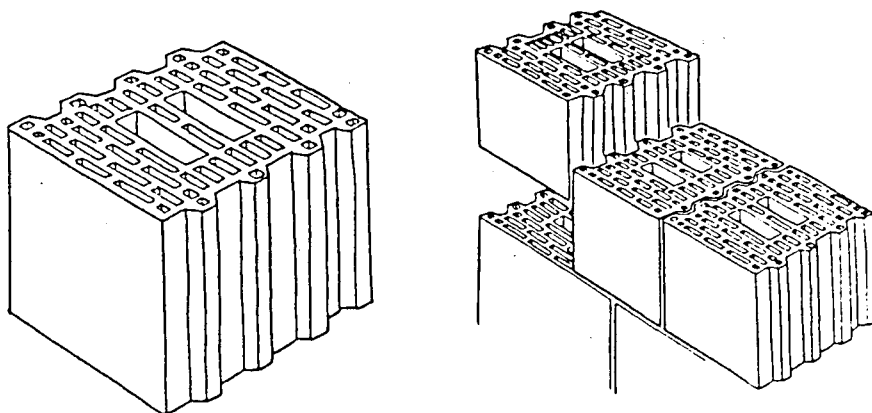


Fig. 4.27 - Recorte nos tops dos elementos visando um posicionamento mais rápido e dispensando argamassa na junta vertical

- Possibilidade de servir de paramento à vista - Aspecto a ter em conta em determinados elementos, pois os materiais cerâmicos representam alternativas de revestimento muito interessantes sob o ponto de vista estético e funcional.
- Possibilidade de facilitar a construção - Este ponto articula-se com a facilidade de manuseamento e colocação, pois cada vez mais os materiais com elevada facilidade de colocação apresentam procura significativa, pelo que os inerentes requisitos de forma devem estar presentes nos elementos cerâmicos. Esta facilidade tem sido explorada em diversos países para a realização de edifícios em auto-construção.

4.3.2.2. Dimensões exteriores

4.3.2.2.1. Síntese de informação normativa

As dimensões exteriores dos elementos cerâmicos para alvenaria devem ser estabelecidas tendo em consideração as tecnologias usadas no fabrico dos mesmos, as exigências de comportamento a que as paredes construídas com os referidos elementos devem satisfazer, respeitar os princípios de coordenação dimensional modular apresentados com maior profundidade em 4.2.4.1.1. e ainda maximizar o rendimento de aplicação em obra.

Entre nós, e antes de 1971, a produção de produtos cerâmicos para a construção, particularmente tijolos e blocos cerâmicos, em termos de dimensão exteriores, era exageradamente diversificada, por não corresponder a uma necessidade manifestada pelos utilizadores, nem ter geralmente um suporte racional, resultando daí múltiplos inconvenientes, conforme é salientado na C.I.T. nº 5 (22) e Memória nº 246 (23) ambos do LNEC. A partir de 1971, e com o aparecimento da NP-834, as dimensões exteriores de fabrico de tijolos e blocos cerâmicos para alvenaria passaram a ter um enquadramento normativo, posteriormente estendido, com a E309-1975 (28) do LNEC, aos blocos "duplex", que possibilitam o assentamento com juntas horizontais descontínuas.

Estas normas, com excepção do tijolo maciço ou perfurado de pequenas dimensões, estabelecem o comprimento dos elementos admitindo dimensões modulares múltiplas de 30 cm e juntas verticais de 0,5 cm, enquanto para a altura as dimensões modulares são múltiplas de 20 cm, sendo as juntas horizontais de 1 cm. Daqui

resultam comprimentos e alturas nominais de 295 mm e 190 mm respectivamente. Quanto à espessura as dimensões resultam de imposições de desempenho, de acordo com os valores referidos no quadro 4.21.

Parece que estas espessuras deveriam ser completadas com valores superiores, para fazer face a maiores exigências, sobretudo sob o ponto de vista térmico, com eventual recurso a elementos alveolados.

A referida norma refere ainda a necessidade de realizar formatos complementares com 195 mm de comprimento para permitir rematar fiadas e executar vãos sem cortar tijolos. Contempla também a possibilidade de se realizarem elementos de maiores dimensões faciais, recomendando 445 mm para o comprimento, 390 mm para a altura e ainda a realização de encaixes nos bordos laterais que permitam melhorar a estabilidade transversal. Todavia a E-309, mais recente, refere a possibilidade de se realizarem comprimentos maiores, 395 e 495 mm.

Quadro 4.21 - Dimensões de coordenação e nominais de tijolos e blocos cerâmicos de acordo com a NP-834 e E-309

	Dimensão (mm)							
	Comprimento				Altura		Espessura	
	Formato base		Formato complementar		Coordenado	Nominal	Coordenado	Nominal
	Coordenado	Nominal	Coordenado	Nominal				
Tijolos maciços e perfurados	220	220	-	-	70	70	110	107
Blocos furados	300	295	200	195	200	190	70 110 150 220	70 110 150 220
Blocos "Duplex"	300	295	200	195	200	190	170 220 270 320	170 220 270 320

É curioso referir que internacionalmente a situação é diversa da nacional.

Em França, a normalização relativa a elementos cerâmicos para alvenaria é bastante completa e está repartida pelas seguintes normas:

- NFPl3-301(48) - "Tijolos" vazados de argila cozida - 1974;
- NFPl3-304(72) - "Tijolos" em argila cozida para aplicação à vista - 1983;
- NFPl3-305(73) - "Tijolos" maciços ou perfurados e blocos perfurados em argila cozida para rebocar - 1983;
- NFPl3-306(74) - Blocos perfurados em argila cozida para aplicação à vista - 1983.

No entanto não existem ainda dimensões preferenciais estabelecidas, apenas a NFPl3-301 (48) estabelece os intervalos em que se podem situar as dimensões exteriores, função do número de fiadas de alvéolos para blocos correntes e com interrupção de junta horizontal conforme se apresenta nos quadros 4.22 e 4.23.

Quadro 4.22 - Dimensões exteriores permitidas segundo NFPl3-301, para blocos correntes, função do número de fiadas de alvéolos

Dimensões	Número de fiadas de alvéolos					
	1	2	3	4	5	≥6
Comprimento (cm)	20 a 60	20 a 60	20 a 60	20 a 60	20 a 60	20 a 60
Altura (cm)	11 a 40	11 a 40	11 a 25	11 a 25	11 a 25	15 a 30
Espessura (cm)	3 a 7	6 a 13	10 a 19	13 a 25	20 a 30	20 a 32,5

Quadro 4.23 - Dimensões exteriores permitidas segundo NFPl3-301, para blocos com interrupção de junta horizontal, função do número de fiadas de alvéolos

Dimensões	Número de fiadas de alvéolos		
	5	6	≥7
Comprimento (cm)	20 a 30	20 a 30	22.5 a 30
Altura (cm)	18.5 a 30	18.5 a 30	18.5 a 30
Espessura (cm)	33 a 60	33 a 60	33 a 60

Na Itália, país onde o estudo e a produção dos materiais cerâmicos está muito desenvolvido, o fabrico de produtos cerâmicos para alvenaria tem o seguinte enquadramento normativo:

UNI-8942 - Parte 1 (1) - Produtos de argila para alvenaria
Terminologia e sistema de classificação;

UNI-8942 - Parte 2 (2) - Produtos de argila para alvenaria
Limites de aceitação;

UNI-8942 - Parte 3 (3) - Produtos de argila para alvenaria
Métodos de ensaio.

Também aí não existem ainda dimensões preferenciais, apesar de tal já ter sido tentado em 1965, conforme é sublinhado em (8), apresentando ainda os produtos uma multiplicidade de dimensões distintas por regiões.

4.3.2.2.2. Apreciação dos resultados

Constatou-se que as duas produções ensaiadas satisfazem as dimensões base estabelecidas na normalização portuguesa. Nenhuma das produções realiza os formatos complementares. A fábrica "C" produz blocos com comprimento coordenado de 400 mm, o que embora não contemplado na norma NP-834 (7), não parece originar problemas, até porque esta dimensão está contemplada na E-309, relativa aos blocos "duplex".

4.3.2.3. Geometria interna e furação

4.3.2.3.1. Síntese de informação normativa

A geometria interna dos blocos e implicitamente a sua furação influenciam decisivamente o comportamento desses elementos.

Em Portugal as exigências normativas são praticamente inexistentes. Relativamente aos tijolos e blocos correntes, apenas na NP-80 (6) se estabelecem classes, função da percentagem de furação, como já foi discutido na nomenclatura:

- "tijolo" maciço - percentagem de furação 15%
- "tijolo" perfurado - percentagem de furação perpendicular ao leito - 15 a 50%
- "tijolo" furado - percentagem de furação paralela ao leito - 30 a 75%

Quanto aos blocos com interrupção de junta horizontal, "duplex", a E-309 do LNEC (28), estabelece os limites constantes da fig. 4.28 e ainda:

- o número de septos horizontais que estabelecem a ligação central entre as duas partes de cada lado do canal ou canais, não deve ser inferior a três;
- deve haver um septo vertical contínuo na prumada de cada parede lateral do canal;
- é recomendável que os septos horizontais não sejam dispostos em continuidade na direcção da largura do bloco para melhorar o isolamento térmico.

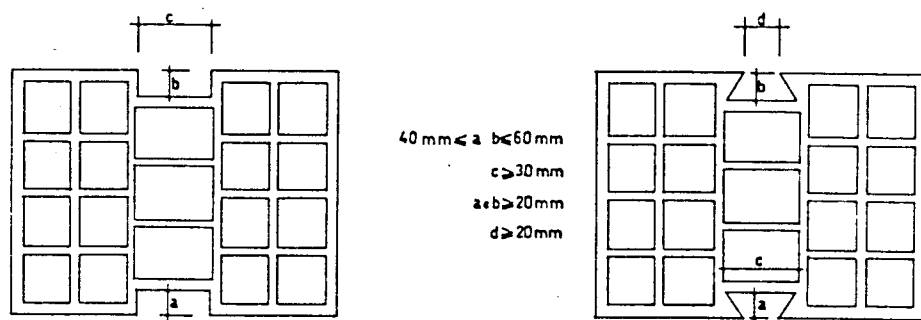


Fig. 4.28 - Limites dimensionais relativos aos blocos com interrupção de junta, estabelecidos na E-309

Em França a normalização é mais exigente. Estabelece outros condicionantes geométricas que se vão descrever:

a) NFP13-301 (48) - "Tijolos" vazados :

- Afastamento máximo dos septos verticais, ou no caso de blocos que possam ser assentes ao alto e ao baixo, também dos septos horizontais, de 6 cm.
- Secção dos alvéolos limitada a 28 cm², no caso de blocos de resistência garantida e 35 cm² para os correntes. Os blocos de resistência garantida são caracterizados por resistências médias e mínimas à compressão superiores às dos blocos correntes.
- A espessura dos septos exteriores deverá ser maior ou igual à dos interiores e para os blocos de resistência garantida a espessura média de todos os septos deverá ser 8 mm, não podendo nenhum septo apresentar espessura inferior a 7 mm.
- Nos blocos com interrupção de junta horizontal, preconiza que a ligação central entre as duas partes se faça, no mínimo, por 3 septos horizontais, havendo um septo vertical contínuo na prumada de cada parede lateral do canal e que a largura efectiva do apoio seja, no mínimo, 80% da

largura bruta.

- As exigências dimensionais apresentam-se na figura 4.29.

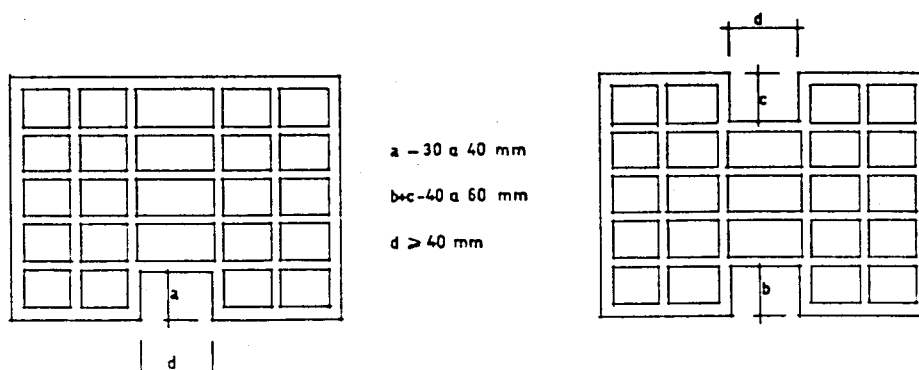


Fig. 4.29 - Exigências dimensionais para os blocos com interrupção de junta horizontal, segundo NFP13-301

b) NFP13-304 - "Tijolos" em argila cozida com paramentos à vista:

- secção de cada orifício inferior ou igual a $6,5 \text{ cm}^2$;
- elementos perfurados com largura igual ou superior a 12 cm podem ter um vazio central de maior secção para facilitar a preensão, desde que essa secção não ultrapasse 10% da secção bruta;
- no caso de furação perpendicular à face de assentamento, a espessura mínima dos septos exteriores das faces, podendo ser aparentes, é de 15 mm.

c) NFP13-305 - "Tijolos" maciços ou perfurados e blocos perfurados com paramentos rebocados:

- relativamente aos "tijolos" são feitas as duas primeiras exigências apresentadas em b);

quanto aos blocos perfurados referem:

- secção de cada orifício inferior ou igual a 12 cm^2 , salvo se uma das dimensões da secção não ultrapassar 2,5 cm;
- podem apresentar na parte central um ou mais orifícios de maior secção, desde que a secção de apoio represente no mínimo 60% da secção bruta.

d) NFP13-306 - Blocos perfurados com paramentos à vista:

- A secção de cada orifício deve ser inferior ou igual a 12 cm^2 , salvo se uma das dimensões da secção não ultrapassar

2,5 cm. Todavia podem apresentar, na parte central, um ou vários vazios de maior dimensão destinados a facilitar a preensão, desde que a secção desses vazios não ultrapasse 10% da secção bruta.

- A espessura dos septos exteriores deve ser no mínimo de 15 mm.

A norma italiana UNI8942 - 2a. Parte (2) estabelece espessuras mínimas (médias para dois septos vizinhos), excepto para os septos exteriores de elementos à vista em que se adopta o mínimo individual, de acordo com o quadro 4.24.

Quadro 4.24 - Espessuras mínimas de septos, de acordo com a UNI8942-2a. Parte

Septos	Elementos de massa normal	Elementos face à vista	Elementos rectificad ^{os} , calibrados ou prensados a seco	Elementos de massa alveolado (*)
Interiores	≥ 6 mm	≥ 6 mm	nao estabelecido	≥ 7 mm
Exteriores	≥ 7 mm	≥ 15 mm	"	≥ 10 mm

(*) - Argila aligeirada através de alvéolos não comunicantes e distribuídos uniformemente na massa da argila. Os valores correntes da massa volumica da pasta são iguais ou inferiores a 1450 Kg/m³ o diâmetro médio dos alvéolos deve ser inferior a 2.5 cm.

4.3.2.3.2. Apreciação dos resultados

Os blocos ensaiados satisfazem todas as exigências sintetizadas no ponto anterior constantes da normalização portuguesa, francesa e italiana, com excepção dos blocos 30 x 22 x 20 da produção "C", em que o orifício central ultrapassa largamente a secção máxima permitida para os alvéolos, estabelecida pela NFPl3-301.

4.3.3. Apreciação de aspecto

4.3.3.1. Síntese de informação normativa.

Os eventuais defeitos de aspecto que os elementos cerâmicos apresentam reflectem-se no seu desempenho. A relação aspecto/de-
sempenho é aliás bem conhecida dos produtores que baseiam a

classificação e escolha dos blocos em fábrica em atributos de aspecto.

A sua origem resulta duma multiplicidade de causas ligadas às matérias-primas e a todas as fases do processo produtivo.

Os defeitos poderão ser hierarquizados por níveis de importância atendendo aos problemas que podem originar no comportamento das construções e tendo também em atenção as causas que os provocaram.

Parece não existirem dúvidas de que as fissuras são o defeito de aspecto mais importante, pois implicam uma significativa redução da resistência mecânica.

A sua origem pode radicar-se em diferentes causas durante o processo produtivo; sejam a falta de plasticidade no processo de conformação, secagem deficiente ou problemas de cozedura.

As fendas de topo, ocorrendo junto aos topos dos elementos parecem ter menor influência, limitando-se a uma importância mais localizada; no entanto, em alguns ensaios de rotura por compressão, constatou-se que próximo da rotura as fissuras que se formavam iniciaram-se em fendas de topo. Estas fendas podem resultar de falta de plasticidade no corte, retracção na secagem ou mesmo na cozedura.

Defeitos como crateras, borbulhas e esfoliações podem comprometer o cabal funcionamento dos revestimentos das paredes, particularmente os rebocos, chegando a originar destacamento dos mesmos; sob o ponto de vista mecânico, a redução da resistência é diminuta. Estes defeitos têm origem em problemas de composição da pasta e deficiente moagem da mesma.

Os defeitos de cozedura têm à partida duas desvantagens; uma é a significativa diferença de aspecto relativamente aos elementos com cozedura normal, outra é a alteração de propriedades, sobretudo a fraca resistência mecânica, dos elementos mal cozidos. A sua origem resulta de diferenças de temperatura no processo de cozedura, em que há zonas do forno que, devendo estar à mesma temperatura, efectivamente não estão, resultando daí elementos com cozeduras diferentes.

Defeitos de planeza das faces e arestas e falta de ortogonalidade provocam dificuldades na execução das alvenarias e nos seus rebocos, mas comprometem pouco o comportamento mecânico ou higrométrico da parede. Resultam de defeitos das fieiras ou de problemas de plasticidade, que durante o transporte em verde para a secagem, originam nos elementos deformações; são relativamente

fáceis de remediar.

Por último há defeitos que resultam do processo de manuseamento e transporte a que o bloco, já cozido, está sujeito, como é o caso dos vértices partidos.

É vulgar a normalização quantificar o número máximo e o tipo de defeitos tolerados numa dada amostra.

A normalização portuguesa é muito lacónica relativamente a este assunto:

- A NP-80 (6) limita-se a referências genéricas relativas aos elementos:

- devem ser bem conformados e adequadamente cozidos;
- devem ser isentos de substâncias que pela sua qualidade, grandeza das inclusões e natureza possam prejudicar o desempenho da construção;
- devem ser isentos de defeitos de fabrico como laminações, fendas largas, esfoliações, saliências e reentrâncias anormais, (no entanto pequenos defeitos superficiais, resultantes dos processos de manuseamento na carga e descarga, não devem ser motivo de rejeição);
- quando percutidos devem apresentar boa sonoridade;
- devem apresentar a marca do fabricante gravada em relevo ou depressão e de modo facilmente identificável.

- A E-309 (28) além das referências constantes da NP-80, acrescenta ainda que para limitar a deformação admissível, o desvio angular não deve ser superior a 2% e o empeno das faces não deve ultrapassar 5 mm.

A normalização francesa é mais exigente:

- todas as normas já apresentadas, referem que não devem haver defeitos sistemáticos como fissuras, vértices ou outros elementos partidos, deformação, abatimento de arestas, borbulhas, fendas de topo e crateras;
- pelo menos 25% dos elementos devem ter a marca do fabricante, e nos blocos de resistência garantida a classe resistente deve também ser indicada;
- relativamente ao número máximo de fissuras permitidas nos elementos furados, a NFP-301 (48) estabelece os limites constantes do quadro 4.25 sublinhando que algumas fendas de topo são toleradas.

É importante sublinhar que segundo a referida norma duas fissuras transversais concorrentes no mesmo ponto, contam-se como uma só, e ainda, que nos blocos com interrupção de junta horizontal, só são admitidas fissuras longitudinais nos septos centrais de ligação ao lado dos rebaixos, se três destes, no mínimo, não se encontrarem fissurados.

Quadro 4.25 - Percentagem máxima de produtos fissurados por tipo de fissura e número, função do número de fiadas de alvéolos verticais e do tipo de elemento, segundo a NFP13-301

Tipo	Número de fiadas de alvéolos verticais	Percentagem de produtos fissurados por tipo de fissura e número (%)									Percentagem total de fissurados (%)
		Transversais		Longitudinais			Totais				
		1	2	1	2	3	1	2	3		
Resistência Garantida	1	15	0	0	0	0	15	0	0	≤ 15	
	2	15	0	15	0	0	15	0	0	≤ 15	
	3 e mais	15	0	15	15	0	15	15	0	≤ 15	
Ordinário	1	30	5	5	0	0	30	5	0	≤ 30	
	2	30	10	30	10	0	30	10	0	≤ 30	
	3 e mais	30	10	30	30	10	30	30	10	≤ 30	

- No respeitante à planeza das faces e rectilinearidade das arestas todas as normas referem que a flecha medida nas faces exteriores e nas quatro arestas, deve respeitar o especificado no quadro 4.26 .

Quadro 4.26 - Tolerâncias permitidas na normalização francesa para defeitos de planeza das faces e rectilinearidade das arestas

	"Tijolos" furados (NFP13-301)	"Tijolos" para aplicação à vista (NFP13 - 304)	"Tijolos" e blocos maciços ou perfurados para rebocar (NFP13 - 305)	Blocos perfurados para aplicação à vista (NFP13 - 306)
Planeza das faces	< 5 mm	≤ 1% l<20cm - ≤2mm	≤ 4% ≤ 10 mm l<15cm - ≤6mm	Faces assentamento ≤ 6 mm Outras ≤ 1% l<20cm - ≤ 2mm
Rectilinearidade das arestas	< 5mm	≤ 1% m<20cm - ≤2mm	≤ 4% ≤ 10 mm l<15cm - ≤6mm	≤ 1% l<20cm - ≤ 2mm

- Refere também que os elementos destinados a receber reboco devem apresentar sulcos na superfície, para assegurar boa aderência.

A normalização italiana preconiza:

a) Fissuras

- Pequenos defeitos devidos aos métodos normais de produção ou ao transporte não se consideram.
- Para tijolos maciços e tijolos ou blocos perfurados, com furação vertical, de massa normal ou alveolada:
 - só se consideram fissuras com extensão superior a 5% do comprimento do elemento medido na direcção da lesão considerada;
 - nos septos interiores admite-se 1 fissura na direcção de furação, para secções até 700 cm² e 2 para secções superiores;
 - nos septos exteriores admite-se 4 fissuras na direcção de furação não superiores a 40% da dimensão do elemento nessa direcção, 2 fissuras normais à direcção dos orifícios com desenvolvimento não superior a 10% da dimensão do elemento nessa direcção, (2 fissuras concorrentes numa aresta consideram-se como uma só);
 - em qualquer caso o número total de fissuras nos septos exteriores não pode ser superior a 4.
- Nos blocos perfurados e vazados, com furação horizontal, de massa normal ou alveolada, só se consideram fissuras de extensão superior a 20% do comprimento do elemento, na direcção da referida fissura. Nos septos exteriores não se admitem fissuras com desenvolvimento superior a 20%. Nos septos interiores o número de fissuras é função do número de septos verticais, conforme se apresenta no quadro 4.27.

Para elementos destinados a utilização "à vista" as exigências são mais severas.

b) Protuberâncias e crateras

- A norma em análise refere que não são admitidos defeitos deste tipo de diâmetro médio superior a 30 mm. Defeitos de diâmetro inferior não devem ser sistemáticos.

Quadro 4.27 - Limites de aceitação de blocos perfurados e vazados na horizontal, função do número de fissuras, segundo UNI8942/2

Septos verticais	Nº máximo fissuras transversais (A)	Nº máximo fissuras longitudinais	Nº total máximo de fissuras internas (B)
2	1	0	1
3	1	1	1
4	1	1	2
5 e mais	1	2	3

(A) - Fissuras concorrentes num nó consideram-se a mesma
 (B) - O número figurando nesta coluna não é obrigatoriamente igual a soma das outras duas.

c) Planeza das faces, rectilinearidade e ortogonalidade das arestas

A norma especifica as exigências a satisfazer pelos diferentes elementos de acordo com o quadro 4.28.

d) Limites de aceitação

Estabelece que a apreciação de aspecto relativamente a uma dada amostra é feita em 125 elementos, podendo o número máximo de elementos não conformes atingir 21 unidades.

Quadro 4.28 - Exigências relativas à planidade das faces, rectilinearidade e ortogonalidade das arestas segundo UNI8942/2

	Elementos de massa normal	Elementos de face à vista	Elementos rectificados, calibrados e prensados a seco	Elementos de massa alveolada
Planeza das faces segundo a diagonal	$\leq 10\text{cm} - \pm 3\text{mm}$ $> 10\text{cm} - \pm 3\%$ (máx. $\pm 6\text{mm}$)	$\leq 10\text{cm} - \pm 2\text{mm}$ $> 10\text{cm} - < 2\%$ (máx. $\pm 5\text{mm}$)	$\leq 10\text{cm} - < 1\text{mm}$ $> 10\text{cm} - < 1\%$	$\leq 10\text{cm} - \leq 3\text{mm}$ $> 10\text{cm} - \leq 3\%$ (máx. $\pm 6\text{mm}$)
Rectilinearidade das arestas	$\leq 10\text{cm} - \pm 3\text{mm}$ $> 10\text{cm} - \pm 3\%$ (máx. $\pm 6\text{mm}$)	$\leq 10\text{cm} - \pm 2\text{mm}$ $> 10\text{cm} - < 2\%$	$\leq 10\text{cm} - < 1\text{mm}$ $> 10\text{cm} - < 1\%$	$\leq 10\text{cm} - \leq 3\text{mm}$ $> 10\text{cm} - \leq 3\%$ (máx. $\pm 6\text{mm}$)
Ortogonalidade das arestas	-	$\leq 10\text{cm} - \pm 2\text{mm}$ $> 10\text{cm} - \leq 2\%$	$\leq 10\text{cm} - < 1\text{mm}$ $> 10\text{cm} - < 1\%$	-

4.3.3.2. Apreciação dos resultados

Da análise dos resultados apresentados em 3.3.3.1. sobressai à partida o grande número de defeitos apresentados pelos elementos, sobretudo os da Fábrica "B". É de notar que os mesmos já tinham sofrido uma escolha prévia, tratando-se assim de elementos já seleccionados, como sendo de primeira qualidade.

Dos defeitos apresentados ressaltam pela sua frequência as fendas de topo, fissuras e vértices partidos que ocorrem com as percentagens constantes do quadro 4.29, expressas relativamente ao total de elementos classificados em cada uma das colheitas.

Quadro 4.29 - Frequência média de defeitos apresentados, para as três geometrias, pelos elementos ensaiados

Geometria	Origem	Frequência de defeitos (%)									
		Fendas de topo	Fissuras transversais		Fissuras longitudinais		Total de fissuras			Elementos fissurados	Vértices partidos
			1	2	1	2	1	2	≥2		
30x20x11	B	80	10	2	13	5	23	9	1	32	21
	C	22	1	-	8	2	9	3	-	13	7
30x20x15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C	35	1	-	14	2	15	3	-	18	12
30x22x20	B	86	4	2	22	12	26	15	10	52	22
	C	48	4	-	15	3	19	3	1	23	11

Os outros defeitos ocorrem em menor número e, alguns deles, como certos defeitos de planeza e empeno, seriam facilmente resolúveis com um controlo mais apertado por parte dos produtores.

Observando o quadro depreende-se que os elementos da fábrica "B", quanto ao número de fissuras, ultrapassam os limites permitidos na normalização francesa para os elementos ordinários. Essa diferença é ligeira no caso dos blocos 30 x 20 x 11, mas com algum significado na geometria 30 x 22 x 20.

A produção da Fábrica "C" enquadra-se nos limites permitidos na normalização francesa para os elementos de resistência garantida, salvo os 30 x 22 x 20 que ultrapassam bastante os referidos limites, sendo no entanto inferiores aos valores máximos permitidos para os blocos ordinários.

Não se comparam os resultados com os valores especificados na normalização italiana por esta não estar ainda disponível à data da realização dos ensaios, não possibilitando a classificação adoptada a separação em fissuras interiores e exteriores.

Relativamente às fendas de topo o seu número é significati-

vo, devendo as suas causas ser diagnosticadas com exactidão para conseguir a sua redução a valores mais razoáveis.

4.3.4. Desvio de dimensões exteriores e interiores

4.3.4.1. Síntese de informação normativa

As exigências de precisão dimensional relativas às dimensões exteriores são estabelecidas através de tolerâncias máximas admissíveis.

Apresentam-se no quadro 4.30 os desvios máximos admissíveis para as dimensões exteriores fixadas nas normas portuguesas, francesas e italianas. A norma portuguesa não especifica se as tolerâncias dizem respeito às dimensões médias ou individuais. Na norma francesa os desvios são individuais de cada aresta, enquanto na norma italiana dizem respeito à média de duas medições para cada dimensão.

Verifica-se que as normas portuguesas são em geral mais exigentes que as suas congéneres francesas e italianas, relativas ao mesmo tipo de elemento.

Quanto às dimensões interiores, as normas não estabelecem tolerâncias para as dimensões de septos ou secção dos alvéolos, limitando-se a especificar de acordo com o referido na apreciação de forma, espessuras mínimas para os referidos septos e secções máximas admitidas para os alvéolos.

4.3.4.2. Apreciação dos resultados

a) Dimensões exteriores

Os resultados oportunamente apresentados em 3.3.3.2. evidenciam que as amplitudes observadas são significativas, conforme se prova nos quadros 4.31 e 4.32 .

Os desvios não têm um sentido preferencial, embora na mesma produção, e para cada uma das dimensões sejam do mesmo sinal, no entanto variam de forma arbitrária com a dimensão.

Os desvios são fundamentalmente provocados pelas seguintes causas de natureza tecnológica:

- desgaste excessivo e insuficiência de controlo nas boquilhas das fieiras, influenciando a altura e a largura;

- estimacão grosseira e pouco controlada da retracção por secagem e cozedura;
- desafinação do carro cortador que define o comprimento dos blocos.

Quadro 4.30 - Desvios máximos admissíveis para as dimensões exteriores dos tijolos e blocos cerâmicos, segundo a normalização portuguesa, francesa e italiana

Normalização	Elementos	Comprimento	Altura	Espessura	Diferença no mesmo lote
Portuguesa	Formatos base 22 x 11 x 7 30 x 20 x 7 30 x 20 x 11 30 x 20 x 15 30 x 22 x 20	$\pm 6\text{mm}$ ($\pm 2.7\%$) $\pm 7\text{mm}$ ($\pm 2.4\%$)	$\pm 4\text{mm}$ ($\pm 5.7\%$) $\pm 5\text{mm}$ ($\pm 2.6\%$)	$\pm 4\text{mm}$ ($\pm 3.7\%$) $\pm 4\text{mm}$ ($\pm 5.7\%$) $\pm 4\text{mm}$ ($\pm 3.6\%$) $\pm 5\text{mm}$ ($\pm 3.3\%$) $\pm 6\text{mm}$ ($\pm 2.7\%$)	-
	Formatos complementares 20 x 20 x 7 20 x 20 x 11 20 x 20 x 15 20 x 22 x 20	$\pm 5\text{mm}$ ($\pm 2.6\%$)	$\pm 5\text{mm}$ ($\pm 2.6\%$)	$\pm 4\text{mm}$ ($\pm 5.7\%$) $\pm 4\text{mm}$ ($\pm 3.6\%$) $\pm 5\text{mm}$ ($\pm 3.3\%$) $\pm 6\text{mm}$ ($\pm 2.7\%$)	-
	Blocos "Duplex" 30 x 20 x 17 30 x 20 x 22 30 x 20 x 27 30 x 20 x 32	$\pm 7\text{mm}$ ($\pm 2.4\%$)	$\pm 5\text{mm}$ ($\pm 2.6\%$)	$\pm 5\text{mm}$ ($\pm 2.9\%$) $\pm 6\text{mm}$ ($\pm 2.7\%$) $\pm 2\text{mm}$ ($\pm 2.6\%$) $\pm 7\text{mm}$ ($\pm 2.2\%$)	-
Francesa	"Tijolos vazados"	$\pm 3\%$ (mínimo $\pm 2\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (mínimo $\pm 2\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (mínimo $\pm 2\text{mm}$)	Altura e espessura $\leq 20\text{cm}$ = max - 4mm $\geq$ $\geq 20\text{cm}$ - max - 2%
	"Tijolos" para aplicação à vista	$\pm 3\%$	$\pm 3\text{mm}$ calibrados $\pm 4\text{mm}$ correntes	$\pm 3\%$	Comprimento e espessura: máx. - 3% Altura e espessura calibrados $\leq 3\text{mm}$ correntes $\leq 5\text{mm}$
	"Tijolos" maciços ou perfurados e blocos perfurados para rebocar	$\pm 4\%$	$\pm 4\%$	$\pm 4\%$ (máximo $\pm 10\text{mm}$)	Comprimento e espessura - máx. 12.5mm Altura - máx - 5mm
	Blocos perfurados para aplicação à vista	$\pm 3\%$	$\pm 3\text{mm}$	$\pm 3\%$	Comprimento máx. - 5% mín. - 12.5mm Altura - máx - 5mm
Italiana	Massa normal	$\pm 4\%$ (máximo $\pm 8\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (máximo $\pm 6\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (máximo $\pm 6\text{mm}$)	-
	Revestimento	$\pm 3\%$ (máximo $\pm 3\text{mm}$)	$\pm 2\%$ (máximo $\pm 5\text{mm}$)	$\pm 2\%$ (máximo $\pm 5\text{mm}$)	-
	Rectificador, calibrados e prensados a seco	$\pm 1\%$ (máximo $\pm 5\text{mm}$)	$\pm 1\%$ (máximo $\pm 1\text{mm}$)	$\pm 1\%$ (máximo $\pm 1\text{mm}$)	-
	Massa alveolada	$\pm 4\%$ (máximo $\pm 8\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (máximo $\pm 6\text{mm}$)	$\pm 3\%$ (máximo $\pm 6\text{mm}$)	-

Quadro 4.31 - Amplitudes dos desvios individuais e médios obtidos nas medições dos formatos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 das produções "B" e "C"

Dimensão	Desvio (mm)	30 x 20 x 11		30 x 20 x 15		30 x 22 x 20	
		B	C	B	C	B	C
Comprimento	Indivíduo	14	13	-	19	16	17
	Médio	14	11	-	14	12	13
Altura	Indivíduo	17	12	-	14	14	13
	Médio	11	9	-	11	11	14
Espessura	Indivíduo	11	11	-	9	15	14
	Médio	9	8	-	7	8	11

Quadro 4.32 - Medições percentuais relativas às dimensões exteriores que não satisfizeram a normalização portuguesa

Formato	Origem	Comprimento		Altura		Espessura	
		Indivíduo	Médio	Indivíduo	Médio	Indivíduo	Médio
30x20x11	B	8%	3%	6%	2%	20%	19%
	C	0	0	44%	51%	0	0
30x20x15	C	2%	0	57%	53%	0	0
30x22x20	B	15%	0	14%	13%	95%	98%
	C	17%	1%	92%	95%	49%	55%

Nas figuras 4.30 a 4.32 apresentam-se sob forma gráfica os resultados apresentados nos quadros 3.32 a 3.36.

