FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE ALVENARIA À BASE DE BLOCOS DE BETÃO COM BAGACINA VOCACIONADO PARA A CONSTRUÇÃO NOS AÇORES

Luís Emanuel Melo Leite

Licenciado em Arquitectura,
pela Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto

Dissertação para obtenção do grau de Mestre
em Reabilitação do Património Edificado

Dissertação orientada pelo
Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa
do Departamento de Engenharia Civil
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Janeiro de 2008

Agradecimento

Importa referir que a realização do presente trabalho tornou-se possível mediante várias contribuições, a diferentes níveis, que se revelaram importantes. A todos aqueles que deram o seu apoio, manifesto o meu agradecimento.

O reconhecimento em especial à orientação e apoio crítico do Prof. Hipólito de Sousa, sempre presentes ao longo do desenvolvimento deste estudo.

Ao LNEC, nas pessoas da Eng. Fernanda Carvalho e do Eng. Pina dos Santos, pela pronta disponibilidade em alguns esclarecimentos pontuais.

Ao LREC, na pessoa da Eng. Vidália Miranda, pelas informações cedidas, que se revelaram estruturantes no desenvolvimento de todo o processo.

Às empresas de pré-fabricados de betão TACHINHA SGPS, S.A, na pessoa do sr. Labieno Furtado, e VIEIRAS – Fábrica de Materiais de Construção, Lda., nas pessoas do sr. Fernando Vieira, sr. João Vieira e do técnico Nicolau Botelho, pela disponibilidade demonstrada e pelas informações gentilmente cedidas.

À fábrica de Cerâmica Vieira, ao Museu Carlos Machado, na pessoa da D. Maura Pacheco Ponte, e ao Grupo Marques pela liberdade no acesso à recolha fotográfica de algumas das ilustrações presentes ao longo do texto.

Finalmente, aos meus pais e à Ana pelo apoio constante, e a todos os colegas e amigos cujo contributo se manifestou das mais diversas formas.

Resumo

CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE ALVENARIA À BASE DE BLOCOS DE BETÃO COM BAGACINA VOCACIONADO PARA A CONSTRUÇÃO NOS AÇORES

A alvenaria utilizada na construção nas ilhas dos Açores é maioritariamente constituída por blocos de betão de fabrico local, compostos por água, cimento e escórias vulcânicas - *lapilli* (vulgarmente designado por bagacina) e tufo. A incorporação da bagacina no betão, devido às suas propriedades, torna-o um betão leve. Apesar desta característica, a geometria dos blocos existentes não resultou de opções que considerassem as condições locais, nem o seu desempenho está adaptado aos requisitos exigenciais actuais.

Através do desenho de um novo bloco e da sua integração num sistema, podem estabelecer-se opções de projecto que correspondam às exigências actuais, tendo em conta a especificidade da região. Deste modo, neste trabalho é concebido um sistema de alvenaria, enquadrado numa região ultraperiférica, com uma elevada dependência da importação de materiais e soluções, optimizando a qualidade e versatilidade das alvenarias locais, que provêm não só do desempenho do material, mas também da forma como é moldado e associado. Melhora-se assim, a eficiência da construção, energética e funcionalmente, originando mais conforto e reduzindo custos, numa perspectiva de sustentabilidade.

Palavras-chave: Sistema de Alvenaria, Paredes, Bloco de Betão, Bagacina, Açores.

Abstract

CONCEPTION OF A MASONRY SYSTEM BASED ON CONCRETE BLOCKS WITH *BAGACINA* DESTINATED FOR THE CONSTRUCTION IN THE AZORES

The masonry used in construction in the Azores islands is mainly constituted by locally produced concrete blocks, made with water, cement and volcanic scoria – *lapilli* (commonly known as *bagacina*) and tuft. The *bagacina's* addiction to concrete, due to its properties, makes it a light-weight one. Despite this characteristic, the existing blocks geometry did not result from options that considered local conditions, nor its behavior is adapted to the today exigencial requirements.

Through the design of a new unit and its integration in a masonry system, one can establish project options that match the actual exigencial requirements, taking into account the region specificity. This way, in the present study a masonry system is conceived, fitted in a ultra peripheral region, that highly depends from material and solutions importation, improving the local masonry quality and versatility. This comes not only from the material properties but also from the way how it is shaped and assembled. The building efficiency is energetically and functionally improved, providing higher level of comfort and costs reduction, regarding sustainability.

Key-words: Masonry System, Walls, Concrete Blocks, Bagacina, Azores.

Índice Geral

Índice de figuras.....XIII
Índice de tabelas.....XVII

Capítulo 1
Introdução.....1

1.1 Objecto.....2
1.2 Objectivo.....2
1.3 Metodologia.....3

PARTE 1
A construção nos Açores – Contextualização.....5

Capítulo 2
Enquadramento geográfico e territorial.....7

2.1 A geografia 8
2.1.1 Localização e dimensão.....8
2.1.2 Formação e relevo.....9
2.1.3 Sismicidade e vulcanismo.....11
2.1.4 Clima.....13
2.1.4.1 Temperatura do ar.....14
2.1.4.2 Precipitação.....15
2.1.4.3 Insolação.....17
2.1.4.4 Vento.....18
2.1.4.5 Humidade relativa.....19
2.2 A ocupação do território.....20
2.2.1 As fases da ocupação.....20
2.2.2 Os locais e as formas de implantação.....22

Capítulo 3
Os recursos naturais e a construção.....25

3.1 Os recursos naturais.....26
3.2 A Geologia.....27
3.2.1 Caracterização geológica do arquipélago.....27

3.2.2 Recursos litológicos e sua aplicabilidade....27
3.2.2.1 A bagacina....30
3.3 As “rotas” das matérias-primas à escala do arquipélago....35

Capítulo 4
A evolução da construção - do povoamento até hoje....39

4.1 Síntese histórica da construção....40
4.1.1 O Estilo Micaelense....44
4.1.2 O século XX....45
4.1.3 Caracterização e evolução das paredes....50
4.2 O bloco de betão com bagacina....52
4.2.1 Características dos blocos de betão com bagacina....54
4.3 Caracterização da situação actual, observação sobre o futuro....64
4.3.1 Contextualização da construção nos Açores a nível nacional....67
4.4 Conclusões da Parte 1 (A construção nos Açores - Contextualização)....68

PARTE 2
Sistema de alvenaria concebido para a realidade açoriana....71

Capítulo 5
Exigências recentes aplicáveis às paredes na construção de edifícios nos Açores....73

5.1 Exigências funcionais de paredes....74
5.1.1 Estabilidade....76
5.1.2 Estanquidade....79
5.1.2.1 O factor abrigo....84
5.1.3 Conforto higrotérmico....86
5.1.3.1 Condensações superficiais....89
5.1.3.2 Condensações internas....90

Capítulo 6
Requisitos de um sistema para alvenaria à base de bagacina....91

6.1 Estabilidade....92
6.1.1 Espessura mínima dos panos de parede....94
6.2 Estanquidade....95
6.3 Características térmicas....96

6.3.1 A unidade....96
6.3.2 Paredes tipo....100
6.4 Concepção do sistema....103
6.4.1 Unidades base....103
6.4.2 Unidades especiais - acessórios....104
6.5 Selecção das características do sistema....109
6.6 O sistema mínimo....110

Capítulo 7
Detalhes do sistema....113

7.1 Execução de alvenarias de bloco de betão de bagacina....114
7.1.1 Modulação....114
7.1.1.1 Pontos singulares....114
7.2 Argamassas e juntas....118
7.3 Exemplos de fachada....119

Capítulo 8
Conclusões....125

8.1 Considerações gerais....126
8.2 Síntese....128

Referências bibliográficas....129
Origem das figuras....135

Anexo A
Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede exterior, em alvenaria de blocos de betão de bagacina....137

Índice de figuras

Capítulo 2

Enquadramento geográfico e territorial

Figura 1: O arquipélago dos Açores....8
Figura 2: A diversidade de cones no relevo açoriano....9
Figura 3: Principais acidentes tectónicos do arquipélago dos Açores 10
Figura 4: Mapa de epicentros (1980-1998)....12
Figura 5: Precipitação anual média (esquerda) precipitação média de inverno e de verão (centro e direita respectivamente) 1961-1990....16
Figura 6: Relação entre os índices de precipitação acumulada (mm) e a topografia, ilhas Terceira e São Miguel (1996)....17
Figura 7: Valores anuais do vento em Angra do Heroísmo km/h (Fevereiro de 2006 a Fevereiro de 2007)....18
Figura 8: Humidade relativa média anual (%), ilhas Terceira e São Miguel....19
Figura 9: Arrifes em São Miguel....21
Figura 10: São Sebastião na Terceira....22
Figura 11: Água de Pau em São Miguel....23
Figura 12: A Lomba do Carro na Vila da Povoação....24

Capítulo 3

Os recursos naturais e a construção

Figura 13: Carta geológica da ilha do Pico....27
Figura 14: Recursos litológicos....28
Figura 14: Recursos litológicos....28
Figura 15: Recursos litológicos....29
Figura 15: Recursos litológicos....29
Figura 16: As três principais pedras usadas em alvenarias – basalto, traquito e ignimbrito....30
Figura 17: Cones de escórias na zona central de São Miguel....32
Figura 18: Cone de escórias em Água de Pau, São Miguel....32
Figura 19: Diferentes colorações e graus de consolidação da bagacina....33
Figura 20: A extracção da bagacina....34
Figura 21: Extracção clandestina de bagacina....34
Figura 22: Os dois fornos de cal na na Vila da Povoação....36
Figura 23: Argilas utilizadas em cerâmica....37

Capítulo 4

A evolução da construção - do povoamento até hoje

Figura 24: A casa urbana.....41
Figura 25: A casa rural.....42
Figura 26: Alvenarias de pedra e bloco de betão.....42
Figura 27: Alvenaria de pedra resistente com laje em betão (abrigo agrícola no Monte Escuro, em São Miguel, 1958 - autoria do Arq. João Correia Rebelo).....43
Figura 28: O Estilo Micaelense, janela de avental, vão coluna e a alteração da linguagem.....45
Figura 29: Quantidade de edifícios construídos ao longo do século XX.....46
Figura 30: Edifícios segundo o tipo de estrutura.....46
Figura 31: Edifícios segundo o revestimento exterior.....47
Figura 32: Edifícios segundo tipo de cobertura.....47
Figura 33: Percentagem de edifícios segundo revestimento de cobertura inclinada.....48
Figura 34: Edifícios nos Açores segundo época de construção por necessidade de reparação.....48
Figura 35: Percentagem do grau de necessidade de reparação do património edificado até 2001.....49
Figura 36: Manifestações de humidade pelo interior de paredes exteriores.....50
Figura 37: Parede tradicional e parede actual.....51
Figura 38: Esquema síntese da evolução das paredes exteriores.....51
Figura 39: Parede simples e parede dupla, dificuldade em conseguir a boa execução.....52
Figura 40: O bloco de betão de bagacina, maciço e furado verticalmente.....53
Figura 41: Os agregados naturais – o tufo e a bagacina.....54
Figura 42: A heterogeneidade da textura dos blocos devido à falta de controle dos agregados.....54
Figura 43: Geometria dos blocos referidos no inquérito.....57
Figura 44: Dimensões e geometria dos blocos.....62
Figura 45: Total de edifícios licenciados nos Açores (1994-2006).....65
Figura 46: Total de licenciamentos por tipo de obra (1994-2004).....65
Figura 47: Relação entre licenciamentos de construção nova e outros (1994 e 2004).....66
Figura 48: Construção nova - relação entre habitação e outros programas.....66
Figura 49: Total de edifícios, habitação e fogos licenciados em construção nova (2005).....67
Figura 50: Relação entre habitação e fogos licenciados em construção nova (2005).....67

Capítulo 5

Exigências recentes aplicáveis às paredes na construção de edifícios nos Açores

Figura 51: Grau de exposição em função do índice de chuva incidente (m2/s).....80

Capítulo 6

Requisitos de um sistema para alvenaria à base de bagacina

Figura 52: Edifício em alvenaria resistente na Suíça.....93
Figura 53: Geometria dos blocos, escala 1/20.....97
Figura 54: Unidades base do sistema, escala 1/25 – 300, 250, 200, 150 e 100mm de espessura.…104
Figura 55: Diversidade de situações previstas através de corte mecânico.....109
Figura 56: Possibilidade das unidades abrangerem maiores secções.....109
Figura 57: Versatilidade da unidade através de corte.....112

Capítulo 7

Detalhes do sistema

Figura 58: Confinamentos verticais e ligação a confinamento horizontal (esc. 1/50).....115
Figura 59: Exemplo do confinamento de um vão (esc. 1/50).....116
Figura 60: Exemplo do confinamento de um vão (esc. 1/50).....117
Figura 61: As juntas de assentamento e o contrafio das unidades.....118
Figura 62: Corte 1/20 de fachada com laje térrea e cobertura inclinada com beiral.....120
Figura 63: Corte 1/20 de fachada com laje ventilada e cobertura inclinada com beiral.....121
Figura 64: Corte 1/20 de fachada com piso enterrado e cobertura plana não visitável.....122
Figura 65: Corte 1/20 de fachada com piso enterrado e cobertura plana acessível.....123

Anexo A

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede exterior, em alvenaria de blocos de betão de bagacina

Figura A1: Representação axonométrica das camadas m.....140
Figura A2: Representação em corte transversal das camadas j e das secções m.....140
Figura A3: Representação em planta das camadas j e das secções m.....141

Índice de tabelas

Capítulo 2

Enquadramento geográfico e territorial

Tabela 1: Dimensões gerais das ilhas dos Açores.....9
Tabela 2: Relação dos níveis de actividade sísmica e o arquipélago.....12
Tabela 3: Valores médios da temperatura do ar (ºC) 1961-1990.....14
Tabela 4: Variação da média das temperaturas máximas TX e mínimas TN (ºC) 1961-1990.....15
Tabela 5: Valores de precipitação total (mm) 1961-1990.....16
Tabela 6: Insolação em horas/mês.....17
Tabela 7: O vento, valores médios anuais.....18

Capítulo 3

Os recursos naturais e a construção

Tabela 8: Recursos litológicos e sua aplicabilidade (França et al., 2005).....28
Tabela 9: Designação e características dos piroclastos de acordo com a sua dimensão.....31
Tabela 10: Composição química de escórias açorianas (Fraga, 1988).....32

Capítulo 4

A evolução da construção - do povoamento até hoje

Tabela 11: Resistência mínima à compressão em função das categorias dos blocos de betão.....55
Tabela 12: Composição dos betões de bagacina ensaiados.....59
Tabela 13: Resultados da determinação da condutibilidade térmica.....60
Tabela 14: Resultados da determinação do teor de água de equilíbrio em ambiente húmido.....60
Tabela 15: Resultados da determinação da absorção de água por imersão parcial de curta duração.61
Tabela 16: Dimensões e geometria dos blocos (mm).....62
Tabela 17: Coeficientes de transmissão (U), em zona corrente, de paredes em pano simples.....63

Capítulo 5

Exigências recentes aplicáveis às paredes na construção de edifícios nos Açores

Tabela 18: Exigências funcionais da parte opaca das paredes (Carvalho, 2002).....74
Tabela 19: Requisitos geométricos recomendados para paredes de contraventamento.....78
Tabela 20: Selecção do tipo de parede em função do sítio, segundo DTU 20.1 (CSTB, 1994).....82
Tabela 21: Espessuras mínimas de paredes (mm) do tipo I, em função da resistência à penetração da

chuva, segundo DTU 20.1 (CSTB, 1994).....82
Tabela 22: Categorias de exposição à chuva incidente persistente, segundo BS 5628 – Part 3.....83
Tabela 23: Espessura mínima (mm) de paredes em pano único em elementos de betão em função da exposição do local à chuva, segundo BS 5628 – Part 3.....84
Tabela 24: Resistências térmicas superficiais em paredes (m2 .K/W).....87
Tabela 25: Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados.....87
Tabela 26: Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos.....88
Tabela 27: Coeficientes de transmissão térmica de referência (U-W/m2 .K).....88
Tabela 28: Zonamento climático dos Açores.....88
Tabela 29: Coeficientes de transmissão térmica U (W/m2.K), blocos com 200, 250 e 300mm.....89

Capítulo 6

Requisitos de um sistema para alvenaria à base de bagacina

Tabela 30: Valores médios das características do betão de bagacina (LNEC, 1998).....97
Tabela 31: Características térmicas dos espaços alveolares.....99
Tabela 32: Características térmicas das novas unidades.....99
Tabela 33: Percentagem de furação (área medida na face da secção normal à orientação dos furos) e peso aproximado (unidades de 300mm de espessura).....100
Tabela 34: Quadro síntese de paredes tipo.....100
Tabela 35: Unidades de 300mm de espessura.....105
Tabela 36: Unidades de 250mm de espessura.....107
Tabela 37: Unidades de forra térmica.....107
Tabela 38: Unidades de 100, 150 e 200mm de espessura.....108
Tabela 39: Quadro síntese, relação entre a espessura das paredes e as exigências seleccionadas 110
Tabela 40: O sistema mínimo (unidade de 300mm de espessura).....111
Tabela 41: O sistema mínimo (unidades de 100, 150, 200 e 250mm de espessura).....111

Anexo A

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede exterior, em alvenaria de blocos de betão de bagacina

Tabela A1: Espessura das camadas j.....142
Tabela A2: Características geométricas das secções m.....142
Tabela A3: Condutibilidade térmica λmj (W/m.K).....143
Tabela A4: Resistências térmicas (m2.K/W).....144
Tabela A5: Cálculos para obtenção do limite inferior fm/Rmj (m2.K/W).....145

Capítulo 1

Introdução

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objecto

A alvenaria na construção açoriana é maioritariamente constituída por blocos de betão de fabrico local que incluem escórias vulcânicas na sua composição. No entanto, a geometria destes elementos não resultou de opções que considerassem verdadeiramente as condições locais, pelo que o seu desempenho não está optimizado, originando comportamentos deficientes por parte das paredes face aos pressupostos de qualidade contemporâneos.

Assim, o objecto do presente estudo centra-se nas alvenarias de bloco de betão com agregados leves naturais e insere-se espacialmente num universo claramente definido e limitado, o arquipélago dos Açores.

1.2 Objectivo

Através da análise da especificidade da região e das actuais exigências funcionais relativas ao comportamento das paredes, pretende-se sintetizar criticamente os factores que permitem o desenvolvimento conceptual de um novo bloco, com uma geometria e utilização melhorada, e a sua integração num sistema.

O desenvolvimento de um sistema de alvenaria permite também estabelecer soluções tipo de paredes e opções de projecto, que correspondam às situações particulares mais comuns da construção corrente, potenciando a sua qualidade.

Segundo um relatório da Associação dos Industriais de Construção e Obras Públicas dos Açores, de Setembro de 2005 (AICOPA, 2005), com vista à definição do sector da construção civil e das obras públicas nos Açores, são apontados como pontos fracos do sector, entre outros aspectos, a falta de certificação dos materiais empregues na construção e a sua inadequação às características climáticas e morfológicas da região, referindo como ameaça a falta de investigação e desenvolvimento. Este trabalho pode, deste modo, constituir um contributo face às necessidades existentes.

Devido à importação de diversos materiais e soluções construtivas, o preço da construção nas ilhas é elevado. Ao melhorar a eficiência de um produto local, energética e funcionalmente, tentando resolver os problemas mais comuns inerentes ao tipo de construção praticada na região, aumenta-se a qualidade construtiva e reduzem-se os custos, numa perspectiva de sustentabilidade e de maior autonomia do sector da construção insular.

1.3 Metodologia

Para dar forma ao objectivo pretendido, dividiu-se o estudo em duas partes distintas, mas complementares, que correspondem à contextualização das características das ilhas e ao desenvolvimento de um sistema concebido para essa realidade.

Na primeira parte, pretende-se definir um quadro geral de referência para a concepção do sistema de alvenaria, de forma a constituir matéria operativa no desenvolvimento do trabalho.