Conclui-se que há desvios significativos sobretudo na altura e largura, pelas razões já referidas e, dado que alguns deles são por excesso, traduzem-se em desperdício de material para o produtor.

b) Dimensões interiores

Os resultados apresentados comprovam as conclusões já extraídas a respeito das dimensões exteriores. O desgaste excessivo das boquilhas do molde e o afastamento da sua posição correcta provocam no mesmo elemento septos com espessuras muito diferentes, comprometendo o perfeito funcionamento do bloco.

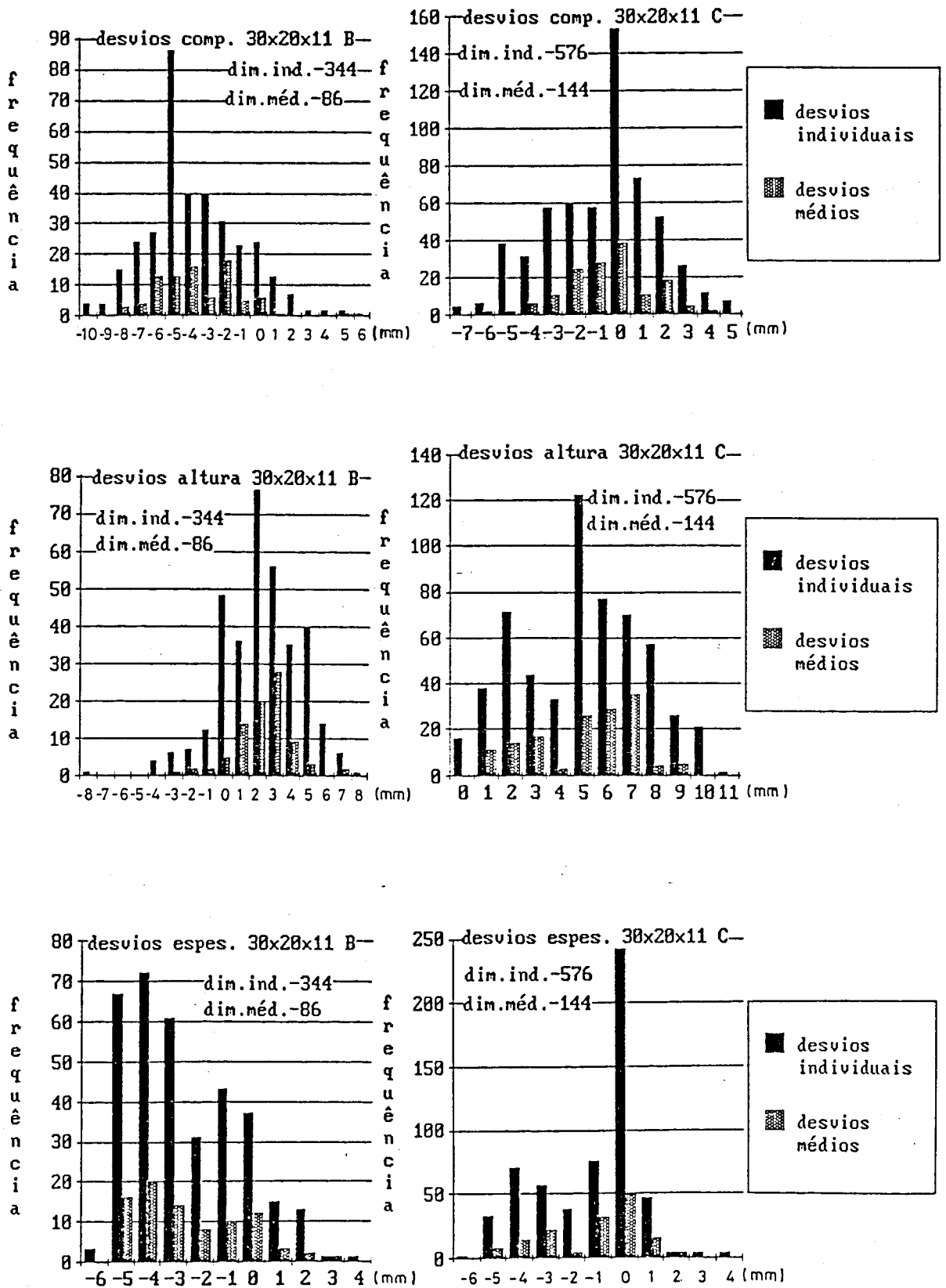


Fig. 4.30 - Desvios de dimensões exteriores blocos cerâmicos 30 x 20 x 11 das produções "B" e "C"

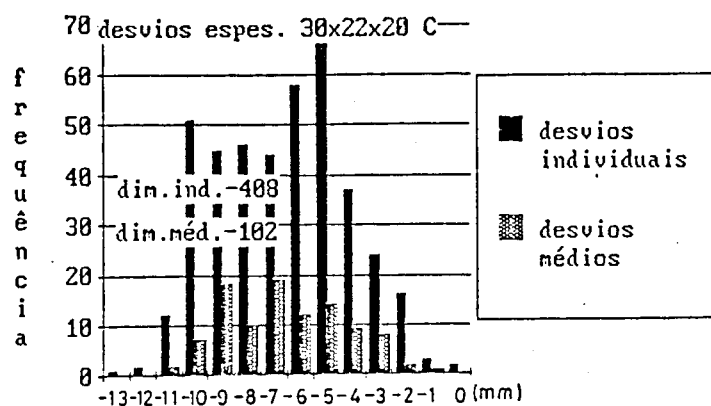
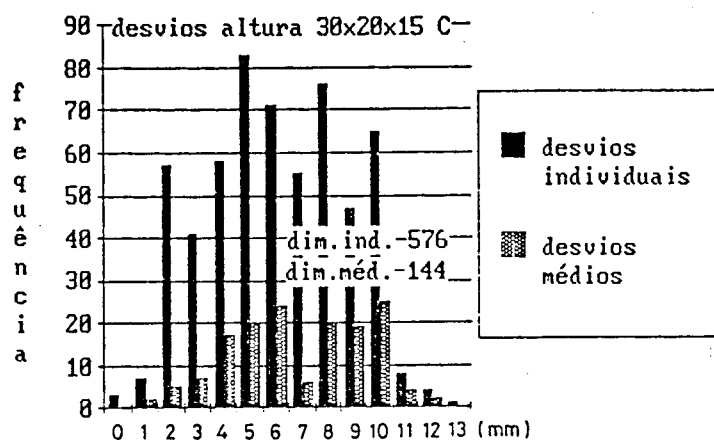
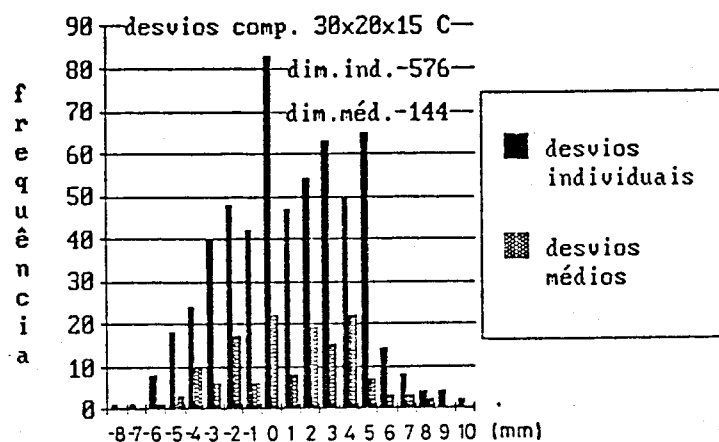


Fig. 4.31 - Desvios de dimensões exteriores blocos cerâmicos 30 x 20 x 15 da produção "C"

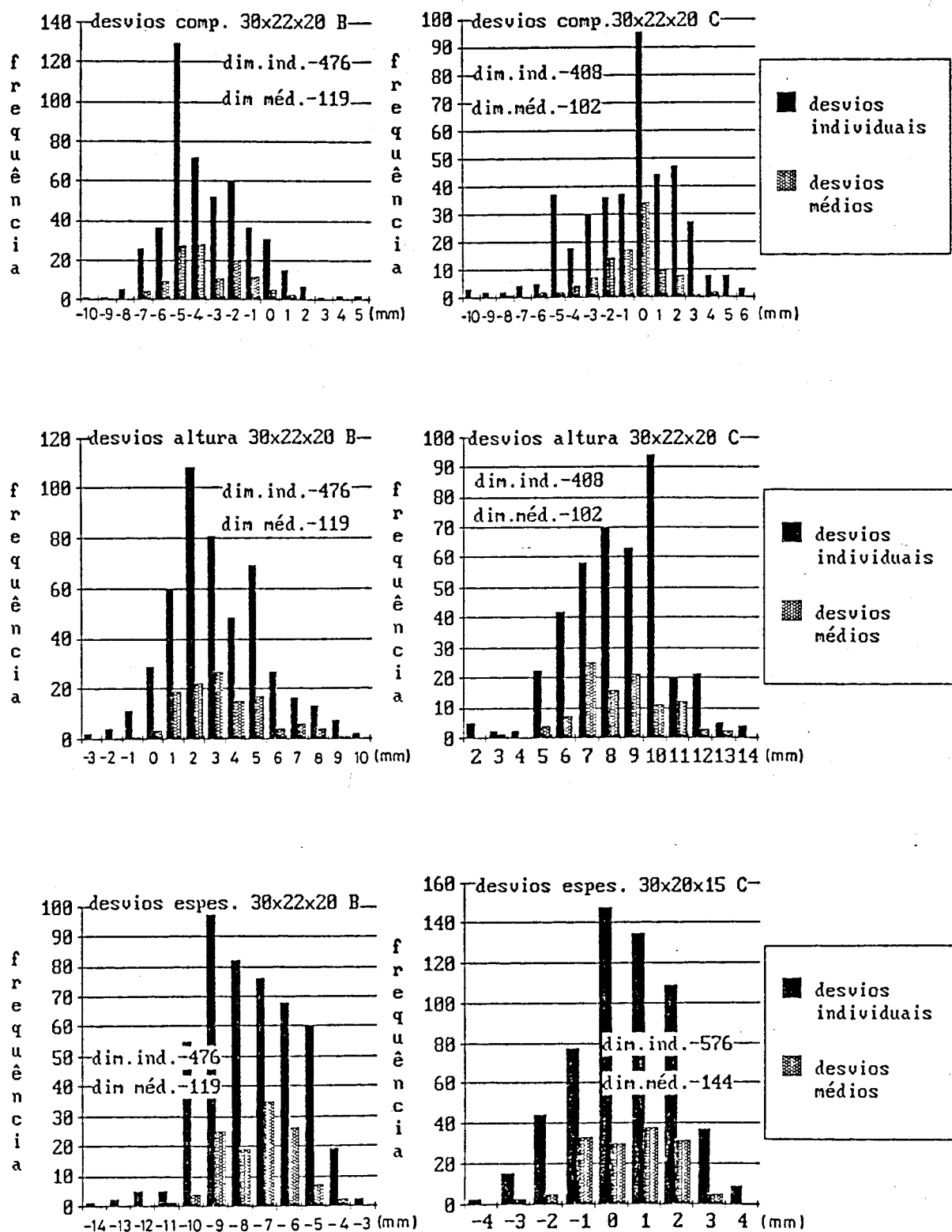


Fig. 4.32 - Desvios de dimensões exteriores blocos cerâmicos 30 x 22 x 20, das produções "B" e "C"

Constata-se ainda que é frequente existirem algumas diferenças entre as dimensões médias dos septos horizontais e verticais, o que não corresponde a qualquer intenção por parte dos fabricantes, podendo ser perigoso nos blocos 30 x 22 x 20, que frequentemente são assentes nas duas posições, originando paredes de 22 ou de 20 cm.

Refira-se que a espessura de septos de alguns blocos da produção "C" atinge frequentemente valores inferiores aos admitidos pela normalização francesa para elementos de resistência garantida.

4.3.5. Percentagem de furação

4.3.5.1. Síntese de informação normativa

O problema da percentagem de furação nos blocos cerâmicos é perfeitamente análogo ao já abordado para os blocos de betão.

As tolerâncias permitidas para a percentagem de furação, relativamente ao valor nominal, só são referidas na norma italiana UNI8942/2 (2), que estabelece uma tolerância de + 2% e - 5%.

Conforme já foi referido, a percentagem de furação condiciona fortemente duas propriedades fundamentais e difíceis de compatibilizar nos materiais para alvenaria: a resistência mecânica associada à avaliação das possibilidades de utilização estrutural do elemento e o seu desempenho térmico; este será discutido oportunamente.

Na análise efectuada para os blocos de betão já se referiu que a resistência mecânica diminui com o aumento da percentagem de furação, no entanto convém salientar a importância da orientação da furação na referida resistência. Pelos resultados apresentados no Capítulo 3 constata-se que para os mesmos elementos cerâmicos, a resistência é muito superior quando a furação é vertical comparativamente à disposição com a furação horizontal; tal facto será discutido na apreciação da resistência mecânica dos blocos, no entanto, na passagem da resistência dos elementos para a da parede, em que os mesmos são associados com argamassa, a importância da furação aumenta quando os elementos são furados verticalmente, pois aí, dada a aleatoriedade da sua sobreposição, a zona efectiva de transmissão de cargas pode vir significativamente reduzida. Em contrapartida, nos elementos com furação horizontal há a garantia, em condições correntes de execução, que os septos verticais, que efectivamente transmitem as cargas, estão

sobrepostos.

Em 4.2.8. referiram-se já as implicações da furação no cálculo estrutural de paredes, de acordo com as regras do CIB, agravadas para os locais em que existe risco sísmico.

A recente regulamentação italiana relativa a edifícios de alvenaria (33) e construção em zona sísmica (34) impõe um número crescente de restrições à medida que a percentagem de furação aumenta. Assim:

- Com função estrutural só é possível utilizar elementos com percentagem de furação, horizontal ou vertical, máxima de 55% e secção dos alveólos inferior ou igual a 15 cm^2 , salvo casos contemplados de orifícios destinados a facilitar a prensão, para determinadas dimensões. Além disso as espessuras mínimas dos septos exteriores e interiores são 10 mm e 8 mm, respectivamente.
- Até percentagens de furação de 45% é possível determinar o valor característico da resistência à compressão, f_{ck} , e ao corte, f_{vko} , da parede, conhecendo apenas a resistência característica do elemento, f_bK , e do tipo de argamassa a utilizar. Para percentagens de furação superiores a 45% e pelas razões acabadas de referir, devem realizar-se ensaios de caracterização da alvenaria.
- A espessura mínima da parede é também, entre outros factores, função da percentagem de furação:
 - elementos maciços - percentagem de furação $\leq 15\%$ - 12cm
 - elementos perfurados - percentagem de furação $\rightarrow 15\%$ e $\rightarrow 45\%$ - 20cm
 - elementos furados - percentagem de furação $\rightarrow 45\%$ e $\rightarrow 55\%$ - 25 cm
- A utilização das alvenarias resistentes em zona sísmica é vedada a elementos com percentagens de furação superiores a 45%, além disso, a altura máxima dos edifícios acima do solo e a espessura mínima das paredes devem obedecer ao especificado no quadro 4.33, função do risco sísmico.

4.3.5.2. Apreciação dos resultados

Os resultados apresentados evidenciam algumas variações, associadas aos desvios dimensionais anteriormente discutidos, ultrapassando em alguns casos a tolerância referida na normalização italiana.

Quadro 4.33 - Elevação máxima dos edifícios acima do solo e espessura mínima das paredes, em função do risco sísmico

		Risco sísmico		
		Baixo	Médio	Elevado
Elevação máxima (m)		16	11	7.5
Espessura mínima do troço inferior de parede (m)	Elementos maciços	0.24	0.24	0.36
	Elementos perfurados	0.30	0.30	0.40

A aplicação estrutural destes elementos, dada a sua grande percentagem de furação parece muito condicionada, sobretudo em zonas de risco sísmico como é o caso do nosso país; no entanto, dado que as considerações tecidas no ponto anterior dizem respeito a realidades diferentes da portuguesa, a eventual aptidão, que é uma realidade na realização de edifícios de pequeno porte, deveria ser estudada com maior profundidade.

4.3.6. Massa e massa volúmica dos blocos e da argila constituinte

4.3.6.1. Síntese de informação

O conhecimento da massa dos blocos tem importância porque permite determinar a massa das paredes realizadas com esses elementos, influencia o seu manuseio, logo o rendimento de assentamento dos mesmos e é um indicador importante da regularidade da produção.

Quanto ao manuseio as ideias gerais já foram apresentadas relativamente aos blocos de betão; no que se refere aos blocos cerâmicos não existem habitualmente problemas associados ao seu peso, estando estes mais associados à forma e facilidade de preensão.

Quanto à regularidade da produção a massa do bloco deverá ser o indicador expedito através do qual o produtor, nas diversas fases do processo, avalia a constância do seu produto particularmente estabilidade da pasta, do seu teor em água e controlo dimensional associado ao desgaste das fieiras.

A massa volúmica do bloco e da argila constituinte, além dos

aspectos associados à massa do bloco, que obviamente também reflecte, dá indicações acerca da regularidade da composição da pasta no tempo, que influencia muitas propriedades dos elementos, entre outras a resistência mecânica, a condutibilidade térmica e a absorção de água. Normalmente admite-se que a argila comum tem massa volúmica superior a 1450 Kg/m^3 , enquanto a alveolada tem massa volúmica igual ou inferior; o valor correntemente adoptado para a argila corrente cozida é próximo dos 1800 Kg/m^3 .

Da normalização em análise apenas a norma italiana UNI8942/2 (2) refere que a massa volúmica observada não deve diferir da nominal mais de 8%.

4.3.6.2. Apreciação de resultados

As massas dos blocos determinadas não põem qualquer problema de manuseio, sendo em geral possível movimentá-los com uma só mão, salvo o formato $30 \times 22 \times 20$ que pela sua massa, mas sobretudo pela sua largura, põe maiores problemas.

Relativamente à regularidade das produções detectaram-se variações significativas entre colheitas, e mesmo na própria colheita, conforme está patente no quadro 4.34. Estas parecem exageradas, resultando entre outros dos desvios dimensionais já detectados.

Quadro 4.34 - Variações da massa seca dos blocos ensaiados

Geometria	Origem	Massas (Kg)		Variação percentual em relação à média (%)
		Média	Limites de variação	
30x20x11	B	4.77	4.57 a 5.05	-4.2 a +5.9
	C	4.43	4.23 a 4.59	-4.5 a +3.6
30x20x15	C	5.89	5.70 a 6.03	-3.2 a +2.4
30x22x20	B	8.95	8.55 a 9.21	-4.5 a +2.9
	C	7.47	7.16 a 8.08	-4.2 a +8.2

Quanto à massa volúmica da argila constituinte os valores observados são próximos dos 1800 Kg/m^2 , embora na Fábrica "B" os valores sejam normalmente superiores, enquanto para a Fábrica "C" são em geral inferiores.

As variações observadas foram as seguintes:

- Fábrica "B" - $30 \times 20 \times 11$ - -7.0% a +8.8%

	- 30 x 22 x 20	-	-5.3% a +3.3%
- Fábrica "C"	- 30 x 20 x 11	-	-3.5% a +4.3%
	- 30 x 20 x 15	-	-2.8% a +2.3%
	- 30 x 22 x 20	-	-2.4% a +2.7%

sendo em geral compatíveis com os valores referidos na norma italiana.

4.3.7. Absorção de água por imersão

4.3.7.1. Síntese de informação normativa

A argila, como os materiais em geral, possui na sua massa poros; estes podem ser fechados (porosidade fechada), ou comunicantes entre si através de canais capilares (porosidade aberta).

A porosidade depende da composição inicial da argila, do método de produção da pasta e da temperatura máxima de cozedura.

A porosidade aberta é a responsável pela absorção de água e em grande parte pela permeabilidade ao vapor de água. Os poros cheios de ar funcionam como barreira térmica. A dimensão dos poros influi no risco de gelividade, o que em Portugal tem pouca importância.

A temperatura de cozedura modifica a dimensão e repartição dos poros; quando esta aumenta, há um acréscimo dos poros grandes e uma diminuição dos pequenos e dos canais capilares, diminuindo assim a retenção de água por capilaridade e aumentando a resistência mecânica.

Segundo (8), a absorção de água por imersão pode servir para controlar periodicamente a resistência dos elementos de uma dada produção; a porosidade é também responsável também pela aderência entre o elemento cerâmico e a argamassa.

Da normalização que se tem referido, a NP-80 (6) aborda a determinação da absorção de água por imersão, mas apenas com o objectivo de avaliar a durabilidade do tijolo maciço, quando sujeito a temperaturas inferiores a 0°C.

A norma italiana UNI8942/2 (2) estabelece que a absorção de água por imersão, determinada segundo a técnica de ensaio coincidente com a utilizada neste trabalho, deve estar compreendida entre 10% e 25%, salvo para os elementos de massa alveolada, em que o intervalo é de 15% a 40%.

Interessa referir dois aspectos importantes associados à absorção de água; o teor em água do material no estado natural e a expansão volumétrica por acção da humidade:

- Nos blocos de betão determinou-se o teor em água do material à data de fornecimento, no estado natural; tal não foi realizado nos blocos cerâmicos, pois sendo estes cozidos a altas temperaturas, expulsam toda a água, limitando-se posteriormente, quando já frios e em contacto com o ar, a absorverem humidade deste até atingirem a sua humidade de equilíbrio. Esta, expressa em percentagem da massa do elemento, situa-se, para humidades relativas de 50% a 80%, entre 0,2% e 0,3%, o que, dadas as massas em jogo, conduz a diferenças de massa apenas detectáveis com balanças de precisão.

- O problema da expansão volumétrica dos blocos cerâmicos foi reconhecido na década de 60 em Inglaterra e sobretudo em França, em que se lhe atribuem diversos casos de patologia (75).

Os materiais cerâmicos, pelo facto de estarem sujeitos a uma secagem e cozedura a alta temperatura, realizam a retracção no forno pois expulsam aí a água física e de constituição que contêm. É um dado adquirido que estes produtos também apresentam variações dimensionais reversíveis, quando sujeitos a ciclos de embebição/secagem, mas estas variações são normalmente muito reduzidas. Todavia, dado que estes materiais são muito ávidos de água, produz-se um aumento de volume por absorção da humidade do ar. Em condições climáticas normais, esta expansão não é em geral reversível, podendo atingir em casos limites valores elevados de cerca de 1,3 mm/m.

Investigações realizadas em Inglaterra (76) e na Alemanha (77) vieram mostrar que este fenómeno não depende só da constituição mineralógica da argila, mas também da temperatura de cozedura e das condições termo-higrométricas, pois mais de 50% desta expansão ocorre na primeira semana após cozedura. Assim, e de acordo com as conclusões constantes da referida bibliografia é possível reduzir a valores aceitáveis a expansão das produções que apresentam riscos elevados, através de aditivos, aumento da temperatura de cozedura, molhagem e permanência dos blocos em local saturado durante algumas horas. Para estes materiais não é conveniente embalá-los envoltos em plástico logo após a cozedura pois, ao privá-los do contacto com o ar, transfere-se para a obra esse contacto com acréscimo de

risco.

Não se realizaram ensaios de dilatação convencional à humidade por requererem equipamento sofisticado indisponível.

4.3.7.2. Apreciação dos resultados

Os resultados obtidos para as duas produções encontram-se próximos do limite inferior estabelecido na norma italiana, sendo mesmo inferior a este valor em alguns casos.

Este facto poderá ter a ver com a temperatura de cozedura que pode não ser suficiente para transformar grande parte da porosidade fechada em aberta. As consequências são sobretudo a variação da condutibilidade térmica do material, da permeabilidade ao vapor e a ligação um pouco deficiente entre os elementos e a argamassa de assentamento.

4.3.8. Absorção de água por capilaridade

4.3.8.1. Síntese de informação normativa

A absorção de água por capilaridade é responsável pela humidade existente nos elementos constituintes da alvenaria. A aderência entre a argamassa e o bloco cerâmico depende da absorção do elemento pois a argamassa é um material com porosidade aberta, apresentando um comportamento análogo ao da alvenaria. Se a porosidade do bloco for elevada este poderá apresentar na colocação, se tiver sido embebido anteriormente, um excesso de água provocando dificuldades de assentamento; em alternativa, se não tiver sido embebido origina uma secagem rápida da argamassa, com presa anormal; por outro lado um material pouco poroso tem dificuldade em aderir à argamassa.

Em "La realizzazione di murature in Laterizio" (8) refere-se que em geral há todo o interesse em molhar abundantemente os elementos, imediatamente antes do seu assentamento, ou tê-los mergulhados em água, sobretudo na estação quente; assim repele-se o pó e impede-se uma retirada da água da argamassa demasiado rápida, com diminuição da resistência mecânica.

Para elementos menos absorventes, com tempo mais húmido, ou por questões de facilidade de execução bastará assegurar que o elemento esteja internamente quase saturado, embora possa

apresentar a superfície praticamente enxuta.

O mesmo texto refere que só deve ser permitido o assentamento sem molhagem, se a absorção de água por capilaridade, obtida de acordo com a norma italiana UNI8942/3 (3), for bastante inferior a 20 g/dm^2 , no primeiro minuto.

A normalização portuguesa é omissa a este respeito. As exigências normativas francesas e italianas, bem como as técnicas de ensaio são diferentes.

As normas francesas NFPl3-301 (48), NFPl3-304 (72), NFPl3-305 (73) e NFPl3-306 (74) estabelecem que a imersão se deve fazer através da face de assentamento, em contacto com a água numa altura de 5 mm, durante 10 min.. A expressão dos resultados é em $\text{g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$. Os valores máximos permitidos são:

- Blocos Furados - valor médio - $\leq 15 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$
- "Tijolos maciços extrudidos em fieira de misturador vertical" - $\leq 80 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$
- "Tijolos" maciços prensados - $\leq 60 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$
- "Tijolos" maciços extrudidos em fieira horizontal $\leq 40 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$
- "Tijolos" e blocos perfurados - $\leq 30 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$

Em qualquer caso, no mesmo lote, o valor individual não deve diferir da média mais de 20%, com o mínimo de $3 \text{ g cm}^{-2} \text{ min.}^{-1/2}$.

Segundo a norma italiana UNI8942/3 (3) a imersão faz-se através da face de assentamento, numa altura de 10 mm, mas apenas durante um minuto. Os resultados expressam-se em g. dm^{-2} .

Os valores máximos permitidos pela UNI8942/2 (2) variam entre 8 e 20 g dm^{-2} para todos os elementos, excepto os produtos de massa alveolada em que esse intervalo é de 12 a 30 g dm^{-2} .

4.3.8.2. Apreciação dos resultados

Embora os resultados apresentados estejam expressos nas unidades das normas francesa e italiana, a técnica de ensaio utilizada foi a preconizada na normalização francesa, pelo que as comparações devem ser cautelosas.

Os valores são em geral baixos, sempre bastante inferiores ao máximo permitido pela NFPl3-301 (48), não ultrapassando também a variação os limites permitidos. No entanto, para a Fábrica "C" detectaram-se entre colheitas distintas variações muito significativas, sem paralelo na absorção de água por imersão.

Presume-se que este fenómeno tenha a ver com a temperatura de cozedura que, conforme referido, modifica a dimensão dos poros.

A comparação com os valores permitidos pela norma italiana, com as reservas já referidas, indicia em geral valores compatíveis.

4.3.9. Eflorescência e sais solúveis

4.3.9.1. Síntese de informação

As eflorescências resultam de impurezas, sais solúveis presentes na argila, muito difíceis de evitar no fabrico, que com a secagem e cozedura se depositam à superfície das peças. A sua ocorrência pode ser temporária ou permanente, requer a presença de água e é caracterizada pelo aparecimento de manchas, normalmente brancas.

As consequências poderão ser apenas estéticas, desagradáveis em alvenaria à vista, ou provocar a expansão e enfraquecimento das argamassas de assentamento e reboco, ou mesmo a possibilidade de desagregação localizada do elemento ou do seu revestimento.

A norma portuguesa NP-80 (6) especifica que após o ensaio as arestas ou vértices do provete podem estar parcial ou totalmente revestidas de sais, não devendo o alastramento para as faces ser superior a 5 cm. No entanto a norma refere que o ensaio normalmente subestima a tendência para a eflorescência.

O teor em sais solúveis, que só indicia eflorescências para grandes tendências, dá sobretudo indicações sobre a possibilidade de os elementos cerâmicos, sob condições persistentes de humidade, deteriorarem as argamassas e rebocos por acção dos sais neles contidos. O teor total segundo a norma portuguesa não deve ultrapassar 0,5% da massa do provete.

A normalização francesa (48), (72), (73), (74) só faz exigências relativamente aos elementos a aplicar "à vista" em que não admite eflorescências.

A norma italiana UNI8942/2 (2) exige que para a generalidade dos elementos a tendência para as eflorescências não ultrapasse o grau médio, isto é, a aparição após ensaio, de uma leve patine uniforme.

Para elementos à vista essa tendência não deve ultrapassar

o grau ligeiro, o que equivale a que a referida patine seja não uniforme.

4.3.9.2. Apreciação dos resultados

Os resultados obtidos indiciam que as produções ensaiadas não apresentam grande tendência para a eflorescência.

4.3.10. Tensões de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados

4.3.10.1. Síntese de informação normativa

Em analogia com o que se passa nos blocos de betão, as características mecânicas exigíveis às produções de blocos cerâmicos, constam de todas as normas. No entanto as técnicas de ensaio associadas não são coincidentes.

Normalmente para um dado número de elementos ensaiados as normas estabelecem a tensão média ou característica mínima a satisfazer, bem como valores mínimos individuais que não devem ser ultrapassados.

Especificam-se no quadro 4.35, estes valores para as normas em análise NFPl3-301 (48), NFPl3-304 (72), NFPl3-305 (73), NFPl3-306 (74) e UNI8942/2 (2).

Merece referência o facto de apenas a norma italiana adoptar o conceito de valor característico, embora não defina classes de resistência, deixando assim ao utilizador total liberdade na selecção da resistência característica pretendida.

As classes resistentes definidas na publicação 94 do CIB (9) e já referidas em 4.2.13.1., dizem também respeito aos blocos cerâmicos. Aliás o regulamento italiano para construções de alvenaria (33) refere também classes de resistência praticamente coincidentes com as do CIB.

Das técnicas de ensaio, talvez o aspecto que mais influencia os resultados seja a forma como as faces dos blocos são regularizadas.

Segundo a NP-80 (6) os elementos são regularizados com argamassa de cimento e areia e, após uma cura prévia, são imersos até serem ensaiados.

Quadro 4.35 - Exigências relativas à tensão de rotura por compressão de tijolos e blocos cerâmicos segundo a normalização portuguesa, francesa e italiana

Norma	Número de elementos ensaiados	Categoria resistentes dos elementos	Tensão de rotura (MPa)		
			Média fbm	Característica fbk	Mínima
NP - 80	6	Maciços e perfurados			
		A	19.0 (A)		14.0
		B	15.0 (A)	-	10.0
		C	12.0 (A)		7.0
		Furados			
		A	6.0 (A)		3.5
NFP13 - - 301	7	B	4.5 (A)		3.0
		C	3.0 (A)		1.5
		Resistência garantida			
		I	4.0		3.2
		II	6.0	-	4.8
		III	8.0		6.4
NFP13 - - 304 - 305 - 306	7	Ordinários	2.8		2.3
		"Tijolos"			
		BP 200	20.0		16.0
		BP 300	30.0		24.0
		BP 400	40.0		36.0
		"Tijolos" ordinários	12.5		10.0
		Blocos			
		BP 150	15.0	-	12.0
		BP 200	20.0		16.0
		BP 300	30.0		24.0
		BP 400	40.0		32.0
		Blocos ordinários	10.0		8.0
UNI 8942	≥ 6	-	(B)	Valor mínimo nominal menos 8%	(B)

(A) - Valor sugerido

(B) - Coeficiente de variação máximo - 20%

As normas francesa e italiana já referidas preconizam uma regularização com pasta de enxofre e areia; os elementos são ensaiados enxutos.

Ensaio realizados no CSTB em 1969 (78), mostraram que a resistência à compressão de elementos de geometria idêntica aos produzidos pelas fábricas "B" e "C", regularizados com argamassa de cimento é sempre inferior à resistência desses mesmos elementos regularizados com pasta de enxofre. Esses ensaios foram realizados com elementos secos. A resistência dos elementos regularizados com argamassa de cimento, em média, foi de cerca de 45% de resistência dos elementos regularizados com enxofre.

Sabe-se também que o facto de os elementos estarem saturados faz reduzir a sua resistência mecânica; aliás, a relação entre a resistência de elementos saturados e elementos secos é referida por Tubi (8) como indicador da estabilidade química da argila. Se esta relação for inferior a 80% significa que o barro foi mal

cozido e que há ainda elementos instáveis que se alteram na presença da água.