Deste modo, nos capítulos 2, 3 e 4, é feito um enquadramento geográfico e territorial, analisando a situação e solicitações do construído face ao território e ao clima. É caracterizada a dialéctica entre os recursos naturais e a construção, clara nas relações estabelecidas no arquipélago através das rotas dos materiais e das soluções construtivas, devido à dispersão e carácter ultraperiférico das ilhas. Destes recursos, são destacadas as escórias vulcânicas, utilizadas como agregados no fabrico dos blocos. Finalmente, é caracterizada a situação actual da actividade da construção e as suas possibilidades de desenvolvimento.

Na segunda parte, relaciona-se a especificidade insular definida anteriormente com as exigências funcionais actuais, com o intuito de formular os requisitos que proporcionam a optimização da unidade de alvenaria, e a sua inserção num sistema, que por sua vez, promova a melhoria da qualidade construtiva.

Para tal, nos capítulos 5, 6 e 7 são seleccionadas, das exigências funcionais actuais, as essenciais como condicionantes a reter no desempenho das paredes da região. São estabelecidos os requisitos do sistema de alvenaria, com base na contextualização anterior, tendo em conta as condicionantes locais. Finalmente, são apresentados detalhes da aplicação do sistema e da resolução dos pontos singulares mais comuns, referentes à construção corrente açoriana.

Tentou-se que as soluções apresentadas fossem de encontro à prática construtiva existente, de modo que, as alterações conceptuais que um sistema acarreta não implicassem disposições construtivas radicalmente novas, mas complementares e potenciadoras da melhoria da situação actual, da construção de edifícios nos Açores.

No capítulo final, sintetizam-se os pontos essenciais formulados no desenvolvimento do trabalho, abordam-se as questões mais relevantes que ficam em aberto, e sugerem-se perspectivas de desenvolvimento.

Em anexo, é apresentado um exemplo dos cálculos efectuados para a determinação do coeficiente de transmissão térmica, realizados no desenvolvimento do capítulo 6.

PARTE 1

A construção nos Açores – Contextualização

Capítulo 2

Enquadramento geográfico e territorial

2 ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E TERRITORIAL

2.1 A geografia

A geografia ocupa um espaço fundamental na definição do contexto açoriano, além do estudo da fisionomia e das características do território, integra indirectamente os aspectos físicos, culturais e mentais da paisagem construída e das suas gentes. Como escreveu Nemésio (1983) “Como homens, estamos soldados historicamente ao povo de onde viemos e enraizados pelo *habitat* a uns montes de lava que soltam da própria entranha uma substância que nos penetra. A geografia, para nós, vale outro tanto como a história, e não é debalde que as nossas recordações escritas inserem uns cinquenta por cento de sismos e enchentes. Como as sereias temos uma dupla natureza: somos de carne e de pedra. Os nossos ossos mergulham no mar.”

2.1.1 Localização e dimensão

O arquipélago dos Açores situa-se entre os paralelos 39º 43' 23" e 36º 55' 43" Norte e os meridianos 31º 16' 24" e 24º 46' 15" Oeste de Greenwich, compreende sensivelmente 3 graus em latitude e 6 graus em longitude, situando-se a 1.900 km da costa ocidental de Portugal Continental.

Possui uma área total aproximada de 2.345 km^2, sendo constituído por nove ilhas que se dividem em três grupos definidos pelas relações de proximidade: Grupo Oriental – ilhas de Santa Maria e São Miguel; Grupo Central - ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial; e o Grupo Ocidental - ilhas Flores e Corvo. As ilhas distendem-se em diagonal, no sentido Sudeste-Noroeste, numa extensão de 600 km.

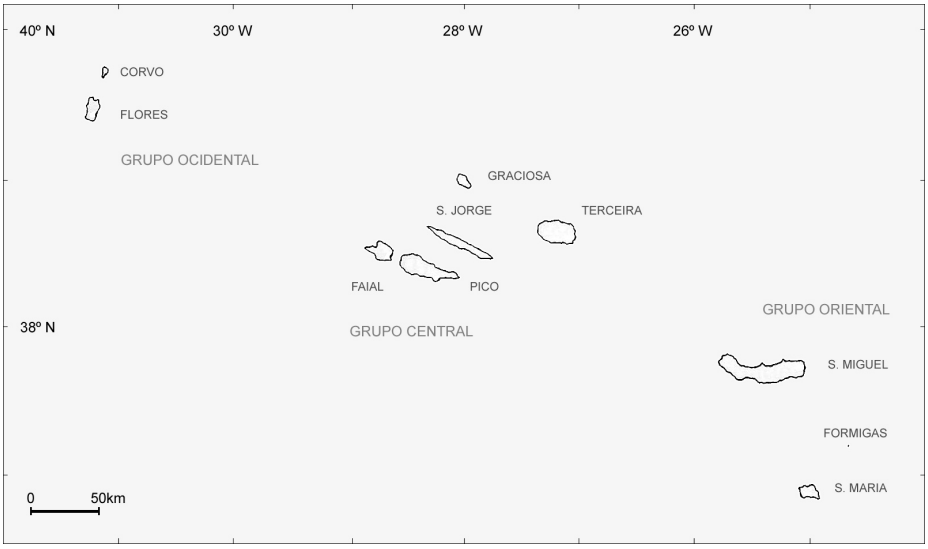


Figura 1: O arquipélago dos Açores

As ilhas têm configurações e dimensões diversas que se sintetizam na tabela seguinte.

Tabela 1: Dimensões gerais das ilhas dos Açores

	SUPERFICIE TOTAL (km²)	ALTITUDE MÁXIMA (m)	PERÍMETRO (km)	LARGURA MÁXIMA (km)	COMPRIMENTO MÁXIMO (km)	ORIENTAÇÃO PREDOMINANTE
SANTA MARIA	97,2	590	63,4	8	17	W NW – E SE
SÃO MIGUEL	745,5	1103	213,3	18	64	E - W
TERCEIRA	403,1	1021	109,9	19	30	E - W
GRACIOSA	61,1	402	38,9	8	12	NW - SE
SÃO JORGE	245,8	1053	128,0	7	55	NW - SE
PICO	448,0	2351	125,9	17	47	W NW – E SE
FAIAL	173,6	1042	72,7	14	21	W NW – E SE
FLORES	141,6	915	71,6	13	17	N - S
CORVO	17,1	718	19,0	4	6,5	N - S

2.1.2 Formação e relevo

As ilhas do arquipélago dos Açores são de origem vulcânica. Constituem o resultado da acumulação de diversos fenómenos vulcânicos intercalados ao longo do tempo, com períodos erosivos. A formação das diferentes ilhas não é contemporânea (Feraud *et al*., 1980), variando as idades entre os 6 milhões de anos para Santa Maria, a mais antiga, e 40 mil anos para o Pico, a mais recente.

O sentido Sudeste-Noroeste está marcado, não só no alinhamento das ilhas do arquipélago, bem como, de uma forma geral, no sentido da formação geológica do arquipélago e das ilhas em particular, e curiosamente, corresponde também ao seu sentido de descoberta e povoamento.

O relevo, consequente do tipo de formação, apresenta uma diversidade de cones que dominam a paisagem açoriana, desde o vulcão encimado por uma caldeira a pequenos picos de escórias, passando por baías e lagoas (Fig. 2).



Figura 2: A diversidade de cones no relevo açoriano (da esquerda para a direita: a ilha de São Jorge e a variedade de cones no relevo; a montanha do Pico; e a Lagoa do Canário em São Miguel)

O território é, em geral, bastante elevado para a sua dimensão, como se verifica na tabela anterior, das nove ilhas, cinco têm altitudes máximas que rodam os 1000 metros, destacando-se o Pico, a elevação mais alta de Portugal com 2351m de altitude.

As características da formação e relevo do arquipélago devem-se ao facto de se localizar numa área particular em que, segundo França *et al.* (2005) convergem várias estruturas tectónicas, destacando-se a Crista Dorsal Média do Atlântico (que limita a Placa Americana das Placas Euroasiática e Africana), o Rift da Terceira (que é sensivelmente coincidente com as ilhas dos grupos oriental e central), a Zona de Fractura Oeste dos Açores, a Zona de Fractura Norte dos Açores e a Zona de Fractura Este dos Açores que representa o segmento Oeste de uma das mais importantes zonas de fractura terrestre, o Arco Tectónico Alpino – um troço desta falha designado por Falha Glória estabelece o limite das Placas Euroasiática e Africana (Fig. 3).

O grupo Ocidental encontra-se a Oeste da Crista Dorsal Média do Atlântico e as restantes ilhas a Este. A Crista Dorsal Média do Atlântico é sismicamente activa e apresenta valores de expansão diversos a Norte e a Sul do arquipélago. Alguns estudos recentes referidos por França *et al.* (2005), consequentes também da não consensualização sobre o limite das placas Euroasiática e Africana, apontam para uma "microplaca ou bloco dos Açores", definida triangularmente pela Crista Dorsal Média do Atlântico a Oeste, a Sul pela Zona de Fractura Este dos Açores e a Norte pelo Rift da Terceira.

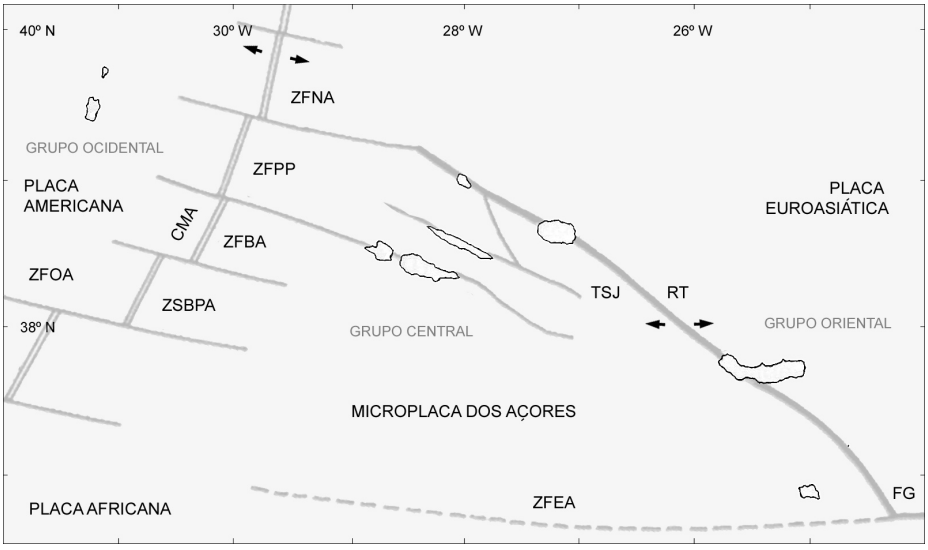


Figura 3: Principais acidentes tectónicos do arquipélago dos Açores (CMA – Crista Dorsal Média do Atlântico; ZFEA – Zona de Fractura Este dos Açores; ZFNA – Zona de Fractura Oeste dos Açores; ZFNA – Zona de Fractura Norte dos Açores; RT – Rift da Terceira; FG – Falha Glória)

Esta breve descrição do contexto geodinâmico dos Açores, permite uma noção generalizada dos aspectos responsáveis pelas manifestações, mais ou menos regulares, dos fenómenos de

actividade sísmica e vulcânica no arquipélago.

2.1.3 Sismicidade e vulcanismo

Desde a descoberta dos Açores, em meados do séc. XV, estão relatados um total de 26 erupções vulcânicas, sendo as últimas mais importantes, a de 1957/58 do vulcão dos Capelinhos, no Faial, e a de 1998/2000 ao largo da Terceira. Para além destas manifestações vulcânicas periódicas e mais expressivas, existem outras que fazem parte do dia-a-dia insular, como as nascentes termais ou as fumarolas. Nos cinco séculos de história dos Açores perderam a vida, como consequência directa de erupções vulcânicas, 240 pessoas, enquanto que o número sobe para 5345 a 6350 pessoas devido à actividade sísmica (Nunes *et al.,* 2001a).

No arquipélago dos Açores a sismicidade tem duas origens, vulcânica e tectónica. No que diz respeito à primeira, os sismos estão associados à actividade vulcânica, antecedendo-a e acompanhando-a. Relativamente à actividade tectónica, o tipo de sismos divide-se em duas categorias, por frequência e intensidade, em sismos anuais e periódicos. Os primeiros ocorrem durante todo o ano e em elevado número, designados por microssismos (magnitudes baixas), os periódicos são sismos moderados a fortes, que atingem muitas vezes mais que uma ilha e têm um grau de destruição elevado. Para uma noção da frequência da sismicidade nos Açores, a Base de Dados Sísmicos dos Açores, para o período compreendido entre Janeiro de 1980 e Dezembro de 1998, contém informação referente a 25.850 sismos de diferentes magnitudes.

Segundo Nunes e Ribeiro (2001) as ilhas podem ser agrupadas consoante os níveis de actividade sísmica em quatro conjuntos:

1 – São Miguel, Terceira e Faial – maior frequência de sismos sentidos, muitas vezes atingindo intensidades superiores ao grau V;
2 – Pico e São Jorge – comparativamente ao grupo anterior há um menor número de sismos sentidos e atingem menor intensidade;
3 – Graciosa e Santa Maria – poucos sismos sentidos e intensidade inferior a V;
4 – Flores e Corvo – reduzida sismicidade, devido à sua localização na placa americana.

Relacionando as ilhas com maior actividade sísmica com o contexto geodinâmico em que se inserem (França *et al.,* 2005), percebe-se que a sismicidade que algumas ilhas evidenciam está fortemente condicionada pela actividade sísmica intrínseca de zonas sismogénicas adjacentes e de acidentes tectónicos regionais, como é perceptível pela concentração dos epicentros de magnitudes maiores nas fracturas que limitam as placas tectónicas, facto evidente comparando as Figuras 3 e 4.

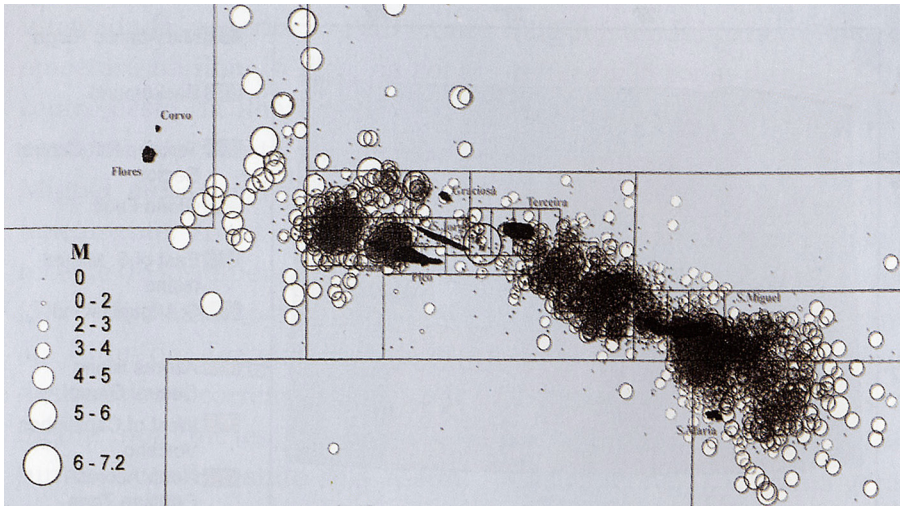


Figura 4: Mapa de epicentros (1980-1998)

Na segunda metade do séc. XX, as principais crises sísmicas que afectaram os Açores traduzem-se pelos "picos" de sismicidade nos anos de: 1957/58 com a erupção dos Capelinhos, no Faial; 1964 em São Jorge; 1973/74 no Pico; 1980 na Terceira, São Jorge e Graciosa; 1988/89 em São Miguel e Graciosa; e 1998 no Faial, Pico e São Jorge. Dos sismos referidos anteriormente, ainda temos presente os efeitos destruidores dos mais recentes. A actividade sísmica é responsável por uma parte significativa da destruição do património edificado no arquipélago, o que representa consequências económicas significativas.

A tabela seguinte apresenta um quadro resumo do reflexo da actividade sísmica regular no arquipélago, relacionando a severidade dos sismos com o desempenho da construção e os níveis de actividade. A escala de Richter é uma medida objectiva de libertação de energia, enquanto que a intensidade do abalo é indicada pela escala de Mercalli modificada, que constitui um dado subjectivo baseado nos efeitos observados.

Tabela 2: Relação dos níveis de actividade sísmica e o arquipélago

ESCALA DE RICHTER (MAGNITUDE)	**CONSEQUÊNCIA NAS CONSTRUÇÕES**	**CORRESPONDÊNCIA À ESCALA DE MERCALLI** (INTENSIDADE)	**NIVEIS DE ACTIVIDADE NO ARQUIPÉLAGO**
0 - 2,5	Só perceptível em instrumentos de alta sensibilidade	I - II	Flores | Corvo Graciosa | Santa Maria Pico | São Jorge São Miguel | Terceira | Faial
2,5 – 4,0	Não afecta as construções	III - IV - V	
4,0 – 5,5	Afecta as construções próximas do epicentro	VI - VII	
5,5 – 8,0	Afecta as construções em grandes áreas	VII - IX - X	
8,0 – 9,0	Altera a forma das superfícies	XI - XII	

Praticamente metade das ilhas encontram-se sujeitas a uma intensidade sísmica baixa, não afectando a construção de forma significativa. No entanto, a sua frequência provoca danos importantes relacionados com fissurações e microfissurações, e não isenta o arquipélago da ocorrência de sismos mais gravosos, como acontece com intervalos temporais maiores, registando-se os últimos entre os 6 e 10 anos, naturalmente variando espacialmente a sua localização.

2.1.4 Clima

O conhecimento do clima é essencial como ferramenta para a actividade de projecto, com consequências sociais e económicas aos mais diversos níveis, desde o conforto, passando pelo rendimento energético, até à prevenção de riscos.

De uma forma simplificada, podemos estabelecer que o clima geral dos Açores (Azevedo, 2001) é ditado pela sua localização geográfica no contexto da circulação global atmosférica e oceânica e pela influência da massa aquática da qual emerge. Segundo o Perfil Climático dos Açores, definido pelo Instituto de Meteorologia (2005), esse contexto atmosférico é o seguinte:

> "O Arquipélago dos Açores está na zona subtropical dos anticiclones do hemisfério norte e o factor dominante das condições meteorológicas é o anticiclone dos Açores.
> Os Açores são caracterizados por um clima temperado húmido, no entanto e atendendo à variação da temperatura do ar com a altitude, o clima é frio oceânico nas regiões com altitudes elevadas onde é excessivamente chuvoso.
> A estação entre Setembro e Março é predominantemente chuvosa, a qual é caracterizada pela passagem frequente de perturbações depressionárias associadas à frente polar. Nos restantes meses a estação é menos chuvosa devido à influência do anticiclone dos Açores."

Deste modo, o anticiclone dos Açores desempenha um papel fundamental no contexto da circulação global atmosférica, sendo responsável através do seu desenvolvimento, posição e orientação, em conjunto com outras influências (como as massas de ar e a passagem de frentes), pela variedade climática insular e por um regime de chuvas que o território continental, à mesma latitude, não possui. Como nos diz Azevedo (2001), consoante a localização do anticiclone e a sua interacção com outros factores ou elementos atmosféricos, são proporcionados dias quentes e húmidos sem vento, dias quentes com uma humidade relativa baixa e insolação intensa, dias abafados com uma humidade relativa muito próxima da saturação, ou dias frescos e secos, bem como situações de ventos violentos e precipitações torrenciais.

Estas condicionantes gerais influenciam as ilhas com intensidades diferentes dada a dispersão do arquipélago. O relevo, devido ao seu carácter acentuado, introduz localmente perturbações através da subida do ar húmido, originando nuvens de relevo e nevoeiros que afectam as zonas interiores ou costeiras expostas, apresentando por vezes, a costa ou o mar à volta, céu

limpo.

Para uma noção quantificável destes factores analisa-se seguidamente o clima do arquipélago segundo os Perfis Climáticos e as tabelas das Normais Climatológicas (1961-1990)[1], do Instituto de Meteorologia (IM, 2005; IM, s.d.), e informação disponibilizada pelo Projecto CLIMAAT[2] (Azevedo, s.d.), com dados recolhidos em Ponta Delgada (Grupo Oriental), Angra do Heroísmo (Grupo Central) e Flores - Aeroporto – (Grupo Ocidental)[3]. Estes três locais, para além de possuírem a generalidade dos dados disponíveis, permitem uma leitura abrangente do arquipélago devido à dispersão geográfica. São utilizados, como referências comparativas, outros locais do território nacional – Bragança, Porto, Lisboa, Faro e Funchal.

Para estabelecer os dados de referência recorrem-se aos índices de Temperatura do Ar, Precipitação, Insolação, Vento e Humidade Relativa

2.1.4.1 Temperatura do ar

De uma forma generalizada, em São Miguel os valores médios anuais da temperatura variam entre os 9ºC no Pico da Vara (ponto mais alto da ilha) e 17ºC junto à orla costeira. A média da temperatura mínima no período de Inverno varia entre os 4ºC nas zonas elevadas e 11ºC no litoral Sul e Oeste, a média da temperatura máxima no Verão varia entre os 13ºC e 23ºC, nos mesmos locais. Na ilha Terceira os valores são praticamente idênticos à ilha de São Miguel. De forma a estabelecer um quadro referencial, comparam-se de seguida estes valores médios com o restante território nacional.

Tabela 3: Valores médios da temperatura do ar (ºC) 1961-1990

	PORTUGAL CONTINENTAL	R. A. AÇORES		R. A. MADEIRA
		SÃO MIGUEL	TERCEIRA	
TEMPERATURA MÉDIA ANUAL	Litoral Sul **18**	Orla costeira **17**	Orla costeira **17**	Orla costeira **18-19**
	Zona alta interior centro **7**	Pico da Vara **9**	Cume Serra St. Bárbara **9-10**	Zona elevada **8**
VERÃO TEMPERATURA MÉDIA MÁXIMA	Interior Centro e Alentejo **32-34**	Litoral Sul e Oeste **23**	Orla costeira **23**	Orla costeira **23**
	Serra da Estrela **16**	Zona elevada **13**	Zona elevada **14**	Zona elevada **16**
INVERNO TEMPERATURA MÉDIA MINIMA	Algarve **12**	Litoral Sul e Oeste **11**	Orla costeira **11-12**	Orla costeira **13**
	Zonas montanhosas **2**	Zona elevada **4**	Zona elevada **4**	Zona elevada **4**

1 Normais climatológicas são valores médios de um elemento climático correspondentes a um intervalo temporal e a um local específico.
2 O Projecto CLIMAAT visa a cooperação científica para o desenvolvimento de metodologias específicas para o estudo da meteorologia e do clima nas regiões insulares atlânticas e da sua envolvente.
3 Os valores indicados para as Flores apenas consideram o intervalo 1970-1990.

Apesar da extensão do território Continental e das diferenças de temperatura expressivas verificadas de Sul para Norte e do litoral para o interior, verifica-se que, em termos globais, a amplitude térmica é menor nas regiões autónomas.

De forma a clarificar esta relação, comparam-se os valores médios da temperatura em locais específicos (Tabela 4).

Tabela 4: Variação da média das temperaturas máximas TX e mínimas TN (ºC) 1961-1990

	PONTA DELGADA		ANGRA DO HEROÍSMO		FLORES (AEROPORTO)		BRAGANÇA		PORTO		LISBOA		FARO		FUNCHAL	
	TX	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**	**TX**	**TN**
JAN	17.0	11.6	15.8	11.4	16.4	11.1	8.4	0.5	13.5	5.1	14.5	8.2	16.1	7.7	19.1	13.1
FEV	16.8	11.0	15.4	10.9	16.0	10.5	10.3	1.5	14.3	5.9	15.6	9.0	16.7	8.4	19.1	12.8
MAR	17.3	11.6	16.0	11.4	16.7	11.2	13.2	2.8	16.2	6.8	17.6	9.9	18.4	8.9	19.5	13.0
ABR	18.1	12.1	16.8	12.0	17.3	11.9	15.2	4.7	17.5	8.3	19.1	11.1	19.8	10.4	19.6	13.4
MAI	19.7	13.3	18.5	13.4	19.2	13.6	19.1	7.7	19.6	10.6	21.7	13.0	22.4	12.5	20.9	14.6
JUN	21.8	15.4	20.7	15.4	21.5	15.7	24.0	11.4	22.7	13.5	24.8	15.6	25.4	15.7	22.3	16.5
JUL	24.3	17.2	23.3	17.2	24.2	18.0	28.3	13.9	24.7	15.0	27.4	17.4	28.7	17.9	24.3	18.0
AGO	25.6	18.4	24.5	18.5	25.1	18.9	28.1	13.5	25.0	14.6	27.9	17.7	28.8	18.0	25.6	18.9
SET	24.7	17.8	23.4	18.5	23.9	17.8	24.9	11.7	24.0	13.9	26.4	17.0	26.7	16.9	25.7	18.9
OUT	22.1	15.9	20.8	15.9	21.2	15.6	18.4	7.8	20.9	11.4	22.4	14.6	23.1	14.3	24.2	17.6
NOV	19.6	13.9	18.3	13.8	18.9	13.8	12.4	3.6	16.7	7.9	17.8	11.2	19.4	10.9	22.0	15.6
DEZ	17.9	12.6	16.7	12.5	17.3	12.2	8,7	1.2	13.9	5.9	14.8	8.9	16.7	8.6	20.0	13.9
ANO	**20.4**	**14.2**	**19.2**	**14.2**	**19.8**	**14.2**	**17.6**	**6.7**	**19.1**	**9.9**	**20.8**	**12.8**	**21.9**	**12.5**	**21.9**	**15.5**

Verifica-se que, em valores médios, a amplitude térmica é menor nos Açores e na Madeira com intervalos à volta dos 6 graus, seguindo-se depois, em sentido crescente, de Sul para Norte, o território Continental.

2.1.4.2 Precipitação

A precipitação média anual varia muito, sendo em São Miguel, superior a 3000mm nas zonas mais elevadas e inferior a 1000mm na costa sul. A precipitação acumulada no Inverno varia entre 400mm e 1200mm e no Verão entre 100mm e 400mm. Na Terceira os valores são semelhantes. Em Portugal Continental, a média anual é inferior a 900mm, apresentando uma grande variabilidade espacial (Fig. 5), com os valores superiores no Minho, 3000mm, e inferiores na Beira Interior e no interior do Alentejo, 400mm e 600mm respectivamente.

Os Açores são muito chuvosos, apresentando semelhanças no território continental à região do Minho.

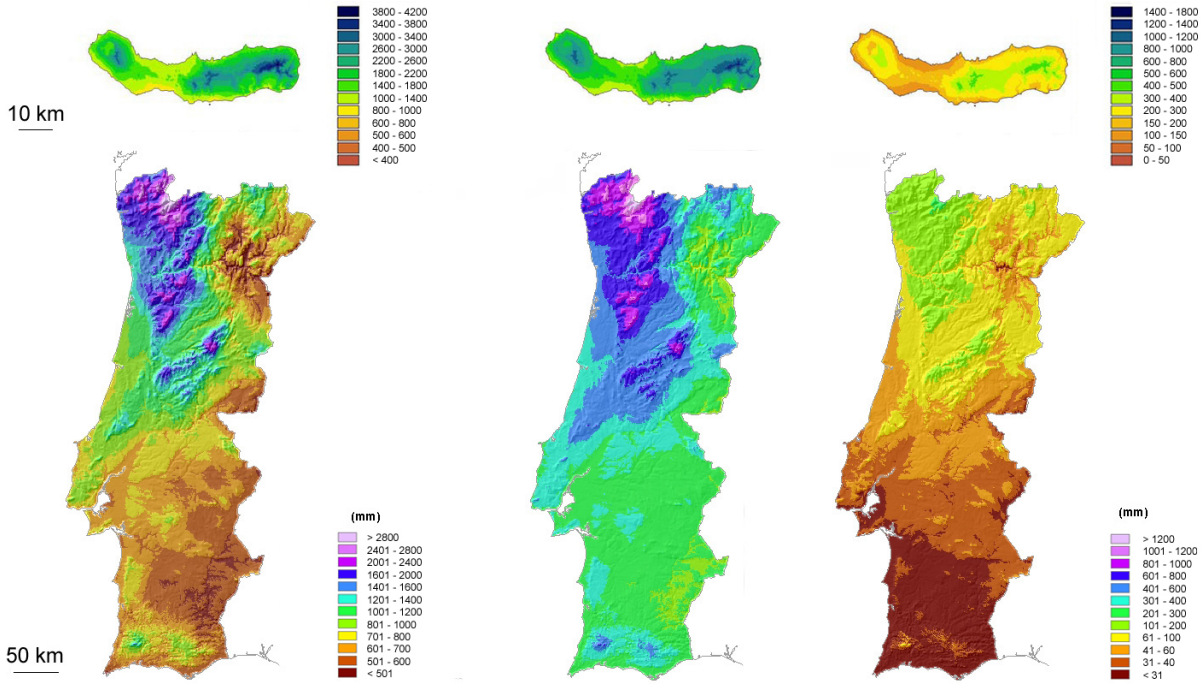


Figura 5: Precipitação anual média (esquerda) precipitação média de inverno e de verão (centro e direita respectivamente) 1961-1990

São apresentados, na tabela seguinte, os valores totais de precipitação anual e as respectivas correspondências mensais, em locais específicos.

Tabela 5: Valores de precipitação total (mm) 1961-1990

	PONTA DELGADA	ANGRA DO HEROÍSMO	FLORES (AEROPORTO)	BRAGANÇA	PORTO	LISBOA	FARO	FUNCHAL
JANEIRO	133	133	214	101	171	110	78	103
FEVEREIRO	107	127	200	102	169	111	72	87
MARÇO	100	104	142	59	112	69	39	64
ABRIL	72	92	114	62	112	64	38	39
MAIO	53	53	107	53	89	39	21	19
JUNHO	37	50	87	38	53	21	8	12
JULHO	30	34	58	17	16	5	1	3
AGOSTO	38	53	93	14	22	6	4	3
SETEMBRO	86	91	126	38	64	26	14	37
OUTUBRO	113	121	154	70	131	80	67	75
NOVEMBRO	131	132	199	89	152	114	86	101
DEZEMBRO	127	136	221	99	176	108	94	100
ANO	**1027**	**1126**	**1716**	**743**	**1265**	**751**	**523**	**641**

O arquipélago dos Açores é, em geral, bastante chuvoso, sendo esta característica mais severa nas zonas altas, devido aos mecanismos atmosféricos. Geralmente, as cartas dos índices de

precipitação correspondem às cartas altimétricas (Fig. 6).

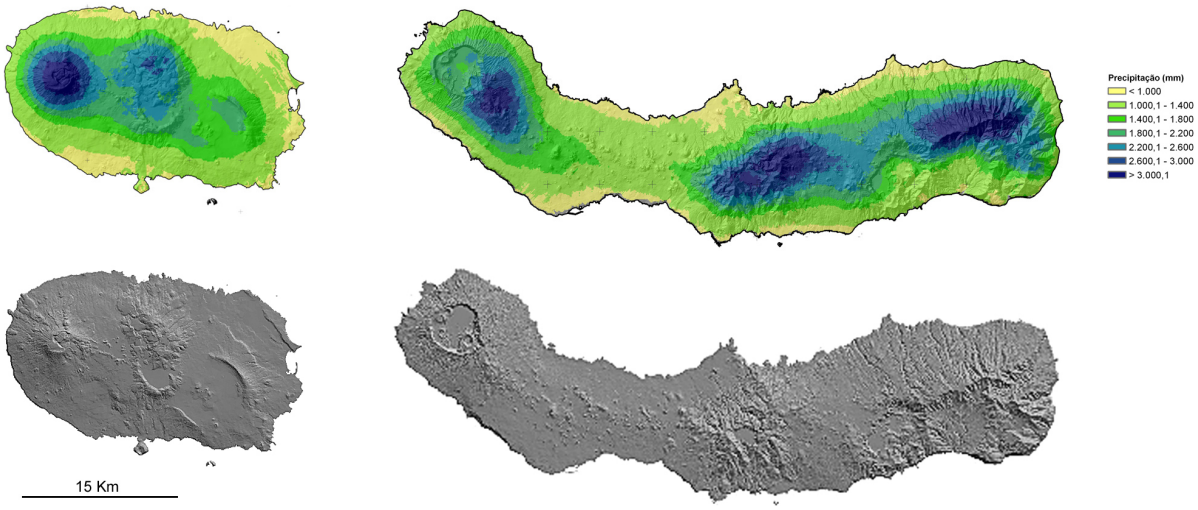


Figura 6: Relação entre os índices de precipitação acumulada (mm) e a topografia, ilhas Terceira e São Miguel (1996)

2.1.4.3 Insolação

A generalidade do arquipélago apresenta um registo de horas de sol semelhante, apesar da sua distribuição geográfica penalizar ligeiramente, na direcção SE-NW, os locais mais a noroeste, como se verifica na tabela seguinte, no caso da ilha das Flores.

Tabela 6: Insolação em horas/mês

	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225
JANEIRO							
FEVEREIRO							
MARÇO							
ABRIL							
MAIO							
JUNHO							
JULHO							
AGOSTO							
SETEMBRO							
OUTUBRO							
NOVEMBRO							
DEZEMBRO							

PONTA DELGADA ANGRA DO HEROÍSMO FLORES (AEROPORTO)

Usando os dados relativos a Portugal Continental como referência, verificam-se períodos

menores de insolação no Noroeste (terras altas do Alto Minho) entre as 1600 e 2200 horas e os valores mais altos no litoral Sul, na parte Leste do Alentejo e região de Lisboa, compreendendo períodos entre as 2600 e 3300 horas. Estes valores são superiores aos registados nos Açores, se considerarmos os valores máximos dos intervalos da tabela anterior (valores por excesso devido aos intervalos de tempo), que perfazem 2000 horas. Este valores aproximam-se novamente da região do Minho, indicando que, em relação ao território nacional, o arquipélago dos Açores tem um índice de insolação menor.

2.1.4.4 Vento

O vento é o factor com mais irregularidade, quer no contexto nacional, quer na extensão do arquipélago. A próxima tabela sintetiza os valores médios anuais comparando-os com o restante território nacional.

Tabela 7: O vento, valores médios anuais

	PONTA DELGADA	ANGRA DO HEROÍSMO	FLORES (AEROPORTO)	BRAGANÇA	PORTO	LISBOA	FARO	FUNCHAL
VELOCIDADE (Km/h)	10-15	15-20	10-25	0-20	10-25	10-20	10-20	4-12
DIRECÇÃO PREDOMINANTE	N,W,NE	W,SW,N	S,N,SW	W,NW,S	NW,S,SW	N,NE	W,NW,E	SW,NE,N
CALMA (%)	10,6	3	3,6	2,4	3,8	0,8	3,3	11,0

É claramente perceptível a inconstância dos ventos em todo o território. Torna-se essencial, neste contexto, referir os ventos fortes que nos Açores ocorrem pontualmente, mas de forma mais ou menos sistemática, associados a tempestades tropicais e a outros fenómenos semelhantes, atingindo velocidades consideráveis. No gráfico seguinte exemplifica-se esta questão através dos valores de vento registados durante o período de um ano, em Angra do Heroísmo, verificando-se velocidades do vento acima dos 100 km/h.

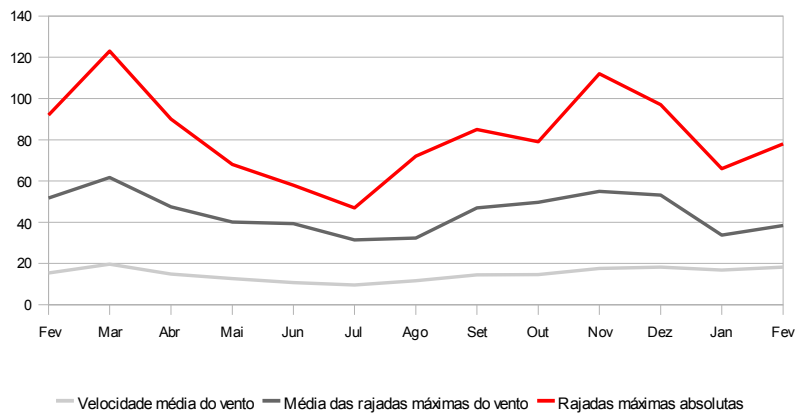


Figura 7: Valores anuais do vento em Angra do Heroísmo km/h (Fevereiro de 2006 a Fevereiro de 2007)

2.1.4.5 Humidade relativa

Devido a circunstâncias específicas, como a presença constante do Atlântico, o território do arquipélago açoriano é submetido a uma autêntica nuvem de vapor, com valores de humidade relativa muito próximos da saturação. Tal como se verifica em relação aos diversos aspectos climáticos, a variação está ligada à altitude (Fig. 8), devido à capacidade do relevo proporcionar condensação e originar chuvas, mesmo no Verão.

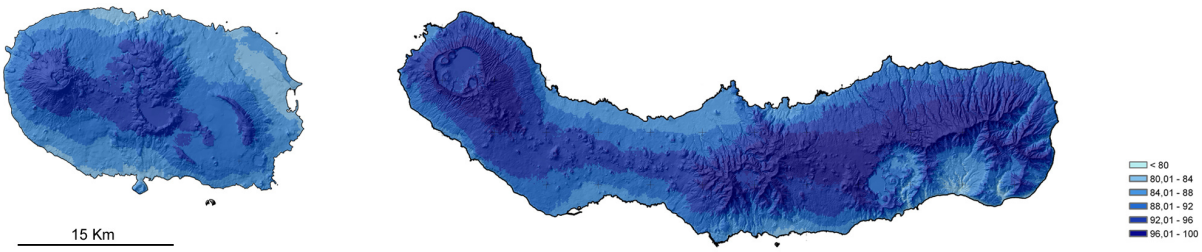


Figura 8: Humidade relativa média anual (%), ilhas Terceira e São Miguel

As percentagens elevadas de humidade relativa condicionam fortemente o desempenho das construções e dificultam a optimização de sistemas básicos como a ventilação natural.

Sintetizando a informação anterior, conclui-se que a especificidade da localização do arquipélago confere-lhe um clima com características únicas em que o factor de instabilidade é acentuado, sendo fortemente condicionado pela topografia e pelas oscilações do anticiclone dos Açores. Os valores referidos para a temperatura, precipitação, insolação, vento e humidade relativa, permitem apenas uma noção generalizada do clima açoriano, pois constituem um conjunto de factores que actuam em simultâneo pretendendo, neste caso, definir um enquadramento referencial.

Pode-se considerar que o património edificado, assim como a construção nova, estão sujeitos a um ambiente caracterizado por uma baixa amplitude térmica, uma elevada humidade relativa - com situações próximas da saturação - e ventos fortes, muitas vezes associados a chuva com um grau de incidência significativo, com manifestações expressivas em situações pontuais, como tempestades tropicais. Face a estes pressupostos, tanto as novas soluções construtivas, como a intervenção no existente, devem ser consideradas um campo de estudo específico e em aberto.

O clima dos Açores condiciona directamente o modo de vida, devendo a construção responder a essas solicitações, tal como é significativo a outra escala, na organização do território. Como nos demonstra Fernandes (1996) “Num clima em geral muito húmido e com reduzida variação de amplitudes térmicas, os aspectos de insolação tornam-se determinantes. Assim, o facto de esta ser mais ampla nas costas meridionais e o de haver excessiva pluviosidade, em geral, nas encostas do lado norte das ilhas, contribuiu para uma maior fixação do povoamento ao longo das costas

meridionais(...)"

2.2 A ocupação do território

A ocupação humana do território conformado pelas ilhas dos Açores inicia-se em 1427, com a chegada dos navegadores portugueses pilotados por Diogo de Silves. Uma carta de Afonso V, datada de 2 de Julho de 1439, concedendo autorização ao Infante D. Henrique para o povoamento, estabelece o momento da ocupação. O processo de povoamento geral compreende cerca de um século desde o seu início até ao estabelecimento de gentes no Corvo, última ilha a ser povoada.

Os principais fundamentos iniciais são o domínio das rotas atlânticas, através do estabelecimento de portos de apoio, e o suprimento do défice cerealífero do Continente.

2.2.1 As fases da ocupação

O processo da ocupação do espaço físico insular, segundo Fernandes (1996) pode dividir-se em três fases, nas quais se distinguem estratégias diversas na ocupação e domínio do território ao longo do tempo.