Sublinha-se por último que segundo a publicação do CIB (9) a determinação da resistência à compressão dos elementos deveria ser sempre realizada com os mesmos saturados, embora não especificasse qual o tipo de regularização.

Sabe-se que é significativa a importância das fissuras na dispersão dos resultados. Nos ensaios realizados no CSTB já referidos (78), bem como num trabalho mais recente sobre alvenaria armada também lá realizado (79), só foram utilizados elementos com apenas uma ou sem nenhuma fissura respectivamente, embora com esta selecção se rejeitassem cerca de 50% dos elementos.

A propósito da determinação do valor característico as considerações são as já referidas para os blocos de betão.

Quanto à rotura na direcção paralela às faces de assentamento o CIB (9) recomenda que em zonas sísmicas, os blocos apresentem nessa direcção uma resistência mínima de 2,0MPa.

Não se conhecem referências a propósito das configurações de rotura.

4.3.10.2 Apreciação dos resultados

Também para os blocos cerâmicos se testou a normalidade através da recta de Henry. Os resultados, de que se apresentam alguns extractos nas figuras 4.33 a 4.35 parecem comprovar a hipótese.

Determinaram-se os valores característicos que se apresentam no quadro 4.36 .

Os valores característicos são muito penalizados pelas grandes dispersões dos resultados. Constata-se que os elementos seleccionados, pouco fissurados, têm resistências pouco superiores ao conjunto de todos os elementos. Parece existirem factores internos, tendo a ver com o processo produtivo, não traduzíveis directamente em critérios de apreciação de aspecto, que têm maior influência que o número de fissuras.

Verifica-se que as resistências da produção "B" são inferiores às da fábrica "C" excepto para o formato 30 x 22 x 20 desta produção, que é muito prejudicado pela sua geometria.

A produção da Fábrica "B" pertence à categoria C da normalização portuguesa. Os formatos 30 x 20 x 11 e 30 x 20 x 15 da fábrica "C" estão próximos da categoria B, enquanto o 30 x 22 x 20, pertence à categoria C.

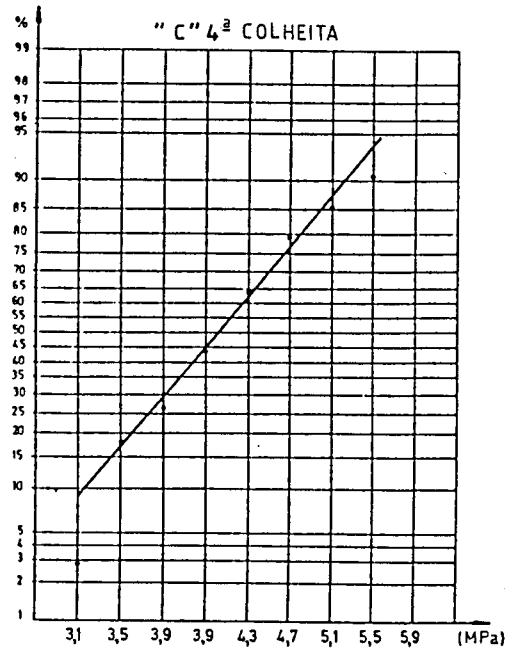
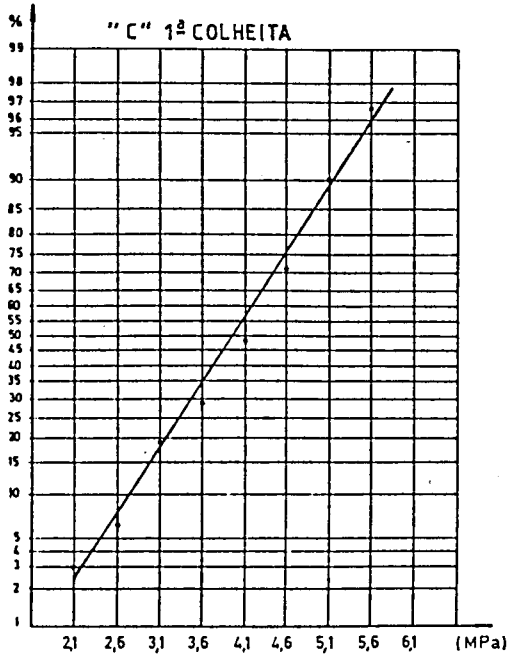
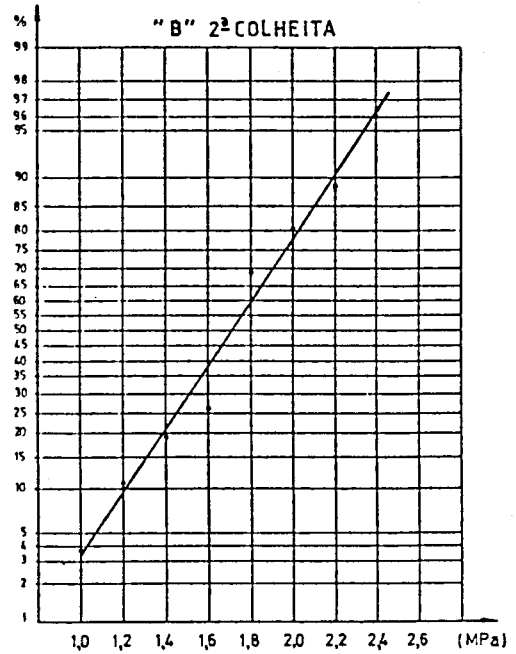
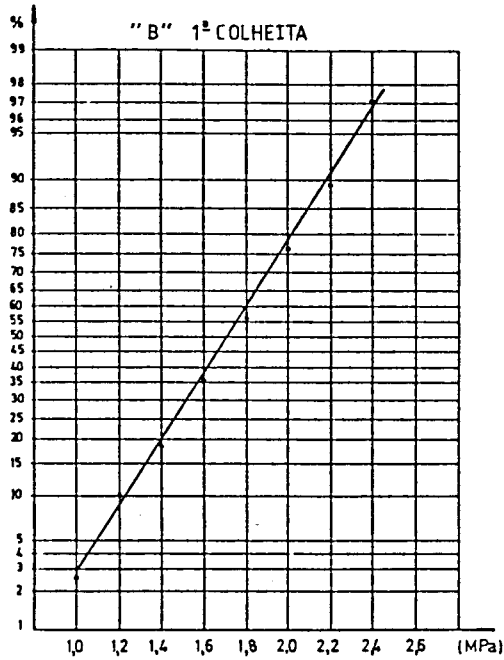


Fig. 4.33 - Teste de normalidade, formato 30 x 20 x 11, através da recta de Henry

Compararam-se estes resultados com outros conhecidos. Numa publicação do LNEC relativa aos valores médios da produção de tijolos e blocos cerâmicos relativos aos anos de 1968 a 1971 (80) verifica-se que 8% dos elementos pertencem à categoria A, 26% à B, 52% à C e 14% apresentam valores não aceitáveis. Ao que se sabe a situação não terá sofrido grandes alterações.

Na publicação do CSTB já referida (78) as resistências médias de elementos com geometria idêntica, regularizados com argamassa, ensaiados não saturados, situaram-se entre 2,2 e 4,4 MPa.

Em resumo, parece poder afirmar-se que com as condições de produção correntes, para as geometrias nacionais, com elevadas percentagens de furação é muito difícil conseguir elementos da categoria A da NP-80.

Por outro lado a utilização estrutural destes elementos, sobretudo em zonas sísmicas e pelas razões já referidas, deve ser cautelosa.

As configurações de rotura observadas parecem estar relacionadas com um funcionamento tipo estrutura reticulada. Efectuou-se uma análise estrutural sumária das geometrias ensaiadas, para detectar as zonas de esforços máximos que devem estar associadas ao mecanismo de rotura dos elementos. Os resultados apresentam-se nas figuras 4.36 e 4.37.

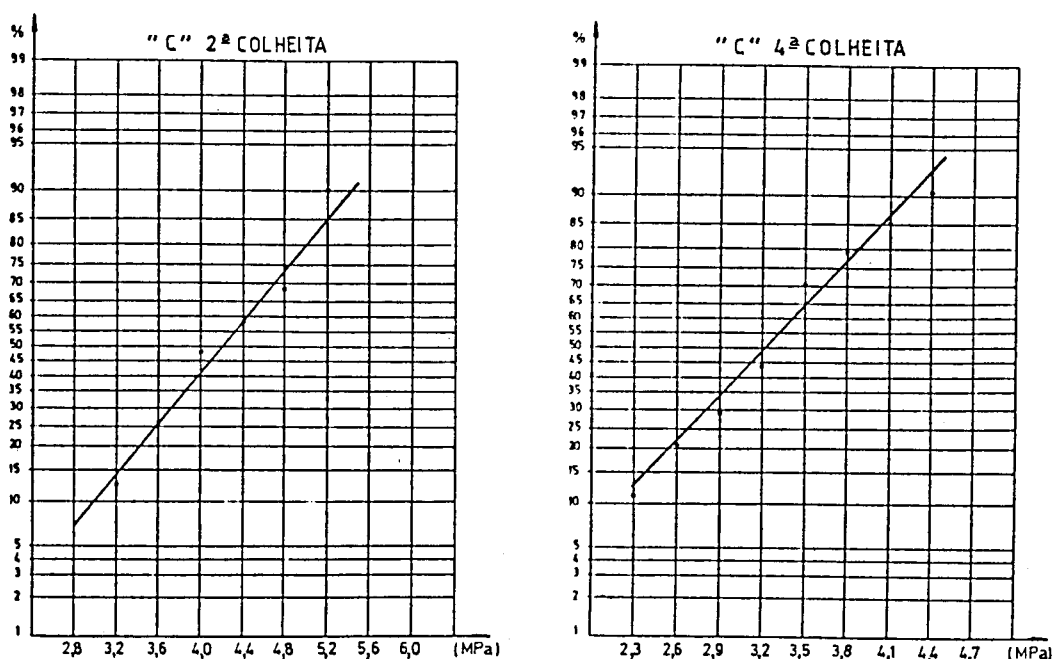


Fig. 4.34 - Teste de normalidade, formato 30 x 20 x 15, através da recta de Henry

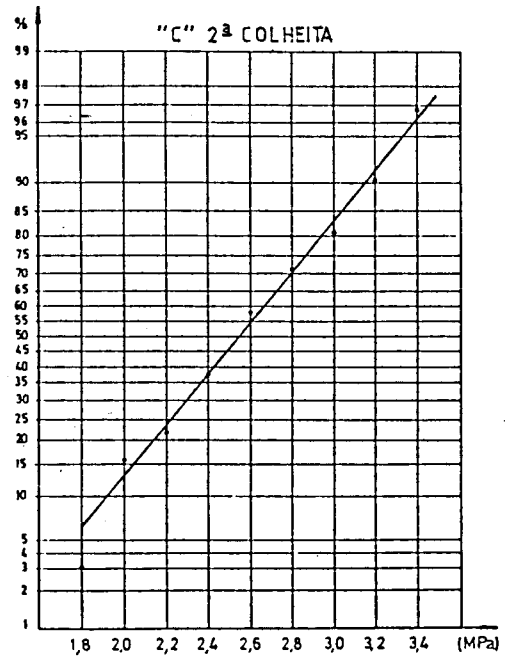
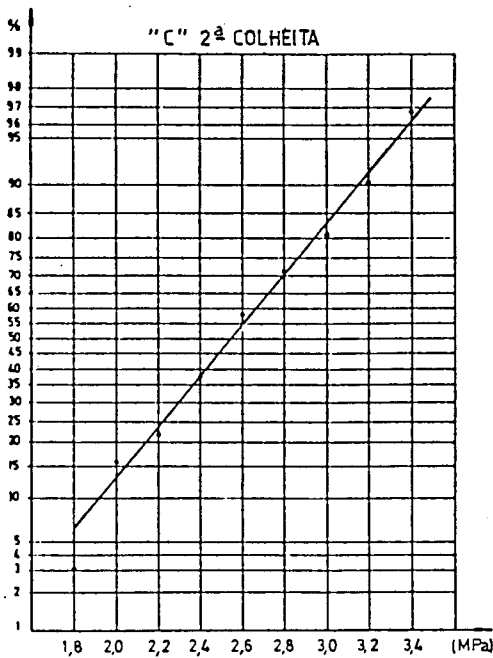
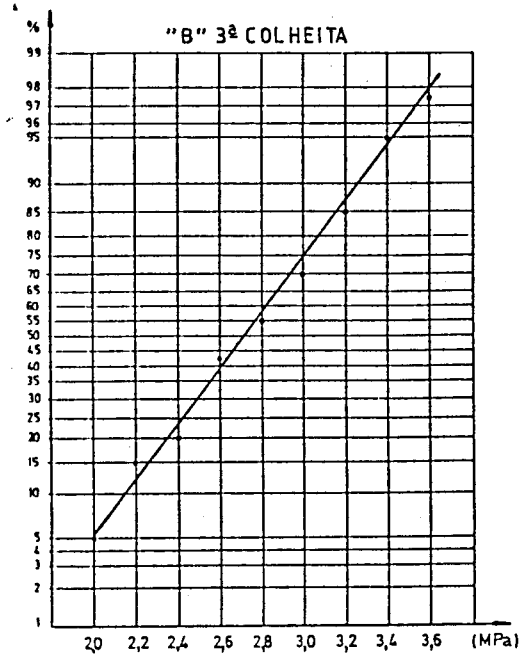
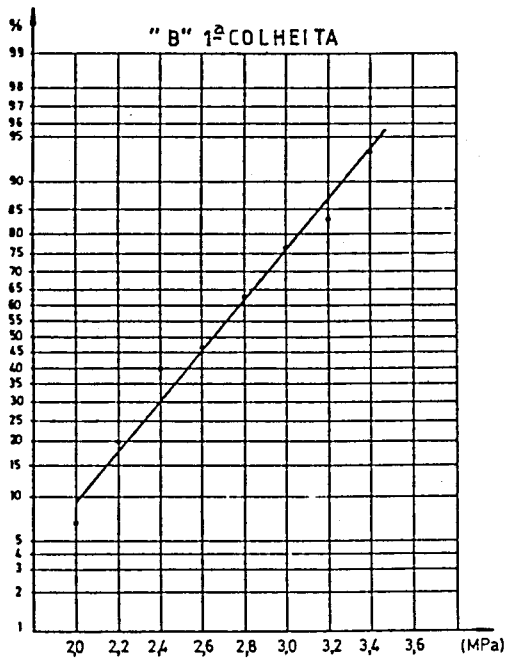
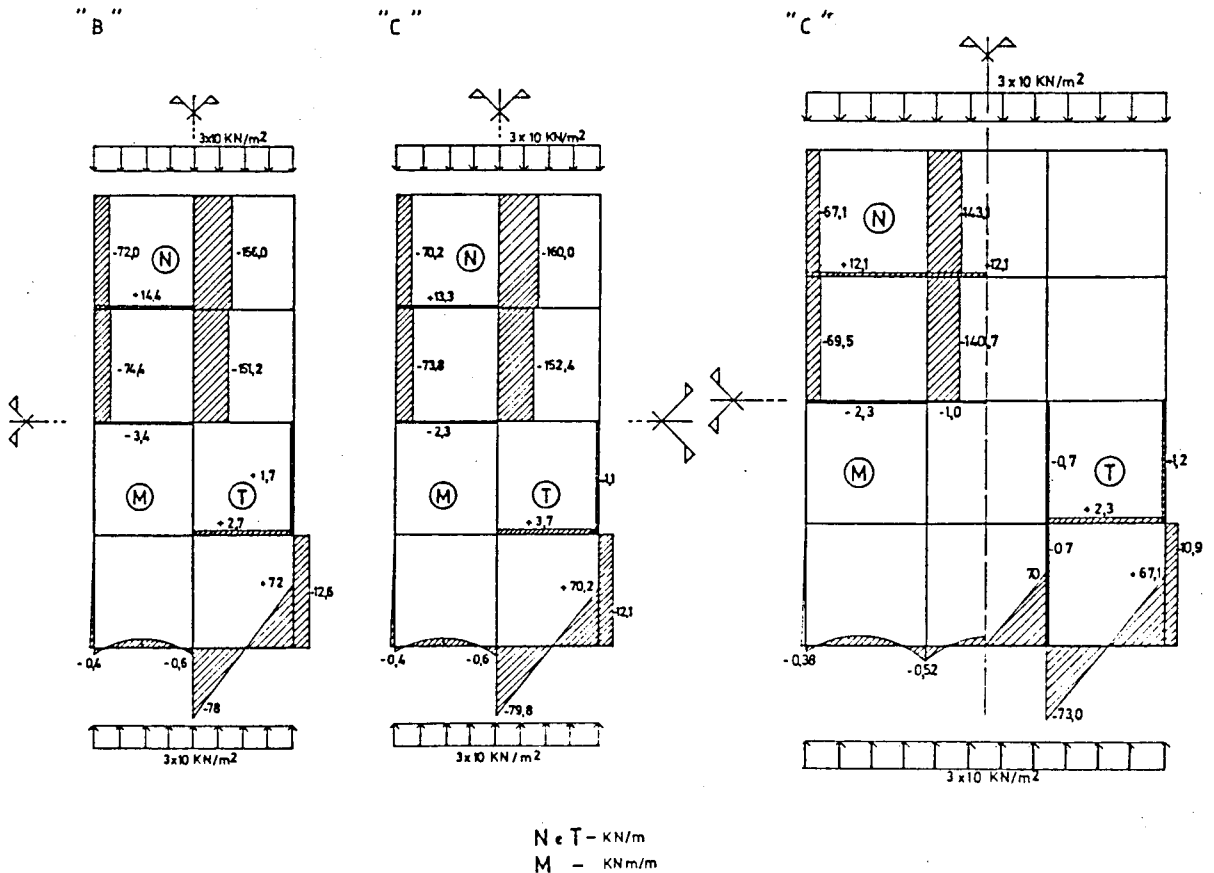


Fig. 4.35 - Teste de normalidade, formato 30 x 22 x 20, através da recta de Henry

Verifica-se que os septos verticais estão sujeitos a elevadíssimos esforços de compressão, praticamente constantes que, para uma tensão de rotura de 3,0 MPa, chegam a atingir nos septos interiores, mais solicitados, 22 MPa para a generalidade das geometrias e 40 MPa para o 30 x 22 x 20 da Fábrica "C".

Quadro 4.36 - Valores característicos da tensão de rotura dos blocos cerâmicos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 ensaiados, para as diversas colheitas efectuadas.

			Valor característico fbk (MPa)			
Formato	Origem	Classificação de aspecto	Colheitas			
			1	2	3	4
30x20x11	B	Todos	1.12	1.10	-	-
		Melhores	1.27	1.10	-	-
	C	Todos	2.27	2.71	1.75	2.98
		Melhores	2.51	-	1.83	3.03
30x20x15	C	Todos	2.51	2.91	1.66	2.30
		Melhores	2.54	-	1,65	2.23
30x22x20	B	Todos	1.84	1.90	1.99	-
		Melhores	-	2.08	1.98	-
	C	Todos	1.63	1.72	1.84	-
		Melhores	-	-	-	-



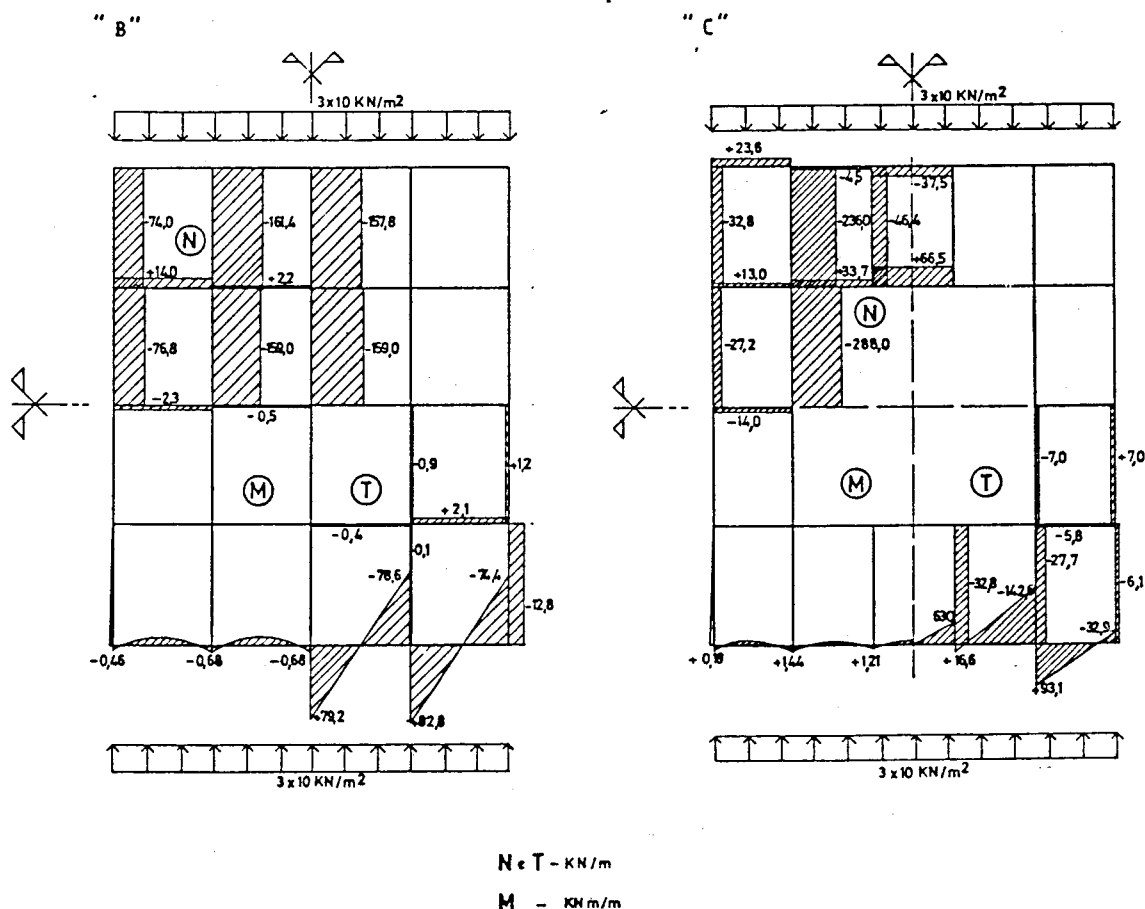


Fig. 4.37 - Esforços instalados nos septos do formato 30 x22x20

Nos septos horizontais em contacto com a máquina desenvolvem-se importantes esforços de corte e momentos flectores, enquanto nos septos horizontais adjacentes à zona de aplicação das cargas ocorrem as tracções máximas, justificando a rotura das ligações entre septos verticais e horizontais, seguida de colapso dos septos verticais, por encurvadura.

Os resultados da tensão de rotura na direcção paralela às faces de assentamento, embora pouco significativos pelo seu número, mostram que a resistência nesta direcção é praticamente tripla da resistência na direcção normal de assentamento, ultrapassando muito os limites requeridos pelo CIB para zonas sísmicas. Esta tendência foi também obtida em ensaios realizados em França (79), resultando dum melhor aproveitamento da secção em que todos os septos funcionam à compressão e ainda provavelmente da anisotropia associada à extrusão em fieira que confere ao material um melhor comportamento nesta direcção.

4.3.11. Tensão de rotura à tracção por flexão

4.3.11.1. Síntese de informação normativa

A resistência mecânica à tracção por flexão é referida no Catálogo das Argilas Portuguesas Utilizadas na Indústria Cerâmica (71) como uma das formas de avaliar o grau de consistência dos produtos em cru ou após tratamento térmico.

Segundo bibliografia italiana (8) os resultados deste ensaio podem ser utilizados como:

- Correlacionáveis com várias características mecânicas dos elementos cerâmicos, entre as quais a resistência à compressão.
- Indicador da aptidão da argila para a realização de elementos para alvenaria. Assim, para resistência à tracção por flexão entre 5 e 10 MPa a argila é pouco plástica, geralmente siliciosa, adequada para a produção de material maciço e perfurado; entre 10 e 20 MPa corresponde a argila adequada para a produção de material furado; resistências superiores a 20 MPa representam geralmente argilas excessivamente plásticas e de difícil emprego industrial.

Das normas em análise apenas a UNI8942/2 (2) refere a técnica de ensaio para determinação desta característica. Não impõe no entanto limites de aceitação, devendo estes ser acordados caso a caso.

4.3.11.2. Apreciação dos resultados

Os resultados obtidos expressam diferenças significativas entre as duas produções.

A produção "B" apresenta grandes dispersões, o valor médio corresponde, de acordo com o quadro 4.20, a uma cozedura a cerca de 900⁰C, o que é insuficiente para este tipo de argila, em alguns resultados é mesmo idêntica à da argila crua. À luz da bibliografia italiana a matéria-prima apresenta algumas limitações para utilização em blocos furados.

A produção "C" é mais uniforme, as dispersões são reduzidas e inferiores às dos ensaios à compressão; as resistências foram idênticas para provetes secos e saturados o que indica estabele-

dade química; por sua vez a ordem de grandeza é compatível com a realização de elementos furados.

4.3.12. Isolamento térmico das paredes

4.3.12.1. Síntese de informação

As considerações são as já referidas a propósito dos blocos de betão em 4.2.15.1..

4.3.12.2. Apreciação

Em analogia com o constatado para os blocos de betão verifica-se que nenhuma das geometrias preconizadas na NP-834 (7) está em condições de satisfazer as exigências de conforto térmico num único pano de parede simplesmente rebocado. A satisfação destas exigências requer a interposição dum isolante térmico ou a realização de parede dupla.

4.3.13. Isolamento sonoro das paredes

4.3.13.1. Síntese de informação

São válidas as considerações já referidas em 4.2.16.1. a propósito dos blocos de betão.

4.3.13.2. Apreciação

A partir dos resultados apresentados em 3.3.4.3. verifica-se que mesmo tendo em conta o efeito de transmissões marginais e excluindo o formato 30 x 20 x 7, os restantes apresentam isolamentos compatíveis com a generalidade das utilizações.

As situações de maior isolamento poderão não ser satisfeitas com um único pano de parede.

4.3.14. Comportamento ao fogo das paredes

4.3.14.1. Síntese de informação

Considerações já referidas em 4.2.17.1. a propósito dos blocos de betão.

4.3.14.2. Apreciação

Situação análoga à referida a propósito dos blocos de betão.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo do presente trabalho, o último, faz-se a síntese das considerações apresentadas nos capítulos anteriores.

Começa-se por resumir numa apreciação global estendida ao fabrico, elementos e paredes os principais aspectos das produções de blocos de betão e cerâmicos caracterizados exaustivamente nos Capítulos 3 e 4.

A partir desta apreciação global extrapola-se para a caracterização muito sumária do panorama nacional de produção destes elementos. Identificam-se os seus principais problemas.

Seguidamente, após o diagnóstico das limitações, parte-se para a discussão das principais acções de melhoria que o sector deveria empreender, com destaque especial para as exigências não satisfeitas, sua compatibilização e controlo de qualidade. Aborda-se em termos genéricos o custo dessas acções de melhoria e a forma previsível como o sector responderia.

Por último apresentam-se algumas pistas de futuro desenvolvimento no âmbito deste trabalho.

5.2. APRECIACÃO GLOBAL DAS PRODUÇÕES ENSAIADAS E EXTRAPOLAÇÃO PARA A SITUAÇÃO NACIONAL

5.2.1. Blocos de betão

5.2.1.1. Fabrico

a) Instalação

A produção caracterizada de blocos de betão para alvenaria "A", realiza-se numa unidade fabril sediada no distrito de Aveiro, que fabrica também outros produtos à base de betão.

b) Gama de blocos para alvenaria

Da produção de blocos de betão para alvenaria além da série normal, base, objecto da presente caracterização, fazem parte também outras duas séries, uma de elementos "face à vista" e outra "face à vista impermeáveis".

Os blocos têm furação vertical e as geometrias são idênticas nas 3 séries. As dimensões nominais exteriores são as seguintes:

comprimento	- 495 mm
altura	- 195 mm
espessura	- 75 mm (B8), 95 mm (B10), 115 mm (B12), 145 mm (B15) 195 mm (B20) e 245 mm (B25).

Além dos blocos de formato corrente, de topos recortados, fabricam-se blocos de formato especial com um dos topos plano.

c) Processo de fabrico

O processo de fabrico é razoavelmente industrializado e consiste resumidamente nas seguintes operações:

- armazenamento da matéria prima em silos (3 inertes - areia do mar, areia de pedreira e sarrisca, cimento "portland");
- doseamento automático dos inertes em volume, do cimento em peso e ajuste manual da água;
- fabrico do betão em central de eixo horizontal;
- transporte do betão em tela transportadora para bloqueira fixa onde os blocos são moldados;
- desmoldagem e transporte dos blocos frescos para câmaras de cura onde permanecem durante 48 horas;
- empacotamento em atados e transporte para parque de armazenamento onde permanecem, no mínimo durante 15 dias, até à sua comercialização.

d) Controlo de qualidade

Embora a empresa esteja a instalar um pequeno laboratório, actualmente o controlo de qualidade é sobretudo realizado através de inspecção visual incidindo sobre as matérias-primas, o fabrico e o produto acabado.

5.2.1.2. Caracterização dos blocos

a) Inertes e betão

Os inertes utilizados na realização do betão possibilitam a obtenção de misturas com granulometrias adequadas à realização de betão para esta aplicação, no entanto detectaram-se variações com algum significado nas granulometrias da sarrisca e da areia do mar ultrapassando os limites tolerados em bibliografia especializada. Por outro lado o teor em água total dos inertes apresenta também grandes variações, comprovado pelas dispersões da baridade húmida dos mesmos, devendo ser uma das causas mais importantes para as grandes dispersões detectadas em algumas características, dado o processo pouco rigoroso de ajuste da água de amassadura.

Quanto ao betão, a composição estabelecida e a dosagem de ligante enquadram-se nos padrões referidos na bibliografia, ocorrendo as maiores anomalias na quantidade de água adicionada, com variações demasiado significativas e em geral abaixo dos valores que poderiam conduzir a uma maximização da compacidade e resistência mecânica do betão.

O processo de moldagem e cura não apresenta disfunções significativas, devendo apenas ser objecto de alguma atenção tendo em vista o conhecimento da influência de alguns parâmetros ligados à moldagem.

b) Forma, dimensões e furação

A forma e dimensões dos blocos satisfazem os princípios gerais referidos na normalização estrangeira que se conhece; apenas as dimensões exteriores comprimento e altura deveriam ser objecto de ligeiras correcções para satisfazerem os princípios de coordenação dimensional modular internacionalmente e já entre nós preconizados. Poderia ser interessante a realização de elementos de maior espessura, de comprimento e largura modulares de 0,40 m x 0,20 m, tendo como objectivo a satisfação de requisitos de isolamento térmico conseguido com paredes simples de blocos de betão, que apresentariam também resistência estrutural não negligenciável.

A furação apresentada pelos elementos desta série é compatível com o referido em diversa normalização estrangeira, possibilitando a utilização estrutural destes elementos mesmo em zonas sísmicas.

Quanto aos desvios de dimensões exteriores e da espessura de septos encontrados a partir das medições efectuadas, constata-se

que frequentemente ultrapassam as tolerâncias permitidas na normalização de referência, sendo quase sempre positivos, resultando dum desgaste excessivo dos moldes e de dificuldades técnicas na definição da altura dos blocos.

c) Massa dos blocos e do betão constituinte

A massa dos blocos apresentou variações significativas.

A massa volúmica dos blocos e do betão enferma também de grandes variações, resultantes de dispersões na produção do betão. Este apresenta uma massa volúmica um pouco áquem do que é referido em bibliografia para betões normais usados na realização de blocos deste tipo. A este facto não deverão ser estranhos os problemas de composição, sobretudo associados à água.

A massa dos elementos não põe problemas de manuseamento.

d) Absorção de água por imersão e teor em água à data de fornecimento

Na presente caracterização os blocos apresentaram absorções de água por imersão bastante inferiores aos máximos tolerados na normalização estrangeira; o teor em água à data de fornecimento é mesmo bastante baixo, indiciando porventura insuficiência na quantidade de água adicionada.

e) Variações dimensionais associadas à variação do teor em água

As variações dimensionais medidas a partir da data de fornecimento, apesar dos poucos resultados obtidos, apontam para valores superiores aos permitidos pela normalização. Seria prudente assegurar um período de cura em fábrica superior, por forma a tornar essas variações compatíveis com os valores normativos.

f) Rotura por compressão

Os valores obtidos apresentam dispersões significativas entre as diferentes colheitas e mesmo na própria colheita, que penalizam muito os valores característicos. Apesar das diferenças entre as técnicas de ensaio das várias normalizações, os resultados enquadram-se nos intervalos permitidos, embora próximos dos limites inferiores.

De acordo com a regulamentação consultada (CIB (9) e norma italiana (34)), os blocos poderão ter utilização estrutural sem qualquer reserva, mesmo em zona sísmica.

5.2.1.3. Características das paredes

a) Isolamento térmico

Os coeficientes de transmissão térmica das paredes simples, rebocadas, realizadas com os blocos B25, que poderiam ser utilizados na realização da envolvente de edifícios, apontam para valores superiores aos preconizados para o nosso país pelo documento provisório "Regras de Qualidade Térmica de Edifícios" (67). Caso se mantenham estas exigências será necessário a adopção de disposições complementares de isolamento na hipótese de ser esta a solução para a envolvente de edifícios.

b) Isolamento acústico

Dado a massa das paredes realizadas com estes blocos ser significativa, o isolamento acústico obtido satisfaz em geral sem reservas os requisitos de isolamento sonoro das paredes.

c) Comportamento ao fogo

Em geral o comportamento ao fogo destes materiais não levanta problemas.

5.2.1.4. Referência a alguns aspectos ligados à aplicação

a) Idade e armazenamento

A aplicação dos blocos em obra deverá fazer-se após um período mínimo sempre superior a 15 dias relativamente à data de fabrico.

As condições de armazenamento devem favorecer a secagem dos blocos, pelo que estes deverão estar protegidos da chuva e da humidade do solo, sendo de privilegiar a circulação de ar entre eles.

b) Argamassas e assentamento

O assentamento dos blocos, mesmo em utilização estrutural, deverá ser realizado preferencialmente com argamassas bastardas.

Será de evitar a absorção excessiva de água de amassadura pelos blocos que pode prejudicar a aderência. No assentamento de

blocos de junta descontínua deverão tomar-se providências tendentes a evitar a penetração de argamassa através dos orifícios abertos na face de assentamento.

Nas alvenarias aparentes deverão usar-se blocos "face à vista impermeáveis"; a execução deverá ser particularmente cuidada, devendo as juntas ser rematadas com ferramenta apropriada para melhorar a estanquidade à água.

c) Soluções adoptadas

As paredes deverão ter espessuras adequadas à satisfação das exigências relativas às funções que lhes cabem desempenhar. Sem prejuízo destas exigências, em paredes simples as espessuras mínimas para divisórias deverão resultar da utilização do bloco de 10 cm, quando nestas se embutirem canalizações deverá adoptar-se o B12; quanto às paredes exteriores a espessura mínima deverá corresponder ao bloco B20.

Quando se realizarem paredes duplas a caixa de ar deverá ser fracamente ventilada, ter os dois panos ligados por estribos metálicos embebidos nas juntas, protegidos contra a corrosão, e caixa de ar provida de caleira impermeabilizada, com orifícios para drenagem da água de condensação ou eventualmente infiltrada. A sua execução deve ser objecto de particulares cuidados de limpeza.

Para minimizar as pontes térmicas os elementos de betão integrados na fachadas deverão ser protegidos exteriormente com materiais da mesma natureza dos utilizados nas zonas correntes das fachadas.

Para prevenir a ocorrência de fissurações deverão realizar-se juntas de fraccionamento das alvenarias convenientemente espaçadas e preenchidas com material vedante que assegure a estanquidade à água.

d) Utilização estrutural

A utilização estrutural destes elementos é perfeitamente possível em edifícios de pequeno e médio porte, desde que se use no seu dimensionamento regulamentação adequada. Na ausência de regulamentação nacional poder-se-ão seguir os princípios da documentação já referida (9),(33),(35).

5.2.2. Blocos cerâmicos

5.2.2.1. Fabrico

a) Instalação

A produção de blocos cerâmicos "B" realiza-se numa unidade fabril do distrito de Viana do Castelo que fabrica quase exclusivamente blocos cerâmicos furados. A produção "C" localiza-se no distrito de Aveiro e fabrica também outros produtos cerâmicos.

b) Gama de blocos produzidos

Nas duas produções os blocos têm furação horizontal coincidente, excepto no maior formato; as dimensões exteriores correspondem ao especificado na NP-834, fabricando ainda a empresa "C" elementos com comprimento nominal de 395 mm. Nenhuma das empresas produz os formatos complementares.

c) Processo de fabrico

O processo de fabrico é industrializado e idêntico nas duas produções:

- armazenamento dos barros ao ar livre durante alguns meses;
- doseamento, redução de dimensões e homogeneização dos barros em doseadores, moinhos e laminadores;
- moldagem dos blocos por extrusão à fieira;
- secagem em secadores rápidos, mais elaborada na fábrica "C";
- cozedura em fornos túnel automáticos a temperaturas diferentes, 1150° C na fábrica "B" e 910° C na fábrica "C";
- armazenamento e escolha em parque, com paletização na fábrica "C".

d) Controlo de qualidade

O controlo de qualidade é sobretudo realizado por inspecção visual incidindo sobre as matérias-primas, fabrico e produto acabado. A produção "C" tem um programa detalhado de manutenção do equipamento de fabrico ligado à laminação e extrusão.

5.2.2.2. Caracterização dos blocos

a) Matéria-prima

Não foi feita a caracterização da matéria-prima utilizada em cada uma das fábricas. No entanto o conhecimento de que se dispõe sobre as características das argilas em diferentes zonas do país (71), indicia que na produção "B" são utilizados barros com granulometria superior aos da produção "C", com menores resistências em cru, requerendo maiores temperaturas de cozedura e com reservas mais limitadas.

b) Forma, dimensões e furação

A forma e dimensões dos blocos correspondem ao especificado na normalização portuguesa, embora as empresas não realizem os formatos complementares.

Seria interessante a existência de elementos de maior espessura, com o mesmo comprimento e altura, eventualmente com rotura de junta horizontal, visando a satisfação simultânea de exigências de comportamento térmico e resistência mecânica, muito divulgados noutros países.

A furação apresentada, exclusivamente horizontal, é elevada, atingindo frequentemente a espessura dos septos, sobretudo na produção "C", valores inferiores aos tolerados em normalização estrangeira.

O aligeiramento das unidades à custa do aumento da furação e redução da espessura dos septos, penaliza significativamente a resistência mecânica dos elementos, obrigando a encarar com reservas a sua utilização estrutural, sobretudo em zonas sísmicas. De acordo com alguma regulamentação disponível (34) não seria mesmo possível a sua utilização estrutural em zonas sísmicas.

Os desvios dimensionais encontrados para as dimensões exteriores e espessura dos septos ultrapassam frequentemente os valores admitidos na normalização portuguesa e estrangeira. Consta-se que não têm um sentido preferencial para todas as dimensões, embora para a mesma dimensão esse sentido exista. Resultam de controlo e manutenção insuficiente, bem como duma certa falta de interesse pelo cumprimento das dimensões especificadas.

c) Aspecto

A apreciação do aspecto é importante nos elementos cerâmicos pois os defeitos podem comprometer o perfeito desempenho das paredes e complicar a sua execução.

Os defeitos de aspecto mais importantes detectados nas duas

produções são as fissuras e fendas de topo, pois além de prejudicarem a resistência mecânica dos elementos, tecnologicamente são os de resolução mais difícil.

Estes defeitos foram mais frequentes na produção "B", ultrapassando os valores permitidos na normalização francesa.

O diagnóstico das causas destes e dos outros defeitos de menor importância, caso dos empenos e falta de planeza, deveria ser realizado visando a sua atenuação.

d) Massa dos blocos e da argila

A massa dos blocos apresentou variações resultantes dos desvios dimensionais detectados. As massas volúmicas e as suas variações são compatíveis com os valores referidos em normalização estrangeira.

A massa dos diferentes elementos não põe problemas de manuseio.

e) Absorção de água por imersão e capilaridade

Os valores observados enquadram-se nos intervalos referidos na normalização estrangeira, situando-se sempre mais próximos dos valores inferiores. Na produção "C" ocorreram algumas variações significativas entre diferentes colheitas.

f) Eflorescências

As produções caracterizadas não apresentaram eflorescências.

g) Rotura por compressão dos blocos e flexão dos septos

Os resultados obtidos apresentam grandes dispersões que penalizam os valores característicos. As resistências são em geral baixas sobretudo na produção "B", cujos resultados incluem os elementos na classe C da normalização portuguesa. Os elementos da produção "C", à excepção do formato 30 x 22 x 20, de menor resistência, pertencem à classe B.

Apesar de se ter tentado a correlação com atributos de aspecto, particularmente número de fissuras, os resultados não indiciam uma dependência muito acentuada.

As configurações de rotura observadas apontam para mecanismos de funcionamento bem definidos; há compressão dos septos verticais e tracção, com eventual flexão, dos septos horizontais, ocorrendo a rotura após rompimento das ligações entre septos

horizontais e verticais exteriores que acabam por romper por compressão associada a encurvadura.

Parece ser possível otimizar a resistência à compressão através da variação de inércia nas zonas mais esforçadas, sem variação sensível da percentagem de furação.

Verificou-se que a resistência à compressão na direcção paralela às faces de assentamento é muito superior, aproximadamente tripla, da observada na direcção normal de assentamento, justificando porventura a realização de blocos com furação vertical análogos aos realizados noutros países.

A rotura por flexão de septos dos elementos é um indicador de aptidão da argila para a realização de elementos para alvenaria, sendo também correlacionável com outras propriedades mecânicas dos elementos. Os resultados da produção "C" foram estáveis e indiciam boa aptidão para a realização destes elementos; a produção "B" apresentou resultados muito dispersos indicando problemas na produção e deficiências da matéria-prima para a realização deste tipo de elementos.

5.2.2.3. Características das paredes

a) Isolamento térmico

Apesar da elevada percentagem de furação, os coeficientes de transmissão térmica das paredes simples, rebocadas, mesmo as realizadas com blocos 30 x 22 x 20, encontram-se acima do preconizado para o nosso país pelo documento provisório "Regras de Qualidade Térmica de Edifícios" (67). Caso se mantenham estas exigências será necessário a adopção de disposições complementares de isolamento.

Seria muito interessante a existência de elementos de maior espessura que permitissem satisfazer estas exigências apenas num pano simples de parede rebocada, a exemplo do que vem sendo utilizado noutros países da Europa.

b) Isolamento acústico

Os valores do índice de isolamento sonoro a sons aéreos obtidos para os blocos 30 x 20 x 11, 30 x 20 x 15 e 30 x 22 x 20 são compatíveis com a generalidade dos requisitos de isolamento sonoro em paredes.

c) Comportamento ao fogo

O comportamento ao fogo dos blocos cerâmicos em geral não põe problemas.

5.2.2.4. Referência a alguns aspectos ligados à aplicação

a) Armazenamento

No armazenamento de elementos cerâmicos interessa não os privar do contacto com o ar, embora protegendo-os do contacto com o solo, pois assim favorece-se quer o seu humedecimento para o assentamento, bem como a sua expansão volumétrica antes da realização da parede.

b) Argamassas e assentamento

O assentamento deverá ser preferencialmente realizado com argamassas bastardas. Em geral é conveniente o humedecimento dos elementos antes do seu assentamento. As juntas deverão ser de espessura uniforme.

A realização de alvenarias aparentes deverá ser particularmente cuidada, devendo as juntas ser rematadas com ferramenta apropriada para melhorar a estanquidade à água.

c) Soluções adoptadas

A espessura das paredes deve ser adequada à satisfação das exigências relativas às funções que lhes cabem desempenhar. Sem prejuízo destas recomenda-se a utilização em paredes divisórias do formato 30 x 20 x 11; em paredes exteriores a espessura mínima deverá ser 220 mm, correspondente ao formato 30 x 22 x 20.

Na realização de paredes duplas devem ter-se presentes os princípios já referidos para os blocos de betão.

As pontes térmicas devem ser evitadas através de disposições construtivas adequadas. Devem realizar-se juntas de fraccionamento convenientemente espaçadas, quando o desenvolvimento da parede ultrapasse determinados valores, assegurando a sua estanquidade.

Na realização de alvenarias de enchimento devem ter-se presentes os princípios já referidos em 2.3.4.4.

d) Utilização estrutural

Encara-se com bastantes reservas a utilização estrutural destes elementos no nosso país, dada a elevada percentagem de furação apresentada pelos elementos e as baixas resistências à compressão obtidas.

Estas reservas são ainda agravadas pelo risco sísmico actualmente generalizado regulamentarmente a todo o país.

Todavia, como a solução é frequente em pequenas construções, com inegáveis vantagens económicas relativamente à solução em estrutura reticulada, a utilização estrutural destes elementos deveria ser objecto de investigação aprofundada.

5.2.3. Extrapolação para a situação nacional

Conforme foi sublinhado em 2.4.1., apesar das alvenarias terem um peso económico significativo na indústria nacional da construção, verifica-se que o sector de produção de materiais para alvenaria não apresenta um desenvolvimento proporcional.

Este sector é pouco agressivo, atingiu uma certa estagnação, podendo a curto prazo, caso se mantenha esta situação, vir a perder terreno relativamente a outras soluções mais inovadoras e agressivas.

Por outro lado, como estes materiais fazem parte das soluções ditas tradicionais, são objecto de pouca divulgação, ausência de informação e apoio técnico, motivando situações frequentes de má utilização e patologia.

A inexistência de normalização e regulamentação actualizada para estes materiais e de mecanismos que garantam o seu cumprimento é uma das causas principais da indisciplina do sector.

Os utilizadores e o meio técnico por seu turno não têm lançado grandes desafios ao sector, contentando-se frequentemente com os produtos que lhe são fornecidos num critério simplista de menor custo, desconhecendo quase sempre sob o ponto de vista técnico as performances que esses produtos serão capazes de assegurar.

A este facto não será estranho o carácter regional deste tipo de produção, que produz apenas para o mercado interno, estando as unidades produtoras relativamente distribuídas geograficamente, não ultrapassando em geral cada produção um raio de

influência próximo de 100 Km. Assim o sector é muito vulnerável às oscilações da procura interna, conseguindo os compradores em época de crise comprimir os preços a valores idênticos ou inferiores aos custos reais, com prejuízo da qualidade.

a) Blocos de betão

A produção de blocos de betão encontra-se disseminada por todo o país em pequenas unidades tecnicamente muito deficientes. Grande parte destas produzem outros artefactos de betão. As unidades de maior dimensão com equipamento fixo e tecnologicamente mais apetrechadas, com produção mais racionalizada e com um mínimo de qualidade e estabilidade dos seus produtos são em pequeno número, sofrendo normalmente a concorrência desenfreada de produtos de qualidade sofrível a preços inferiores, produzidos em pequenas unidades com equipamento muito rudimentar.

Os principais problemas, não abordando as limitações tecnológicas do equipamento, são idênticos aos detectados na empresa "A", em geral agravados:

- matérias-primas deficientes, com características irregulares;
- composição do betão pouco cuidada, baixa dosagem de cimento;
- condições de cura em geral pouco controladas;
- geometrias estabelecidas com pouco critério, existindo pouca diversidade, o mesmo bloco é usado com fins completamente distintos;
- manutenção deficiente dos moldes, grandes desvios dimensionais;
- variações dimensionais sem qualquer controlo;
- resistência à compressão baixa, em geral desconhecida e com grandes dispersões;
- isolamento térmico em geral inferior aos valores recomendados para elementos da envolvente.

b) Blocos cerâmicos

Embora a cerâmica de barro vermelho seja uma indústria requerendo unidades produtoras de dimensão superior às de blocos de betão, sofre duma grande estagnação, enquanto outros ramos da indústria cerâmica para a construção apresentam grande dinamismo.

Em Portugal, segundo "A Indústria da Cerâmica de Construção

em Portugal e na CEE - período de 1982-1985/6" (81)
 , resumidamente a situação actual do sector é a seguinte:

- o mercado do "tijolo" tem uma progressão lenta e qualquer pico na procura é conjuntural;
- a incorporação da cerâmica vermelha por fogo é elevada, mas manifesta tendência para diminuir;
- a produtividade/operário é a mais baixa dos países da CEE em análise, sendo a tonelagem/empregado cerca de quatro vezes maior na Alemanha;
- os processos de carga e descarga são ainda em grande parte das empresas manuais ou semi-automáticos;
- a produção por empresa é também a mais baixa dos países analisados, situando-se próxima das 14.000 ton./empresa/ano, enquanto o panorama médio europeu se situa entre as 30.000 e 40.000 ton./empresa/ano;
- 60% da produção nacional é realizada por 30% da totalidade das empresas;
- as restantes 70% deverão reorganizar-se, mas tendo em atenção a estabilização da procura;
- 46% da produção nacional é feita em fornos Hoffman (sensivelmente equivalente à feita pelas 70% das empresas indicadas no ponto anterior), e as suas condições fabris deverão adaptar-se às novas exigências de produtividade e qualidade; (na Alemanha, França e Itália apenas 10% da produção global é realizada em fornos Hoffman).

Face aos condicionalismos atrás referidos parece lícito afirmar-se que o panorama médio nacional não é superior ao obtido nas duas produções analisadas na presente caracterização, devendo mesmo a produção "C" encontrar-se acima deste panorama médio.

Os principais problemas detectados são:

- conhecimento deficiente das matérias-primas, homogeneização e laminação irregulares;
- furação exagerada, espessura dos septos em geral demasiado reduzida;
- manutenção do equipamento deficiente e pouco frequente, pouco controlo da extrusão e do fabrico em geral, originando grande número de defeitos;
- tentativa de reduzir o custo energético através da diminuição da temperatura de cozedura, ocorrência frequente de elementos mal cozidos;
- defeitos de aspecto em excesso sobretudo fissuras e fendas de topo, problemas de planeza e empeno ocorrendo com fre-

quência;

- resistência à compressão muito baixa, predominando elementos da classe C da NP-80, com utilização estrutural muito condicionada;
- características de isolamento térmico em geral inferiores aos valores recomendados para elementos da envolvente, se realizada com um pano simples.

5.3. ACÇÕES DE MELHORIA

Até que ponto será possível modificar este estado de coisas? Serão a generalidade das empresas portuguesas capazes de o fazer? Serão os custos comportáveis? São algumas das questões que se vão tentar abordar.

As acções de melhoria referidas deverão avançar em paralelo com a resolução dos seguintes problemas:

- eliminação das carências normativas e regulamentares, sem as quais não será possível a reestruturação do sector;
- permissividade e tolerância do mercado;
- criação de mecanismos que velem pelo cumprimento das exigências, particularmente nas obras promovidas pelo Estado que deveria assumir um papel moralizador exemplar;
- criação de mecanismos que tornem o sector menos vulnerável às flutuações conjunturais de mercado;
- mudança de atitude dos meios produtor, utilizador e técnico relativamente a estes materiais apoiada numa correcta divulgação;
- colaboração dos centros de investigação, universidades e associações de produtores na definição das exigências a satisfazer.

Obviamente estas acções exigirão das empresas graus de renovação tecnológica variáveis, criação de mecanismos de controlo de qualidade, terão alguns custos, pelo menos na sua fase inicial e nem todas as empresas serão capazes de corresponder.

Seguidamente discutem-se as exigências não satisfeitas e a compatibilizar, bem como aspectos ligados ao controlo de qualidade.

5.3.1. Exigências não satisfeitas

Os resultados da presente caracterização mostraram que as produções estudadas apresentam um conjunto de exigências não satisfeitas que comprometem o seu desempenho.

A resolução destes problemas deveria ser a primeira preocupação, exigindo análise, estudo e experimentação apoiadas numa forte motivação.

As principais anomalias ou as suas causas foram:

a) Blocos de betão

- Principais problemas a resolver:

- desvios dimensionais exagerados;
- grande dispersão das resistências;
- variações dimensionais com o teor em água significativas.

- Acções principais:

- inertes - estabilidade granulométrica;
- conhecimento do teor de humidade;
- betão - definição e estabelecimento da melhor composição;
- estabelecimento da quantidade óptima de água e de mecanismos de controlo;
- moldes - proceder a revisões mais regulares e criteriosas;
- moldagem - maior controlo e regularidade do processo (energia transmitida, tempo de vibração, etc.);
- sistema de definição da altura mais rigoroso;
- cura - conhecer bem a influência da permanência nas câmaras no processo e definir a duração óptima;
- alargar a permanência em parque para minimizar as variações dimensionais relacionadas com o teor em água.

- Acções complementares:

- conseguir caracterizar o betão através de cubos;
- definir processos expeditos e indicadores aferidos de controlar a resistência à compressão dos elementos.

b) Blocos cerâmicos

- Principais problemas a resolver:

- defeitos de aspecto exagerados;
- desvios dimensionais exagerados;
- resistências mecânicas muito baixas e com grandes dispersões.

- Acções principais:

- matérias-primas - melhor conhecimento;
 - estudo da composição;
- pasta - assegurar homogeneidade;
 - laminação suficiente;
 - assegurar plasticidade adequada e uniforme;
- geometria - corrigir e uniformizar espessura dos septos;
 - reforçar ligações dos septos verticais aos horizontais, nas zonas mais esforçadas;
- moldagem e transporte - maior controlo das boquilhas da extrusora, rectificações mais regulares e criteriosas;
 - controlo dimensional do carro cortador;
 - minimização dos defeitos nesta fase, diagnóstico das causas;
- secagem e cozedura - definir com rigor a curva de temperatura e duração adequada;
 - controlar o processo;
- escolha e selecção - objectiva e com critérios estáveis.

- Acções complementares:

- controlar e correlacionar a resistência dos blocos através do ensaio de flexão de septos;
- definir processos expeditos de controlar a resistência mecânica à compressão;
- definir importância dos diferentes defeitos de aspecto no comportamento do elemento e da parede.

5.3.2. Compatibilização de exigências

Para além de produzir os elementos actuais com mais qualidade, interessaria ir mais longe e melhorar o seu desempenho para algumas características que têm merecido pouca atenção, procurando compatibilizar as diversas exigências.

É o caso das geometrias e formato dos blocos que deveriam ser melhorados tendo presentes os princípios da coordenação dimensional modular e a compatibilização das exigências de comportamento térmico, acústico e resistência mecânica à compressão. Quando tal fôr muito difícil eventualmente privilegiar produções com objectivos distintos, claramente definidos.

Completar as séries com formatos complementares, destinados a facilitar os remates e a evitar as pontes térmicas, permitindo esconder a estrutura através da betonagem no interior das peças, realizar padieiras, remate das lajes, etc..

Estas alterações tornariam o sector mais industrializado, devendo ser acompanhadas da produção de documentos técnicos esclarecedores.

As principais acções seriam:

a) Blocos de betão

- Produção de geometrias mais espessas com melhor desempenho térmico, com comprimento de 0,40 m para não prejudicar o manuseio. Como os blocos de betão normal são sobretudo usados com função resistente, não se justifica aumentar a percentagem de furação para os aligeirar.
- Realização dos elementos complementares já referidos.

b) Blocos cerâmicos

- Manter formatos próximos dos actuais a utilizar preferencialmente em alvenarias de enchimento. Pequenas correcções de geometria, como o aumento ligeiro da espessura dos septos e a introdução do controlo interno de qualidade, poderiam permitir a obtenção de elementos com características superiores às actuais.
- Criar blocos de espessura superior e comportamento térmico satisfatório, eventualmente com rotura de junta, possibilitando a realização de paredes exteriores com um só pano, o que corresponderia à generalização dos blocos "duplex". Completar a série com formatos complementares e peças para

zonas singulares (blocos para montantes, lintéis, placas para protecção térmica,...).

- Criar novas geometrias com comprimento e altura próximas dos formatos actuais dos elementos furados, com menores percentagens de furação, horizontal ou vertical de pequenos alvéolos, grande espessura, boa resistência mecânica e bom comportamento térmico, adequados à realização de edifícios de pequeno e médio porte em alvenaria resistente mesmo em zona sísmica. As séries deveriam dispôr de blocos complementares e peças para zonas singulares. Estas novas geometrias poderiam concorrer em termos de resistência mecânica com os blocos de betão.

5.3.3. Controlo de qualidade

5.3.3.1. Aspectos gerais

A qualidade pode ser entendida em sentido estrito ou lato. No primeiro caso será a conformidade de um produto a um conjunto de especificações técnicas contratuais, enquanto em sentido lato será a aptidão desse produto ou serviço para satisfazer as necessidades dos utilizadores.

Da mesma forma o seu controlo em sentido estrito é a verificação da conformidade a dados pré-estabelecidos, seguida dum julgamento que poderá provocar acções correctivas; em sentido lato é prever os meios de obter qualidade, obtê-la efectivamente, verificar a sua obtenção e processar informação para melhorar a produção (82).

A qualidade e o seu controle devem interessar a todos:

- os poderes públicos devem moralizar e clarificar as práticas de todos os intervenientes, promovendo a qualidade dos produtos;
- os produtores e utilizadores devem defender a qualidade o que só é possível através da informação e pedagogia da qualidade, sem simultaneamente limitar a criatividade;
- os produtores devem desenvolver o espírito de qualidade como forma de favorecer a industrialização aumentando a produtividade, podendo mesmo reduzir os custos, criando uma concorrência sã.

Este controlo pode ser exercido a diferentes níveis; na empresa através do auto-controlo e controlo interno e externamen-

te através de entidades independentes.

5.3.3.2. Auto-controlo

O auto-controlo é exercido na produção, por cada um nas operações em que intervêm, permitindo detectar os erros o mais cedo possível com custos mínimos. O seu sucesso exige algumas condições:

- o operador sabe o que esperam dele, conhece claramente os objectivos das operações, tem instruções detalhadas, preferencialmente escritas;
- o operador tem a possibilidade de verificar a conformidade, tem meios de avaliação, eventualmente de medição, tem formação para os utilizar e conhece os limites de aceitação;
- o operador pode modificar o modo operatório se uma anomalia ocorrer, tendo competência e autorização para o fazer;
- o operador está motivado para obter o que esperam dele;
- há divulgação construtiva das experiências de cada um.

5.3.3.3. Controlo interno

O controlo interno é exercido pela empresa e visa obter, verificar e provar a qualidade pelo custo mínimo. Deve ser um auxiliar precioso para a continuidade e sobrevivência da empresa. É fundamental saber que características controlar, como controlar e quando controlar. Não pode ser improdutivo, oneroso ou policial; as hipóteses de não conformidade devem estar previstas e as actuações definidas.

Os métodos estatísticos são um auxiliar importante do auto-controlo e do controlo interno através da identificação das variáveis ou atributos mais condicionantes. Estes métodos recorrem frequentemente a cartas de controlo que permitem avaliar a evolução no tempo duma dada característica. Uma carta de controlo é uma representação gráfica da sucessão por ordem cronológica da característica em exame, permitindo verificar a estabilidade da laboração ou sugerir intervenções quando se detectarem perturbações.

Consiste num diagrama em que em abcissas se representa o

tempo ao longo do qual se faz a observação e em ordenadas o valor absoluto da característica em exame. Uma linha horizontal central (LC) representa o valor óptimo médio da característica, e outras duas linhas, uma superior e outra inferior, relativamente à LC, são respectivamente a "linha superior de controlo" (LSC) e a "linha inferior de controlo" (LIC), delimitando a banda na qual se devem encontrar os pontos representativos das observações. O estabelecimento da amplitude da banda deve ser criterioso e apoiado estatisticamente. Normalmente representa-se num segundo diagrama do mesmo tipo o andamento das dispersões no tempo. A fig. 5.1 exemplifica uma carta de controlo.

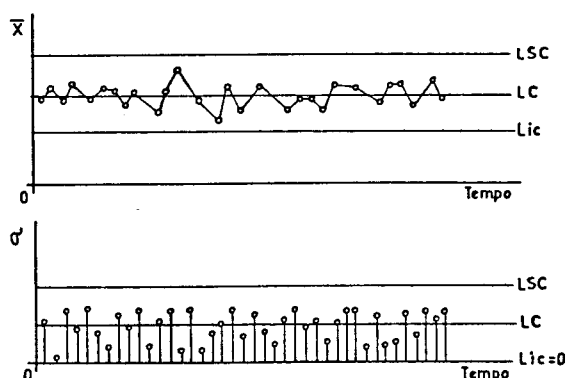


Fig. 5.1 - Exemplo de carta de controlo

5.3.3.4. Controlo exterior

O controlo exterior está ligado a modalidades de acompanhamento da produção por entidades que asseguram uma certa qualidade num dado instante ou para um dado período, através dum documento ou frequentemente através duma marca que atesta que o produto apresenta determinadas características controladas. Geralmente designa-se por certificação de qualidade. Esta deverá ser séria, neutra e objectiva, nacional, se possível integrada nas formas de controlo da empresa, favorecendo a gestão e não deve elevar os custos directa ou indirectamente, nem limitar as evoluções técnicas, fornecendo ao utilizador os elementos necessários para que este possa exercer a sua escolha entre os produtos que lhe são propostos.

5.3.3.5. Gestão da qualidade

As três modalidades que foram referidas devem aproximar-se da economia óptima, encadeando-se harmonicamente:

- evitando os custos dos controlos redundantes;
- porque um controlo apenas no fim não permite detectar os erros no momento oportuno;
- porque o controlo apenas na fonte é insuficiente;

A ligação destas três modalidades é a expressão concreta e equilibrada dos interesses económicos dos produtores e utilizadores pois interessa que em conjunto se consiga assegurar uma probabilidade de fornecimento de um produto defeituoso não superior a β , em que β é inferior à probabilidade de fornecimento defeituoso que cada acção de controlo isolada é capaz de detectar.

A optimização deste factor em função dos custos é a gestão da qualidade, em que a detecção rápida dos erros é determinante e o controlo exterior, a jusante, deve ser ligeiro, global, mas sem perda de significado contribuindo para a confiança do cliente no produto certificado.

5.3.4. Custos das acções de melhoria

Embora isoladamente cada uma das acções enunciadas por si só possam não produzir acréscimos de custos, em conjunto, a sua implementação produzirá acréscimos inevitáveis que reverterão sobre o consumidor.

Todavia é fundamental sublinhar que em termos de custo global o acréscimo de custo inicial terá como contrapartidas uma melhoria de qualidade dos produtos, desempenho de maior número de exigências e diminuição das situações de patologia e custos de conservação.

Os aumentos de custos resultarão da:

- renovação tecnológica;
- aumento do peso da estrutura da empresa;
- necessidade de investimento em investigação para a optimização do processo;
- formação de pessoal;

- controlo de qualidade;
- agressividade comercial.

Os benefícios resultarão do:

- aumento da produtividade;
- diminuição das quebras e refugo;
- aumento das vendas.

Em geral o sector, particularmente as cerâmicas, têm que vencer um desafio mais qualitativo que quantitativo dada a dimensão nacional do sector, havendo portanto que produzir mais por empresa, mas em menos empresas.

Quanto ao valor relativo dos custos colocam-se duas alternativas:

- As empresas tecnologicamente mais apetrechadas com capacidades produtivas significativas, nas quais o custo fixo do acréscimo de estrutura se esvanece, requerem menores adaptações e os acréscimos de custos para a melhoria de qualidade serão pouco significativos. Estas empresas deverão ter a tendência para se concentrarem em grupos visando a redução de encargos, anexando empresas mais pequenas eventualmente concorrentes. A sua esfera de influência tenderá também a aumentar.
- As pequenas empresas, de produção pouco industrializada ou mesmo artesanal terão grande dificuldade em fazerem a adaptação tecnológica pois os custos da qualidade serão significativos no preço final do produto. Esta dificuldade de sobrevivência poderá ser contornada através da produção de produtos de qualidade inferior, ou outros de características específicas para o mercado local, ou aplicações particulares.

5.4. SUGESTOES DE FUTURO DESENVOLVIMENTO

O domínio das construções em alvenaria, apesar de tradicional, ainda está relativamente mal explorado sob o ponto de vista científico.

Configuram-se várias frentes de desenvolvimento, algumas delas já referidas ao de leve ao longo do trabalho e requerendo

em geral experimentação e tratamento analítico:

- a) Prosseguimento da caracterização dos materiais nacionais, quer visando a definição mais completa do panorama nacional como o conhecimento da influência dos diversos parâmetros nas características finais dos elementos.
- b) Análise detalhada dos diferentes processos produtivos e das suas diversas fases. Correspondência entre estes e as características de desempenho do produto final, optimização e alterações possíveis.
- c) Análise das causas de mau desempenho dos elementos e das exigências não satisfeitas. Optimização de formas e geometrias visando a compatibilização das diversas exigências.
- d) Comportamento e dimensionamento de alvenarias estruturais de produção nacional. Critérios gerais de segurança, acções, materiais, propriedades mecânicas das alvenarias, concepção estrutural, disposições construtivas. Definição de disposições simplificadas para edifícios de pequeno porte.
- e) Execução de trabalhos de alvenaria, tolerâncias dimensionais, argamassas de assentamento, pormenores de execução: paredes estruturais e não estruturais. Metodologias de controlo de qualidade dos elementos, das argamassas e da execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ENIU - UNI 8942- PARTE 1-Prodotti di laterizio per murature. Terminologie e sistema di classificazione. Roma, ENIU, 1986.
- 2- ENIU - UNI 8942- PARTE 2-Prodotti di laterizio per murature. Limite di accettazione.Roma, ENIU, 1986.
- 3- ENIU - UNI 8942- PARTE 3-Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova. Roma, ENIU, 1986.
- 4- BRITISH STANDARD INSTITUTION -BS 6073:PART 1-Precast concrete masonry units: specification for precast concrete masonry units. Londres, BSI, 1981.
- 5- BRITISH STANDARD INSTITUTION- BS6073:PART 2-Precast concrete masonry units. Method for specifying precast concrete masonry units. Londres, BSI, 1981.
- 6- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios. Lisboa, IGPAI, 1964.
- 7- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 834- Tijolos de barro vermelho para alvenaria. Formatos. Lisboa, IGPAI, 1971.
- 8- TUBI, NORBERTO -La realizzazione di murature in laterizio. Roma, ANDIL- Sezione Murature, 1986.
- 9- CONSEIL INTERNATIONAL DU BATIMENT- International recommendations for design and erection of unreinforced and reinforced masonry structures. Publication 94.Rotterdam, CIB, 1987.
- 10- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 1379- Inertes para argamassas e betões. Análise granulométrica. IGPAI, 1976.
- 11- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 1458- Peneiros para ensaio. Redes metálicas e chapas metálicas perfuradas. Aberturas nominais. Lisboa, IGPAI, 1977.
- 12- ABRANTES, J. NUNO- Utilização de alvenarias confinadas na construção de edifícios em Portugal. Comunicação ao SIMATEC (Tema C), Lisboa, IST, 1985.