A primeira fase consiste na necessidade inicial de um local propício ao desembarque e acostagem de embarcações e fixação de gentes. Estes locais são normalmente associados a características favoráveis ao estabelecimento humano, como a existência de linhas de água. Segundo o autor, a distribuição das fixações era muito pontual e ainda sem o sentido de conjunto, factor que, posteriormente, influencia a capacidade de desenvolvimento desses lugares, com base nas relações de proximidade e acessibilidade, quer a nível local (ilha), quer nas relações distantes com o restante arquipélago (como se verifica no grupo central e ocidental, entre ilhas vizinhas existem povoados "frente a frente", revelando a necessidade estratégica das relações visuais).

A segunda fase compreende a formação de uma rede de lugares. Preferencialmente os lugares habitados situam-se a curta distância da costa, originando através da sua ligação uma "circunvalação" costeira da ilha. Nesta fase, dá-se um fenómeno a que o autor chama de "processo de hierarquização dos núcleos litorais" em que, devido ao maior conhecimento da realidade das ilhas, é naturalmente reforçada a importância dos lugares mais propícios ao desenvolvimento. Em geral, o estabelecimento da rede de caminhos entre povoações é muito lento, principalmente quando as apartavam acidentes geográficos consideráveis, sendo a cabotagem o principal meio de transporte até ao séc. XIX.

A terceira fase corresponde ao desenvolvimento, ao longo dos séculos XVII e XVIII, em que crescem as cidades mais importantes, devido a factores favoráveis como a sua localização, capacidade produtiva e relações comerciais, mostrando-se privilegiados os sítios mais regulares, com

capacidade agrícola e localização estratégica nas rotas atlânticas. Neste momento, também se verifica um certo movimento da população para o interior, porém nunca de uma forma assumida. Os exemplos de povoações com carácter claramente interiorizado são raros e de dimensão reduzida.

Outra autora, Madeira (1998), estabelece também três fases, neste caso, no estudo do desenvolvimento da estrutura urbana das cidades insulares atlânticas, cujos períodos correspondem à divisão referida anteriormente para a ocupação do território.

A primeira fase consiste na escolha do local de implantação e termina com o lançamento de uma forma arruada. A segunda fase corresponde a um desenvolvimento do lugar com base na estrutura inicial, geralmente através de paralelas e perpendiculares ao arruamento estruturante. A terceira fase consiste num desenvolvimento mais tardio e com uma lógica conceptual diferente do que a primeira estrutura lançada permitia evoluir.

Isto não significa, em termos urbanísticos, uma geometria rigorosa desenhada no território, mas uma atitude estratégica de "desenho operativo mental" face à necessidade de um modelo prático de crescimento, que se manifesta depois com variantes formais irregulares consoante o local de implantação e a sua natureza topográfica, como uma matriz abstracta que se adapta sobre a realidade.

A implantação inicial de uma forma arruada dá origem à rua direita, o que, no caso dos Açores, origina uma forma de povoamento sobretudo linear, propiciando o processo de "circunvalação" referido anteriormente. Apesar de forma dominante, a linearidade coexiste com outras formas, como o tipo irradiante (com um centro do qual partem ruas em forma mais ou menos radiante) ou retícula (mais complexas mas nunca de uma forma pura), muitas vezes estes tipos coexistem e evoluem de uns para os outros ao longo do tempo (Fig. 9 e 10). As excepções a este modelo (Caldas, 2000) são: a Graciosa, que devido à sua dimensão e topografia foi atravessada; Santa Maria que apresenta um povoamento mais interiorizado e disperso; e o Corvo cuja pequena povoação tem uma concentração invulgar para o arquipélago.



Figura 9: Arrifes em São Miguel



Figura 10: São Sebastião na Terceira

2.2.2 Os locais e as formas de implantação

Num estudo geográfico realizado por Brito (2004) em meados do séc. XX, verificou-se que em todas as ilhas o povoamento é litoral e limitado às terras de baixa altitude, não existindo acima dos 350 metros de altitude casas permanentes, nem povoações, à excepção da ilha de S. Jorge (devido à morfologia da ilha, que se assemelha a um grande planalto, lá se encontram os lugares mais altos do arquipélago). Este fenómeno encontra as suas razões no clima e na dependência inicial do mar como forma de ligação, incluíndo as ligações dentro da mesma ilha.

Apesar da localização ser predominantemente costeira, os assentamentos iniciais afastavam-se do mar e da costa devido a questões de instabilidade e segurança, concebendo a ligação ao mar de forma pontual. Quando fortificados, a intervenção era ao nível do porto, o que marca claramente uma atitude moderna em relação às cidades medievais (o modelo com muralha envolvente medieval está completamente abandonado), baseada agora num conceito mais aberto de relações marítimas e comerciais.

Esta certa introversão, não corresponde a uma interiorização. Os assentamentos cresciam geralmente perpendiculares ao mar, ao longo de um percurso de água, ligeiramente afastados deste e com as traseiras para aí viradas, devido à ocorrência de cheias. Situavam-se a meio caminho entre o “vulcão” e o mar. Muitas vezes as povoações eram protegidas por cumes que os apartavam e protegiam do mar, como se verifica no caso paradigmático da baía de Angra do Heroísmo e da sua relação com o Monte Brasil, na Terceira, ou em Água de Pau na ilha São Miguel (Fig. 11).



Figura 11: Água de Pau em São Miguel

Esta atitude é importante, porque revela um modo de agir relacionado com o factor de protecção em relação aos elementos naturais mais imprevisíveis, como o mar ou as linhas de água, e evitando os sítios altos, que são geralmente mais chuvosos.

Só no fim do séc. XIX, com as preocupações higienistas e a valorização das orlas marítimas como zonas de lazer, esta situação é alterada. Ao longo do século XX, os lugares constroem uma nova frente marítima e privilegiam essas zonas, facto verificável em várias situações e a várias escalas, como na avenida marginal de Ponta Delgada ou da Horta, em que a nova frente urbana oblitera a existente e impõe-lhe uma nova escala. Ainda hoje, se conquista terra ao mar, constituindo as frentes de mar um tema privilegiado de debate do urbanismo contemporâneo.

Os povoados concentram-se em locais do território favoráveis e com os quais estabelecem relações intrínsecas, como sintetiza Fernandes (1996) a localização topográfica dos assentamentos urbanos e rurais mistura-se com a toponímia dos lugares, verificando-se a ocupação de lombas[4], fajãs[5], na proximidade de linhas de água, caldeiras, vales e baías, surgindo povoados com nomes como Lomba (Fig. 12), Fajãzinha, Ribeira Grande, Ponta Delgada, entre outros.

A diversidade de formas e situações dos povoados surgem em consonância com as condições geográficas estabelecendo relações directas no domínio do território, quer na habitação, quer no desenvolvimento das actividades económicas. É quase um discurso do evidente, do encontro das condições essenciais ao estabelecimento humano, mas que evidencia estratégias claras de domínio e ocupação do território com base num saber experimental, que considerava diversas condicionantes, como o clima e o relevo, juntamente com outras necessidades como a capacidade de exploração agrícola e o potencial comercial.

Constata-se que o factor abrigo, num local de assentamento, revela-se essencial e integrante

4 A designação Lomba surge quando a rua predominante do assentamento segue uma linha de cumeeira, geralmente com uma inclinação em direcção ao mar.

5 A Fajã é uma terra baixa e chã com origem na solidificação de mantos de lava ou depósito da erosão de vertentes, possuindo geralmente também uma inclinação para o mar.

da opção urbanística pragmática. Casas ladeadas empena a empena ao longo de uma rua, afastadas dos percursos de água e do mar e protegidas naturalmente pela topografia, são condições de abrigo que permanecem actuais.



Figura 12: A Lomba do Carro na Vila da Povoação

Estas relações do construído com o território, devido à tecnologia disponível, ditavam quase forçosamente interacções passivas, provocando um equilíbrio que hoje se diria sustentável. Com os meios disponíveis actualmente, a intervenção no território é muito mais agressiva, rápida e activa, colocando em causa os equilíbrios naturais, o que não significa que o problema resida na capacidade tecnológica, mas a constatação que a acção sobre o território deve ser considerada um campo abrangente e pluridisciplinar, cujas opções de intervenção têm repercussões directas no equilíbrio ambiental.

Capítulo 3

Os recursos naturais e a construção

3 OS RECURSOS NATURAIS E A CONSTRUÇÃO

3.1 Os recursos naturais

A dispersão e o confinamento do território formado pelas ilhas do arquipélago dos Açores, associado à densidade populacional e à sua condição de ultraperiferia, são alguns dos factores que definiram os processos construtivos insulares. Os materiais utilizados na construção até ao século XX cingiram-se praticamente ao aproveitamento dos recursos naturais existentes, a par de algumas importações específicas.

Os materiais locais predominantemente utilizados na construção, consistiam na madeira, na pedra, em argilas pobres, escórias e tufos locais. A cal e a argila também tinham uma aplicação generalizada, pois eram utilizadas em argamassas, caiações e no fabrico de telha, no entanto, dependiam quase na totalidade da importação e merecem algumas considerações específicas que serão efectuadas adiante.

Ao longo do século XX, foram surgindo novos materiais e processos construtivos, assistindo-se à progressiva utilização de materiais e processos importados, destacando-se claramente, e de uma forma generalizada a nível mundial, o cimento e o betão. Este contexto levou ao desuso, não só de alguns materiais tradicionais, como também de algumas lógicas inerentes aos processos construtivos e às regras das boas práticas.

Dos recursos locais, a madeira e a pedra eram os materiais tradicionalmente utilizados em elementos estruturais na concepção de edifícios. Segundo Guedes e Oliveira (1992) eram utilizadas madeiras locais e também importadas, sendo estas últimas utilizadas com uma expressão mais excepcional. Das madeiras locais destacavam-se a acácia, a faia, o cedro, o castanho e, mais recentemente, a criptoméria. Das madeiras importadas, utilizava-se sobretudo o pinho proveniente da Europa, e do continente americano, o pau brasil e outras espécies exóticas.

A pedra era um elemento fulcral no contexto da construção, era usada na execução de alvenarias em paredes de edifícios e muros em geral, sendo ainda hoje amplamente utilizada no arquipélago, porém já não cumprindo funções estruturais, mas como revestimento e em diversas aplicações decorativas.

De grosso modo, ao longo da história das ilhas até aos nossos dias, os vários materiais de origem geológica constituíram recursos de grande importância, apresentando uma optimização generalizada do uso dos vários tipos litológicos.

3.2 A Geologia

3.2.1 Caracterização geológica do arquipélago

Segundo França *et al.* (2005) os recursos geológicos do arquipélago dos Açores são constituídos por águas de diferentes composições e géneses, por fluidos geotérmicos sobrepressurizados e hipertérmicos e por diversos tipos litológicos.

O contexto dos recursos hídricos nos Açores é complexo e não tem relevância para o estudo que se pretende efectuar. Os fluidos geotérmicos são de utilização recente, a partir do último quartel do séc. XX, e destinam-se à produção de energia. No que diz respeito aos recursos litológicos, apresentam uma grande diversidade e cobrem um vasto campo de aplicações na construção.

De ilha para ilha existem algumas variações geológicas derivadas do tipo de erupção e da natureza do magma (Nunes; Forjaz, 2001b), como exemplo, nas ilhas do Pico, S. Jorge e Graciosa o basalto é rocha única (Fig. 13), apresentando aspectos muito variados. Na maior parte das ilhas, para além do basalto, ocorrem rochas traquíticas resultantes de um magma mais silicioso e mais viscoso, como é o caso da pedra pomes, ignimbritos, lahars, domas e agulhas[6], que diferenciam as paisagens vulcânicas.

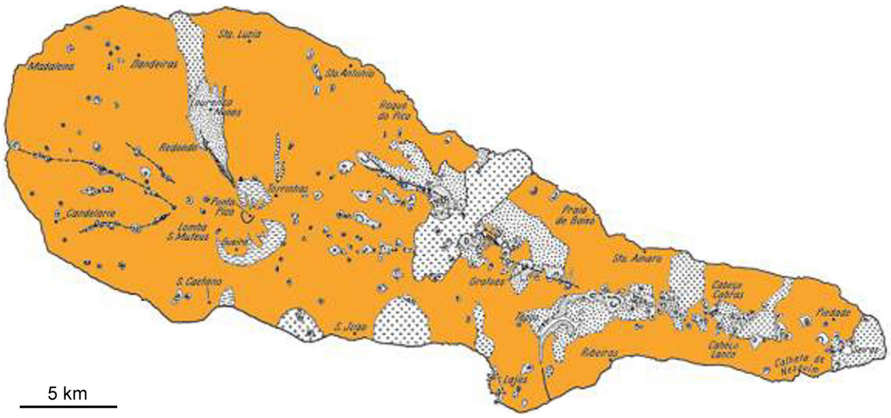


Figura 13: Carta geológica da ilha do Pico – a superfície colorida representa o basalto e as outras sinalizações aluviões, areias, piroclastos, cones de escórias, andesitos, entre outros

3.2.2 Recursos litológicos e sua aplicabilidade

Na actividade da construção os recursos litológicos têm um papel essencial, sendo praticamente todos os recursos existentes utilizados nas mais diversas aplicações. Na tabela seguinte esses recursos são sintetizados de acordo com o seu aspecto e a sua aplicabilidade.

6 Lahars são movimentos de massa fluída em forma de avalanche, que ocorrem durante as erupções vulcânicas, compostos por materiais piroclásticos e água. Domas e agulhas são estruturas vulcânicas formadas dentro da cratera ou da chaminé, por lavas que são muito viscosas e não chegam a formar escoadas.

Tabela 8: Recursos litológicos e sua aplicabilidade (França *et al.,* 2005)

RECURSOS LITOLÓGICOS / LOCAL	ASPECTO / CARACTERÍSTICAS	USOS
BASALTOS Existente em todas as ilhas	Cor acinzentada escura e acinzentada clara Rochas mais vulgares e utilizadas em construção	Alvenarias de construções Cantaria de construções notáveis Revestimento de vias (paralelo) Guias ou pedras de passeios Agregado no fabrico de betões Lintéis, ombreiras, guias, pavimentos, arte, etc.
TRAQUITOS Não existem em Santa Maria, São Jorge e Pico	Cor, em geral, acinzentada clara, podendo apresentar aspecto brechóide, com laivos cinza escuro Grande alterabilidade	Cantaria Estatuária Adornos de passeios Em pó foi utilizado como produto de limpeza
IGNIMBRITOS SOLDADOS	Aspecto brechóide, cor acastanhada, por vezes com coloração cinza escuro Fácil talhe e pouca alterabilidade	Cantaria Pavimentos Lintéis Estatuária
PEDRA POMES Não existem em Santa Maria, São Jorge e Pico	Tom claro, cor branca, amarela, cinza ou bege Muito porosa e de baixa densidade	Agregado no fabrico de betões leves Fabrico de blocos Isolante e aditivo em solos argilosos Em pó foi utilizado como produto de limpeza
LAHARS E IGNIMBRITOS NÃO SOLDADOS (TUFOS)	Cor cinza claro a beije Aspecto arenoso e friável	Fabrico de blocos Argamassas
ESCÓRIAS E LAPILLI BASÁLTICOS (BAGACINA OU CASCALHO) Existente em todas as ilhas	Cor negra ou avermelhada	Fabrico de blocos Enchimento de alvenarias Sub-base e pavimentação superior de estradas Isolante Constituinte de solos artificiais sobrepostos a rocha estéril Manufactura de fornos e lareiras Peças decorativas
PIROCLASTOS SUBMARINOS OU TUFOS HIALOCLASTÍTICOS	Tons amarelados a acastanhados	No passado utilizados na construção de fortalezas, de algumas habitações e muros
OBSIDIANA	Cor negra e brilho vítreo	Fabrico de lã de vidro Material de adorno Estatuária Joalharia
ARGILAS E POZOLANAS	As argilas resultam da alteração de basaltos, traquitos ou pedra-pomes e apresentam reduzida plasticidade	Fabrico de telhas Fabrico de vasilhame Aditivos no fabrico de cimento Corante vermelho usado no fabrico de tinta
AREIAS E CALHAUS DE PRAIAS		
CALCÁRIOS, CALCARENITOS E BRECHAS LUMACHÉLICAS Apenas em Santa Maria	Cor clara	Cantaria Calcetamento de passeios (contraste)



Figura 14: Recursos litológicos – da esquerda para a direita: lava basáltica; traquito; tufo; obsidiana; e calcário (Santa Maria)



Figura 15: Recursos litológicos – da esquerda para a direita: ignimbrito; pedra-pomes; bagacina; argila (Santa Maria); e areia

Na tabela anterior é clara a diversidade de aplicações dos recursos litológicos. Centrando esses usos nas alvenarias, percebe-se que eram fundamentalmente elaboradas recorrendo a basaltos, traquitos e ignimbritos.

Desde o início que a pedra é utilizada como material estrutural em paredes de edifícios, tendo os meios de exploração variado ao longo do tempo, como referem Nunes e Forjaz (2001b).

> "Nas primeiras construções de pedra, no início do povoamento, utilizaram-se certamente os blocos desmontados dos lajidos[7] próximos do mar. As casas de pedra, no geral, eram construídas em "duas folhas" (uma parede exterior e outra interior, separadas por um enchimento de calhau miúdo, de *clinker* ou de bagacinas). Com a ocupação e o desenvolvimento da ilha surgiram pedreiras abertas a guilho e a cunhas de ferro, aproveitando diaclases e outras fendas das lavas. Posteriormente, passou a utilizar-se a pólvora em desmontes mais difíceis; a dinamite e a gelamonite só passaram a uso corrente, como técnicas de desmonte nas pedreiras, nos meados do século passado e eram explodidas em furos abertos mecanicamente."

As principais pedras utilizadas em alvenaria, os basaltos, traquitos e ignimbritos, eram frequentemente usadas simultâneamente no mesmo edifício, como é possível verificar na figura seguinte (Fig. 16). Na fotografia à esquerda (porta lateral do edifício da Câmara Municipal de Ponta Delgada) a moldura da porta é feita em traquito (em estado de meteorização expressivo), o embasamento em ignimbrito e no passeio é possível ver o basalto alternado com calcário. Na fotografia da direita (pormenor do portal da igreja matriz de Ponta Delgada) é visível por esta ordem, da esquerda para a direita - calcário, ignimbrito e basalto – convém salientar que a utilização do calcário em edifícios é pontual e de carácter excepcional.

Com a introdução dos blocos de betão e a consequente obliteração das alvenarias de pedra, o uso da pedra é, hoje em dia, predominantemente decorativo e ornamental, sendo a sua extracção

7 Na ilha do Pico, o termo lajido, é utilizado na designação das escoadas compactas de lava basáltica de superfície plana. O desenvolvimento de vegetação nestas superfícies é rara, pois a rocha é praticamente estéril, uma vez que não retém depósitos, nem mantém humidade.

efectuada através de processos mais racionais e optimizados, devido à capacidade actual de extracção, corte e acabamento das pedras.

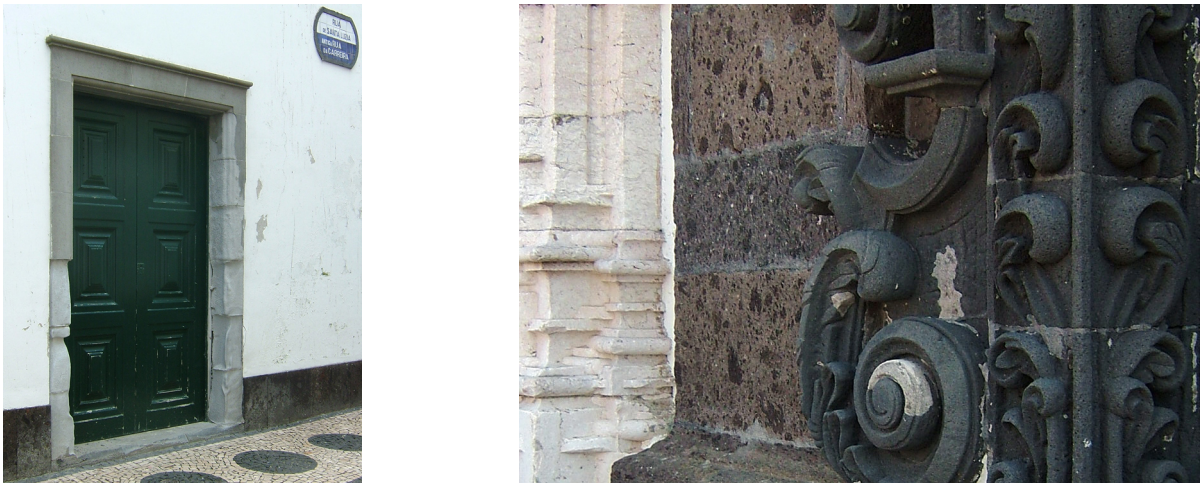


Figura 16: As três principais pedras usadas em alvenarias – basalto, traquito e ignimbrito

A par das alvenarias de pedra e da importância do seu papel estrutural na construção, a bagacina, de entre os outros recursos litológicos, constitui uma matéria-prima que possui, actualmente, uma exploração expressiva e abrange uma diversidade significativa de aplicações, desde agregado no fabrico de blocos de betão até à manufactura de fornos e lareiras.