- 13- TRIGO, J. A.- Paredes, pavimentos e coberturas - Disciplina do Curso de Mestrado em Construção de Edifícios - Sumários. Porto, FEUP, 1986.
- 14- VÁRIOS- Comportamento statico e sismico delle strutture murarie. Milano, CLUP, 1982.
- 15- ENGLEKIRK, R; HART, GARY- CONCRETE MASONRY ASSOCIATION OF CALIFORNIA AND NEVADA- Earthquake design of concrete masonry buildings. Volume 1 e 2. New Jersey, PRENTICE - HALL. INC, 1982.
- 16- ANDIL- Il laterizio ed i problemi dell'edilizia. Atti del 15 Congresso Nazionale Andil. Roma, ANDIL, 1982.
- 17- CONSELHO SUPERIOR DE OBRAS PUBLICAS E TRANSPORTES- Projecto de regulamento de segurança contra incêndio em edifícios de habitação. Lisboa, CSOPT, 1986.
- 18- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB) - DTU 20.1 - Parois et murs en maçonnerie de petits éléments. Paris, CSTB, 1985
- 19- BERNSTEIN, D.; CHAMPETIER, J. P.; PEIFFER F. - La maçonnerie sans fard. Paris, Editions du Moniteur, 1982.
- 20- BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS 5628 - Part 1 - Code of practice for structural use of masonry. Unreinforced masonry. London, BSI, 1978.
- 21- CARVALHO, E. CANSADO; OLIVEIRA, C. SOUSA - Construção anti-sísmica. Edifícios de pequeno porte. Lisboa, LNEC, 1985.
- 22- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - Circular de informação técnica n.5 - Repertório dos tipos nacionais de tijolos para paredes e pavimentos. Lisboa, LNEC, 1952.
- 23- GOMES, R. J.; ZUQUETE E. - Informação coordenada sobre produtos cerâmicos para a construção. Memória n 246. Lisboa, LNEC, 1965.
- 24- BEZELGA, A. A. - Edifícios de habitação. Caracterização e estimação técnico-económico. Lisboa. UTL - INCM, 1984.
- 25- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE) - Estatísticas da construção e da habitação - Lisboa, INE.

- 26- PORTUGAL. Leis, decretos, etc. - Regulamento Geral das Edificações Urbanas. Decreto - Lei nº 38382 de 7/8/1951.
- 27- PORTUGAL. Leis, decretos, etc. - Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos. Decreto - Lei n. 41658 de 31/5/1958.
- 28- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - Especificação LNEC E - 309 - Tijolos de barro vermelho para alvenarias. Tijolos "duplex". Características e recepção. Lisboa, LNEC, 1977.
- 29- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 147 - Blocos maciços de argamassa celular. Lisboa, IGPAI, 1958.
- 30- CARVALHO, F. R. C.; PIRES, F. M. G. - Inquérito à produção nacional de materiais para alvenarias. Relatório, Lisboa, LNEC, 1986.
- 31- TRIGO, J. T. - Regulamentação e normalização da construção de alvenarias. Planeamento de estudos. Relatório, Lisboa, LNEC, 1985.
- 32- COSTA, J. M. - Alvenarias resistentes. Materiais, dimensionamento e disposições construtivas. Relatório de Aula-Teórico-Prática. Porto, FEUP, 1986.
- 33- ITÁLIA. Leis, decretos, etc. - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. Roma, Gazzetta Ufficiale 14/6/1987.
- 34- ITÁLIA. Leis, decretos, etc. - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche. Roma, Gazzetta Ufficiale 12/5/1986.
- 35- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (CEC) - Eurocode 6. Masonry structures. Luxembourg, CEC, 1985.
- 36- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 87 Consistência do betão. Ensaio de Abaixamento. Lisboa, IGPAI, 1964.
- 37- PORTLAND CEMENT INSTITUTE - Principles of the manufacture of concrete masonry units. South - Africa, PCI, 1984.

- 38- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 956 - Inertes para argamassa e betões. Determinação dos teores em água total e em água superficial. Lisboa, IGPAI, 1973.
- 39- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 83 - Solos. Determinação da densidade das partículas. Lisboa, IGPAI, 1965.
- 40- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP-955 - Inertes para argamassa e betões. Determinação da baridade. Lisboa, IGPAI, 1965.
- 41- COUTINHO, A. S. - Fabrico e propriedades do betão. Curso de Especialização 120. Lisboa, LNEC, 1973.
- 42- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - Especificação LNEC E-226 - Betão. Ensaio de compressão. Lisboa, LNEC, 1968.
- 43- SANTOS, C. A. P. ; PAIVA, J. A. V. - Caracterização térmica de paredes da alvenaria. Relatório. Lisboa, LNEC, 1987.
- 44- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 2073. ACÚSTICA - Critério de quantificação do isolamento sonoro em edifícios. Lisboa, IGPAI, 1983.
- 45- SANTOS, A. R. - Introdução a Acústica das Construções. Porto, FEUP, 1983.
- 46- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - Reacção ao fogo dos materiais de construção. Métodos de ensaio e critérios de classificação. Projecto de especificação. Lisboa, LNEC, 1984.
- 47- HARDY, Y. - Resistance au feu des blocs creux de 15 et 20 cm d'épaisseur. Publication Technique n 90 - Épernon, CERIB, 1986.
- 48- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR) - NFP 13 - 301 Cerâmique. Briques creuses de terre cuite. Paris, AFNOR, 1972.
- 49- PORTUGAL. Leis, decretos, etc. - Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos. Decreto-Lei n 404 de 23/9/1971.

- 50- FAUCON, P; MEYER, P. - Definitions et methodes d'établissement des differents fuseaux granulaires. Publication Technique n. 23 - Epernon, CERIB, 1975.
- 51- BRESSON, J.; AUFREDOU, C.; CHAMBRIN G. - Le dosage d'eau des bétons. Publication Technique n. 63. Epernon, CERIB, 1983.
- 52- BRESSON, J.; BRUSIN, M. - Étude de l'influence de la composition granulaire sur les qualites des bétons vibres et comprimés. Publication Technique n.13. Epernon, CERIB, 1974.
- 53- CARVALHO, F. R.; TRIGO, J. A. T. - Estudo para homologação dos blocos de betão para alvenaria "Argibetão" - Relatório. Lisboa, LNEC, 1986.
- 54- INSPECÇÃO GERAL DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E INDUSTRIAIS - NP - 88 Modulação das Construções. Directivas fundamentais. Lisboa, IGPAI, 1956.
- 55- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR) - NFP 14 - 402 Agglomérés. Blocs en béton pour murs et cloisons. Dimensions. Paris, AFNOR, 1983.
- 56- MINISTERIO DE LA VIVIENDA - NTE/FFB - Norma tecnologica de la edificacion: Fachadas de fábricas de blocos. Madrid, 1975.
- 57- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION (AFNOR) - NFPl4-301 Agglomérés. Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons. Paris, AFNOR, 1983.
- 58- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - ASTM Standard C 129 - Standard specification for non-load bearing concrete masonry units. Annual Book of ASTM Standards, Part 16, 1985.
- 59- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - ASTM Standard C 90 - Standard specification for hollow non-load bearing concrete masonry units. Annual Book of ASTM Standards, Part 16, 1985.
- 60- GAGE, M. ; KIRKBRIDE, T. - Design in blockwork. London, The Architectural Press, 1980.
- 61- SCHUMACHER, J. - Résistance des maçonneries en blocs de béton soumises à des charges verticales. Cahier du CSTB n. 129/1101, Paris, CSTB, 1972.

- 62- AUFREDOU, C. - Suivi en temps réel des caractéristiques des blocs en béton dans le processus de fabrication. Epernon, CERIB, 1987.
- 63- VALLES, M. ; FAUCON, P. - Étude des principaux paramètres intervenant sur la qualité des blocs " traditionnels" en béton de granulats légers. Publication Technique n 35, Epernon, CERIB, 1977.
- 64- SERVIÇO METEOROLÓGICO NACIONAL - O clima de Portugal - Fascículo XIII - Normas climatológicas do Continente, Açores e Madeira correspondentes a 1931-1960. Lisboa, 1965.
- 65- TVEIT, A. - Factors affecting the moisture permeability of porous materials and the calculation of moisture transport and condensation hazard in building structures. Oslo, Norwegian Building Research Institut, 1986.
- 66- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - ASTM Standard C426 - Standard test method for drying shrinkage of concrete block. Annual Book of ASTM Standards, 1985.
- 67- COMISSÃO/GRUPO DE TRABALHO DE ESTUDOS DA GESTÃO DE ENERGIA NOS EDIFÍCIOS (CEGENE/GTEGENE - CSOPT) - Regras de qualidade térmica de edifícios - Estudo. Lisboa, CSOPT, 1984.
- 68- PORTUGAL. Leis, decretos etc. - Regulamento Geral sobre o Ruído - Decreto lei n. 251/87 de 24/6/87.
- 69- LUCAS, D. B. ; DIZ, H. M. M. - Tecnologia de materiais específicos. Fascículo 1 e 2 - Universidade de Aveiro. Aveiro, U.A. - 1984
- 70- CLEWS, F. H. - Heavy clay technology. London, Academic Press, 1969.
- 71- DIRECÇÃO GERAL DE GEOLOGIA E MINAS - Catálogo das argilas portuguesas utilizadas na Indústria Cerâmica. Lisboa, D.G.G.M. - 1985.
- 72- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION (AFNOR) - NFP13-304 Briques en terre cuite destinées à rester apparentes. Paris, AFNOR, 1983.

- 73- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION (AFNOR) - NF P13-305 Briques pleines ou perforées et blocs perforés en terre cuite à enduire. Paris, AFNOR, 1983.
- 74- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALIZATION (AFNOR) - NF P13-306 Blocs perforés en terre cuite destinés à rester apparents. Paris, AFNOR, 1983.
- 75- LOGEAIS, L. - Pathologie des ouvrages en maçonnerie - Deuxième partie: Les maçonneries dans leur fonction de paroi - Annales de ITBTP n. 303. Paris, ITBTP - 1973.
- 76- VEKEY, R. C. ; FISHER, K. ; LOMAX, J. ; FORD, R. W. ; BEARD, R. ; DINNIE, A. ; SHARPLES, A. B. - Moisture Expansion. Transactions and Journal British Ceramic Society Vol. 82, n. 2 e 3, 1983.
- 77- SCHELLBACH, G. ; SCHMIDT, H. - Influence of the raw material and the production methods on the deformation behaviour of clay bricks or blocks effects of these deformations on building construction. ZF International, n. 10, 1980.
- 78- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT (CSTB) - Résistance des maçonneries en briques creuses soumises à des charges verticales - Cahier du CSTB n. 104/911. Paris, CSTB, 1969.
- 79- SILVA, R. P. - Maçonnerie Armée: Cas des maçonneries de produits creux sollicités parallèlement à leur plan Vol. I et II. Thèse. Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées, 1985.
- 80- SIMÕES, A. ; OLIVEIRA, C. M. - Valores médios de produção e valores médios de projecto correspondentes às exigências de resistência à compressão de tijolos fixados na NP - 80. Lisboa, LNEC, 1973.
- 81- EEP - A Indústria da cerâmica de construção em Portugal e na CEE. Período de 1982 - 1985 - Análise comparativa da estrutura produtiva e estrutura energética. Coimbra, APICC, 1987.
- 82- INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS (ITBTP). Les certificats de qualification des produits destinés au bâtiment. Annales ITBTP n. 414. Paris Maio 1983.

- 83- INSTITUT BELGE DE NORMALISATION - NBN B 24-301 -Conception et calcul des maçonneries. Bruxelles, IBN, 1980.
- 84- INSTITUT BELGE DE NORMALISATION - NBN B 24-401 -Execution des maçonneries. Bruxelles, IBN, 1981.
- 85- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL - Resistência ao fogo dos materiais de construção. Métodos de ensaio e critérios de classificação. Projecto de especificação. Lisboa, LNEC, 1984.

ANEXO I

FICHAS DE ENSAIO

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Betão - Água de amassadura

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a água adicionada na amassadura do betão pelo operador, empiricamente, quando não há dispositivos automáticos de controlo.

2. RESUMO DO PROCESSO

Medição da água adicionada durante a amassadura.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Recipiente plástico graduado em litros.

4. PROVETE

O provete é constituído pelos inertes e cimento misturados no tambor da central de betão e que juntamente com a água contida nos inertes e a adicionar, constituirão uma amassadura.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio realiza-se nas proximidades da central de betão, sem exigências específicas.

6. TÉCNICA DE ENSAIO

Após a mistura dos inertes no estado natural com o cimento no tambor da betoneira, adiciona-se a água lentamente, e distribuída regularmente pela massa, recorrendo ao recipiente graduado para ser possível determinar o volume de água adicionado.

7. RESULTADOS

O volume de água adicionado resulta da medição efectuada e expressa-se em litros.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Betão - Conteúdo em água - Ensaio expedito

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de avaliar, em fábrica de forma qualitativa e expedita, o conteúdo em água do betão utilizado na confecção dos blocos.

2. RESUMO DO PROCESSO

Espalhamento de uma porção de betão sobre uma superfície lisa com um varão metálico; apreciação da superfície do betão e do varão.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Superfície metálica, seca, limpa, desempenada e indeformável com dimensões mínimas de $50 \times 50 \text{ cm}^2$.

3.2. Varão de aço liso com 16 mm de diâmetro.

3.3. Colher de pedreiro.

4. PROVETE

O provete é constituído por um volume de betão de cerca de 1 dm^3 , retirado da central de betão após conclusão da amassadura e representativo da mesma.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio realiza-se nas proximidades da central de betão sem exigências específicas.

6. TÉCNICA DE ENSAIO

6.1. Retira-se com a colher de pedreiro o volume de betão indicado, do tambor da central de betão, que se coloca sobre a superfície metálica.

6.2. Espalha-se o betão com o varão metálico comprimindo-o contra a superfície metálica até constituir uma película uniforme.

7. RESULTADOS

Os resultados são indicativos do limite óptimo de água da

mistura, para betão destinado à moldagem de blocos.

Considera-se que o conteúdo é óptimo, quando a superfície da película de betão apresentar um brilho de água e o varão metálico marcas onduladas de humidade com inertes finos aderentes.

BIBLIOGRAFIA

PORTLAND CEMENT INSTITUTE - Principles of the manufacture of concrete masonry units. Africa do Sul, 1984.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Betão - Massa dos blocos imediatamente após moldagem

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a massa dos blocos de betão logo após a sua moldagem.

2. RESUMO DO PROCESSO

Pesagem do bloco logo após a sua moldagem.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Balança com precisão de 5g.

3.2. Recipiente destinado a conter o betão constituinte do bloco, com capacidade no mínimo igual ao volume do bloco e cuja massa é conhecida.

3.3 Colher de pedreiro.

4. PROVETE

O provete é constituído pelo bloco acabado de moldar.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio realiza-se na fábrica produtora dos blocos, de preferência próximo da bloqueira, sem exigências específicas.

6. TÉCNICA DE ENSAIO

6.1. Retira-se de um dos tabuleiros de moldagem um bloco acabado de prensar para um recipiente com uma colher de pedreiro, assegurando que não se perde nenhum betão nessa operação.

6.2 Determina-se a massa do conjunto provete e recipiente.

7. RESULTADOS

Sendo:

m_1 - massa do provete e do recipiente, em Kg;
 m_2 - massa do recipiente, em Kg;

a massa do bloco fresco em Kg é:

$$m_1 - m_2$$

Os resultados apresentam-se arredondados aos centigramas.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Moldes - Dimensões

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha destina-se a fixar o modo de determinar, por medição, as dimensões efectivas do negativo dum bloco, nos moldes em que estes são prensados.

2. DEFINIÇÕES

- 2.1. Face de apoio - face inferior do elemento na posição em obra, apoiando-se na argamassa inferior.
- 2.2. Face de assentamento - face superior do elemento na posição em obra, recebendo a camada de argamassa que irá constituir a junta horizontal superior.

3. RESUMO DO PROCESSO

Medição das dimensões necessárias à caracterização dimensional do provete.

4. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 4.1. Régua graduada em milímetros de 60 cm.
- 4.2. Craveira com precisão de 0.05 mm.
- 4.3. Compasso de pontas para medição de vazios e reentrâncias.
- 4.4. Compasso de pontas para medição de espessuras.

5. PROVETE

O provete é constituído pelo bloco metálico no qual são moldados simultaneamente diversos blocos de betão.

6. AMBIENTE ATMOSFÉRICO E CONDICIONAMENTO DE ENSAIO

O ensaio realiza-se na fábrica produtora dos blocos, sem exigências específicas.

7. TÉCNICA DE ENSAIO

- 7.1. Medir as dimensões interiores, comprimento e largura, correspondentes às do bloco, no molde com a régua metálica.

- 7.2.** Medir as espessuras de septos, dimensões de orifícios e reentrâncias junto à face de apoio. Efectuar as medições com a craveira, onde não for possível com o compasso de pontas.
- 7.3.** Repetir o processo na face de assentamento.

8. RESULTADOS

Para cada provete deve-se registar cada resultado obtido, em milímetros, no caso do comprimento e largura, e em décimos de milímetro as dimensões de septos orifícios e reentrâncias.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Betão - Preparação de provetes para ensaio de compressão

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha destina-se a fixar as dimensões, condições de moldagem e cura dos provetes destinados a ensaios de compressão, e que se pretende que reproduzam as condições de enchimento e cura dos blocos de betão.

2. RESUMO DO PROCESSO

Moldagem de provetes cúbicos na bloqueira e cura em condições idênticas às dos blocos.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Moldes de aço ou outro material duro, não absorvente nem atacável pelo betão, rígidos, com 20 cm de aresta. As superfícies interiores devem ser lisas e rectificadas a 0.05 mm, sendo de $\pm 0.5^\circ$ a tolerância da ortogonalidade das faces. Os moldes devem ser estanques.

3.2. Dispositivo para a compactação do betão nas mesmas condições dos blocos, constituído por chapa quadrada de 20 cm de lado, com guia metálica em todo o seu perímetro e reforço superior para transmissão de cargas, conforme especificado na fig. 1.

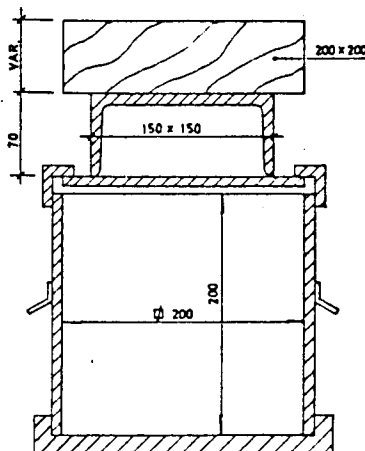


Fig. 1

3.3. Prisma de madeira de base quadrada de 20 cm de lado e altura suficiente para caber entre o pilão e o molde, conforme especificado na figura 1.

3.4. Colheres de pedreiro para manuseamento e transporte do betão.

4. PROVETE

A amostra deve ser colhida do recipiente que assegura o enchimento dos moldes dos blocos de betão, com os cuidados necessários para que seja representativa e ter volume suficiente para encher, nas condições de compactação especificadas, os moldes correspondentes aos provetes a preparar.

5. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

A preparação dos provetes realiza-se na fábrica, na bloqueira, sem exigências específicas.

6. TECNICA

- 6.1. Antes de iniciar o enchimento dos moldes, estes devem ser limpos, untados ligeiramente com óleo mineral e assentes na mesa da bloqueira.
- 6.2. Enche-se o molde completamente e rasa-se a superfície com a colher de pedreiro por um plano aproximadamente paralelo ao da boca do molde e distando dele cerca de 1 cm.
- 6.3. Ajusta-se a chapa superior e o prisma de madeira e vibra-se o conjunto em condições de intensidade e duração análogas às usadas para os blocos.
- 6.4. Retira-se a chapa e completa-se eventualmente o enchimento rasando a superfície pelo plano da boca do molde, ajusta-se a chapa superior e o prisma de madeira de novo e vibra-se o conjunto ligeiramente.
- 6.5. Retira-se a chapa e o molde, com o provete, da mesa da bloqueira, afagando a superfície com a colher.
- 6.6. Os provetes são conservados nos moldes por um período de 24 horas nas condições termo-higrométricas existentes na fábrica protegidos com tecido humedecido e defendidos de quaisquer choque ou vibrações.
- 6.7. Decorrido o período indicado, o provete é desmoldado com os cuidados necessários para não danificar, e identificado com marcação adequada.
- 6.8. Após a desmoldagem os provetes são conservados nas mesmas condições dos blocos, para ficarem sujeitos ao mesmo processo de cura.

BIBLIOGRAFIA

INSPECÇÃO GERAL DOS PRODUTOS AGRICOLAS E FLORESTAIS-NP-1383
BETÕES - Preparação de provetes para ensaios de compressão e flexão. Lisboa, IGPAI, 1976.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Apreciação de aspecto

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha destina-se a fixar o modo de identificar em blocos de betão para alvenarias defeitos associados a atributos de aspecto.

2. DEFINIÇÃO DE DEFEITOS

- 2.1. **Fissuras** - Fenda de traçado mais ou menos irregular, interessando toda a espessura do septo e de comprimento superior a 20% da distância total entre bordos opostos do bloco, medido na direcção considerada.
- 2.2. **Aresta ou vértice partido** - Irregularidade local do provete provocada pela ausência ou destacamento do betão constituinte do bloco, em arestas ou vértices.
- 2.3. **Deformações visíveis** - Irregularidades locais de aspecto, como betão em falta, deslavado ou excessivamente cavernoso; defeitos de rectilinearidade e planeza das faces correspondendo a flechas, medidas relativamente à diagonal máxima da face, e em qualquer ponto desta, superiores a 5 mm.
- 2.4. **Furos vazados** - Orifícios profundos não atravessantes, que devendo ser cegos, se encontram vazados na face de assentamento.

3. RESUMO DO PROCESSO

Exame visual do provete, levantamento e registo dos diversos defeitos apresentados.

4. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 4.1. Banca de observação constituída por uma superfície horizontal lisa e plana com dimensões superiores às do provete.
- 4.2. Régua metálica graduada em milímetros de 60 cm.

5. PROVETES

O ensaio é realizado sobre todos os elementos da amostra.

Não é necessário nenhum tratamento preliminar salvo uma ligeira limpeza.

6. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se sem qualquer condicionamento.

7. TECNICA

7.1. Coloca-se o provete sobre a banca de observação, inspeccionam-se sucessivamente as várias faces, identificando e anotando os defeitos definidos em 2.

7.2. Pequenos defeitos, não sistemáticos, inerentes ao processo de fabrico e manuseamento não são considerados.

8. RESULTADOS

Para cada elemento deve-se especificar:

- Forma de condicionamento e transporte dos elementos para o laboratório;
- Número e tipo de defeitos;
- Extensão das fissuras.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Determinação de dimensões efectivas

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar, por medição, as dimensões efectivas de blocos de betão para alvenarias.

2. DEFINIÇÕES

- 2.1. **Face de apoio** - Face inferior do elemento na posição em obra, apoiando-se na argamassa inferior.
- 2.2. **Face de assentamento** - Face superior do elemento na posição em obra, recebendo a camada de argamassa que irá constituir a junta horizontal superior.

3. RESUMO DO PROCESSO

Medição das dimensões exteriores do provete, reentrâncias, orifícios e espessuras de septos necessárias à caracterização dimensional do elemento.

4. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 4.1. Banca constituída por uma superfície lisa e plana com dimensões superiores às do provete.
- 4.2. Régua metálica graduada em milímetros de 60 cm.
- 4.3. Craveira com precisão de 0.05 mm.
- 4.4. Compasso de pontas para medição de vazios e reentrâncias.
- 4.5. Compasso de pontas para medição de espessuras.
- 4.6. Duas placas rígidas, planas, rectangulares, de contraplacado e de dimensões ligeiramente superiores às da maior face do bloco.

5. PROVETES

O ensaio é realizado sobre um número pré-estabelecido de elementos da amostra.

A idade dos provetes à data de ensaio, é sempre superior ao período de cura em fábrica, definido pela empresa.

Os provetes devem sofrer uma regularização prévia manual ou mecânica, por forma a eliminar as rebarbas que pudessem alterar as dimensões, sobretudo na face de apoio.

6. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se sem qualquer condicionamento.

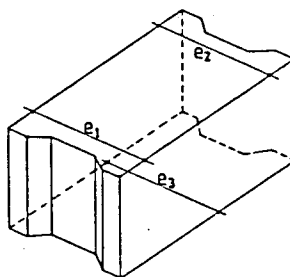
7. TECNICA

7.1. Dimensões exteriores

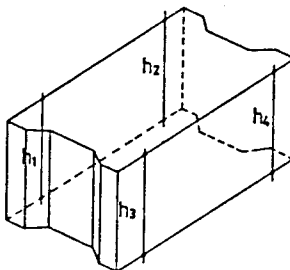
7.1.1. Justapor às faces entre as quais se pretende efectuar a medição, as placas referidas em 4.6 e efectuar as medições com a régua metálica.

7.1.2. Efectuar as seguintes medições:

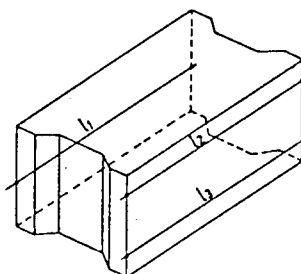
7.1.2.1. Espessura



7.1.2.2. Altura



7.1.2.3. Comprimento



7.2. Septos

- 7.2.1. Medir as espessuras de septos mínimas, normalmente junto à face de assentamento e no mínimo em dois pontos simétricos relativamente ao eixo do bloco.
- 7.2.2. Efectuar as medições com a craveira, conforme 4.3 ou, onde não for possível, com o compasso de pontas conforme 4.5.

7.3. Orifícios

- 7.3.1. Medir a largura e o comprimento máximos de orifícios, normalmente junto à face de assentamento e sempre que possível em dois pontos.
- 7.3.2. Efectuar as medições com a craveira conforme 4.3 ou, onde não for possível, com o compasso de pontas conforme 4.4.

7.4. Reentrâncias

- 7.4.1. Medir a largura e a profundidade de reentrâncias em pontos opostos da face de apoio e assentamento.
- 7.4.2. Efectuar as medições com a craveira conforme 4.3 ou, onde não for possível, com o compasso de pontas conforme 4.4.

8. RESULTADOS

Para cada provete deve-se registar:

- Cada resultado obtido, em milímetros, no caso das dimensões exteriores, e em décimos de milímetros as dimensões de septos, orifícios e reentrâncias.
- A média dos resultados obtidos para cada dimensão efectuada, arredondada aos milímetros no caso das dimensões exteriores e em décimos de milímetros para as restantes.

BIBLIOGRAFIA

AFNOR-NFP14-301 - Agglomérés - Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons. Paris, AFNOR, 1983.

BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS6073: PART 1 - Precast concrete masonry units. Part 1. Specification for precast concrete masonry units. Londres, BSI, 1981.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Percentagem de furação

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a percentagem de furação em blocos de betão para alvenaria.

2. DEFINIÇÕES

2.1. **Percentagem de furação** - Razão entre a secção bruta deduzida da secção efectiva e a secção bruta. Expressa a relação entre a superfície total de orifícios atravessantes ou profundos não atravessantes e a secção total da face perpendicular aos orifícios limitada pelo seu contorno.

3. RESUMO DO PROCESSO

Determinação do volume de areia graduada necessária ao preenchimento total dos orifícios dos blocos.

4. APARELHOS E UTENSILIOS

- 4.1. Banca de trabalho constituída por uma superfície horizontal, lisa e plana com dimensões superiores às do provete.
- 4.2. Folha fina de material resiliente de dimensões superiores às da face de assentamento do bloco.
- 4.3. Duas placas rígidas, planas, rectangulares, de contraplacado, de dimensões ligeiramente superiores às faces de topo dos blocos.
- 4.4. Areia seca graduada, entre 0,3 e 0,6 mm, suficiente para preencher os orifícios do bloco.
- 4.5. Proveta graduada de 1 l.
- 4.6. Régua metálica.

5. PROVETE

O ensaio é realizado sobre alguns elementos de amostra em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores conforme ficha de ensaio número 7.

Não é necessário nenhum tratamento preliminar.

6. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se sem qualquer condicionamento.

7. TECNICA

- 7.1. Colocar a folha de material resiliente na banca de trabalho e sobre esta o bloco com a face de apoio para cima.
- 7.2. Fechar os meios furos existentes nos topos dos blocos, se existirem, com as placas de contraplacado.
- 7.3. Encher previamente com a areia graduada, sempre da mesma altura e sem compactar a proveta de 1 litro. Despejar a areia uniformemente nos furos aproximadamente 2,5 cm acima do topo dos orifícios. Não preencher as cavidades que no topo venham a ser ocupadas com argamassa de assentamento. Rasar com a régua metálica a face superior dos orifícios garantindo igual enchimento de todos os furos.
- 7.4. Reintroduzir na proveta toda a areia que eventualmente tenha transbordado.
- 7.5. Anotar o volume de areia utilizada com precisão de 50 cm³.

8. RESULTADOS

Sendo:

V_a - Volume efectivo aparente do bloco, com precisão de 0.05cm³.

V_v - Volume de orifícios expresso pelo volume de areia determinado em 7.

A percentagem de furação, arredondada às unidades é

$$\% = \frac{V_v}{V_a} \times 100$$

BIBLIOGRAFIA

BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS 6073: PART 2 - Precast concrete masonry units. Part 2. Method for specifying precast concrete masonry units. Londres, BSI, 1981.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Massa e massa volúmica dos blocos e do betão constituinte

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a massa e a massa volúmica dos blocos e do betão constituinte, no estado natural, com a idade mínima que a empresa produtora garante na sua comercialização, bem como a massa e a massa volúmica dos blocos e do betão constituinte no estado seco.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da massa dos blocos e da massa volúmica dos blocos e do betão constituinte, como quociente da massa pelo volume efectivo aparente e pelo volume efectivo de betão, respectivamente.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro de $\pm 0.2\%$ das massas a determinar.
- 3.2. Estufa ventilada capaz de assegurar uma temperatura controlada de $105^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

4. PROVETE

- 4.1. O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio 7; a percentagem de furação conforme ficha de ensaio 8 e o volume de orifícios e reentrâncias que no topo, venham a ser preenchidos com argamassa de assentamento.
- 4.2. Na determinação da massa e massas volúmicas dos blocos e do betão constituinte no estado natural, os blocos deverão ter a idade que a empresa garante na sua comercialização, e terem sido conservados em local abrigado.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em local abrigado sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

- 6.1. Massa e massa volúmica dos blocos no estado natural:

6.1.1. Pesar os blocos com a idade mínima de comercialização indicada pelo fabricante.

6.2. Massa e massa volúmica dos blocos no estado seco:

6.2.1. Secar os blocos durante um período não inferior a 24 horas até massa constante (*), em estufa ventilada a $105^0 \pm 5^0$ C.

6.2.2. Deixar arrefecer os blocos à temperatura ambiente e pesá-los.

7. RESULTADOS

Sendo:

m_i - Massa dos blocos de betão no estado natural em Kg;

m_s - Massa seca dos blocos de betão, em Kg;

V_a - Volume efectivo aparente do bloco de betão em dm^3 , com precisão de $0,05 dm^3$;

V_v - Volume de orifícios em dm^3 com precisão de $0,05 dm^3$

V_r - Volume de reentrâncias em dm^3 com precisão de $0,05 dm^3$;

V_b - Volume de betão constituinte do bloco em dm^3 , com precisão de $0,05 dm^3$;

$$V_b = V_a - (V_v + V_r)$$

A massa volúmica do bloco de betão no estado natural, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_i}{V_a} \times 1000$$

A massa volúmica do bloco de betão no estado seco, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_s}{V_a} \times 1000$$

A massa volúmica do betão constituinte do bloco no estado natural, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_i}{V_b} \times 1000$$

(*) Considera-se que os blocos estão secos a massa constante terminado o período mínimo de cura, quando a massa perdida entre duas pesagens consecutivas, intervaladas de 2 h, não ultrapassar 0,2%.

A massa volúmica do betão constituinte do bloco no estado seco, em quilogramas por metro cúbico é:

$$\frac{m_s}{V_b} \times 1000$$

BIBLIOGRAFIA

BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS 6073: PART 2 - Precast concrete masonry units. Part 2. Method for specifying precast concrete masonry units. Londres, BSI, 1981.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Absorção de água por imersão e teor em água dos blocos à data de fornecimento

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaios destina-se a fixar o modo de determinar a absorção de água por imersão e o teor em água dos blocos em determinadas condições.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da absorção de água, como quociente da diferença de massa do bloco entre o estado saturado e seco, pela massa do bloco seco.

O teor em água dos blocos determina-se como o quociente da variação de massa entre o estado natural, em idade pré-estabelecida e o estado seco, relativamente à massa do bloco no estado seco.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro de $\pm 0,2\%$ das massas a determinar.
- 3.2. Tanque com capacidade para manter os blocos a ensaiar submersos.
- 3.3. Estufa ventilada capaz de assegurar uma temperatura controlada de $105^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra, nas condições requeridas.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em local abrigado sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

- 6.1. Pesar os blocos nas condições requeridas.
- 6.2. Colocar os blocos sobre apoios no fundo dum tanque.
- 6.3. Submergir os blocos com água potável à temperatura ambiente, por etapas sucessivas, aumentando o nível da água de aproxi-

madamente 1/3 da altura do bloco em cada hora, até ficarem totalmente cobertos, com cerca de 20 mm de água acima da face superior dos blocos.

- 6.4. Manter os blocos totalmente imersos durante 24 h.
- 6.5. Retirar os blocos da água ao fim deste período, deixar escorrer durante 1 min., limpar a água superficial com um pano húmido e pesar imediatamente.
- 6.6. Secar os blocos durante um período não inferior a 24 horas em estufa ventilada a $105^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, até massa constante (*).
- 6.7. Deixar arrefecer os blocos à temperatura ambiente e pesá-los.

7. RESULTADOS

Sendo:

m_i - massa inicial dos blocos de betão, em Kg;

m_h - massa do bloco de betão saturado, em Kg;

m_s - massa seca do bloco de betão, em Kg;

A absorção de água por imersão, em percentagem é:

$$\frac{m_h - m_s}{m_s} \times 100 \quad (\%)$$

O teor em água em relação à massa seca, em percentagem é:

$$\frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad (\%)$$

O teor em água em relação à absorção total, em percentagem é:

$$\frac{m_i - m_s}{m_h - m_s} \times 100 \quad (\%)$$

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) - ASTM Standard C140 - Standard Methods of Sampling and Testing concrete masonry units. Annual Book of ASTM Standards, Part 16, 1986.