3.2.2.1 A bagacina

As propriedades que conferem à bagacina a sua utilização como recurso fundamental são conferidas pelo seu processo de formação, tal como o comportamento dos materiais de construção está intimamente ligado ao seu processo de fabrico.

As erupções vulcânicas desenrolam-se em diferentes fases de actividade, desde a efusiva, onde se dá o escoamento de lavas, passando pela mista, em que se dão pequenas explosões intercalando o escoamento de lavas com a expelição de materiais piroclásticos, até à explosiva, responsável pela formação das cinzas (material pétreo) que constituem o material mais abundante do edifício vulcânico. Quanto mais elevada a viscosidade da lava e maior a concentração de gases, mais intensa será a explosividade.

Durante a erupção, os vulcões expelem lavas, gases e materiais piroclásticos. Os piroclastos são fragmentos de lava projectados durante o regime explosivo, apresentando uma elevada concentração de gases que, ao arrefecerem, conservam uma estrutura vacuolar resultante da retenção dos gases em bolhas. Martins (2004) descreve-nos esse processo:

> "Estes piroclastos podem assumir aspectos e características muito diferentes, consoante a composição da rocha e as condições de formação. Nos basaltos, predomina *o lapilli,* conhecido nos Açores por *bagacina.* As bombas, constituídas por maiores fragmentos de lava que, não se consolidando inteiramente durante o trajecto, ao atingirem o solo, ainda se encontram em estado pastoso. Nos vulcões de fraca explosividade, são arremessadas, a pequena distância, pastas de lava que se acumulam em torno da chaminé, formando cones de forte pendor. Das erupções submarinas resultam piroclastos hidratados que, por litificação, dão tufos *palagoníticos,* como os do Monte da Guia, dos Ilhéus da Madalena, do Cabeço de Baixo (nos Toledos) e outros. A pedra-pomes é o piroclasto dominante das rochas traquíticas (mais siliciosas do que o basalto). Nesta, a vesiculação é extremamente elevada e as vesículas de tal modo estanques, que a rocha pode flutuar na água por largo período de tempo. (...) Quando os piroclastos caem ainda no estado pastoso, ao tocarem no solo, podem soldar-se entre si, formando aglomerados de escórias."

Assim, são vários os factores no processo de origem da bagacina e dos piroclastos em geral, desde a natureza do magma à intensidade do regime explosivo durante a erupção. De acordo com a sua dimensão, os piroclastos variam de denominação.

Tabela 9: Designação e características dos piroclastos de acordo com a sua dimensão (Fraga, 1988)

DIMENSÃO (mm)	FORMA	CONDIÇÕES DE EJECÇÃO	DESIGNAÇÃO	
			FRAGMENTOS INDIVIDUAIS	ACUMULAÇÃO DE FRAGMENTOS
> 64	Redondo a subangular	plástico	bomba	aglomerado
	angular	sólido	bloco	brecha
2 a 64	Redondo a angular	Líquido ou sólido	Lapilli ou bagacina	Aglomerado ou brecha de lapilli
< 2	Angular podendo ser redondo	Líquido ou sólido	cinza	Cinza (não consolidado) Tufo (consolidado)

A bagacina, como é vulgarmente chamada, é o termo açoriano para *lapilli* (palavra de origem italiana que significa "pequenas pedras"). Em algumas ilhas os elementos mais grosseiros são também designados por bagaço.

Os cones de bagacina, vulgarmente chamados de *cabeços* de bagacina dominam a paisagem açoriana (Fig. 17). Estes cones podem surgir no seio de crateras ou nas suas vertentes, neste caso considerados cones adventícios, secundários ou parasitas. Os cones de escórias podem evidenciar uma cratera múltipla ou seguir alinhamentos mais ou menos bem definidos no terreno. Segundo Nunes (1996) os cones de escórias apresentam uma evidente forma cónica (Fig. 18), são compostos por material piroclástico basáltico solto – bombas, bagacina e cinzas – podendo apresentar níveis intermédios de pequenas escoadas lávicas. Os seus declives raramente ultrapassam a inclinação de 33º (ângulo de talude natural da escória livre), possuem dimensões muito variadas e apresentam no topo uma cratera de explosão. Geralmente são formados por uma única

explosão vulcânica do tipo estromboliano.



Figura 17: Cones de escórias na zona central de São Miguel



Figura 18: Cone de escórias em Água de Pau, São Miguel

Segundo Fraga (1998), devido à natureza das erupções estrombolianas e das suas diferentes fases, os cones de escórias são muito heterogéneos, apesar de uma aparente homogeneidade, correspondem a uma estrutura estratificada, com camadas em que o grau de consolidação, dimensão das partículas, porosidade e coloração são diversificados. A sua composição química é semelhante a um basalto.

Tabela 10: Composição química de escórias açorianas (Fraga, 1988)

SÍLICA	45 a 50%
ÓXIDO DE ALUMÍNIO	15 a 20%
ÓXIDO DE CÁLCIO	10 a 12%
ÓXIDO DE FERRO	8 a 10%
ÓXIDO DE MAGNÉSIO	5 a 10%
ÓXIDOS DE TITÂNIO, SÓDIO, POTÁSSIO E MANGANÊS	5 a 10%

De acordo com o mesmo autor, a composição mineralógica consiste essencialmente nas plagioclasses e piroxenas, sendo frequente o aparecimento de minerais cristalinos de olivina significativos, variando a existência de outros minerais com presenças menos significativas.

A bagacina apresenta tom negro a acizentado, frequentemente vitrificado e esmaltado, e quando oxidada tom vermelho-acastanhado (alteração química que consiste na oxidação e hidratação dos minerais ferromagnesianos - frequentemente fontes de calor de vapor vulcânico atravessam o cone, oxidando o ferro, coexistindo muitas vezes as duas cores no mesmo cone, neste caso situando--se a vermelha no seu interior e a preta mais à superfície). As escórias avermelhadas são de extracção mais difícil, pois surgem muitas vezes consolidadas devido à sua alteração, enquanto que as negras são constituídas por fragmentos soltos (Fig. 19).



Figura 19: Diferentes colorações e graus de consolidação da bagacina

Ainda segundo Fraga (1998), relativamente às características físicas, as escórias basálticas apresentam uma percentagem praticamente nula de material passado no peneiro nº. 200 e um equivalente a areia superior a 90%. São porosas, de baixa densidade e apresentam valores elevados de absorção de água. As massas volúmicas aumentam com a diminuição das dimensões das partículas, sendo a razão inversa para a absorção de água. Quando sujeitas à acção de compactação sofrem alterações por fracturação e esmagamento. Apresentam curvas granulométricas contínuas com evoluções mais intensas nas partículas de maiores dimensões.

Devido à intensa exploração deste recurso e à facilidade da sua extracção a partir dos cones, a paisagem açoriana sofre “mutilações” de carácter acentuadamente agressivo.

A bagacina, devido à sua vasta gama de aplicações, é o recurso litológico mais importante da região, no entanto não existe um levantamento exaustivo das “bagacineiras” existentes. Estudos recentes como o de Bettencourt (2005) tentam contribuir e alertar para esta falha.




Figura 20: A extracção da bagacina

Sem efectuar o levantamento das “bagacineiras”, definir as zonas de extracção e regulamentar os processos, bem como, para cada caso avaliar o impacto ambiental, não só do valor paisagístico, mas também em relação à vegetação e percursos de água, é impossível a organização e gestão do território e uma consequente exploração racional e sustentável deste recurso natural. A facilidade de extracção da bagacina e a inexistência de uma fiscalização operativa tornam este recurso alvo de explorações clandestinas, quer massivas, quer de pequena escala (Fig 21), sendo as zonas mais procuradas aquelas que possuem melhor acessibilidade, logo mais visíveis, causando, por vezes, a destruição de cabeços que possuem um valor patrimonial ou paisagístico elevado.



Figura 21: Extracção clandestina de bagacina

A Direcção Regional do Ambiente está a elaborar uma carta para a classificação dos monumentos geológicos e o Governo Regional formou um grupo de trabalho para realizar o

"Inventário das Explorações de Inertes nos Açores". No que concerne aos cabeços de bagacina, estes documentos definirão quais os cones a preservar (devido ao seu valor ambiental, paisagístico ou patrimonial), definirão as zonas onde é possível proceder à extracção e definirão também a forma de recuperação dos mais degradados. Porém, estas medidas sem a verificação do seu cumprimento não têm significado, muitas das situações actuais eram evitáveis no cumprimento estrito da legislação existente. As novas condicionantes dos inventários só serão validadas porque existe essa legislação precedente, nomeadamente o Decreto-Lei nº 270/2001 de 6 de Outubro (Portugal, Leis, Decretos, etc., 2001), que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras e suporta a definição das zonas a preservar.

Neste momento, existe um incumprimento significativo da lei. Para uma noção da quantidade de zonas de extracção existentes, na ilha Terceira existem 80, em São Miguel 120 e em Santa Maria 60, nem todas estão activas, algumas foram abandonadas sem a reabilitação necessária e algumas explorações situam-se em zonas protegidas por programas especiais como a rede europeia "Rede Natura 2000".

3.3 As "rotas" das matérias-primas à escala do arquipélago

Devido à especificidade do contexto do arquipélago açoriano, a exploração dos seus recursos esteve sempre em consonância com a necessidade de optimizar os meios disponíveis para garantir ao máximo a capacidade de auto-suficiência. Das relações e trocas comerciais entre ilhas, também faziam parte as matérias-primas destinadas à construção. Neste circuito comercial, a cal e a argila desempenhavam um papel importante.

Santa Maria constituía, a nível do arquipélago, o centro fornecedor destas matérias primas. "Uma constituição geológica peculiar, que inclui a argila e o calcário, fez de Santa Maria, sobretudo antes de estarem mais facilitados os transportes e as trocas com o Continente, a principal produtora e exportadora, na região, de cal e objectos cerâmicos para uso construtivo e doméstico" (Caldas, 2000). As argilas existentes nas restantes ilhas são de má qualidade, com reduzida plasticidade e o calcário, como já foi referido, é inexistente.

É curiosa a formalização deste conjunto de relações à escala do arquipélago. Os fornos de cal e os fornos cerâmicos vão distribuir-se pela generalidade das ilhas, localizando-se normalmente na costa e junto ao porto, onde chegaria a matéria prima. A cal era um recurso tão importante, devido à abrangência da sua aplicabilidade, pois era usada como ligante em argamassas de assentamento e revestimento, que o imposto sobre a exportação desta matéria prima era de grande importância para o município de Vila do Porto em Santa Maria, mesmo não sendo fornecedor exclusivo, pois os fornos insulares também compravam cal oriunda do território continental, de zonas como Lisboa ou Vila Nova de Portimão.

Foi efectuado um levantamento por Ribeiro (1994) que mostra a existência de fornos de cal em todas as ilhas, à excepção do Corvo, sendo esta uma indústria com bastante expressão em termos quantitativos. Como se verifica, segundo o mesmo autor, pela proliferação de fornos de cal no Grupo Oriental em 1911, existindo destes equipamentos em todos os concelhos, nomeadamente, 5 em Ponta Delgada, 2 na Lagoa, 3 em Vila Franca do Campo, 2 na Povoação (Fig. 22) e 3 no Nordeste, na ilha de São Miguel, e 4 fornos em Vila do Porto, na ilha de Santa Maria.

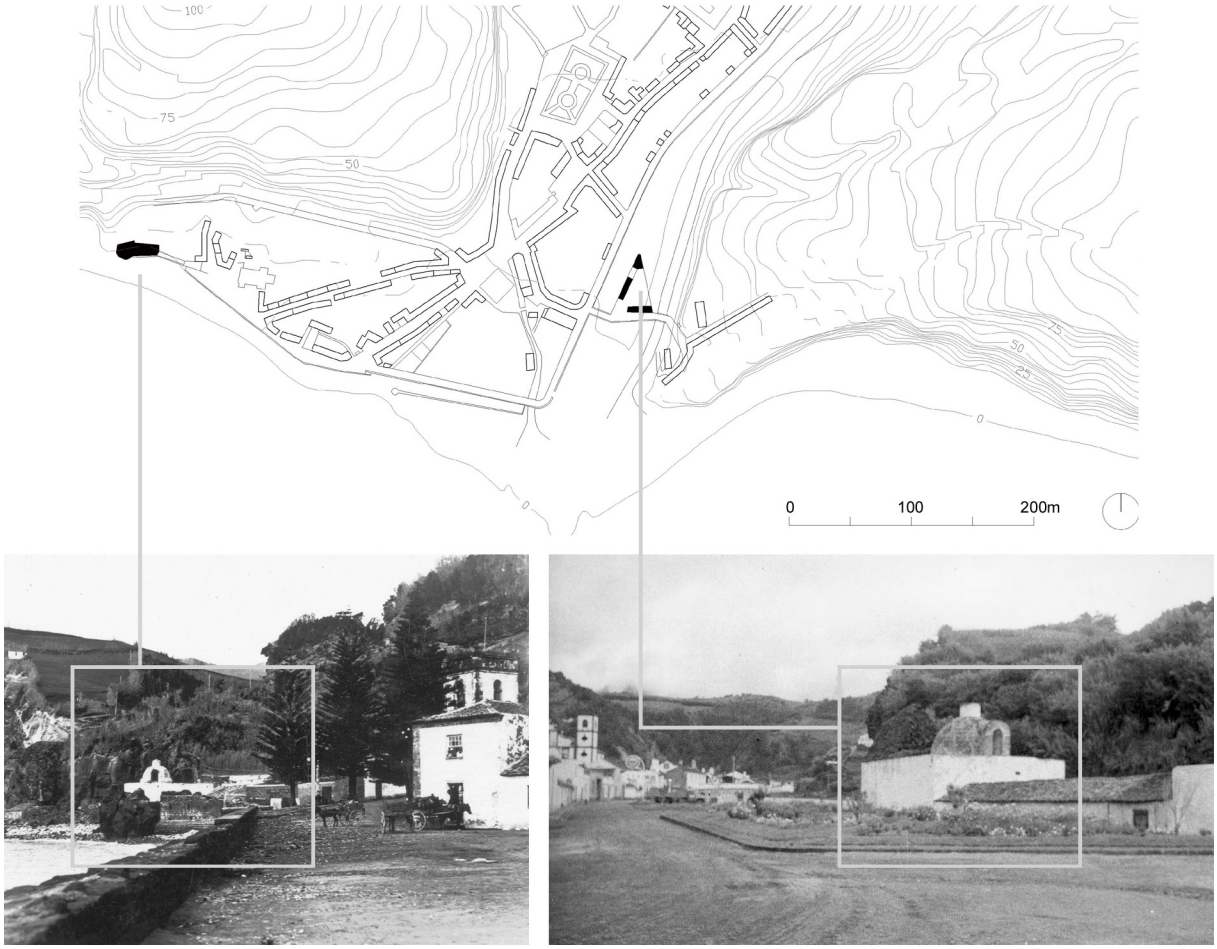


Figura 22: Os dois fornos de cal na na Vila da Povoação, em São Miguel

Obviamente que este fornos tinham capacidades e protagonismos comerciais diferentes à escala do arquipélago. A sua localização e dispersão demonstram e reforçam um sistema de comunicação e relações inter-ilhas que condicionou a ocupação do território, numa conjugação de factores económicos, topográficos, climáticos e sociais.

No início do século XX ainda se construíam estes fornos, até à produção e ao uso do material se terem alterado.

No arquipélago da Madeira, as ilhas da Madeira e de Porto Santo têm zonas semelhantes à

ilha de Santa Maria, curioso notar que no ano de 1519 D. Manuel proibiu o fabrico de cal na ilha da Madeira, segundo Ribeiro (1994), talvez para limitar o seu uso às fortificações, recaindo o centro fornecedor sobre Porto Santo, ficando até conhecido o Ilhéu de Baixo, como o Ilhéu da Cal.

A telha e a louça eram fabricadas manualmente recorrendo à mistura de argilas locais com argila proveniente de Santa Maria e do Continente. Normalmente, os fornos cerâmicos junto à costa destinavam-se ao fabrico de telhas. A telha tradicional era de canudo, segundo Guedes e Oliveira (1992), adaptava-se bem aos empenos do telhado e o recurso ao barro e a materiais pomíticos muito porosos proporcionavam um maior conforto térmico, porém, quando sujeitas à acção da água, as telhas tornavam-se pesadas (1,2 kN/m^2) e frágeis, no entanto, o acréscimo de peso melhorava o seu comportamento ao vento.

As olarias que produziam louça eram menos frequentes, destacando-se a sua proliferação na ilha de São Miguel, talvez devido à proximidade de Santa Maria, limitando-se actualmente a indústria cerâmica ao fabrico de louça tradicional, uma expressão extremamente pontual e continuando a recorrer a argilas do território continental e de Santa Maria, podendo-se verificar a diferença da plasticidade destas, na figura seguinte.



Figura 23: Argilas utilizadas em cerâmica, da esquerda para a direita, as três primeiras são de Portugal Continental, a quarta é de Santa Maria e a última da Ribeira Grande em São Miguel

Hoje verifica-se uma importação massiva de diversos produtos para a construção, perde-se progressivamente, até à anulação, um modo tradicional de actuação, que não tem que ver com estilos ou formas, mas com a capacidade de utilização e gestão dos recursos naturais, com a relação com a paisagem e organização territorial, o que possibilitaria a manutenção e valorização das características que podem tornar o arquipélago num pólo dinâmico e operativo, em vez de adoptar estratégias e soluções importadas que muitas vezes falham na sua aplicação directa, desfasada das condições locais e com critérios indefinidos.

Capítulo 4

A evolução da construção - do povoamento até hoje

4 A EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO – DO POVOAMENTO ATÉ HOJE

4.1 Síntese histórica da construção

Após um primeiro momento em que foi necessário ocupar um território desconhecido e denso de vegetação de uma forma pragmática, cujas soluções praticadas inicialmente foram efémeras e actualmente pouco conhecidas, rapidamente se estabeleceram processos construtivos que perduraram cerca de 500 anos.

A prática da construção no arquipélago segue uma tradição construtiva assente num saber sedimentado na continuidade de práticas de Portugal Continental, naturalmente modificadas pela especificidade local. O uso da pedra, que se verifica na generalidade das construções, sejam edifícios ou muros divisórios, é predominante. Ao contrário de outras zonas do continente onde se utilizou a terra, ou se introduziu estruturas de madeira em fachadas, a tradição construtiva açoriana manteve-se mais ou menos inalterável, no que respeita aos materiais utilizados.

Estilisticamente, com mais ou menos atraso, seguiam-se os padrões continentais. Fernandes (1996) aponta os Açores, no contexto da Macaronésia, como o arquipélago onde se verificam as soluções mais elaboradas, como é exemplo a diversidade de soluções para a cobertura, manifestadas em telhados de duas e quatro águas, torres, torreões e mirantes. Refere também, como curioso o facto das estruturas de madeira na fachada não encontrarem expressão insular, uma vez que foram aplicadas no continente com o objectivo de melhorar os desempenhos face aos sismos.

A construção açoriana é caracterizada pela utilização da alvenaria de pedra de origem vulcânica, predominando o uso de rochas como basaltos, traquitos e ignimbritos, e o recurso à madeira para estruturas de pavimentos e coberturas. A madeira era também utilizada no revestimento exterior de pequenas estruturas de apoio, em paredes divisórias, tabiques e como material de acabamento em sobrados, paredes, forros de tecto, entre outras aplicações.