(*) Considera-se que os blocos estão secos a massa constante, terminado o período mínimo de cura, quando a massa perdida entre duas pesagens consecutivas intervaladas de 2 h, não ultrapassar 0,2%.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Variações dimensionais entre estados
convencionais extremos

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a variação dimensional máxima a que os blocos podem estar sujeitos, em condições convencionais de retracção e expansão por imersão.

2. RESUMO DO PROJECTO

Determinação da retracção de cada bloco após permanência em estufa e determinação da expansão de cada bloco após imersão em água, em condições determinadas.

A amplitude das variações dimensionais é a soma das médias em valor absoluto, das retracções e das expansões dos blocos ensaiados.

3. APARELHOS E UTENSILIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro de $\pm 0,2\%$ das massas a determinar.
- 3.2. Tanque com capacidade para manter os blocos a ensaiar submersos à temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- 3.3. Estufa dispondo das seguintes características:
 - volume no mínimo igual a nove vezes o de um bloco;
 - manutenção da temperatura de $33^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
 - ventilação natural ou forçada assegurando uma renovação do volume no mínimo três vezes por hora.
- 3.4. Alongâmetro de base mínima de 300 mm, preferencialmente com sensibilidade de 0.001 mm.
- 3.5. Testemunhos de medida de aço inoxidável de 4 cm^2 de superfície aproximadamente.
- 3.6. Cola à base de resina epoxídica estável quando imersa.

4. PROVETE

- 4.1. O ensaio é realizado sobre seis elementos da amostra com a idade mínima de fornecimento estabelecida pelo fabricante, com uma tolerância de mais 48 horas.
- 4.2. Os elementos devem ser sujeitos a uma estabilização prévia de 24 horas no laboratório, nas condições termo-higrométricas definidas em 5.

5. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio e o equipamento devem encontrar-se no laboratório a temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa inferior a 75%.

6. TECNICA

6.1. Preparação dos provetes

6.1.1. Pesar e numerar cada bloco, de 1 a 6, do mais leve ao mais pesado, após a estabilização definida em 4.2.

6.1.2. Selar em cada bloco dois testemunhos com a cola referida em 3.6, distanciados aproximadamente de 300 mm, segundo a fig. 1.

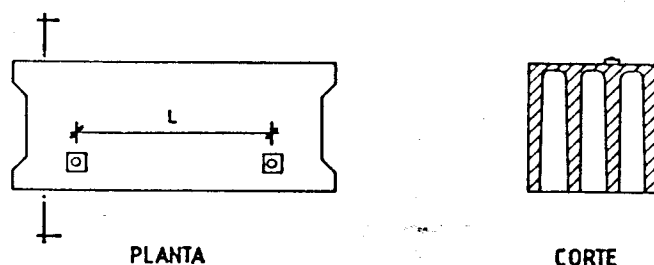


Fig. 1

6.1.3. Medir a distância entre testemunhos - l_0 com o alongâmetro.

6.2. Retracção por secagem

6.2.1. Colocar os blocos números 1, 3 e 5 na estufa ventilada a 33°C , segundo a sua posição em obra, de tal forma que o ar quente circule sobre todas as faces.

6.2.2. Ao fim de 21 dias, retirar os blocos da estufa e colocá-los no laboratório.

6.2.3. Medir a distância entre testemunhos - l_2 -, com o alongâmetro após seis horas de estabilização.

6.3. Expansão por imersão

6.3.1. Colocar os blocos números 2, 4 e 6 no tanque, no mínimo submersos em 5 cm, em água potável, segundo o esquema da fig. 2.

6.3.2. Ao fim de 96 horas de imersão, retirar os blocos, deixá-los escorrer durante cerca de 10 minutos e depois medir a distância entre testemunhos - l_1 .

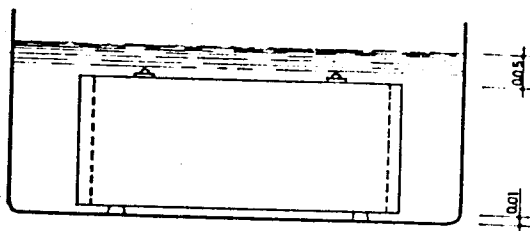


Fig. 2

7. RESULTADOS

7.1. Retracção por secagem

7.1.1. A amplitude da retracção de cada um dos três blocos é dada pela expressão:

$$\frac{\Delta l_{ri}}{l} = \frac{l_{oi} - l_{2i}}{l_{oi}} \times 1000, \text{ em mm/m}$$

7.1.2. Calcular a média aritmética para os três blocos (*).

7.2. Expansão por imersão

7.2.1. A amplitude da expansão por imersão de cada um dos três blocos é dada pela expressão:

$$\frac{\Delta l_{ei}}{l} = \frac{l_{1i} - l_{oi}}{l_{oi}} \times 1000 \text{ em mm/m}$$

7.2.2. Calcular a média aritmética para os três blocos (*).

7.3. Variação dimensional entre estados convencionais extremos

A amplitude da variação dimensional entre estados convencionais extremos, em mm/m, é dada por:

$$\frac{\Delta l_c}{l} = \frac{\Delta l_e}{l} + \frac{\Delta l_r}{l}$$

 (*) A média é calculada a partir de dois resultados, se o desvio entre o resultado extremo (valor mínimo ou máximo), e o resultado intermédio for superior a 0.05 mm/m.

Em que:

$\frac{\Delta l_c}{1}$ - variação dimensional entre estados convencionais extremos;

$\frac{\Delta l_e}{1}$ - amplitude da expansão convencional; é a média aritmética (*) das expansões dos três blocos testados, em mm/m;

$\frac{\Delta l_r}{1}$ - amplitude da retracção convencional; é a média aritmética (*) dos valores absolutos das retracções dos três blocos testados, em mm/m.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR) - NFP14-301 - Agglomérés. Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons. Paris, AFNOR, Septembre, 1983.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Variações dimensionais em condições
convencionais de retracção

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a variação dimensional máxima a que os blocos podem estar sujeitos em condições convencionais de retracção.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da variação dimensional de cada bloco ao longo dum período de permanência de vários dias em sala condicionada.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro de + 0.2% das massas a determinar.
- 3.2. Alongâmetro de base mínima de 300 mm, preferencialmente com sensibilidade de 0.001 mm.
- 3.3. Testemunhos de medida de aço inoxidável de 4 cm² de superfície aproximadamente.
- 3.4. Cola à base de resina epoxidica.

4. PROVETE

- 4.1. O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra com a idade mínima de fornecimento estabelecida pelo fabricante, com uma tolerância de mais 48 horas.
- 4.2. Os elementos devem sofrer uma estabilização prévia de 24 horas no laboratório, nas condições termo-higrométricas definidas.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio deve realizar-se no laboratório a $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa inferior a 75%.

6. TÉCNICA

6.1. Preparação dos provetes

- 6.1.1. Peser cada bloco, após a estabilização definida em 4.2.

6.1.2. Selar em cada bloco dois testemunhos, com a cola referida em 3.4, distanciados aproximadamente de 300 mm, segundo a fig. 1.

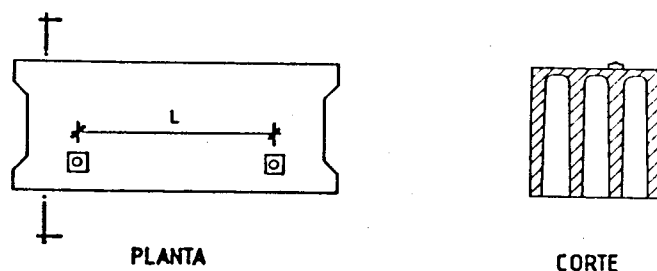


Fig. 1

6.1.3. Medir a distância entre testemunho - l_0 com o alongâmetro.

6.2. Retracção

6.2.1. Colocados os blocos na sala climatizada, medir a distância entre testemunhos - l_2 , com o alongâmetro, ao longo do período de permanência.

7. RESULTADOS

A amplitude de retracção de cada um dos blocos i , à data j , é:

$$\frac{\Delta l_{rij}}{l} = \frac{l_{0i} - l_{2ij}}{l_{0i}}$$

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a tensão de rotura por compressão e a configuração de rotura de blocos previamente regularizados com argamassa de cimento.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da tensão de rotura por compressão de cada bloco regularizado, como quociente entre a carga de rotura e a área total aparente da face comprimida; registo da configuração de rotura.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Cimento Portland e areia fina em quantidade suficiente para regularizar as faces do bloco em contacto com a prensa.
- 3.2. Colher de pedreiro.
- 3.3. Esquadro metálico e nível de pedreiro.
- 3.4. Mesa de tampo metálico ou pétreo, perfeitamente polido e desempenado.
- 3.5. Oleo de descofragem ou filme de matéria plástica não aderente à argamassa de regularização.
- 3.6. Moldes para realização de provetes de ensaio de argamassa 4 x 4 x 16 cm.
- 3.7. Prensa de ensaio para materiais duros, com as seguintes características principais:
 - 3.7.1. Capacidade de carga suficiente para as cargas esperadas;
 - 3.7.2. Pratos com dimensões superiores às do elemento a ensaiar. Quando tal não aconteça poderão usar-se pratos auxiliares com espessura mínima de dois terços do balanço, devendo o superior ser fixado para não cair quando o provete atingir o colapso.
 - 3.7.3. Os pratos devem ser paralelos, rígidos, a sua superfície rectificadada e o superior deverá ser provido de rótula esférica ajustável.
- 3.8. Uma craveira, quatro deflectómetros de centésimos de milí-

metro e respectivos suportes se se pretender determinar as extensões.

4. PROVETE

4.1. O ensaio é realizado sobre provetes em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio.

4.2. Regularização das faces do provete

4.2.1. Imergir parcialmente em 1 a 2 cm de água potável à temperatura ambiente, durante cerca de meia hora, a face a regularizar.

4.2.2. Preparar uma argamassa ao traço 1:1.5 em peso, de cimento Portland e areia fina, de consistência fluida e da qual se realizam três prismas para ensaio de acordo com o "Caderno de Encargos para o Fornecimento e recepção do Cimento "Portland" Normal".

4.2.3. Espalhar a argamassa sobre a mesa de tampo plano e polido, previamente oleada ou com interposição de lâmina de material plástico, numa espessura entre 5 e 10 mm.

4.2.4. Colocar a face a regularizar do bloco sobre a argamassa, prensando-o por forma a que o seu eixo fique perpendicular à superfície, o que deve ser confirmado com o esquadro e nível de pedreiro. Assegurar que a espessura de argamassa de regularização tem no mínimo 3 mm e capea todos os orifícios, mesmo os de maiores dimensões.

4.2.5. Deixar a argamassa endurecer no mínimo durante 16 horas (*), retirar o bloco com a face regularizada, submetendo-o a um movimento brusco horizontal e repetir o processo para a face oposta.

5. AMBIENTE ATMOSFERICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio deve realizar-se no laboratório, em sala sem exigências específicas.

6. TECNICA

6.1. Blocos de betão

6.1.1. Após o endurecimento da argamassa de regularização, centrar o bloco com o eixo da máquina, com as faces regularizadas em contacto com os pratos da máquina.

6.1.2. Acertar o zero da máquina antes de ajustar o prato superior.

(*) O processo pode ser acelerado substituindo em proporção adequada, parte do cimento "Portland" por cimento aluminoso.

6.1.3. Caso se pretendam determinar as extensões, colocar quatro deflectómetros na posição indicada na figura 1, fixando-os ao prato inferior.

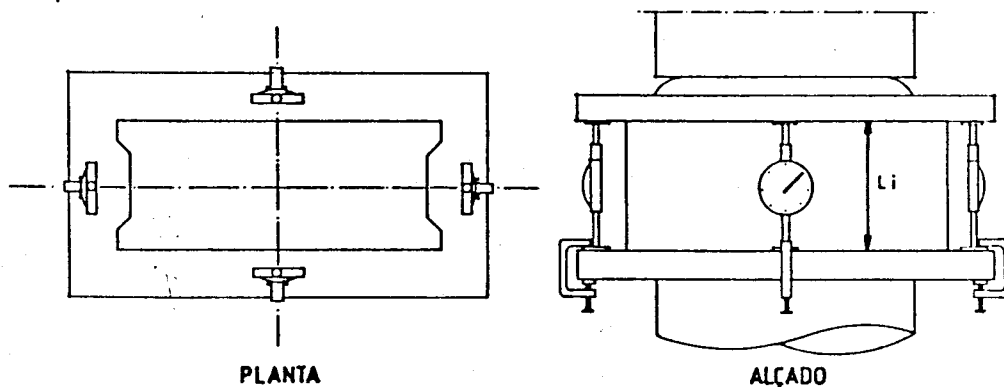


Fig. 1

6.1.4. Ajustar o prato superior da máquina e restringir a liberdade da rótula.

Determinar a altura inicial do provete junto a cada um dos deflectómetros - l_i - conforme indicado na figura 1.

6.1.5. Efectuar as leituras iniciais nos deflectómetros l_{0i} .

6.1.6. Aplicar a carga de uma maneira contínua e sem choques, a velocidade constante. Esta velocidade constante deve corresponder a um aumento de tensão de 0.5 ± 0.2 MPa por segundo, uma velocidade superior pode ser tolerada durante a aplicação da primeira metade da carga de rotura.

6.1.7. Ir efectuando leituras nos deflectómetros para cargas determinadas - l_{ji} .

6.1.8. Prosseguir o carregamento até à rotura do provete, sem modificar nenhum dos comandos. Próximo da rotura retirar os deflectómetros para que não se danifiquem.

6.1.9. Registrar a carga máxima suportada pelo provete durante o ensaio, a configuração da rotura observada e a idade do bloco à data do ensaio.

6.2. Prismas de argamassa

Ensaiar os prismas conforme "Caderno de Encargos para o fornecimento e recepção de cimento "Portland" normal".

7. RESULTADOS

Sendo:

C - A carga de rotura do bloco, em daN;

S_b - A secção bruta do bloco, em cm^2 ;

A tensão de rotura por compressão, f_b , em MPa, será:

$$f_b = \frac{C}{S_b \times 10}$$

A extensão média do bloco para uma dada tensão $f_{bj} = \frac{c_j}{10s_b}$

$$\varepsilon_{bj} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{|(l_{ji} - l_{oi})|}{l_i}$$

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (AFNOR) - NFP14-301 - Agglomérés. Blocs en béton de granulats courants pour murs et cloisons. Paris, AFNOR, Septembre, 1983.
- 2 - BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS 6073: Part 1 - Precast concrete masonry units: Specification for precast concrete masonry units. Londres BSI, 1981.
- 3 - COUTINHO, A.S. - Fabrico e Propriedades do Betão. Curso de Especialização 120. Lisboa, LNEC, 1973.
- 4 - PORTUGAL - DL 40870/56, DL 41127/57 e PORT. 18189/61 - Cimento "Portland" Normal - Caderno de Encargos para o seu Fornecimento e Recepção, Lisboa, INCM, 1975

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS DE BETÃO

Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados. Ensaio expedito.

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a tensão de rotura por compressão e a configuração de rotura de blocos de betão, de forma expedita.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da tensão de rotura por compressão de cada bloco, como quociente entre a carga de rotura do bloco entre placas de contraplacado e a área total aparente da face comprimida; registo da configuração de rotura.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Duas placas de contraplacado, de 10 mm de espessura, de dimensões superiores às das faces do bloco em contacto com a máquina. A saliência relativamente a cada uma das faces do bloco deverá ser no mínimo de 5 mm.

3.2. Prensa de ensaio para materiais duros, com as seguintes características principais:

3.2.1. Capacidade de carga suficiente para as cargas esperadas;

3.2.2. Pratos com dimensões superiores às do elemento a ensaiar. Quando tal não aconteça poderão usar-se pratos auxiliares, com espessura mínima de dois terços do balanço, devendo o superior ser fixado para não cair quando o provete atingir o colapso.

3.2.3. Os pratos devem ser paralelos, rígidos, a sua superfície rectificada, o superior deverá ser provido de rótula esférica ajustável.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre provetes em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio número 7.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO E CONDICIONAMENTO DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em sala sem exigências específicas.

6. TECNICA

- 6.1 Colocar o bloco na máquina entre as duas placas de contraplacado, centrando com o eixo da máquina o conjunto bloco/placas.
- 6.2. Acertar o zero da máquina antes de ajustar o prato superior.
- 6.3. Ajustar o prato superior da máquina e restringir a liberdade da rótula.
- 6.4. Aplicar a carga de uma maneira contínua e sem choques, a velocidade constante. Esta velocidade constante deve corresponder a um aumento de tensão de $0.5 \pm 0,2$ MPa por segundo; uma velocidade superior pode ser tolerada durante a aplicação da primeira metade da carga de rotura.
- 6.5. Prosseguir o carregamento até à rotura do provete, sem modificar nenhum dos comandos.
- 6.6. Registar a carga máxima suportada pelo provete durante o ensaio, a configuração de rotura observada e a idade do bloco à data de ensaio.

7. RESULTADOS

Sendo:

- C - A carga de rotura do bloco em decanewtons;
 S_b - A secção bruta do bloco em centímetros quadrados.

A tensão de rotura por compressão f_b , por via expedita, em MPa será:

$$f_b = \frac{C}{S_b \times 10}$$

BIBLIOGRAFIA

BRITISH STANDARD INSTITUTION - BS 6073: Part 2 - Precast concrete masonry units. Method for specifying precast concrete masonry units. London, BSI, 1981.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Apreciação de aspecto

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha destina-se a fixar o modo de identificar em blocos cerâmicos furados para alvenaria, determinados atributos de aspecto.

2. DEFINIÇÕES

2.1. Fenda de topo - Fenda não ultrapassando 3 a 4 cm de comprimento, afectando as extremidades do produto e geralmente situada na vizinhança de cruzamentos ou nós.

2.2. Fissuras - Fenda de traçado mais ou menos irregular, interessando toda a espessura da parede ou septo, de comprimento superior a 20% da distância total entre bordos opostos do bloco medido na direcção considerada. Distinguem-se fissuras longitudinais ou transversais e interiores ou exteriores.

Duas fissuras transversais, afectando duas paredes ou septos contíguos e concorrentes na aresta comum consideram-se como uma única.

2.3. Cratera - Separação de matéria devida a um grão de cal ou pirite, definida pelo seu diâmetro médio (média aritmética do diâmetro máximo e mínimo).

2.4. Borbulha - Levantamento superficial localizado.

2.5. Esfoliação - Irregularidades da superfície do provete causada por incisão ou destacamento de lasca de material.

2.6. Vértice partido - Ausência ou destacamento do material constituinte do bloco nos vértices.

2.7. Defeitos de rectilinearidade, planeza e ortogonalidade das faces e arestas - Defeito das faces correspondendo a flechas medidas relativamente à diagonal máxima da face, à aresta, ou ainda desvio de ortogonalidade máxima superiores a 5 mm.

2.8. Defeitos de cozedura - Defeitos associados a cozedura insuficiente ou exagerada, avaliáveis por coloração total ou localizada diferente da habitual, e também por uma sonoridade diferente à percussão.

3. RESUMO DO PROCESSO

Exame visual do provete e levantamento dos diversos defeitos apresentados.

4. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 4.1. Banca de observação constituída por uma superfície horizontal, lisa e plana com dimensões superiores às do provete.
- 4.2. Régua metálica graduada em milímetros de 60 cm.
- 4.3. Esquadro metálico com 30 cm de lado no mínimo.

5. PROVETES

O ensaio é realizado sobre todos os elementos da amostra.

Não é necessário nenhum tratamento preliminar salvo uma ligeira limpeza.

6. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se sem qualquer condicionamento.

7. TÉCNICA

- 7.1. Coloca-se o provete sobre a banca de observação inspecionam-se sucessivamente as várias faces identificando e anotando os defeitos definidos em 2.
- 7.2. Na determinação dos defeitos de rectilinearidade, planeza e ortogonalidade das faces e arestas utiliza-se a régua metálica e o esquadro.
- 7.3. Pequenos defeitos não sistemáticos, inerentes ao processo de fabrico e manuseamento não são considerados.

8. RESULTADOS

Para cada elemento deve-se especificar:

- Forma de condicionamento e transporte dos elementos para o laboratório.
- Número e tipo dos defeitos.

BIBLIOGRAFIA

AFNOR-NFP14-301 - Céramique - Briques creuses de terre cuite. Paris, AFNOR, 1972.

ENIU-UNI-8942- Parte 1 - Prodotti di laterizio per murature. Terminologia e sistema di classificazione. Roma, ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942- Parte 2 - Prodotti di laterizio per murature. Limiti di accettazione. Roma, ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942- Parte 3 - Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova. Roma, ENIU, 1986.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÁMICOS

Determinação de dimensões efectivas

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar, por medição, as dimensões efectivas de blocos cerâmicos furados para alvenaria.

2. RESUMO DO PROCESSO

Medição das dimensões exteriores, orifícios e espessuras de septos do provete, necessárias à sua caracterização dimensional.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Banca constituída por uma superfície lisa e plana, com dimensões superiores às do provete.
- 3.2. Régua metálica graduada em milímetros de 40 cm no mínimo.
- 3.3. Craveira com precisão de 0.05 mm.
- 3.4. Compasso de pontas para medição de vazios e reentrâncias.
- 3.5. Compasso de pontas para medição de espessuras.
- 3.6. Duas placas rígidas de contraplacado rectangular e de dimensões ligeiramente superiores às da maior face do bloco.

4. PROVETES

O ensaio é realizado sobre um número pré-estabelecido de elementos da amostra.

Não é necessário qualquer tratamento prévio.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

6.1. Dimensões exteriores

- 6.1.1. Justapor às faces entre as quais se pretende efectuar a medição, as placas referidas em 3.6. e efectuar as medições com a régua metálica.

6.1.2. Efectuar as medições correspondentes à espessura, altura e comprimento segundo cada uma das quatro arestas respectivas.

6.2. Septos

6.2. 1. Medir as espessuras de septos necessárias à caracterização dimensional do elemento, junto aos dois topos dos blocos cerâmicos em pontos afastados destes de, no mínimo, 1 cm e também afastados do cruzamento dos septos.

6.2.2. Efectuar as medições com a craveira, conforme 3.3. e onde não for possível com compasso de pontas conforme 3.5..

6.3. Orifícios

6.3.1. Medir o comprimento e a largura máximos dos orifícios necessários à caracterização dimensional do bloco, em pontos afastados dos topos dos elementos de 1 cm no mínimo.

6.3.2. Efectuar as medições com a craveira conforme 3.3. ou, onde não for possível, com o compasso de pontas, conforme 3.4..

7. RESULTADOS

Para cada provete deve-se registar:

- Cada resultado obtido, em milímetros, no caso das dimensões exteriores e em décimos de milímetro as dimensões de septos e orifícios.

- A média dos resultados obtidos para cada dimensão efectiva, arredondada aos milímetros no caso das dimensões exteriores e em décimos de milímetro para as restantes.

BIBLIOGRAFIA

IGPAI-NP80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios. Lisboa, IGPAI, 1964.

AFNOR-NFP13 - 301 - Cerâmique - Briques creuses de terre cuite. Paris, AFNOR, 1972.

ENIU-UNI-8942 - Parte 1 - Prodotti di laterizio per murature. Terminologia e sistema de classificazione. Roma, ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942 - Parte 2 - Prodotti di laterizio per murature. Limite di accettazione. Roma, ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942 - Parte 3 - Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova. Roma, ENIU, 1986.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Massa seca e massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a massa seca e a massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte dos mesmos.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da massa seca dos blocos e da massa volúmica seca dos blocos e da argila constituinte, como quociente da massa seca pelo volume efectivo aparente e pelo volume efectivo de argila, respectivamente.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagem com limite de erro inferior a 0,5 g.
- 3.2. Estufa ventilada capaz de assegurar uma temperatura controlada de $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio número 16, e a percentagem de furação.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em local abrigado, sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

- 6.1. Secar os blocos a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ até massa constante (*), o que ocorre normalmente 48 horas após a temperatura na estufa ter atingido os 105°C .
- 6.2. Deixar os blocos arrefecer à temperatura ambiente em local ventilado durante cerca de 4 h e pesá-los registando a sua massa.

(*) Considera-se que os blocos estão secos a massa constante, quando a massa perdida entre duas pesagens consecutivas, intervaladas de 2h, não ultrapassa 0.2%.

7. RESULTADOS

Sendo:

- m_s - massa seca dos blocos cerâmicos, em kg;
 V_a - volume efectivo aparente do bloco cerâmico, em dm^3 ,
 com precisão de $0.05 dm^3$.
 P_f - percentagem de furação, em %, arredondada às unidades.

A massa volúmica do bloco cerâmico no estado seco, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_s}{V_a} \times 1000$$

A massa volúmica da argila constituinte do bloco no estado seco, em quilogramas por metro cúbico, é:

$$\frac{m_s}{V_a (1-P_f)} \times 1000$$

BIBLIOGRAFIA

IGPAI-NP80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios.
 Lisboa, IGPAI, 1964.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Absorção de água por imersão

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a absorção de água por imersão em blocos cerâmicos.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da absorção de água, como quociente da variação de massa do bloco entre o estado saturado e seco, pela massa no estado seco.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro inferior a 0.5 g.
- 3.2. Estufa ventilada, capaz de assegurar uma temperatura controlada de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- 3.3. Tanque com capacidade para manter os blocos a ensaiar submersos.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra, após apreciação do aspecto e ligeira limpeza.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em local abrigado, sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

- 6.1. Secar os blocos a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ até massa constante (*), o que ocorre normalmente 48 horas após a temperatura na estufa ter atingido os 105°C .
- 6.2. Deixar os blocos arrefecer à temperatura ambiente em local ventilado durante cerca de 4h e pesá-los registando a sua massa.

(*) Considera-se que os blocos estão secos a massa constante, quando a massa perdida entre duas pesagens consecutivas, intervaladas de 2h, não ultrapassar 0,2%.

- 6.3. Colocar os blocos sobre apoios no fundo dum tanque.
- 6.4. Submergir os blocos com água potável à temperatura ambiente, até ficarem totalmente cobertos.
- 6.5. Manter os blocos totalmente imersos durante 24 horas.
- 6.6. Retirar os blocos da água ao fim deste período, limpá-los com um pano húmido e pesá-los antes de decorridos três minutos.

7. RESULTADOS

Sendo:

m_s - massa do provete seco, em Kg;

m_h - massa do provete húmido, em Kg;

A absorção de água por imersão, em percentagem, é:

$$\frac{m_h - m_s}{m_s} \times 100$$

BIBLIOGRAFIA

IGPAI-NP80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios.
Lisboa, IGPAI, 1964.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Absorção de água por capilaridade

Elementos para alvenaria

Masonry units

Elements pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a absorção de água por capilaridade em blocos cerâmicos.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da absorção de água por capilaridade, como quociente da variação de massa entre o bloco após contacto com a água e seco, e a massa no estado seco.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Balança para pesagens com limite de erro inferior a 0.5g.
- 3.2. Estufa ventilada, capaz de assegurar uma temperatura controlada de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- 3.3. Recipiente de fundo plano, capaz de conter o provete e uma pequena altura de água.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre alguns elementos da amostra, após apreciação de aspecto e ligeira limpeza.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO E CONDICIONAMENTO DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em local abrigado, sem qualquer condicionamento.

6. TÉCNICA

- 6.1. Secar os blocos a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ até massa constante (**), o que ocorre normalmente 48 horas após a temperatura na estufa ter atingido os 105°C .
- 6.2. Deixar os blocos arrefecer à temperatura ambiente em local ventilado durante cerca de 4h e pesá-los, registando a sua massa.

(*) Este ensaio também é designado por "embebição" ou "absorção específica".

- 6.3. Colocar os blocos com a face de apoio sobre espaçadores no fundo do recipiente.
- 6.4. Imergir a face de apoio em água, de tal forma que a face esteja submersa em 5 mm. Em blocos com irregularidades de superfície (estrias), esta altura é referida à parte superior das estrias da face de apoio.
- 6.5. Retirar os blocos da água ao fim de 10 minutos, limpá-los com um pano húmido e pesá-los imediatamente.

7. RESULTADOS (***)

Sendo:

m_s - massa do provete seco, em Kg;

m_c - massa do provete húmido por capilaridade, em Kg;

A absorção de água por capilaridade, em percentagem, é:

$$\frac{m_c - m_s}{m_s} \times 100$$

BIBLIOGRAFIA

IGPAI-NP80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios.
Lisboa, IGPAI, 1964.

AFNOR-NFP13-301 - Ceramique. Bragues creuses de terre crute.
Paris, AFNOR, 1972.

(**) Considera-se que os blocos estão secos a massa constante, quando a massa perdida entre duas pesagens consecutivas, intervaladas de 2h, não ultrapassar 0,2%.

(***) Os resultados podem ser expressos noutras unidades:

Sendo:

S - área da face de apoio, imersa, em cm^2 ;

t - tempo da imersão, em minutos;

Segundo a norma francesa NFP13-301 temos:

C - coeficiente de absorção de água por capilaridade em gramas por cm^2 por minuto é:

$$C = \frac{(m_c - m_s) \times 10^5}{S \quad t}$$

Segundo a norma italiana UNI8942 temos:

G - absorção de água por capilaridade em gramas por dm^2 , é:

$$G = \frac{(m_c - m_s) \times 10^5}{S}$$

ENIU-UNI-8942 - Parte 1 - Prodotti di laterizio per murature.
Terminologia e sistema di classificazione. Roma, ENIU,
1986.

ENIU-UNI-8942 - Parte 2 - Prodotti di laterizio per murature.
Limite di accettazione. Roma, ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942 - Parte 3 - Prodotti di laterizio per murature.
Metodi di prova. Roma, ENIU, 1986.

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos regularizados

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a tensão de rotura por compressão e registar a configuração de rotura, de blocos cerâmicos previamente regularizados com argamassa de cimento.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da tensão de rotura por compressão de cada bloco regularizado, como quociente entre a carga de rotura e a área total aparente da face comprimida; registo da configuração de rotura.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Cimento "Portland" e areia fina em quantidade suficiente para regularizar as faces do bloco em contacto com a prensa.
- 3.2. Colher de pedreiro.
- 3.3. Esquadro metálico e nível de pedreiro.
- 3.4. Mesa de tampo metálico ou pétreo, perfeitamente polido e desempenado.
- 3.5. Oleo de descofragem ou filme de matéria plástica não aderente à argamassa de regularização.
- 3.6. Moldes para realização de provetes de ensaio de argamassa 4 x 4 x 16 cm.
- 3.7. Prensa de ensaio para materiais duros, com as seguintes características principais:
 - 3.7.1. Capacidade de carga suficiente para as cargas esperadas;
 - 3.7.2. Pratos com dimensões superiores às do elemento a ensaiar. Quando tal não aconteça poderão usar-se pratos auxiliares, com espessura mínima de dois terços do balanço, devendo o superior ser fixado para não cair quando o provete atingir o colapso;
 - 3.7.3. Os pratos devem ser paralelos, rígidos, a sua superfície rectificada, o superior deverá ser provido de rótula esférica ajustável;

- 3.8. Uma craveira, quatro deflectómetros de centésimas de milímetro e respectivos suportes se se pretender determinar as extensões.

4. PROVETE

- 4.1. O ensaio é realizado sobre provetes em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio número 16.

4.2. Regularização das faces do provete:

- 4.2.1. Preparar uma argamassa ao traço 1:1,5 em peso, de cimento Portland e areia fina, de consistência fluída e da qual se realizam três prismas para ensaio de acordo com o "Caderno de Encargos Para o Fornecimento e Recepção do Cimento "Portland" Normal".

- 4.2.2. Espalhar a argamassa sobre a mesa de tampo plano e polido, previamente oleada ou com interposição de lâmina de material plástico, numa espessura entre 5 e 10 mm.

- 4.2.3. Colocar a face a regularizar do bloco sobre a argamassa, sem qualquer molhagem, prensando-o por forma a que o seu eixo fique perpendicular à superfície, o que deve ser confirmado com o esquadro e nível de pedreiro. Assegurar que a argamassa de regularização tem no mínimo 3mm.

- 4.2.4. Deixar a argamassa adquirir uma falsa presa ao fim de 15 a 20 minutos, retirar o bloco, submetendo-o a um movimento brusco tangencial e repetir o processo para a face oposta.

- 4.3. Finda a regularização em ambas as faces os provetes devem ser mantidos húmidos durante as primeiras 24 horas, e em seguida imersas em água limpa durante um período compreendido entre 4 e 6 dias, findo o qual são ensaiados.

5. AMBIENTE ATMOSFERICO E CONDICIONAMENTO DE ENSAIO

O ensaio deverá realizar-se no laboratório, não é exigida a realização do ensaio em sala condicionada.

6. TECNICA

6.1. Blocos cerâmicos

- 6.1.1. Centrar o bloco com o eixo da máquina, com as faces regularizadas em contacto com os pratos da máquina.

- 6.1.2. Acertar o zero da máquina antes de ajustar o prato superior.

- 6.1.3. Caso se pretendam determinar as extensões, colocar quatro deflectómetros na posição indicada na fig. 1, fixando-os ao prato inferior.

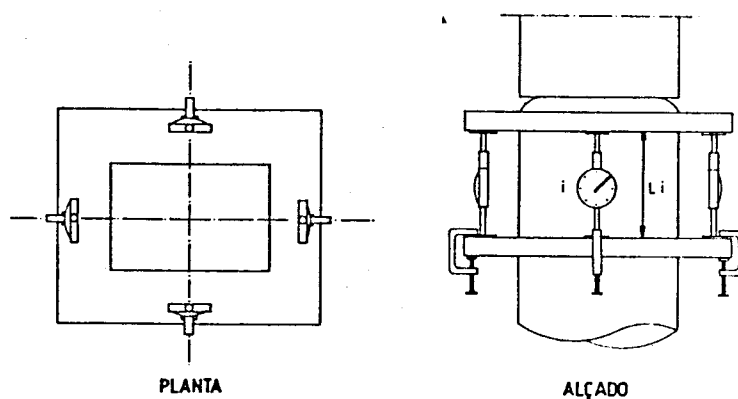


Fig. 1

6.1.4. Ajustar o prato superior da máquina e restringir a liberdade da rótula. Determinar a altura inicial do provete junto de cada um dos deflectómetros - l_i - conforme indicado na fig. 1.

6.1.5. Efectuar as leituras iniciais nos deflectómetros - l_{0i} .

6.1.6. Aplicar a carga de uma maneira contínua e sem choques, a velocidade constante. Esta velocidade constante deve corresponder a um aumento de tensão de 10 MPa por minuto, uma velocidade superior pode ser tolerada durante a aplicação da primeira metade da carga de rotura.

6.1.7. Ir efectuando leituras nos deflectómetros para cargas determinadas - l_{ci} .

6.1.8. Prosseguir o carregamento até à rotura do provete, sem modificar nenhum dos comandos. Próximo da rotura retirar os deflectómetros para que não se danifiquem.

6.1.9. Registar a carga máxima suportada pelo provete durante o ensaio e a configuração de rotura observada.

6.2. Prismas de argamassa

Ensaiar os prismas conforme "Caderno de Encargos Para o Fornecimento e Recepção do Cimento" Portland "normal".

7. RESULTADOS

7.1. Blocos cerâmicos

Sendo:

C - a carga de rotura do bloco, em daN;

S_b - a secção bruta do bloco, em cm^2 ;

A tensão de rotura por compressão, f_b , em MPa, será:

$$f_b = \frac{C}{S_b \times 10}$$

A extensão média do bloco b_j , para uma dada tensão f_{bj} , será:

$$f_{bj} = \frac{c_j}{s_b \times 10}$$

$$\epsilon_{bj} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{|(l_{ji} - l_{oi})|}{l_i}$$

BIBLIOGRAFIA

- IGPAI-NP80 - Tijolos para alvenaria. Características e ensaios.
Lisboa, IGPAI, 1964.
- PORTUGAL - DL 40870/56, DL 41127/57 e Port.18189/61 - Cimento "Portland" normal - Caderno de Encargos Para o Seu Fornecimento e Recepção - Lisboa, INCM, 1975

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Tensão de rotura por compressão e configuração de rotura de blocos não regularizados - Ensaio expedito

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1983

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a tensão de rotura por compressão e a configuração de rotura de blocos cerâmicos não regularizados, de forma expedita.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da tensão de rotura por compressão de cada bloco, como quociente entre a carga de rotura do provete entre elementos de regularização, e a área total aparente da face comprimida; registo da configuração de rotura.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

3.1. Duas placas de diversos materiais como contraplacado, chumbo, borracha, cartão prensado, etc., de dimensões ligeiramente superiores às do bloco e com espessura entre 5 e 10 mm.

3.2. Prensa de ensaio para materiais duros com as seguintes características principais:

3.2.1. Capacidade de carga suficiente para as cargas esperadas;

3.2.2. Pratos com dimensões superiores às do elemento a ensaiar. Quando tal não aconteça poderão usar-se pratos auxiliares, com espessura mínima de dois terços do balanço, devendo o superior ser fixado para não cair quando o provete atingir o colapso.

3.2.3. Os pratos devem ser paralelos, rígidos, a sua superfície rectificada, o superior deverá ser provido de rótula esférica ajustável.

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre provetes em que previamente se determinaram as dimensões efectivas exteriores, conforme ficha de ensaio número 16.

5. AMBIENTE ATMOSFÉRICO DE CONDICIONAMENTO E DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se em sala sem exigências específicas.

6. TECNICA

- 6.1. Colocar o bloco na máquina entre as duas placas do material de regularização adoptado, centrando o conjunto com o eixo da máquina.
- 6.2. Acertar o zero da máquina antes de ajustar o prato superior.
- 6.3. Ajustar o prato superior da máquina e restringir a liberdade da rótula.
- 6.4. Aplicar a carga de uma maneira contínua e sem choques, a velocidade constante. Esta velocidade constante deve corresponder a um aumento de tensão de 10 MPa por minuto, uma velocidade superior pode ser tolerada durante a aplicação da primeira metade da carga de rotura.
- 6.5. Prosseguir o carregamento até à rotura do provete, sem modificar nenhum dos comandos.
- 6.6. Registar a carga máxima suportada pelo provete durante o ensaio e a configuração de rotura observada.

7. RESULTADOS

Sendo:

C - a carga de rotura do bloco em decanewtons;

S_b - a secção bruta do bloco em centímetros quadrados;

A tensão de rotura por compressão f_b, por via expedita, em Megapascais, será:

$$f_b = \frac{C}{S_b \times 10}$$

FICHA DE ENSAIO

BLOCOS CERÂMICOS

Tensão de rotura à tracção por flexão de
septos do bloco cerâmico

Elementos para alvenaria

Masonry units

Éléments pour maçonnerie

Julho 1988

1. OBJECTO

A presente ficha de ensaio destina-se a fixar o modo de determinar a tensão de rotura à tracção, por flexão, de septos do bloco cerâmico.

2. RESUMO DO PROCESSO

Determinação da tensão de rotura à tracção, por flexão, de cada septo, como quociente entre o momento flector máximo, produzido pela carga de rotura aplicada, e o módulo de flexão do septo.

3. APARELHOS E UTENSÍLIOS

- 3.1. Serra mecânica permitindo cortar septos interiores do bloco cerâmico.
- 3.2. Craveira com precisão de 0.05 mm.
- 3.3. Dispositivo de ensaio à flexão de septos, que pode ser construído de forma simplificada, conforme indicado na fig.1.

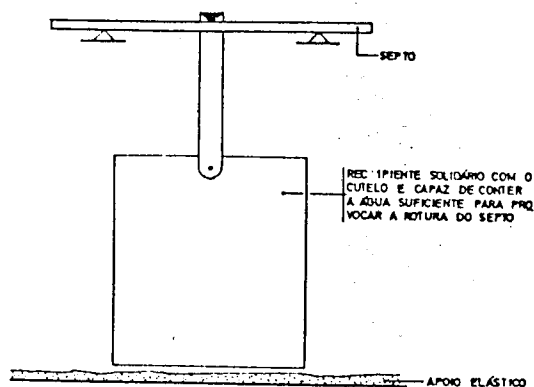


Fig. 1

4. PROVETE

O ensaio é realizado sobre septos interiores de largura constante, cortados do bloco, sem fissuras ou outros defeitos visíveis que comprometam a sua resistência à flexão.

O provete deverá ser conservado imerso em água limpa durante

um período compreendido entre 4 e 6 dias, findo o qual é ensaiado.

5. AMBIENTE ATMOSFERICO E CONDICIONAMENTO DE ENSAIO

O ensaio pode realizar-se num local abrigado sem exigências específicas.

6. TECNICA

- 6.1. Medir com a craveira a largura e a espessura do septo em três secções correspondentes aos apoios e ao ponto de aplicação da carga.
- 6.2. Centrar o provete entre os apoios.
- 6.3. Colocar o cutelo, com o recipiente suspenso, rigorosamente a meio do vão.
- 6.4. Encher progressivamente o recipiente com água até à rotura do septo.
- 6.5. Pesar o conjunto de carga composto pelo cutelo, ligação e recipiente com a água que provocou a rotura do septo.

7. RESULTADOS

Sendo:

P - a carga de rotura do septo em quilonewtons;

W - o módulo de flexão das três secções em metros cúbicos;

A tensão de rotura à tracção por flexão, f_v , em MPa, será:

$$f_v = \frac{50P}{W}$$

BIBLIOGRAFIA

ENIU-UNI-8942 - Parte 1 - Prodotti di laterizio per murature. Terminologia e sistema di classificazione. Roma. ENIU, 1986.

ENIU-UNI-8942 - Parte 3 - Prodotti di laterizio per murature. Metodi di prova. Roma, ENIU, 1986.

ANEXO II

FOTOGRAFIAS

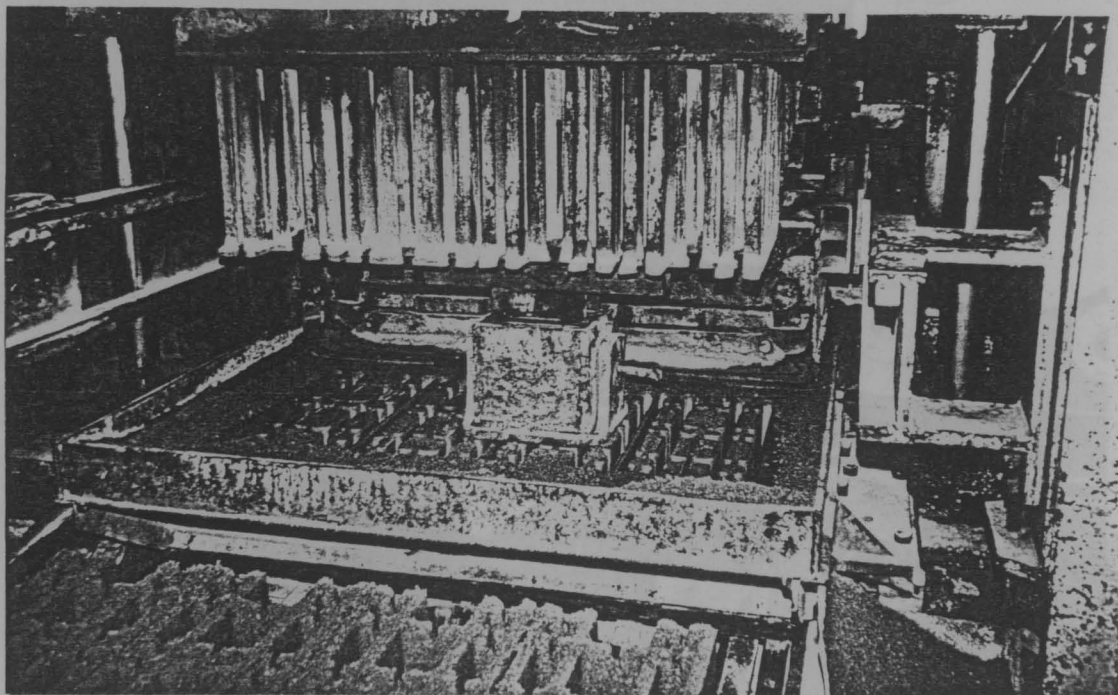


Fig.1 - Preparação de provetes de betão na bloqueira para ensaio de compressão

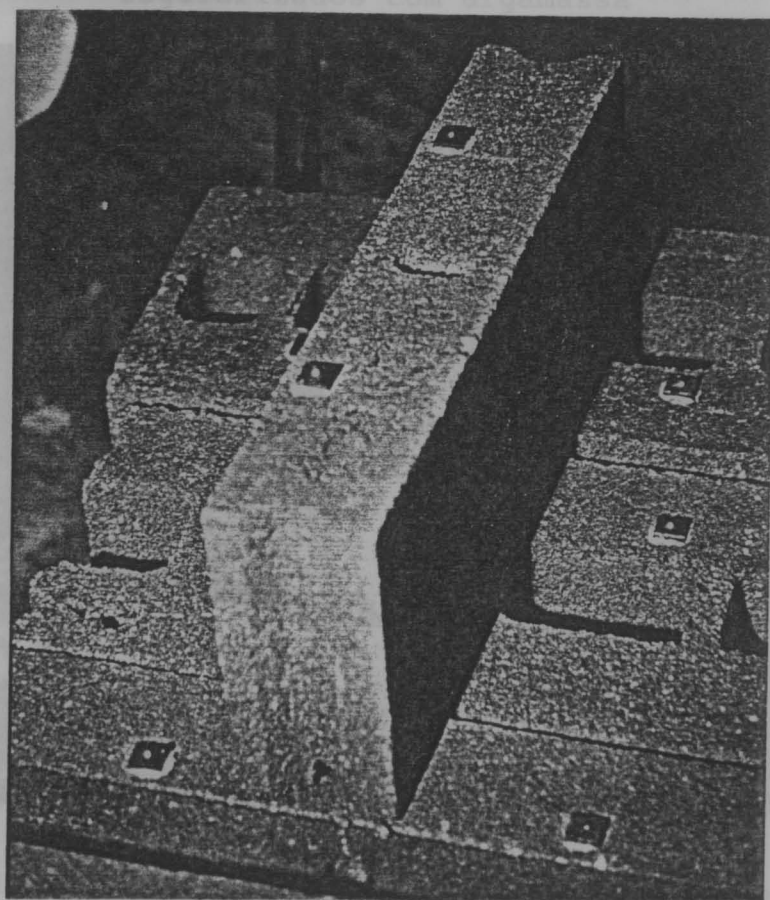


Fig.2 - Blocos de betão preparados para ensaio de variações dimensionais

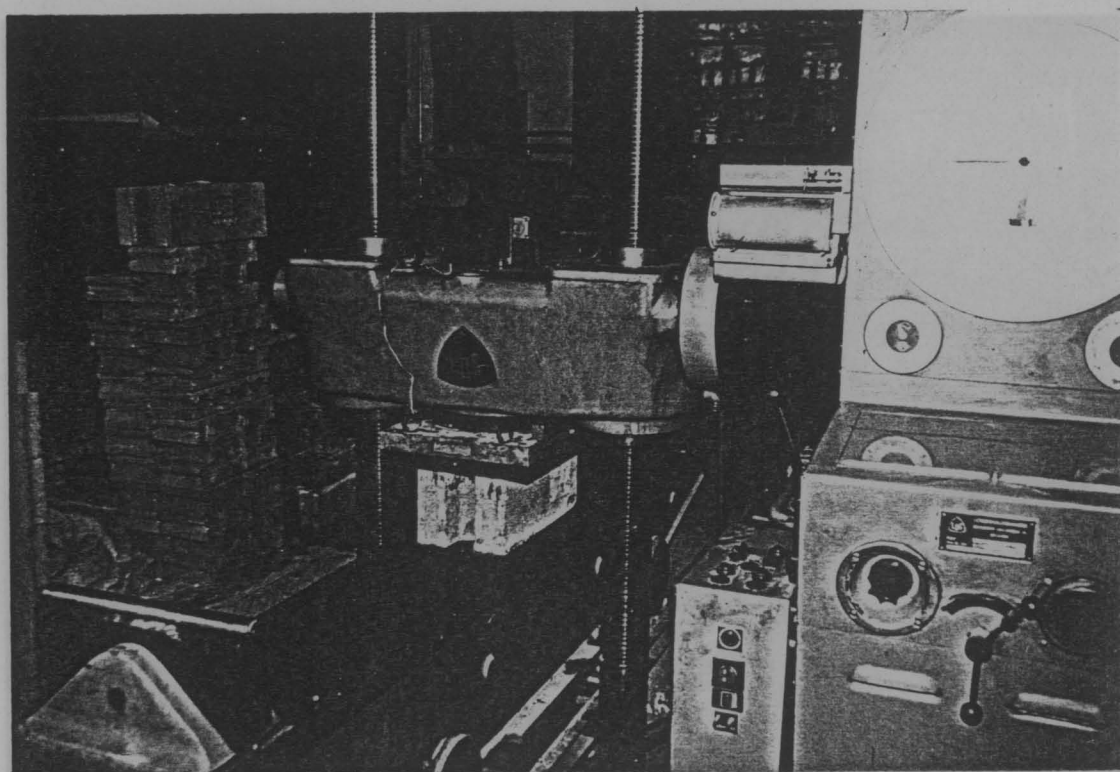


Fig.3 - Ensaio de rotura por compressão de blocos de betão regularizados com argamassa

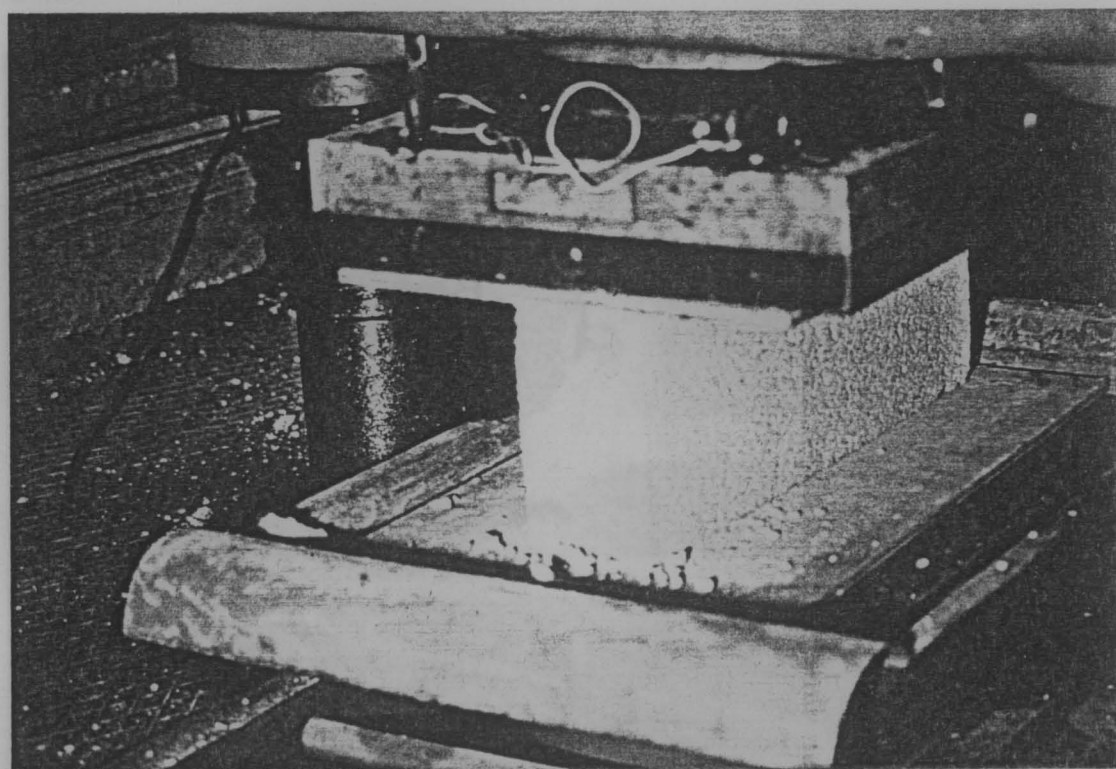


Fig.4 - Ensaio expedito de rotura por compressão de blocos de betão, com interposição de placas de contraplacado

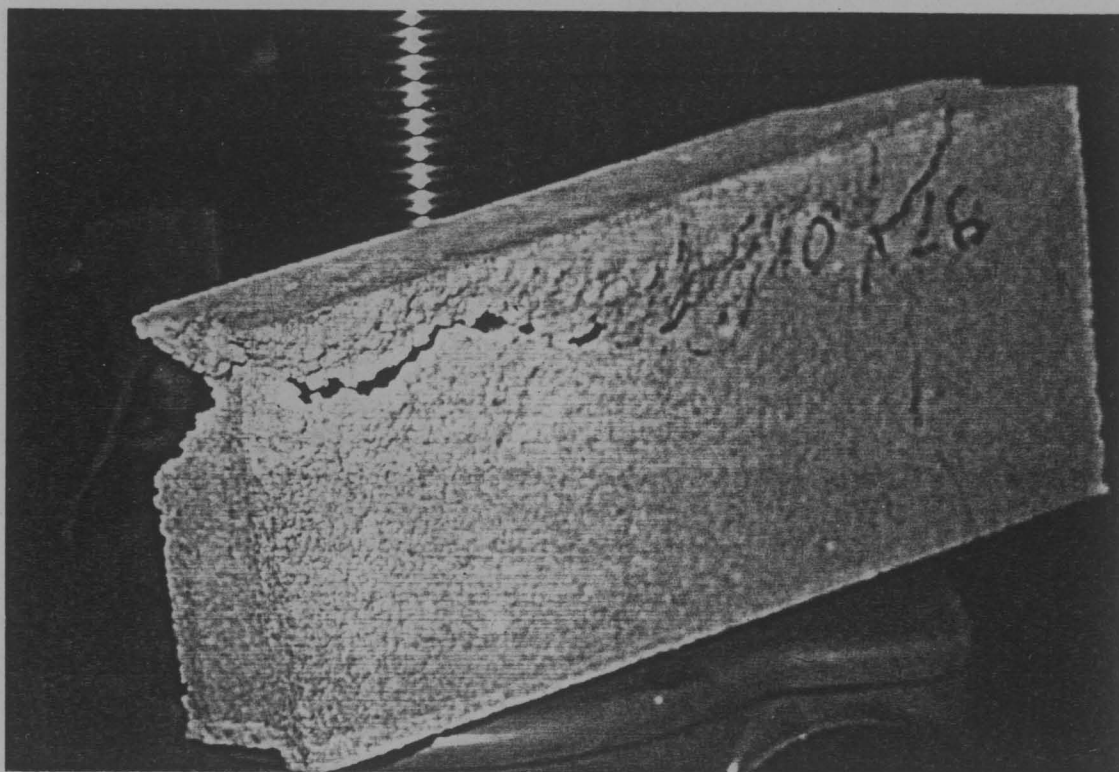


Fig.5 - Rotura de bloco de betão B10, com fissuras horizontais longitudinais nas faces exteriores do bloco

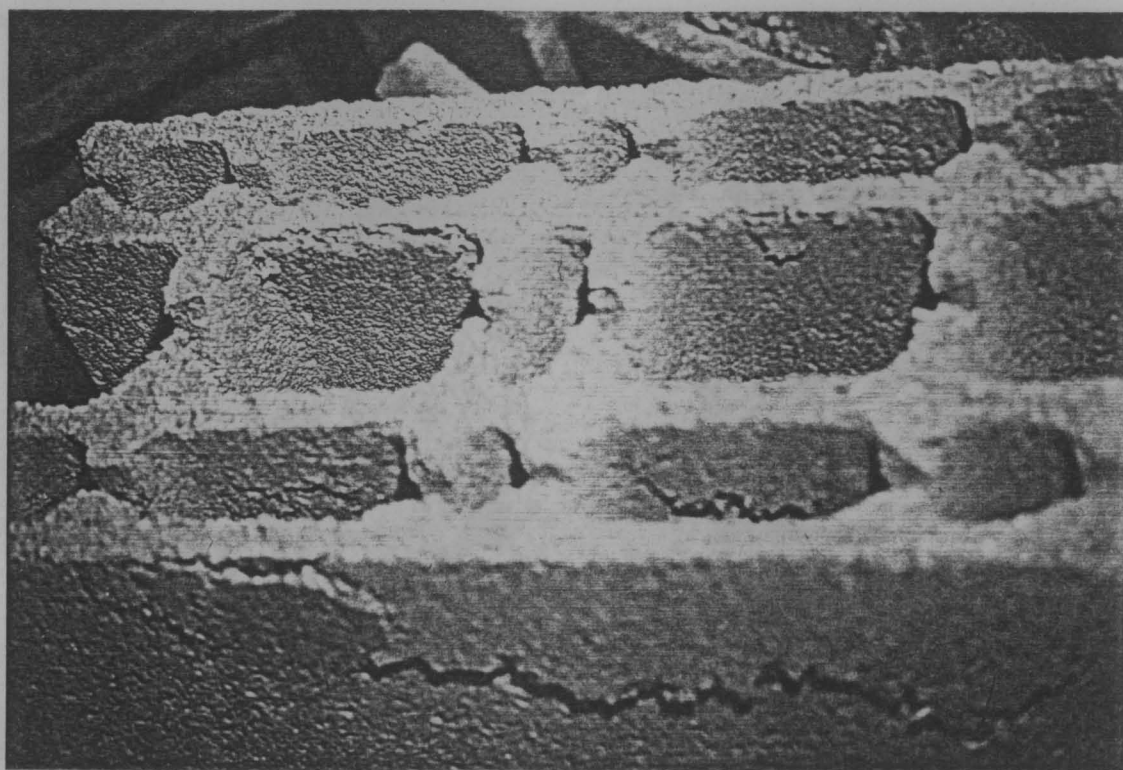


Fig.6 - Rotura de bloco de betão B25, com fissuras horizontais longitudinais

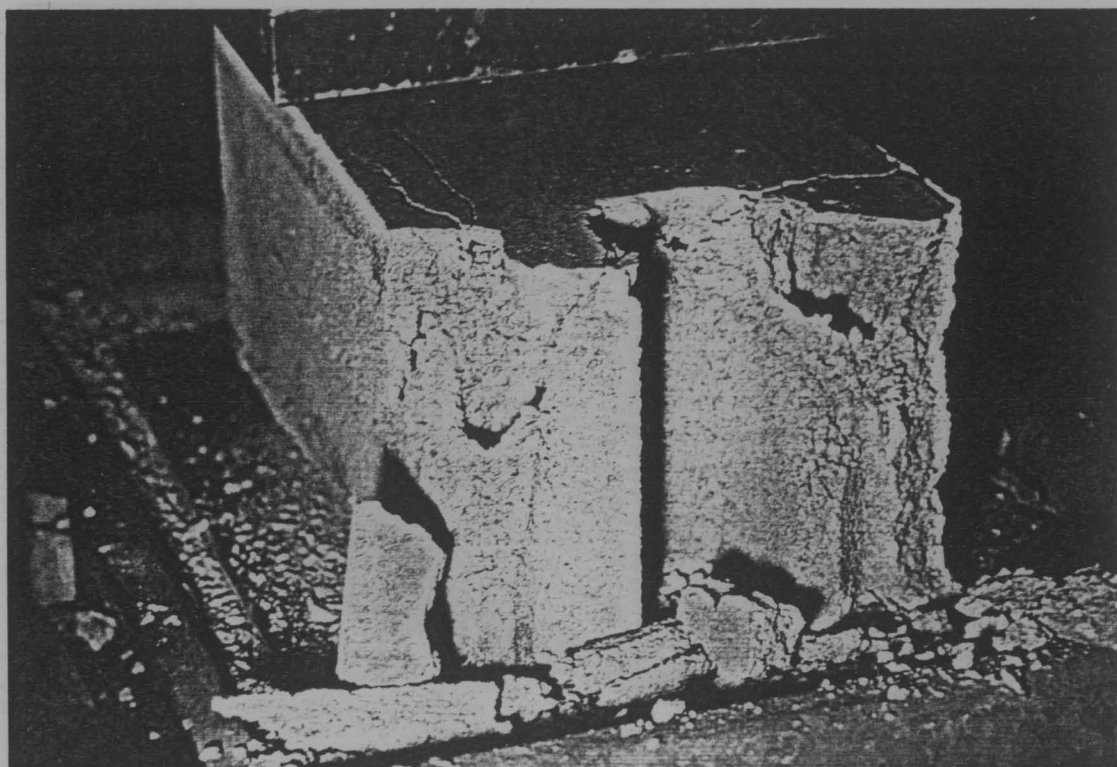


Fig.7 - Rotura de bloco de betão com fissuras verticais e esmagamentos localizados junto aos topos

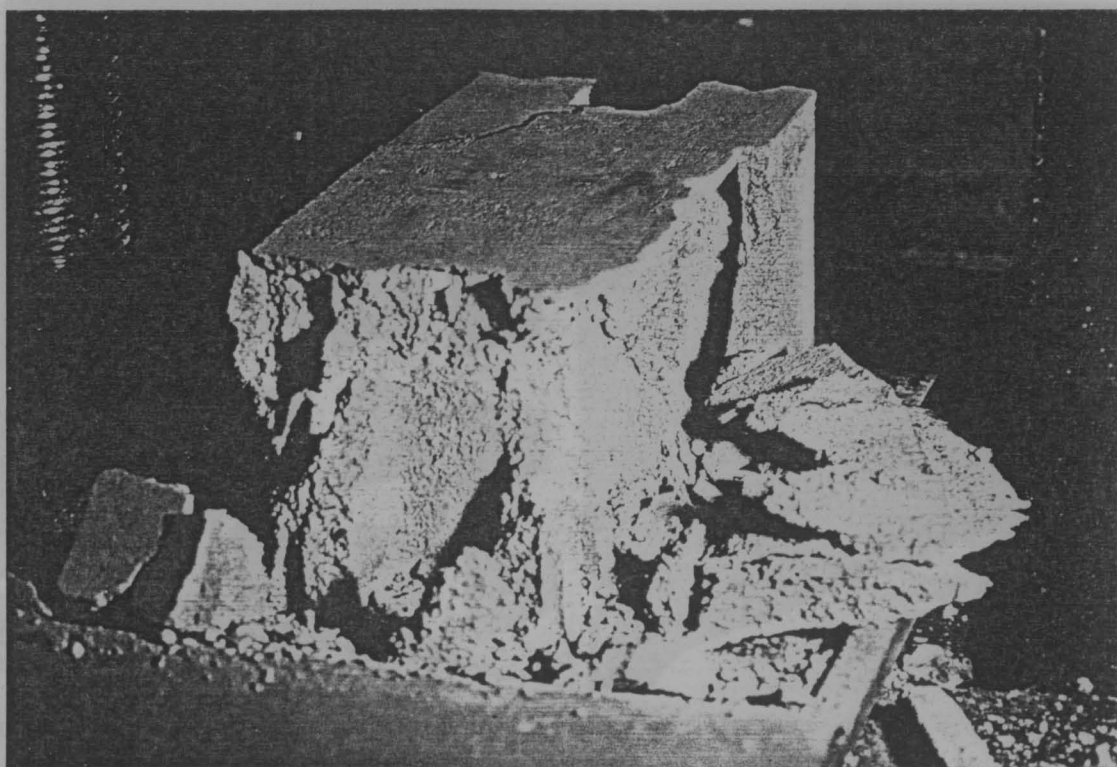


Fig.8 - Rotura de bloco de betão com desagregação total do bloco

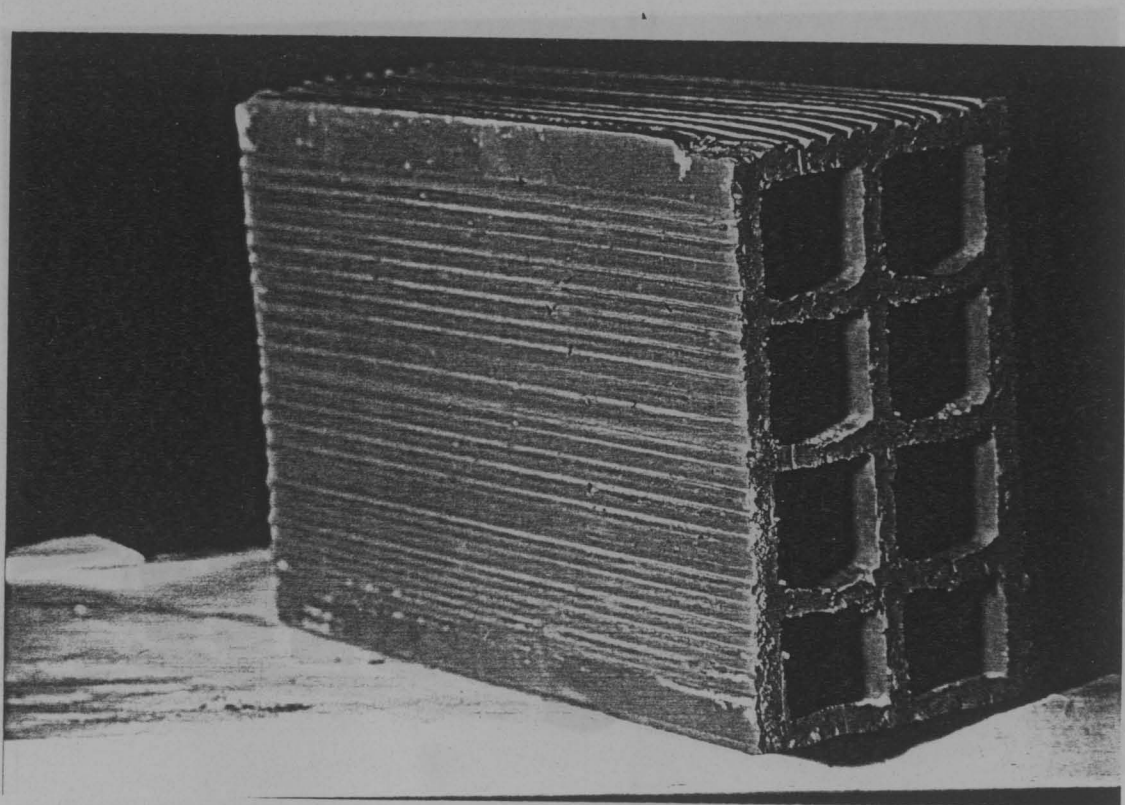


Fig.9 - Bloco cerâmico 30x20x11

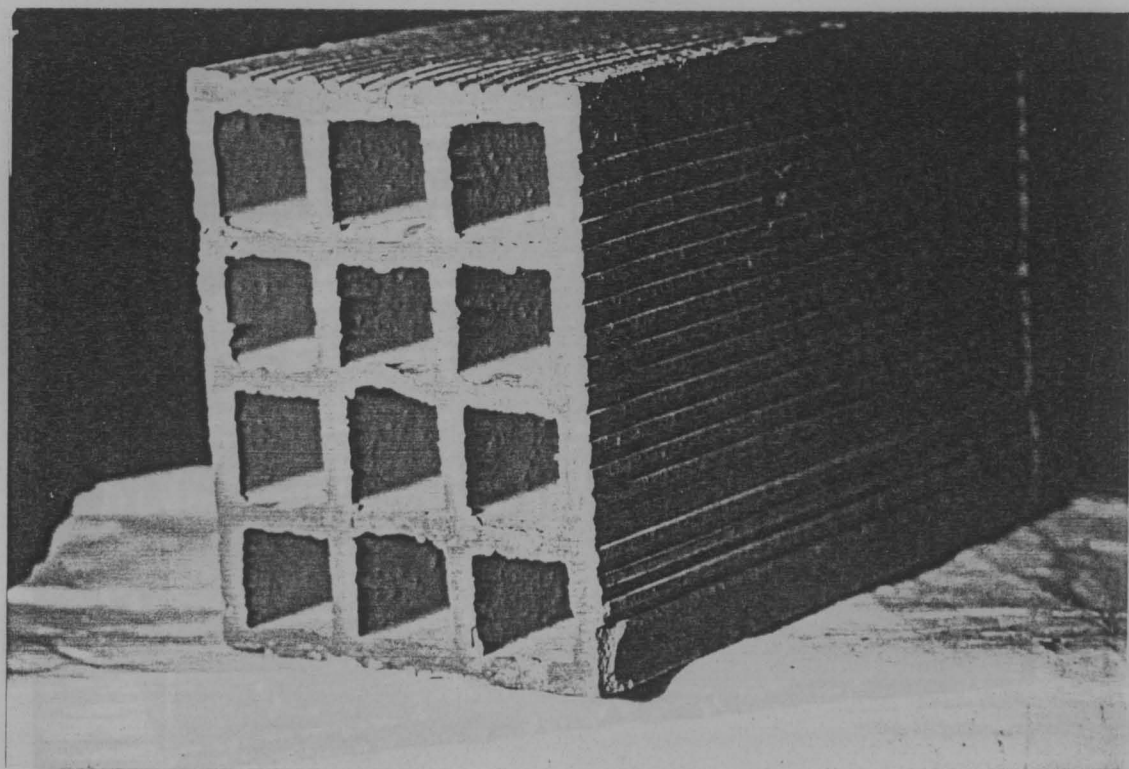


Fig.10 - Bloco cerâmico 30x20x15

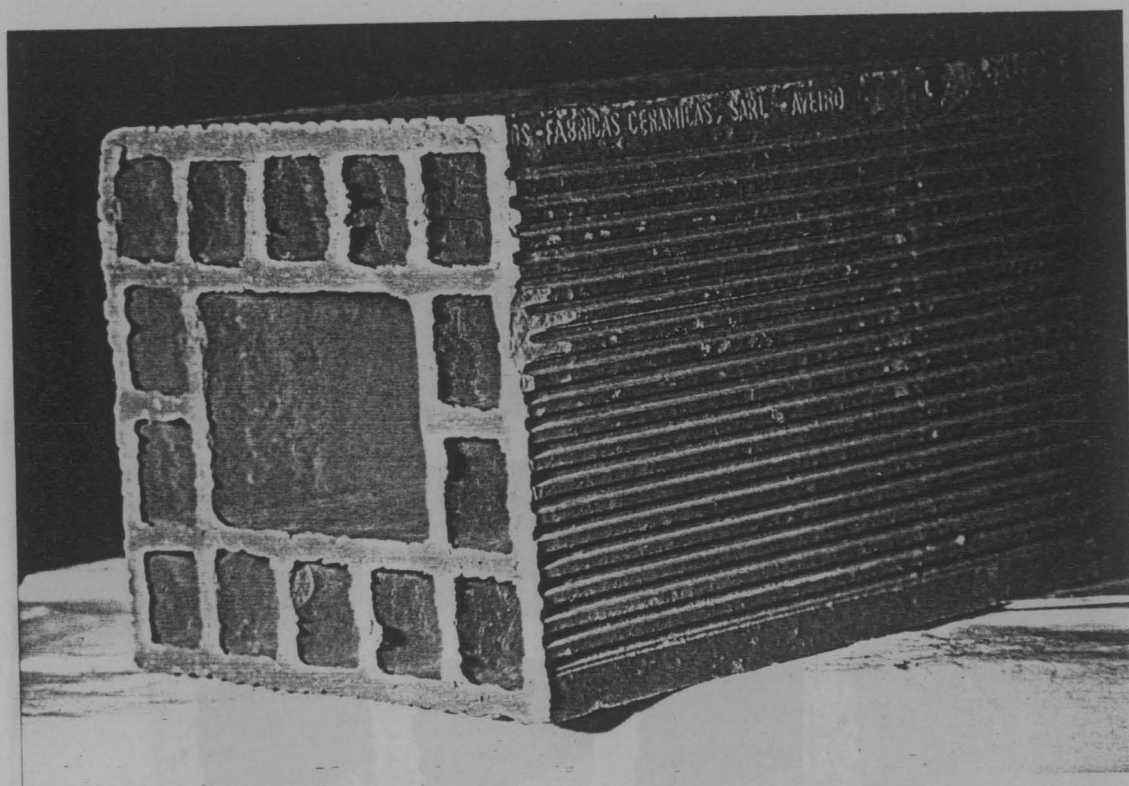


Fig.11 - Bloco cerâmico 30x22x20, da produção "C"