As paredes eram rebocadas ou não, conforme a riqueza do proprietário. Nas argamassas, quer fossem de assentamento ou de revestimento, o ligante era a cal. Segundo Guedes e Oliveira (1992) a cal era misturada de vários modos, com tufos ou areia, argilas, óleo e pozolanas, consoante a natureza da aplicação. A pintura das fachadas era feita através de caiação, em que se adicionava pigmento à cal para obter as várias colorações, e muitas vezes sebo de vaca ou óleo de baleia. Os socos das construções eram revestidos a piche.

A utilização de telha na cobertura era generalizada. Em contextos rurais as coberturas eram por vezes feitas em colmo (solução hoje inexistente), no entanto, desde o primórdio do povoamento

que se iniciou o fabrico de telha, como é exemplo o caso da Madeira em que uma lei do século XV obrigava ao revestimento das coberturas em telha.

A aplicação destes materiais e a lógica construtiva inerente mantêm-se até finais do séc. XIX, melhorando obviamente a tecnologia construtiva, começando depois, a partir do século XX, a redução gradual da sua expressão até praticamente à sua anulação, a meados desse século.

A pedra e a madeira foram assim, os materiais estruturais por excelência durante um grande período da história da ocupação humana dos Açores. Com estes recursos eram erigidos os equipamentos religiosos e cívicos (igrejas, misericórdias, câmaras), os equipamentos industriais e de produção (eiras, atafonas, poços, cisternas, fornos, moinhos) e as diferentes tipologias de habitação.

Considerando a casa como o elemento base de constituição urbana ou rural, pois é o edifício que mais se “repete”, por oposição aos equipamentos que são edifícios excepcionais e de carácter singular, analisam-se de seguida as suas características.

Apesar da construção em geral recorrer aos mesmos processos e utilizar os mesmos materiais, existem diferenças consideráveis entre a casa urbana e a casa rural. Esta diferença está ligada à capacidade económica, que era muito diferente do habitante urbano, muitas vezes um grande proprietário, e o rural que explorava a pequena propriedade ou trabalhava para os latifundiários. Este facto traduz-se numa arquitectura de influência mais erudita, no primeiro caso, e uma arquitectura de cariz mais popular, menos complexa e menos refinada no segundo caso.

Segundo Fernandes (1996) as casas urbanas “(...) são normalmente construídas em alvenaria de pedra (...), com paredes espessas e volumetrias quadrangulares (simples ou acopladas, conforme a complexidade do programa) e caiação nas fachadas, deixando as pedras dos cunhais e das molduras dos vãos em pedra aparente, ou revestidas a faixa de cor com pigmento terroso.” Geralmente o piso térreo era feito em grandes lajes de pedra, sendo os pisos superiores e cobertura em estrutura de madeira (Fig. 24).



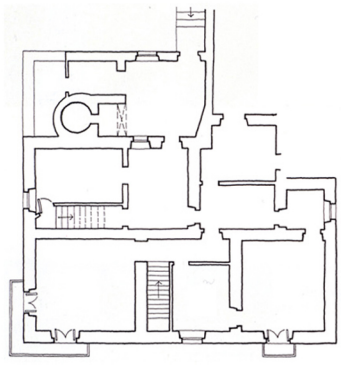


Figura 24: A casa urbana

Por sua vez, a casa rural é mais pobre, geralmente de um piso com aproveitamento do sotão, designado nos Açores como falsa. Era também em alvenaria de pedra, algumas vezes com aparelho irregular, em pedra solta, com estruturas de madeira para a cobertura e pavimentos em terra batida (Fig. 25).

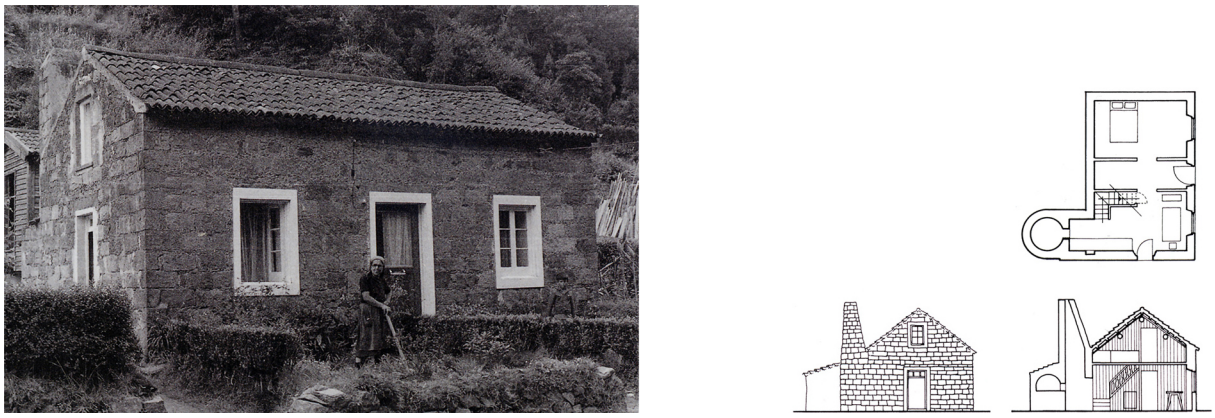


Figura 25: A casa rural

Muitas destas casas de menores dimensões estão hoje completamente adulteradas, alvo de reparações ou ampliações, muitas vezes recorrendo promiscuamente à utilização de alvenaria de bloco de betão sobre alvenaria de pedra (Fig. 26).



Figura 26: Alvenarias de pedra e bloco de betão

Percorrendo o Inventário do Património Imóvel dos Açores (Bruno, s.d.), é possível constatar uma permanência dos processos construtivos descritos anteriormente até meados do séc XX, assistindo-se a uma lenta mudança desses processos, que se inicia no princípio desse século e decorre lentamente até às décadas de 60 e 70, momento em que verifica a sua modificação por

completo. Uma tradição construtiva que estava optimizada e sedimentada é substituída por um conjunto de técnicas, processos e materiais novos, implicando todas as vantagens e desvantagens inerentes à mudança.

Esta evolução dos processos construtivos está associada à introdução do betão no início do século XX, verificando-se a sua utilização inicial sobretudo em edifícios ligados ao Estado, destinados a serviços militares, serviços florestais, entre outros. Durante a primeira metade do século XX assiste-se também à introdução de alguma pré-fabricação, com a construção dos aeroportos em Santa Maria e na Terceira pelos norte-americanos, como plataformas de apoio à Segunda Guerra Mundial, o que introduziu uma série de condicionantes novas, não só em termos de materiais e procedimentos construtivos como, a uma escala maior, em termos de urbanismo, apesar de pontual e sem grandes repercussões no contexto geral insular.

Assiste-se assim, ao longo do séc. XX, a uma fase de transição, onde coexistem diferentes formas de construção, desde edifícios que recorrem à tecnologia tradicional a edifícios com estrutura de betão e alvenaria de bloco de betão, passando por edifícios com estrutura porticada de betão com preenchimento a alvenaria de pedra e construções em alvenaria de pedra resistente com laje em betão (Fig. 27). Uma transição que contempla ao mesmo tempo sistemas mistos, soluções totalmente novas e soluções tradicionais. É um processo natural de transição à semelhança do mesmo período no território continental.



Figura 27: Alvenaria de pedra resistente com laje em betão (abrigo agrícola no Monte Escuro, em São Miguel, 1958 - autoria do Arq. João Correia Rebelo)

Deste modo, no espaço de um século altera-se totalmente a realidade construtiva. A limitação inicial já não existe, a facilidade crescente das importações permite actualmente uma disponibilidade e diversidade de soluções estruturais - metálicas, madeira, betão - e uma série de materiais de revestimento para as mais diversas aplicações, que carecem muitas vezes da previsão do seu comportamento, considerando a especificidade da região. Esta situação também é responsável por

um agravamento do preço da construção nas ilhas, em relação ao território continental.

4.1.1 O Estilo Micaelense

Na construção tradicional, voltando às alvenarias de pedra, há a salientar um fenómeno pontual na arquitectura açoriana, com expressão em S. Miguel e com maior difusão na Ribeira Grande, o denominado "Estilo Micaelense".

Segundo Caldas (2007), o "Estilo Micaelense" consistiu na adaptação regional da arquitectura civil com expressão em todo o país durante o século XVII até meados do século XVIII. Evidencia uma estrutura formal classicizante que suporta motivos decorativos inspirados numa simbologia de origem popular. As fachadas são enquadradas por embasamentos, cunhais, pilastras e cornijas em cantaria, assim como os vãos, que são frequentemente rematados na padieira por duplo líntel e cornija. Segundo o mesmo autor, o que distingue esta arquitectura da versão continental, para além do contraste do basalto negro com as paredes caiadas, é a frequência com que são utilizadas as janelas com avental e a forma como se ligam os vãos entre si e aos outros elementos compositivos da fachada, através do prolongamento das ombreiras, dos aventais ou de outras faixas salientes. Nos Açores estes elementos são encontrados em todo o tipo de construções urbanas, casas pequenas, solares, ermidas, enquanto que no continente reservam-se apenas a casas senhoriais.

Assim, pode-se afirmar que o "Estilo Micaelense" tira partido formal, dentro da linguagem clássica, do sistema construtivo. Neste caso, potenciando as características dos elementos que promovem um comportamento melhorado das alvenarias. Esta imagem resulta da união das cantarias, ou seja, das pedras de maior dimensão e devidamente aparelhadas que reforçam as zonas mais frágeis da construção, como os cunhais, pilastras e vãos, funcionando como "confinamentos" verticais ligados a "cintas" horizontais, tais como cornijas e outras faixas, ao nível dos pavimentos e cobertura. Associado a este esquema, destacam-se também os embasamentos robustos. Por vezes, o preenchimento dos panos de alvenaria a rebocar continham pedras mais regulares aparelhadas em xadrez, sendo preenchidos os negativos com pedras de menor qualidade.

A evolução do sistema aligeirou-o, transformando as janelas de avental em vãos coluna e mais tarde, quando mudou a gramática estilística, apenas na continuidade das ombreiras (Fig. 28).

Este estilo é considerado, por parte de alguns autores (Caldas, 2000; Fernandes, 1996) como um melhoramento anti-sísmico da construção tradicional, através da interpretação da linguagem arquitectónica na procura de maior peso e estabilidade dos seus elementos, que se formaliza na interligação dos elementos horizontais e verticais, na condução dos esforços da cobertura até aos robustos embasamentos. No entanto, salvaguardam a dificuldade em delimitar o que separa a racionalidade construtiva da estética clássica seiscentista e setecentista, do que representa uma adaptação anti-sísmica. Em favor da segunda hipótese, Fernandes (1996) salienta que a fachada

claramente alia aspectos estruturais, estilísticos e de carácter simbólico e que essa totalidade confere a sua originalidade.



Figura 28: O Estilo Micaelense, janela de avental, vão coluna e a alteração da linguagem

Deste modo, é possível a analogia, de forma conceptual, entre a construção tradicional, dentro da sua expressão regional mais original, o "Estilo Micaelense", e a base dos princípios fundamentais actuais das alvenarias estruturais.

4.1.2 O século XX

Como foi referido anteriormente, o século XX suportou uma alteração profunda dos processos de construção. Recorrendo aos dados disponibilizados no Censos 2001, do Instituto Nacional de Estatística (INE, s.d.) é possível a percepção da expressão dessa mudança ao longo do século.

Para tal, recorre-se à análise da quantidade de edifícios construídos, do tipo de estrutura que possuem, dos seus revestimentos e das necessidades de reparação. De modo a estabelecer uma referência qualitativa, os dados analisados referentes aos Açores são comparados paralelamente com os dados relativos ao território continental.

Da análise dos gráficos da figura seguinte verifica-se que, apesar dos intervalos temporais até 1960 não coincidirem com espaços de tempo regulares, o nível da construção nos Açores até 1980 é, de modo geral, estável, denotando um ligeiro sentido positivo (em comparação com a acentuação nos períodos seguintes). A partir de 1980, dá-se um aumento significativo do índice de construção, entre 1981 e 1990 a quantidade de edifícios construídos duplica face à década de 70. Estes valores, em termos relativos variam do comportamento evidenciado no território continental, apresentando este um crescimento contínuo até 1990, decrescendo um pouco na década seguinte, no entanto, mantendo-se a um nível muito superior à primeira metade do século.

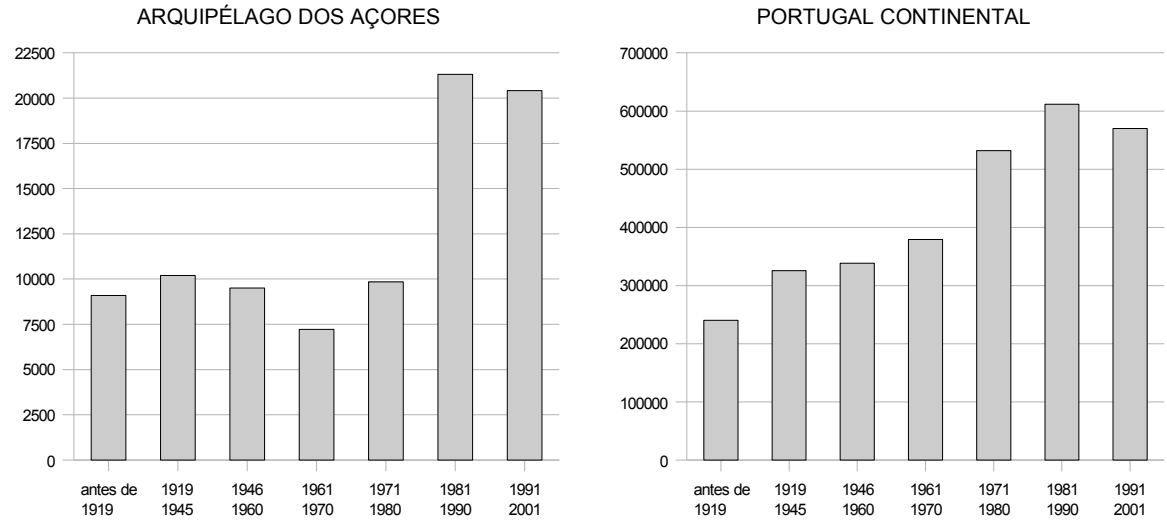


Figura 29: Quantidade de edifícios construídos ao longo do século XX

Os Açores, desde o início do seu povoamento, sempre foram um foco de emigração, sobretudo para o continente americano, porém na década de 60 do século passado, após a erupção do vulcão dos Capelinhos no Faial, dá-se um incremento substancial da emigração reduzindo a população para números próximos dos actuais. Este fenómeno explica a expressividade menor da actividade construtiva nessa década, verificando-se que a maioria do parque edificado é, em termos relativos, mais recente nos Açores que em Portugal Continental.

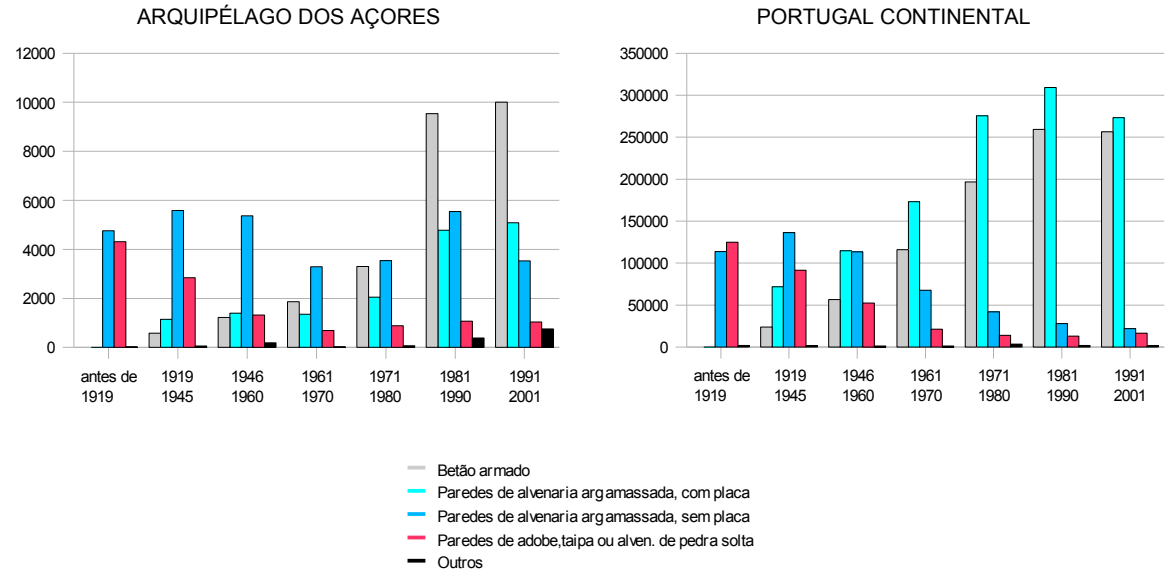


Figura 30: Edifícios segundo o tipo de estrutura

No que diz respeito à estrutura, seguindo as relações proporcionais das curvas sugeridas pelas colunas dos gráficos na figura anterior e apesar da discrepância de valores em relação à

quantidade de edifícios construídos, verifica-se o declínio rápido das alvenarias tradicionais em detrimento das estruturas em betão e de alvenaria argamassada no continente. Na região dos Açores, apesar da tendência geral ser a mesma, verifica-se uma acentuação do betão como dominante, em termos relativos, apresentando um aumento substancial na década de 80 que iniciou com o sismo na Terceira, o que despertou a região para as questões das estruturas e do reforço anti-sísmico.

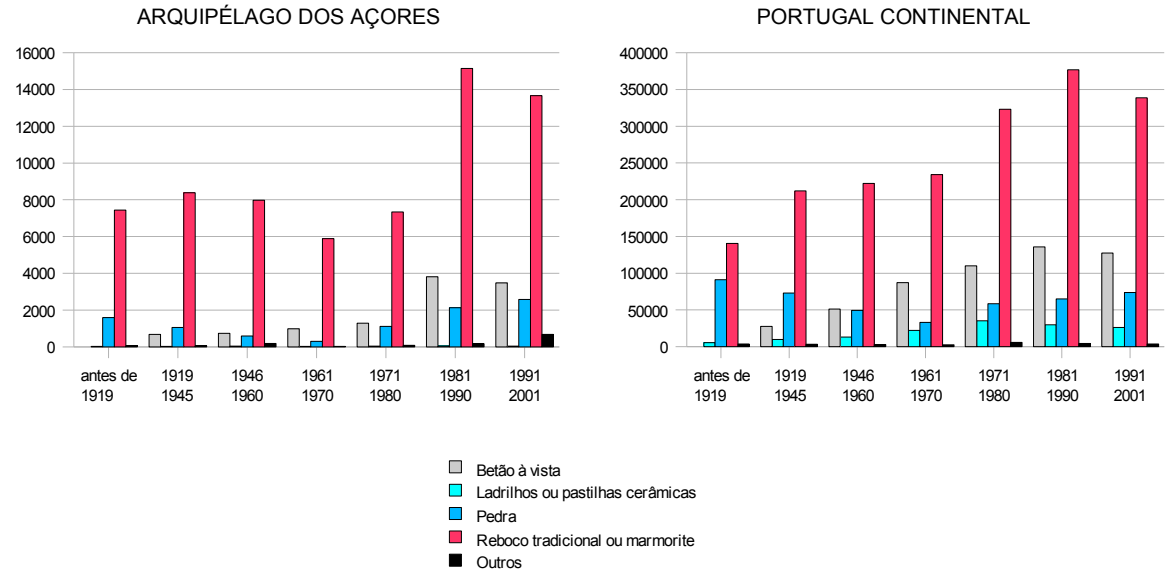


Figura 31: Edifícios segundo o revestimento exterior

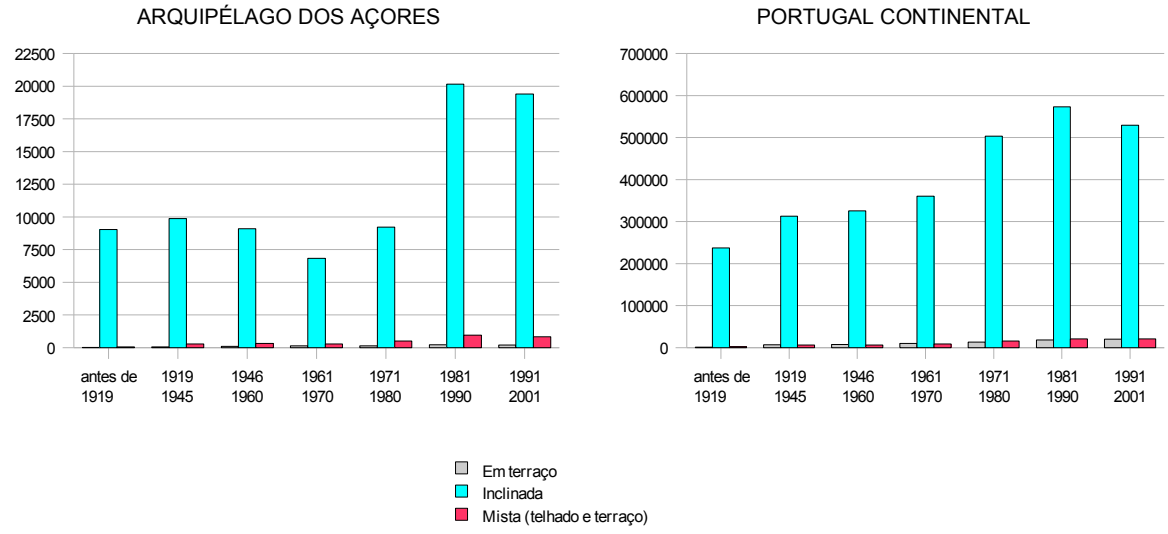


Figura 32: Edifícios segundo tipo de cobertura

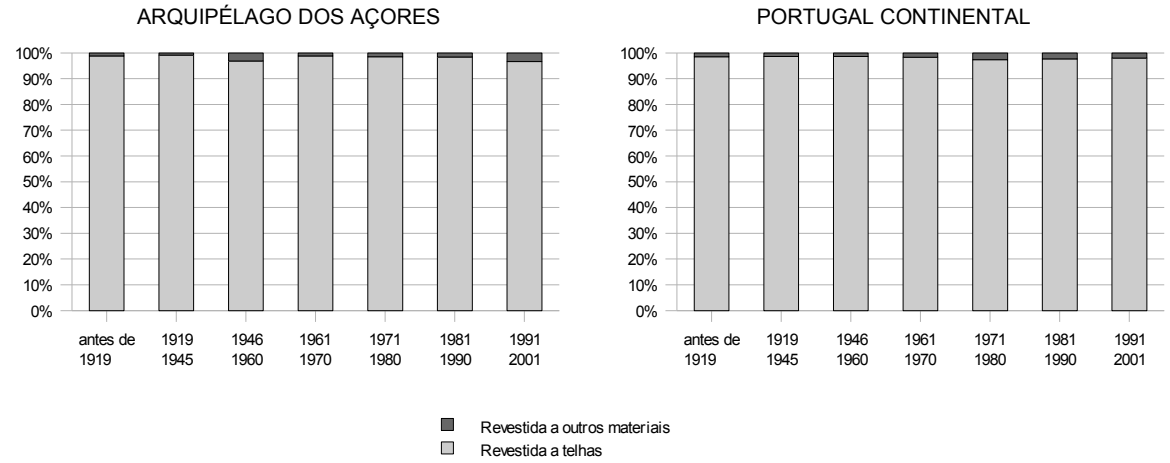


Figura 33: Percentagem de edifícios segundo revestimento de cobertura inclinada

Quanto ao revestimento exterior e às coberturas (Figuras 31 e 32), a relação entre as ilhas e o continente, é semelhante. De salientar nos Açores o pouco recurso à cerâmica, provavelmente por motivos históricos. O reboco tradicional e a cobertura inclinada representam as soluções mais intensamente utilizadas, não só se destacam em relação às restantes alternativas, como seguem as oscilações da quantidade de edifícios construídos. Mais de 90% das construções com cobertura inclinada são revestidas a telha cerâmica (Fig. 33).

Assim, apesar das soluções estruturais terem sido alteradas por completo no decorrer do século XX, assiste-se a uma permanência das soluções de cobertura, pelo menos no que concerne à sua conformação e ao seu revestimento final. O mesmo acontece com o revestimento exterior das paredes, predominando o reboco, se bem que "tradicional" seja só o facto das paredes serem revestidas a reboco, pois com o aparecimento do cimento, este passou a ser de base cimentícia, em detrimento do reboco à base da cal.

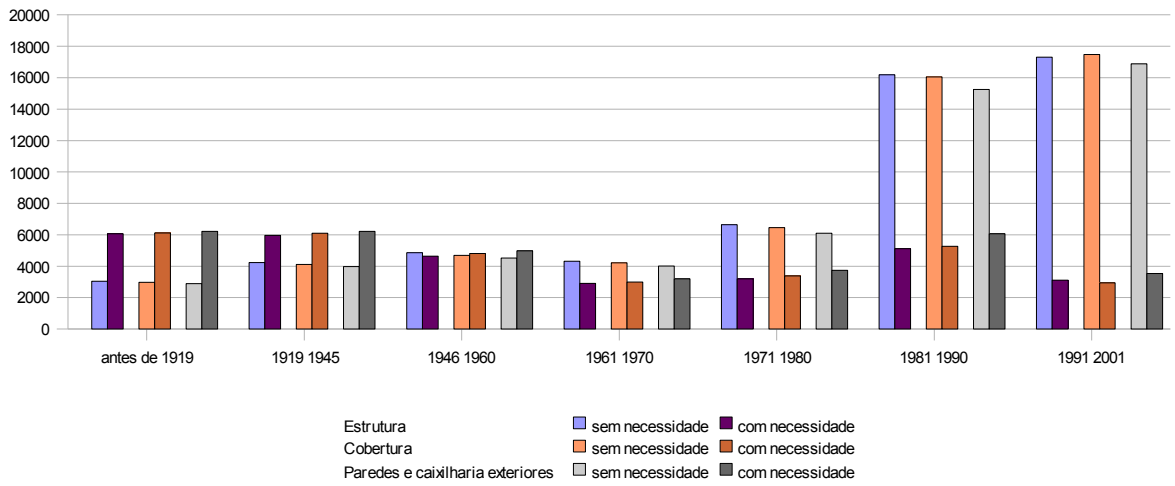


Figura 34: Edifícios nos Açores segundo época de construção por necessidade de reparação

Quanto ao estado de conservação do património edificado (Fig. 34), a relação do índice "com necessidade de reparação" com o índice "sem necessidade de reparação" é superior nos edifícios mais antigos, verificando-se a inversão progressiva desta relação à medida que os edifícios se vão tornando mais recentes. Naturalmente os edifícios mais recentes são aqueles que, em maior quantidade, não necessitam de reparações. No entanto, é perceptível, ao longo dos intervalos temporais, no índice "com necessidade de reparação", uma constante acentuação, apesar de ligeira, da necessidade de reparação em paredes e caixilharia em relação à estrutura e à cobertura. No gráfico seguinte é classificado o grau da necessidade de reparação, dos edifícios construídos até 2001, sendo evidenciada a relação referida entre a necessidade de reparação em paredes e caixilharia, cobertura e estrutura.

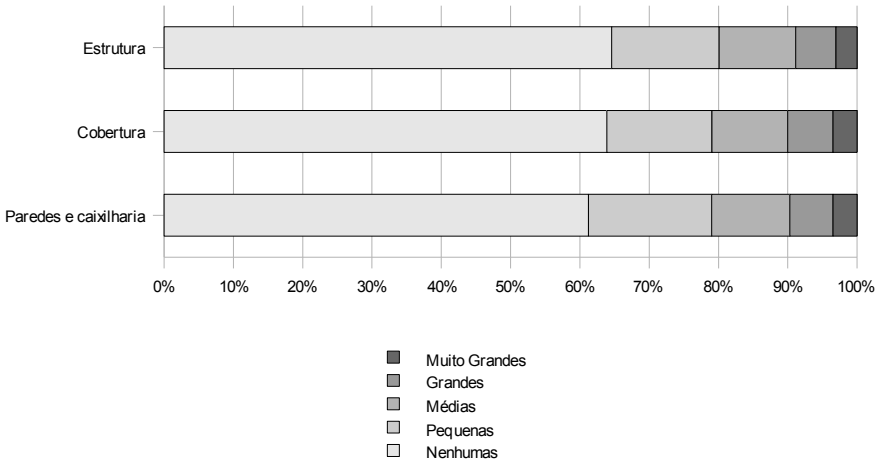


Figura 35: Percentagem do grau de necessidade de reparação do património edificado até 2001

Infelizmente, os dados estatísticos não permitem isolar o tipo concreto de reparação necessária, nem estão desenvolvidos no arquipélago estudos sobre as causas das manifestações patológicas, não sendo assim possível avaliar correctamente a origem das anomalias no comportamento das fachadas, como surgem e o que as provoca. Provavelmente algumas das anomalias referenciadas nos dados estatísticos referentes à cobertura ou à estrutura, têm repercussões nas anomalias das paredes.

As alterações construtivas recentes, são em parte responsáveis por algumas das patologias existentes, cuja incidência se destaca, aparentemente e de forma pouco expressiva, sobre as paredes. Apesar de não existirem dados representativos desta realidade, existe actualmente nas ilhas um descontentamento generalizado face às manifestações de humidade. Estas manifestações patológicas têm origem em questões relacionadas com a humidade, nas suas diversas formas, de infiltração, capilaridade ou da fase de construção. Geralmente, são consideradas dependentes do factor do acaso, não sendo encaradas como um problema da física das construções que pode ser resolvido, se estudado de forma correcta e isolando as suas origens.



Figura 36: Manifestações de humidade pelo interior de paredes exteriores, em duas habitações unifamiliares

4.1.3 Caracterização e evolução das paredes

A construção até ao século XX era maioritariamente realizada em alvenaria de pedra, o grau de complexidade dessas paredes poderia variar, dependendo do tipo de edifício, da sua dimensão e da sua localização – urbana ou rural. Estes factores determinavam a espessura das paredes, o seu aparelho e os seus revestimentos. Geralmente as paredes resistentes, exteriores e interiores, eram realizadas em pedra, e as paredes divisórias interiores em tabique de madeira, mais ou menos complexo, variando desde uma divisão em tábuas até aos ripados rebocados.

As paredes exteriores eram frequentemente compósitas (dois panos pontualmente interligados e preenchidos com rochas mais pequenas ou bagacina) variando a natureza do seu aparelho consoante a riqueza do seu dono, geralmente as casas urbanas eram rebocadas apresentando embasamentos, cunhais e molduras de vãos em cantaria, enquanto que, as paredes exteriores rurais eram muitas vezes em pedra aparente e aparelhadas de forma mais tosca.

Ao longo do século XX a constituição das paredes foi-se alterando, ganhando predomínio os blocos de betão, inicialmente maciços, e a partir do fim da década de 70, com furação vertical. No entanto, a parede exterior em pano simples manteve-se, assim como o seu revestimento através de reboco em ambas as faces. Mesmo com a entrada em vigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios em 1990 (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1990), as paredes mais espessas constituídas por blocos de 25 e 30cm de espessura garantiam então o cumprimento

do regulamento.



Figura 37: Parede tradicional e parede actual

Mais recentemente, com a introdução de novos produtos no mercado, verifica-se a coexistência de paredes simples sem isolamento, com modelos importados, empregues de forma mais ou menos ponderada, de paredes duplas com isolamento interior, de paredes simples com isolamento exterior, de fachadas ventiladas, e de uma diversidade de revestimentos. Também se verifica a utilização frequente, por motivos puramente estéticos, de uma parede composta, em que são coladas à alvenaria, pedras de pequenas dimensões, mas com alguma espessura, com a face exterior regularizada.

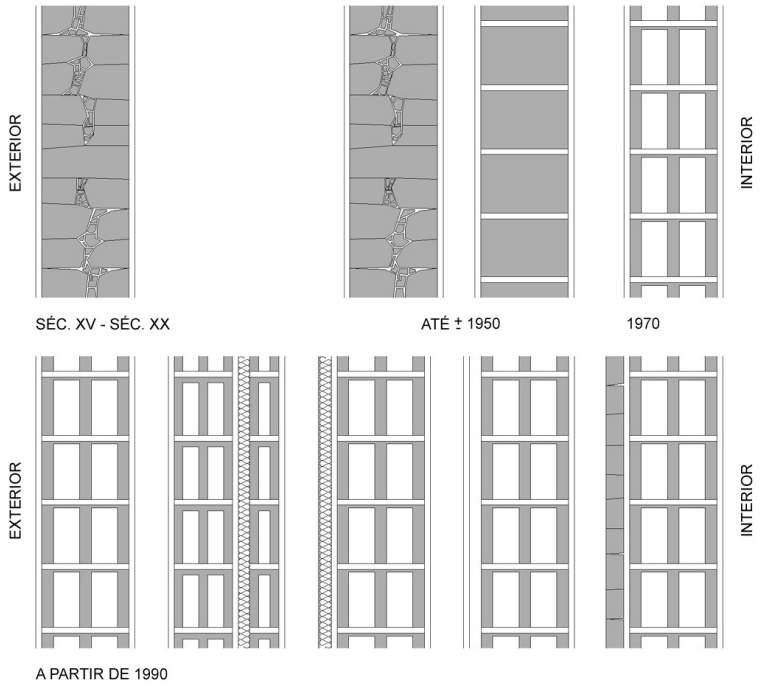


Figura 38: Esquema síntese da evolução das paredes exteriores

No entanto, as paredes simples são as predominantes na envolvente dos edifícios. As restantes soluções como a parede dupla são de concepção e utilização menos frequente, sendo utilizadas em situações pontuais e muitas vezes executadas de forma incorrecta (Fig. 39), em parte devido à pouca prática existente nas ilhas da sua construção.



Figura 39: Parede simples e parede dupla, dificuldade em conseguir a boa execução

No que respeita às paredes divisórias interiores, que também passaram a ser constituídas por blocos de betão, assistiu-se recentemente à utilização em paralelo de soluções importadas, como a aplicação de paredes em gesso cartonado ou do recurso a unidades cerâmicas de dimensões maiores, previamente revestidas a gesso.

Actualmente, os blocos de betão são de uso generalizado e a possibilidade de escolha para a composição de paredes, no que diz respeito ao isolamento, revestimentos e acabamentos é diversificada, porém, essa diversidade, não resultou de considerações baseadas na especificidade da região e na resolução dos problemas existentes.

4.2 O bloco de betão com bagacina

Com a introdução do cimento no princípio do século XX, dá-se a primeira grande mudança de sistema construtivo e assiste-se, nos Açores, ao surgimento de um novo tipo de alvenaria. Segundo Macedo (2003) “Também estão associadas ao cimento as primeiras estruturas de betão armado, e o fabrico de blocos de tufo vulcânico, iniciado nos finais dos anos 20 por Ezequiel Moreira da Silva, na

Ribeira Grande – e que, paulatinamente, tomaram o lugar das alvenarias de pedra (e largamente aplicadas na reconstrução da cidade da Horta).”

É curioso notar que o inventor dos blocos, Ezequiel Moreira da Silva que viveu entre 1883 e 1974 era uma pessoa multifacetada, destacando-se em vários domínios (Manuel, 2001), hoje em dia o seu nome perdura como referência ao “Licor de maracujá Ezequiel”. Fundou um jornal e um colégio, construiu um teatro na sua terra natal, foi escritor/poeta, exportava fruta fresca para a Inglaterra, iniciou o fabrico do sumo de maracujá (sendo premiado com medalha de ouro em 1935 na exposição industrial em Lisboa) e, como foi referido, após o sismo de 1926 na Horta, empenhou-se na sua reconstrução utilizando os blocos por ele fabricados.

Inicialmente, eram apenas fabricados blocos de betão maciços, talvez por analogia às alvenarias de pedra. Nos finais da década de 70 iniciou-se o fabrico de blocos de betão vazados com furação vertical, sendo mantida até hoje a produção em paralelo de blocos maciços, mas em quantidades reduzidas.

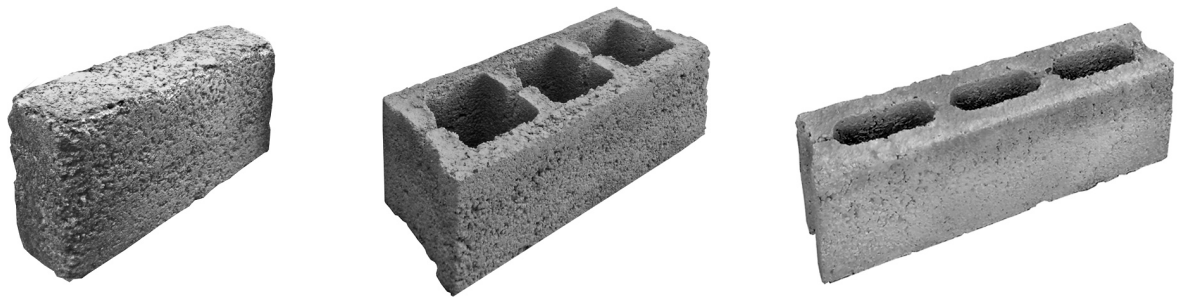


Figura 40: O bloco de betão de bagacina, maciço e furado verticalmente

Os blocos fabricados actualmente apenas prevêem uma unidade base com diferentes dimensões. Dependendo dos fabricantes, produzem também algumas unidades especiais que consistem, geralmente, em duas variantes da unidade base, uma com um dos topos liso, destinada a ombreiras ou topos de parede, e outra com uma configuração que permite a sua divisão através de corte mecânico, em duas meias unidades no sentido do comprimento, de modo a executar os fechos inerentes à forma de assentamento contrafiado. Assim, os blocos produzidos não fazem parte de um sistema global que apresente soluções para os diversos problemas construtivos mais comuns, que uma parede de alvenaria apresenta, em construção corrente.

Os blocos de betão actualmente fabricados na região são compostos por cimento, água e dois agregados naturais de origem vulcânica – o tufo e a bagacina (Fig. 41). As percentagens destes componentes no fabrico de blocos varia de fabricante para fabricante e cada fabricante pode variar as quantidades ao longo do processo de produção. A configuração interna e as dimensões gerais e parciais, variam igualmente de fabricante para fabricante.



Figura 41: Os agregados naturais – o tufo e a bagacina

Em geral, não existe um controle eficaz dos agregados, são armazenados ao ar livre e a sua dimensão é assegurada por um crivo ao serem encaminhados para a betoneira. Entre a bagacina encontram-se, normalmente, resíduos de outros materiais pétreos como pedra-pomes ou basalto, que influenciam o comportamento final da unidade. Não existe também, um controle rigoroso da humidade dos agregados.



Figura 42: A heterogeneidade da textura dos blocos devido à falta de controle dos agregados

A composição do betão não se mantém ao longo do período de fabrico, nem foi alvo de uma caracterização de modo a optimizá-la. O processo de cura nem sempre é cumprido totalmente em local adequado.

4.2.1 Características dos blocos de betão com bagacina

O estado do conhecimento sobre os blocos de betão de bagacina resume-se a alguns documentos, onde é enquadrada a sua produção, e são relatados alguns ensaios efectuados para a determinação das suas características. Estes documentos são um Despacho Normativo do Governo

Regional (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1980), um Inquérito à Produção Nacional de Materiais para Alvenaria elaborado pelo LNEC (1986), e alguns ensaios elaborados pelo LREC (SRES; LREC, 1986) e pelo LNEC (1998). Recentemente, devido aos requisitos impostos pela necessidade da Marcação de conformidade CE (IPQ, 2007), (que até ao momento, apenas teve repercussão por parte de um fabricante com grande expressão em termos de produção no arquipélago) deu origem aos respectivos ensaios para a caracterização mínima do produto. A informação produzida nestes documentos será sintetizada de seguida.

Em 1980, a então Secretaria Regional do Equipamento, elabora o Despacho Normativo 38/80 (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1980), em que implementa uma série de indicações para o fabrico dos blocos de betão, tal como é indicado no parágrafo inicial. “Atendendo ao grande incremento de construção de blocos de betão que se tem assistido e havendo necessidade que os materiais a aplicar obedeçam ao mínimo de preceitos técnicos, determina-se que, na execução dos blocos de betão, se respeitem as recomendações a seguir especificadas (...)”.