Fig.12 - Bloco cerâmico com fissura transversal exterior

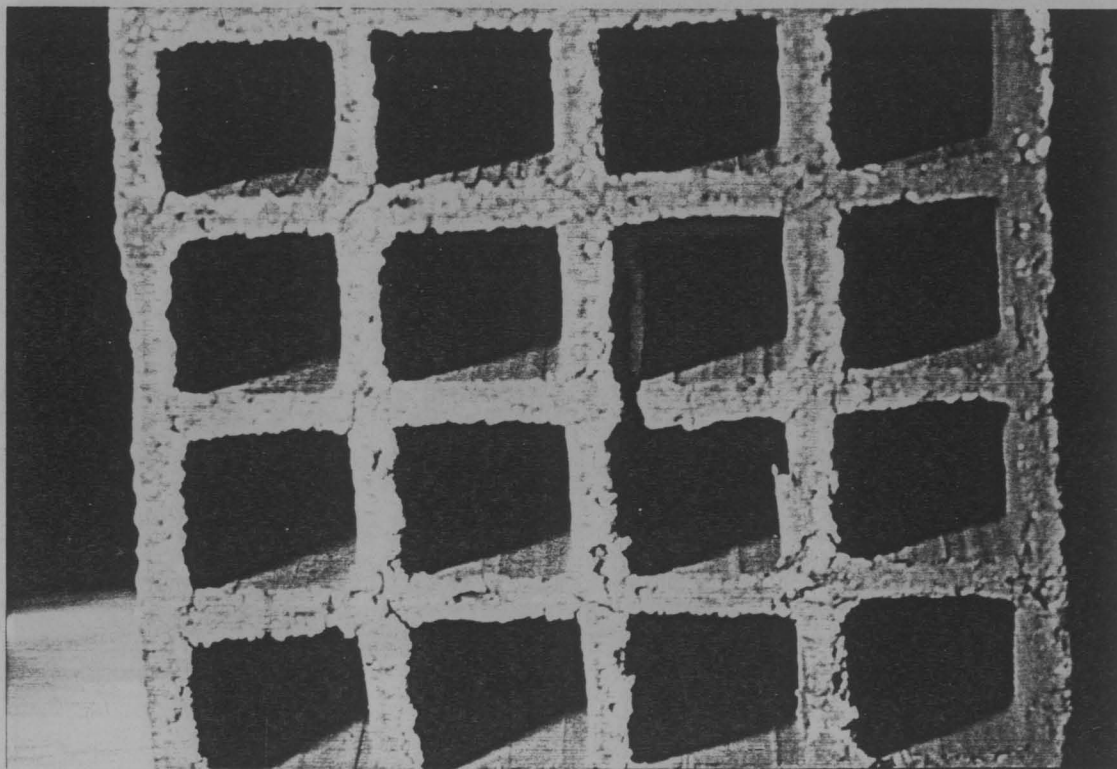


Fig.13 - Bloco cerâmico com fissura longitudinal interior

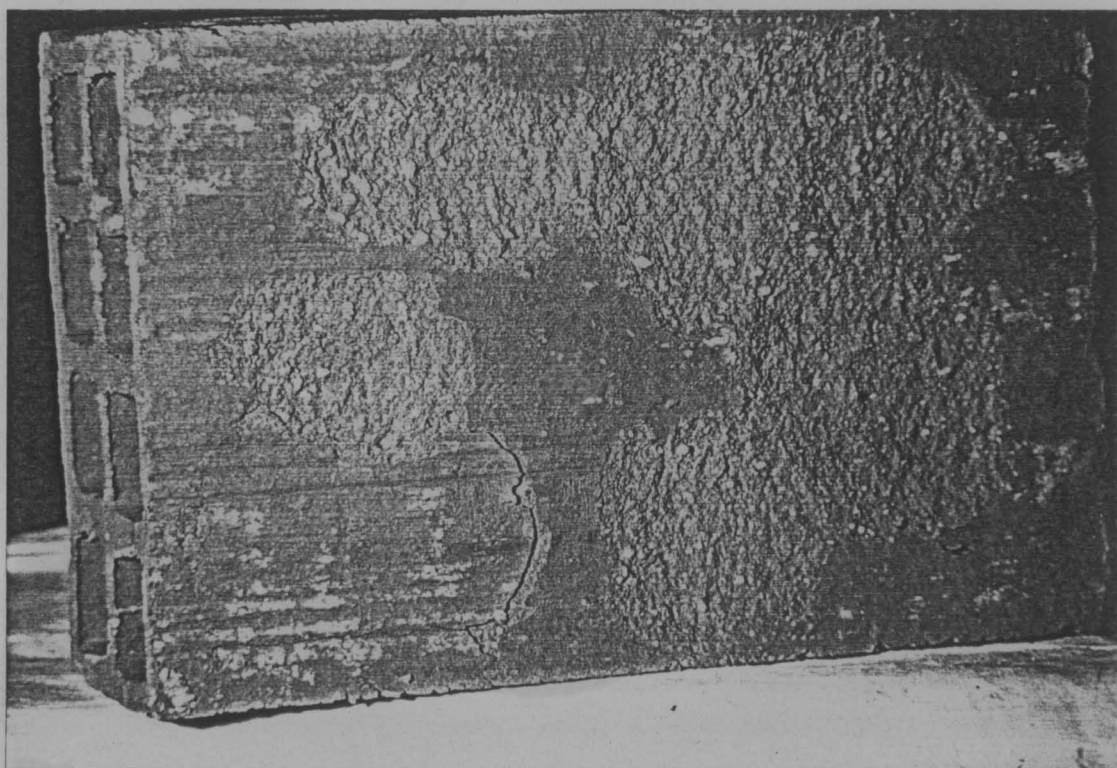


Fig.14 - Bloco cerâmico com crateras

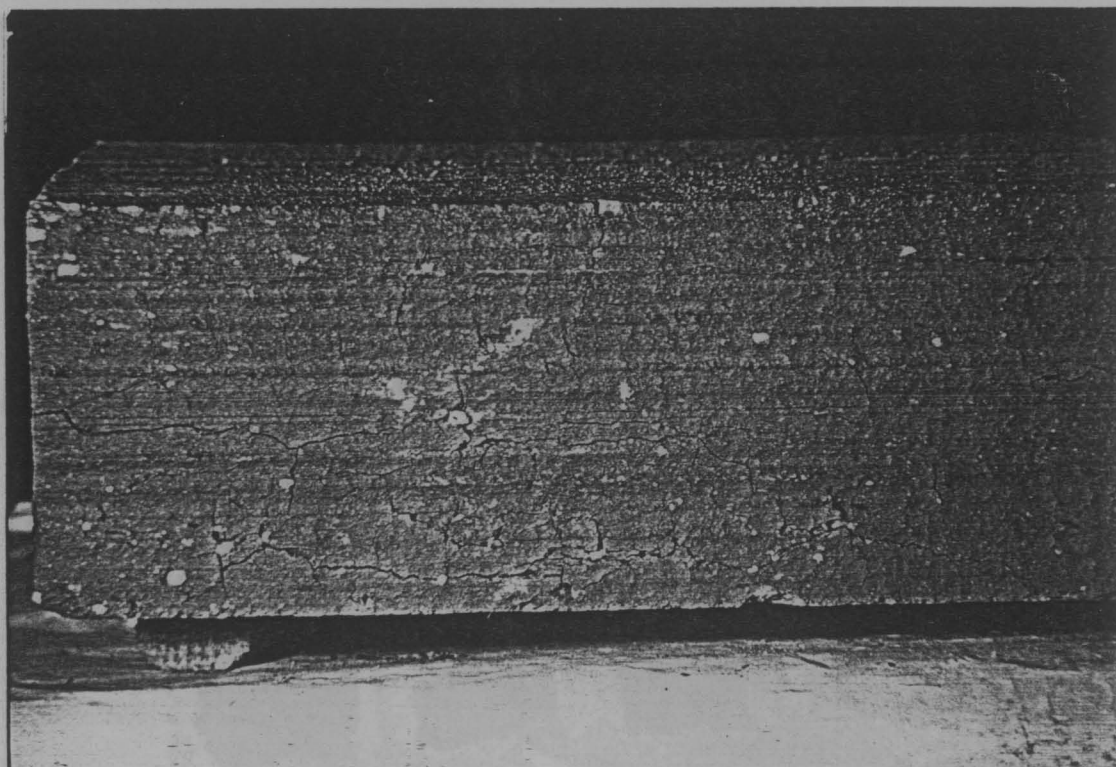


Fig.15 - Bloco cerâmico com diversas fissuras de definição muito irregular

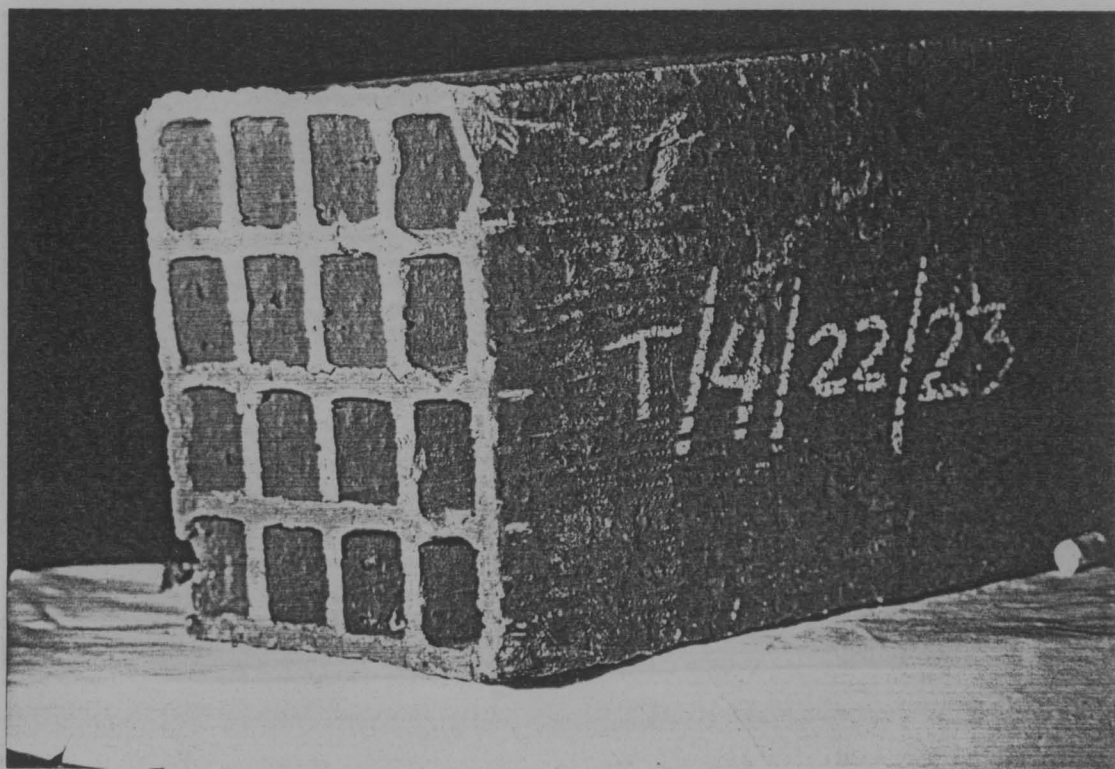


Fig.16 - Bloco cerâmico com defeitos de rectilinearidade planeza e ortogonalidade de faces e arestas

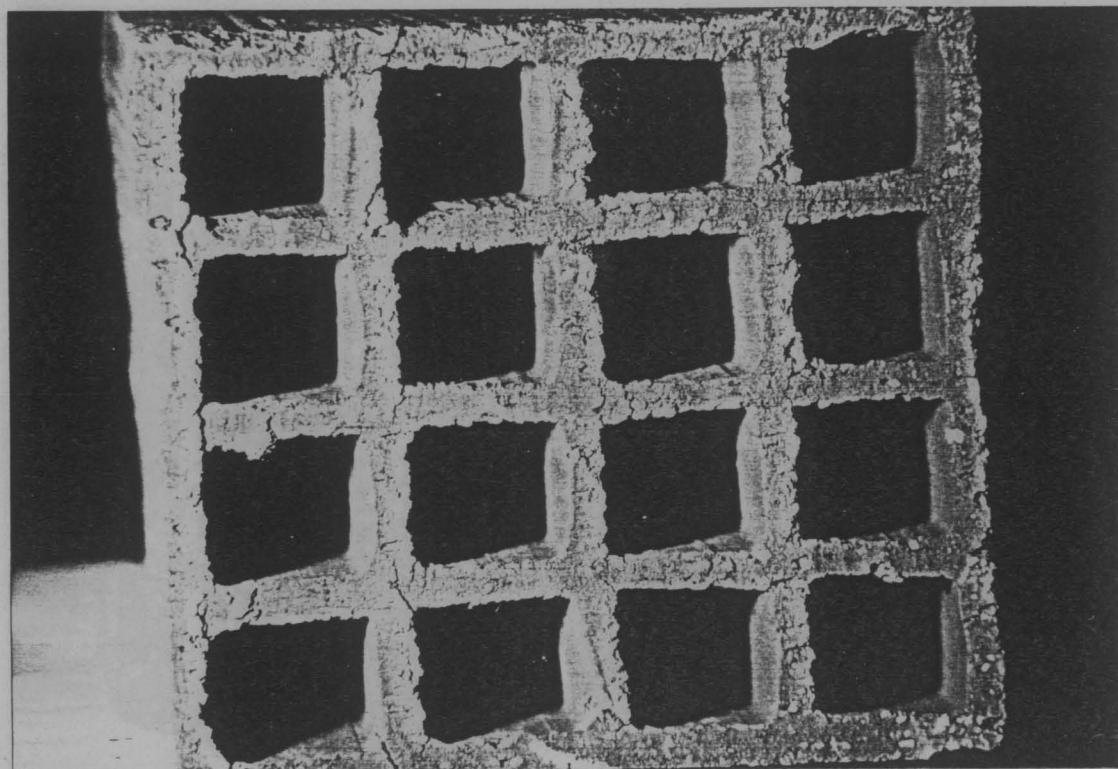


Fig.17 - Bloco cerâmico com fendas de topo



Fig.18 - Bloco cerâmico com defeito resultante de acidentes na moldagem, ou transporte em verde

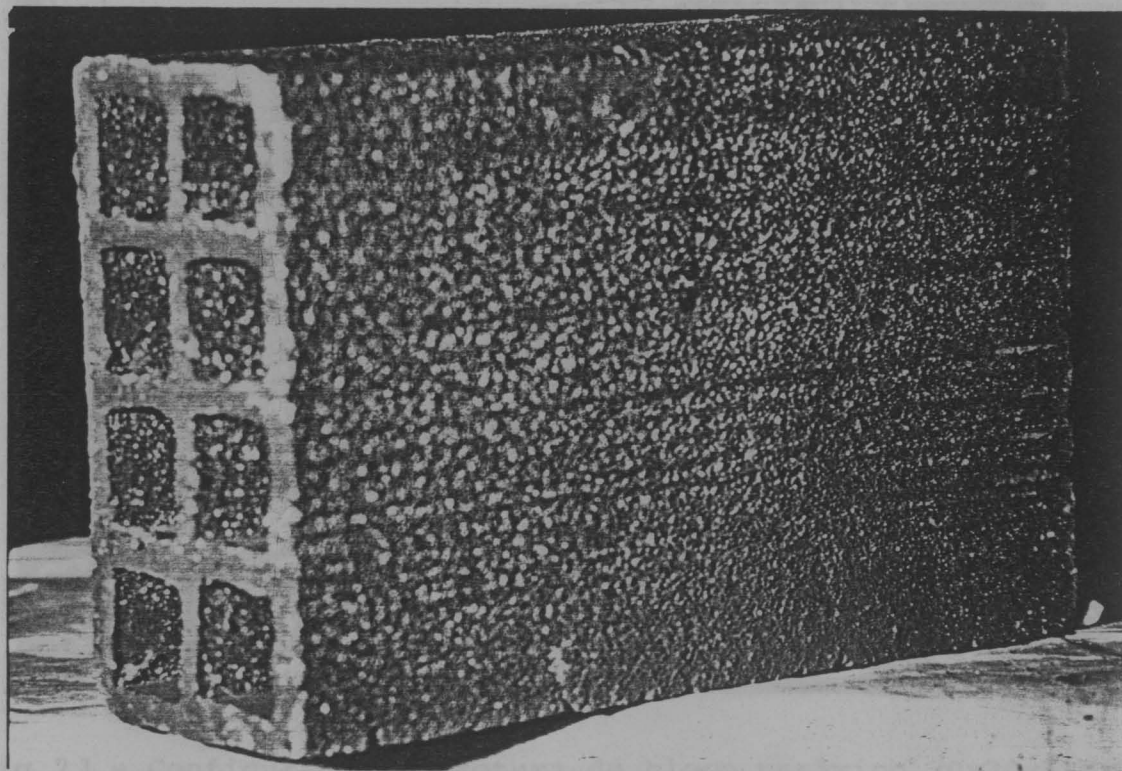


Fig.19 - Bloco cerâmico com defeito de cozedura, nota-se a aglutinação de fragmentos e resíduos do combustível sólido

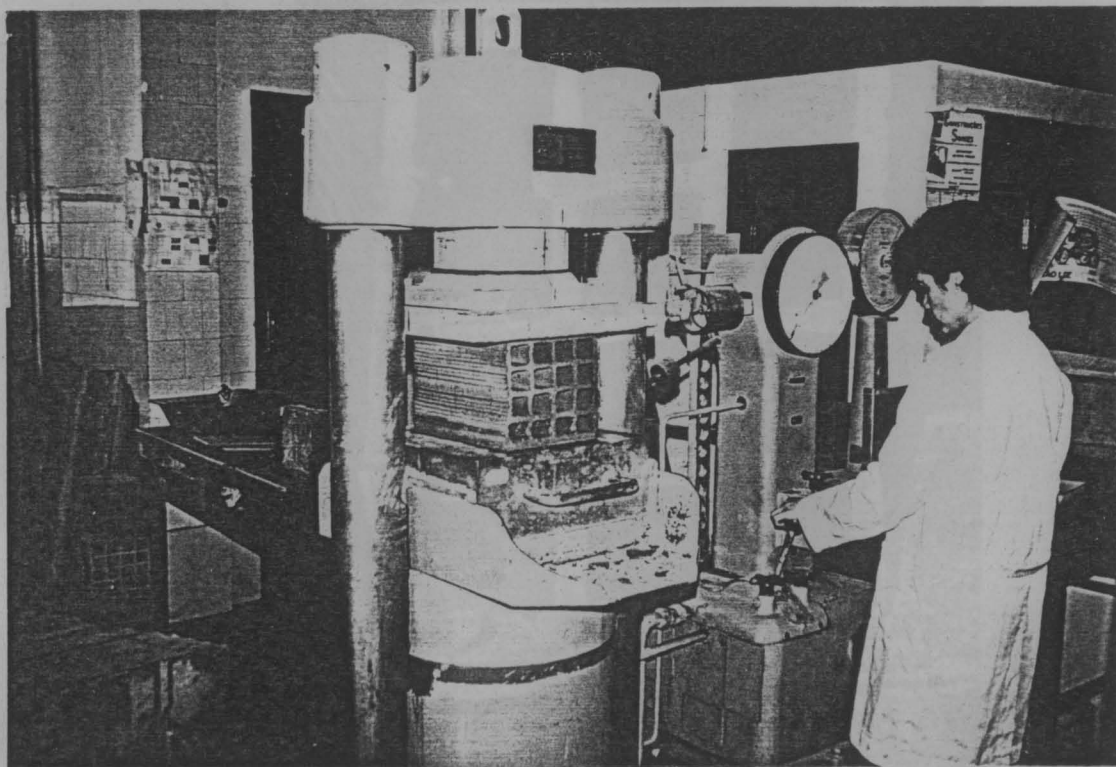


Fig.20 - Ensaio de rotura por compressão de blocos cerâmicos regularizados com argamassa

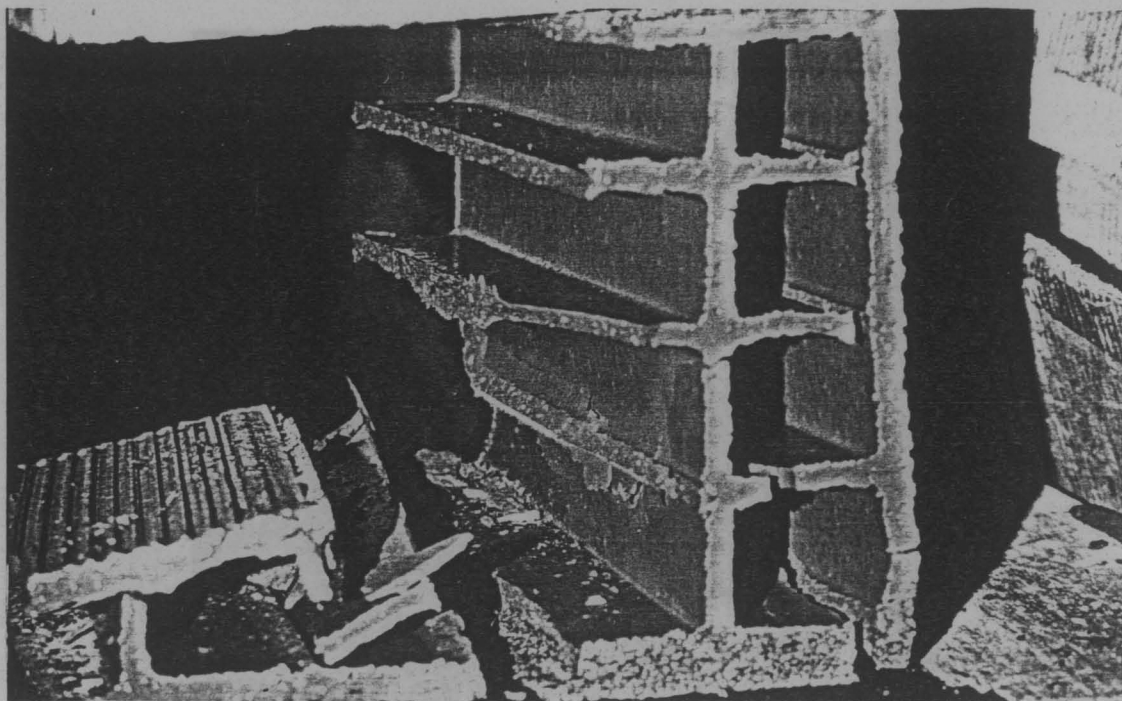


Fig.21 - Configuração de rotura de bloco cerâmico 30x20x11

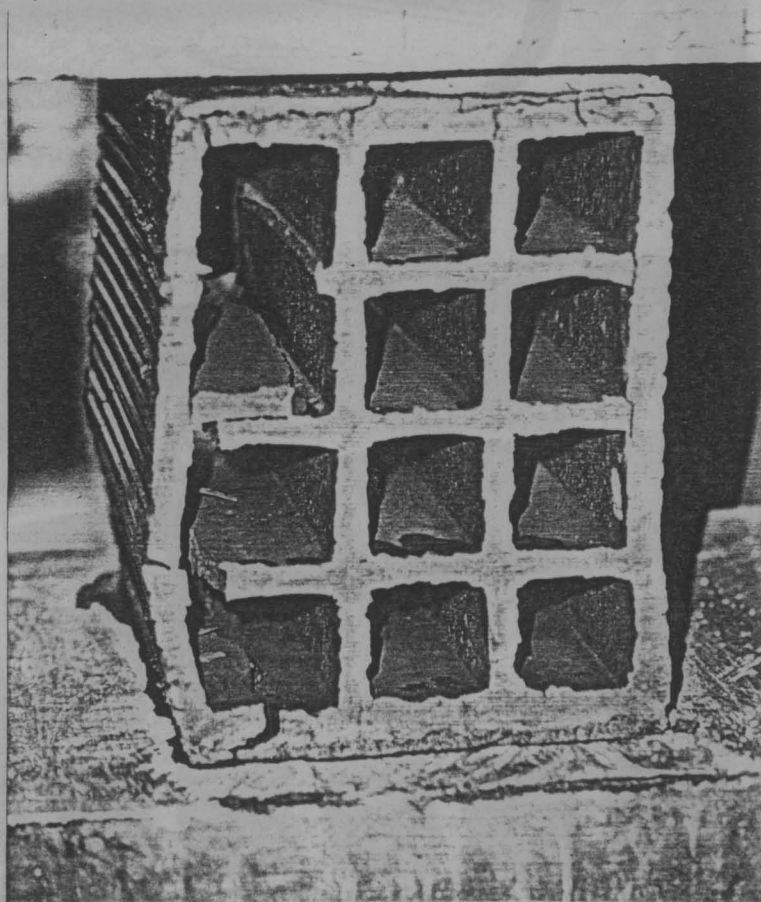


Fig.22 - Configuração de rotura tipo de bloco cerâmico 30x20x15

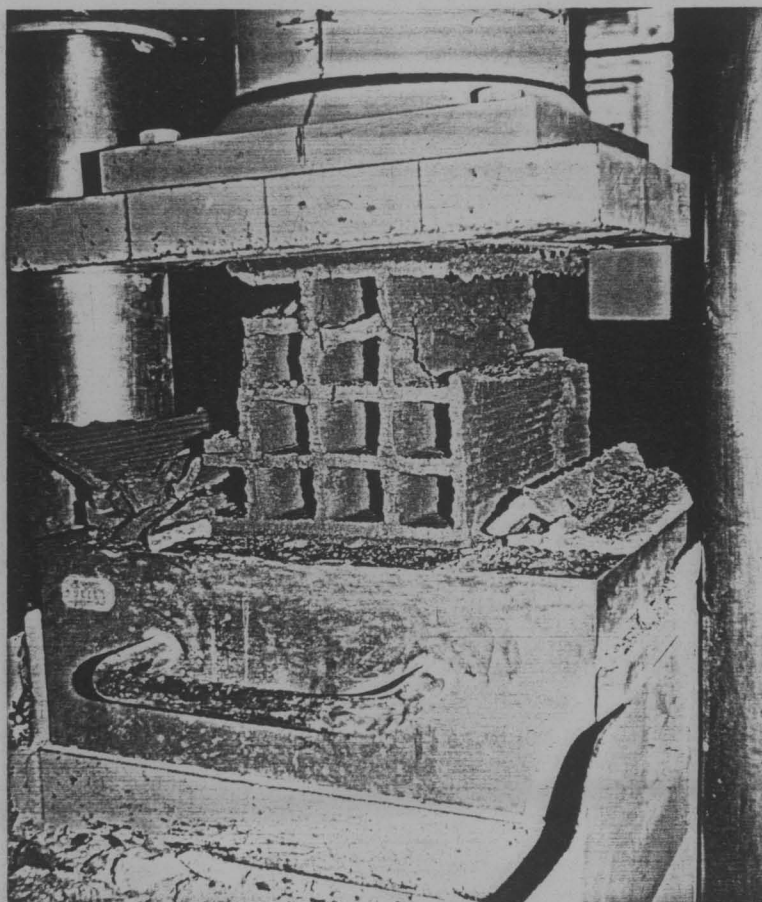


Fig.23 - Configuração de rotura de bloco cerâmico 30x22x20 "B"

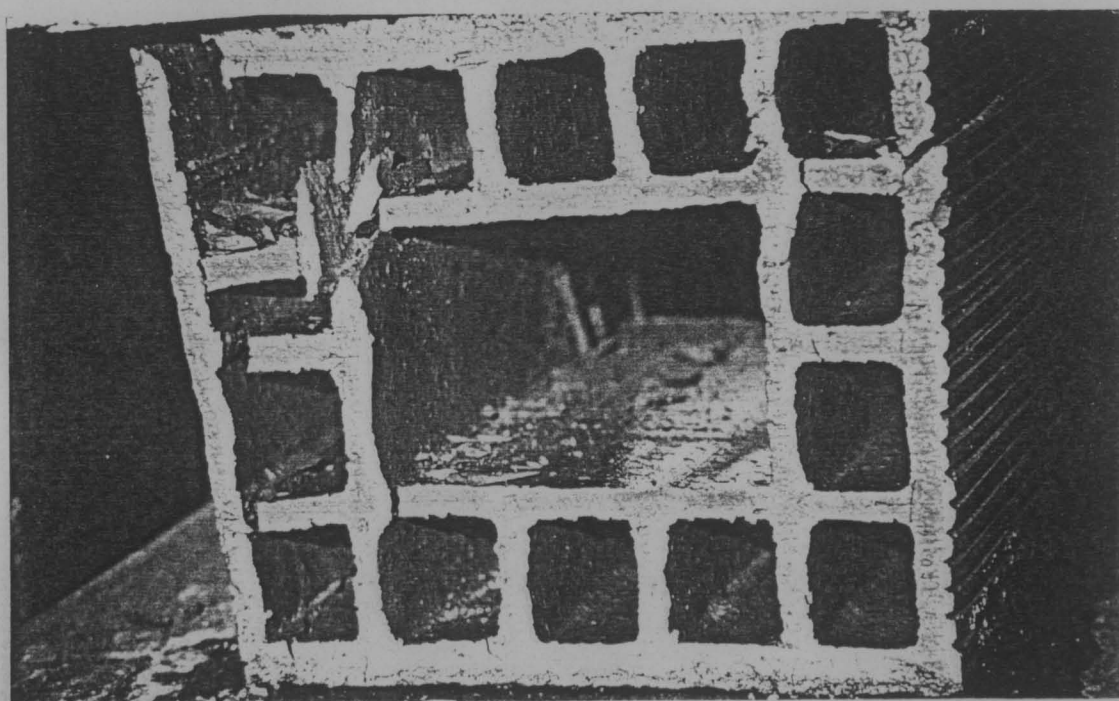


Fig.24 - Configuração de rotura tipo de bloco cerâmico 30x22x20 "C"



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000006029