Este documento fixa recomendações gerais em relação à geometria, recepção, armazenamento e manuseamento dos blocos e indica valores mínimos para a resistência à compressão aos 28 dias de acordo com categorias fixadas, indicados na tabela seguinte.

Tabela 11: Resistência mínima à compressão em função das categorias dos blocos de betão

	Resistência média (*)	Resistência individual (*)
CATEGORIA A Paredes que se destinam a receber cargas	50 kgf/cm^2 (5 MPa)	40 kgf/cm^2 (4 MPa)
CATEGORIA B Paredes que não recebem cargas, para além do seu peso próprio	25 kgf/cm^2 (2,5 MPa)	20 kgf/cm^2 (2 MPa)
CATEGORIA C Paredes divisórias cuja função resistente é desempenhada por rebocos armados aplicados em ambas as faces	-	5 kgf/cm^2 (0,5 MPa)

(*) Expresso como quociente entre a força de rotura e a área aparente do bloco

O documento define que a área de furação não deverá ultrapassar 50% da secção aparente normal à orientação dos furos e a espessura dos septos e paredes não pode ser inferior a 3cm. Define também que os valores de absorção de água e do teor de humidade dos blocos deverão ser inferiores a 25% e a 40% da absorção total, respectivamente.

As dimensões nominais dos blocos são deixadas a cargo dos fabricantes. A cargo do autor do projecto é deixada a possibilidade para a indicação de condições especiais de forma e acabamento de uma das faces, a indicação de valores diferentes para as resistências à compressão dos mínimos recomendados, a indicação do peso específico aparente e dos valores limite para a condutância térmica.

O despacho indica também os seguintes ensaios de recepção: a) verificação das dimensões; b) determinação da resistência à compressão; c) determinação da massa específica (quando especificada); d) determinação da absorção de água e do teor de humidade; e) determinação da condutibilidade térmica (quando especificado). Destes ensaios, os b), c) e d) devem ser realizados de acordo com o documento "ASTM Designation: C140 - Method of Sampling and Testing Concrete Masonry Units" (ASTM, 1991). Para os blocos maciços, os ensaios b) e c) serão realizados de acordo com a "NP-147 – Blocos maciços de argamassa celular. Características e ensaios." (Portugal, IGPAI, 1970). O ensaio de condutibilidade térmica deve ser realizado de acordo com a "NP-116 - Materiais de construção. Determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente" (Portugal, IGPAI, 1962).

O documento termina com a indicação de que os blocos de betão deverão ter um tempo de cura mínimo em estaleiro de 10 dias de forma a poderem ser utilizados em condições de segurança.

Com este documento estabeleceram-se algumas recomendações com vista a uma melhoria da qualidade dos blocos de betão, cujo uso estava já generalizado, porém não se ensaiou o material e o seu comportamento, limitando o documento a estabelecer um quadro de referência, onde fosse possível enquadrar qualidades gerais das unidades de alvenaria. O controle ficou, no entanto, totalmente dependente dos ensaios de recepção, o que não provocou uma operatividade positiva do fabrico e aplicação dos blocos de betão na generalidade da sua utilização.

O segundo documento conhecido, refere-se à análise da produção de três fábricas nos Açores, inserida no Inquérito à Produção Nacional de Materiais para Alvenaria (LNEC, 1986).

Em geral, ao longo dos vários parâmetros da análise, o inquérito fornece os mesmos elementos para os três fabricantes. As três fábricas, para além dos blocos, produzem também outros elementos pré-fabricados de betão como vigotas ou abobadilhas.

Em relação ao fabrico dos blocos, refere o armazenamento dos agregados ao ar livre. Um dos fabricantes possui duas bloqueiras móveis (poedeira) e uma fixa, um outro fabricante apenas uma fixa e o terceiro apenas móveis. A cura é efectuada no local de fabrico, em zona coberta. Em geral, os blocos são depois armazenados no exterior. Dois dos fabricantes fornecem blocos para obra 7 dias após o fabrico, e o terceiro após 20 dias.

As matérias primas mantêm-se, cimento Portland normal, bagacina e tufo. A massa volúmica do betão endurecido é aproximadamente 1250 kg/m^3 (valor que se situa abaixo das determinações mais recentes). Para o inquérito não foram efectuados ensaios de caracterização do betão, no entanto, um dos fabricantes indica que a tensão de rotura do betão, em cubos de 15cm de aresta, é de 70 a 80 kgf/cm^2 (7 a 8 MPa).

A produção das três fábricas engloba blocos de betão maciços e furados verticalmente com várias espessuras (Fig. 43), no entanto, um fabricante apenas produz uma espessura nos blocos maciços. O comprimento varia entre os 400 e os 500mm, a altura mantém-se nos 200mm (à excepção de um que fabrica com 250mm de altura). As espessuras situam-se entre os 100 e os 300mm nos blocos furados e entre os 60 e os 200mm nos maciços. As dimensões dos septos variam entre os 40 e 50mm e a percentagem de furação entre 35 e 50% (todos os blocos referenciados possuem dois septos longitudinais – os exteriores, e três transversais – dois exteriores e um intermédio, em geral, prevendo o corte a meio comprimento).

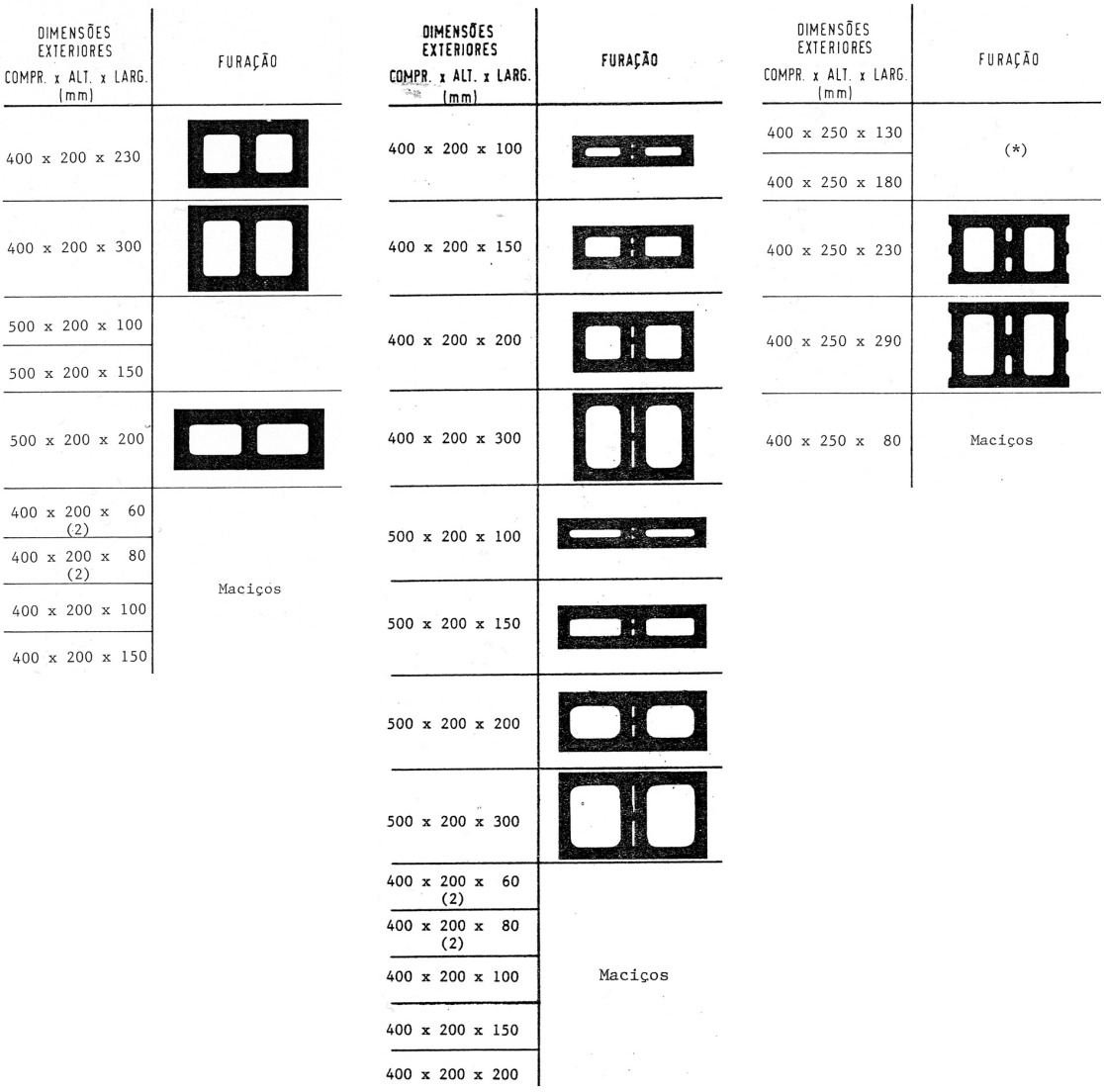


Figura 43: Geometria dos blocos referidos no inquérito

No inquérito é referido que os blocos são utilizados predominantemente em habitação unifamiliar com função resistente e como preenchimento em estruturas reticuladas. Indica ainda que em nenhum dos casos o fabricante fornece informação relativa às características dos blocos ou

técnicas de execução das alvenarias.

Como acções no controle da produção refere para os três fabricantes a inspecção visual dos inertes na recepção, acções de verificação do equipamento e inspecção visual e escolha dos blocos antes do armazenamento. O fabricante que indicou ensaios de rotura à compressão, referiu que os determina com uma periodicidade de 60 dias.

Este documento, que funciona como um levantamento geral de enquadramento da produção, revela-nos que não existe um controle efectivo sobre as características das unidades fabricadas.

Também em 1986, o Laboratório Regional de Engenharia Civil realizou uma caracterização a uma amostra de blocos utilizados numa obra específica (SRES; LREC, 1986), tendo como base o Despacho Normativo referido (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1980). Foram realizadas determinações dimensionais e da massa específica, e ensaios de absorção de água e de rotura à compressão. A condutibilidade térmica ficou por realizar devido à falta de equipamento.

Os desvios às dimensões médias ultrapassaram sempre +/- 2mm, não cumprindo deste modo o despacho vigente, chegando pontualmente a ultrapassar os 5mm de desvio. A média da massa específica calculada foi de 1430 kg/m^3. A média da absorção de água fria foi de 15,3%, e em ebulição de 20,0% (cumprindo o despacho), a média do coeficiente de saturação foi de 0,78.

A tensão de rotura média aos 28 dias, em cubos de betão com 20cm de aresta (obtidos por corte de blocos maciços de 20x40x20cm) foi de 5901,96 kN/m^2, apresentando um desvio padrão de 2400,98 kN/m^2. Em blocos furados, cujos provetes eram constituídos por uma secção de um bloco vazado (foram utilizados blocos de 15 e 20cm de espessura), que compreendia o espaço entre dois septos transversais e as paredes exteriores (apresentando deste modo apenas um furo e forma mais ou menos cúbica), as tensões foram de 3495,57 kN/m^2 (desvio padrão 811,18 kN/m^2) considerando a área real (excluíndo a área de furação) e 2807,45 kN/m^2 (desvio padrão 648,39 kN/m^2) considerando a área aparente. Os resultados apresentaram uma dispersão expressiva, nos cubos maciços o desvio padrão representa 40,7% da tensão de rotura média, e nos provetes com furação 23,23%.

Nestes ensaios, pela primeira vez, caracterizou-se a produção regional, para um fim específico. Constatou-se que não mantém qualidades constantes, neste caso evidenciado pela instabilidade dimensional e pela dispersão dos resultados relativos à resistência à compressão.

Em 1998 foi efectuado pelo LNEC, a pedido do LREC, a Caracterização Térmica de Paredes de Alvenaria de Blocos de Betão de Bagacina (LNEC, 1998) que constitui a única caracterização térmica deste material com uma utilização significativa nas construções regionais, tendo sido efectuada oito anos após a entrada em vigor do regulamento de térmica (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1990).

Nessa caracterização foram utilizados provetes de amostras do betão de bagacina com as dimensões de 300x300x80mm, de três fabricantes seleccionados, através dos quais foi determinado a condutibilidade térmica aparente, o teor de água de equilíbrio em ambiente húmido e a absorção de água por imersão parcial de curta duração, permitindo depois estabelecer um valor de cálculo da condutibilidade térmica utilizado na determinação do coeficiente de transmissão térmica, em zona corrente, das paredes de alvenaria executadas com os diferentes tipos e geometria de blocos correntemente produzidos nos Açores. Este relatório adverte ainda, para a necessidade de ensaios para determinação da resistência mecânica e para determinação da penetração de água da chuva, de modo a obter um melhor conhecimento do material.

A variabilidade da produção dos blocos de betão na região verifica-se nas respectivas composições do betão, apresentando algumas diferenças, neste caso entre os três fabricantes seleccionados, como se verifica na tabela seguinte.

Tabela 12: Composição dos betões de bagacina ensaiados

FÁBRICA	BAGACINA kg	TUFO kg	CIMENTO PORTLAND TIPO II kg	ÁGUA l
A	600	680	42(*)	20
B	713	490	111	17
C	860	560	60	20

(*) Este valor, apesar de extremamente baixo, é o referido no relatório.

De seguida, resumem-se os vários ensaios efectuados e apresentam-se os respectivos valores determinados.

A condutibilidade térmica foi determinada segundo a norma internacional ISO 2581/1975 “Rigid cellular plastics - Determination of apparent thermal conductivity by means of a heat-flow meter”, method – AS (ISO, 1975). O ensaio incidiu sobre três provetes, previamente condicionados durante um período de 30 dias, num ambiente caracterizado por uma temperatura de 23±2ºC e uma humidade relativa de 50±5%, decorrendo o ensaio em ambiente idêntico. Os teores de água, em percentagem ponderal (*% m/m*), determinaram-se após secagem dos provetes, em estufa ventilada à temperatura de 105ºC.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados individuais λ_{10}, os valores médios λ_{10} e os desvios padrão σ_{λ} das condutibilidades térmicas do betão de bagacina produzido por cada fábrica. O relatório sugere no futuro, um maior número de determinações de λ_{10} para definir um $\lambda_{declarado}$ mais representativo.

Tabela 13: Resultados da determinação da condutibilidade térmica

FÁBRICA	PROVETE	Massa volúmica aparente, $\rho_{23/50}$	Teor de água (valor médio)	λ_{10}	λ_{10} (média)	σ_λ	$\lambda_{declarado}$
		(kg/m^3)	(% m/m)	(W/m.K)	(W/m.K)	(W/m.K)	(W/m.K)
A	1	1580	3,2	0,38	0,41	0,052	0,63(*)
	2	1502		0,38			
	3	1665		0,47			
B	1	1621	2,7	0,41	0,37	0,032	0,50
	2	1545		0,35			
	3	1471		0,36			
C	1	1540	4,1	0,37	0,39	0,020	0,48
	2	1525		0,41			
	3	1503		0,39			
A+B+C		1550	3,3	-	0,39	0,036	0,54

(*) Este valor declarado é penalizado pelo valor λ_{10} particularmente elevado obtido em um dos provetes ensaiados.

Nos ensaios seguintes pretendeu-se conhecer a sensibilidade do betão de bagacina à acção da água, nas suas formas de vapor e líquida, definindo um valor de cálculo da condutibilidade térmica para a determinação da resistência térmica dos blocos.

O teor de água de equilíbrio em ambiente húmido foi determinado através de três provetes, condicionados durante um período de 2 semanas, num ambiente caracterizado por uma temperatura de 23±2ºC e uma humidade relativa de 50±5%, seguido de pesagem. Determinada a massa inicial (m_0) e a massa volúmica, seguiu-se o condicionamento dos provetes num ambiente caracterizado por uma temperatura de 23±2ºC e uma humidade relativa de 90±5%, realizando-se pesagens até à obtenção de massa constante, determinando-se a massa final (m_f), seguido de secagem em estufa ventilada à temperatura de120± 2ºC, determinando-se a massa seca (m_s).

Na tabela seguinte são indicados os valores individuais $u_{23/90}$ e valores médios $u_{23/90}$ dos teores de água de equilíbrio em ambiente húmido do betão de bagacina.

Tabela 14: Resultados da determinação do teor de água de equilíbrio em ambiente húmido

FÁBRICA	PROVETE	Massa volúmica aparente, $\rho_{23/50}$	$u_{23/90}$	$u_{23/90\ (média)}$
		(kg/m^3)	(% m/m)	(% m/m)
A	7	1552	6,5	6,8
	8	1671	7,6	
	9	1594	6,4	
B	7	1544	4,6	4,3
	8	1524	4,9	
	9	1440	4,3	
C	7	1535	4,6	5,1
	8	1549	6,3	
	9	1523	4,4	
A+B+C		1548	_	5,5

A absorção de água por capilaridade foi determinada segundo a norma europeia EN 1609:1996 “Thermal insulating products for building applications. Determination of short term water absortion by partial immersion”, método A (CEN, 1996). O ensaio incidiu sobre três provetes, previamente condicionados durante um período de 30 dias, num ambiente caracterizado por uma temperatura de 23±2ºC e uma humidade relativa de 50±5%, decorrendo o ensaio em ambiente idêntico.

A absorção de água W_p, foi determinada após 24 horas de imersão parcial a 10mm de profundidade, sendo expressa em massa de água retida por unidade de área da face principal em contacto com o líquido.

Na tabela seguinte são apresentados os resultados individuais W_p e valores médios W_p da absorção de água do betão de bagacin*a.*

Tabela 15: Resultados da determinação da absorção de água por imersão parcial de curta duração

FÁBRICA	PROVETE	Massa volúmica aparente, $\rho_{23/50}$ (kg/m^3)	W_p (kg/m^2)	$W_{p\ (média)}$ (kg/m^2)	Altura média de ascensão capilar (mm)
A	4	1544	2,6	2,0	10
	5	1549	1,7		20
	6	1644	1,8		10
B	4	1475	8,4	8,7	80(*)
	5	1561	8,2		80(*)
	6	1522	9,4		80(*)
C	4	1484	9,3	7,1	80(*)
	5	1536	6,7		50
	6	1548	5,2		40
A+B+C		1540	_	5,9	_

(*) O provete apresentava-se totalmente molhado.

A caracterização térmica abrangeu as cinco geometrias de blocos fabricadas, indicadas na tabela e figura seguintes (Tabela 16, Fig. 44).

No cálculo dos coeficientes de transmissão térmica, como valores de cálculo, foram consideradas as características geométricas convencionais, as condutibilidades térmicas dos materiais e dos espaços de ar alveolares e as resistências térmicas superficiais.

Como características geométricas convencionais, com base em informação fornecida ao LNEC pelo LREC, considerou-se que as espessuras das juntas de assentamento horizontais e verticais eram de 20mm (valor considerado elevado actualmente) e que a espessura dos rebocos interiores e exteriores era de 15mm.

Tabela 16: Dimensões e geometria dos blocos (mm)

FÁBRICA A				
DIMENSÕES GERAIS	RESALTO		ESP.	
c x l x h	**L1**	**L2**	**e1**	**e2**
500x100x200	35,0	10,5	40,0	35,0
500x150x200	40,0	65,0	40,0	40,0
500x200x200	40,0	110,0	40,0	40,0
400x250x200	40,0	160,5	40,0	40,0
400x300x200	40,0	210,0	40,0	40,0

FÁBRICA B				
DIMENSÕES GERAIS	RESALTO		ESP.	
c x l x h	**L1**	**L2**	**e1**	**e2**
500x100x200	30,0	35,0	20,0	30,0
500x150x200	30,0	80,0	30,0	30,0
500x200x200	30,0	120,0	30,0	30,0
500x250x200	30,0	180,0	30,0	30,0
400x300x200	70,0	150,0	55,0	55,0

FÁBRICA C				
DIMENSÕES GERAIS	RESALTO		ESP.	
c x l x h	**L1**	**L2**	**e1**	**e2**
500x100x200	32,5	10,0	35,0	35,0
500x150x200	40,0	40,0	40,0	40,0
500x200x200	50,0	95,0	45,0	45,0
400x250x200	40,0	160,0	45,0	45,0
400x300x200	70,0	150,0	55,0	55,0

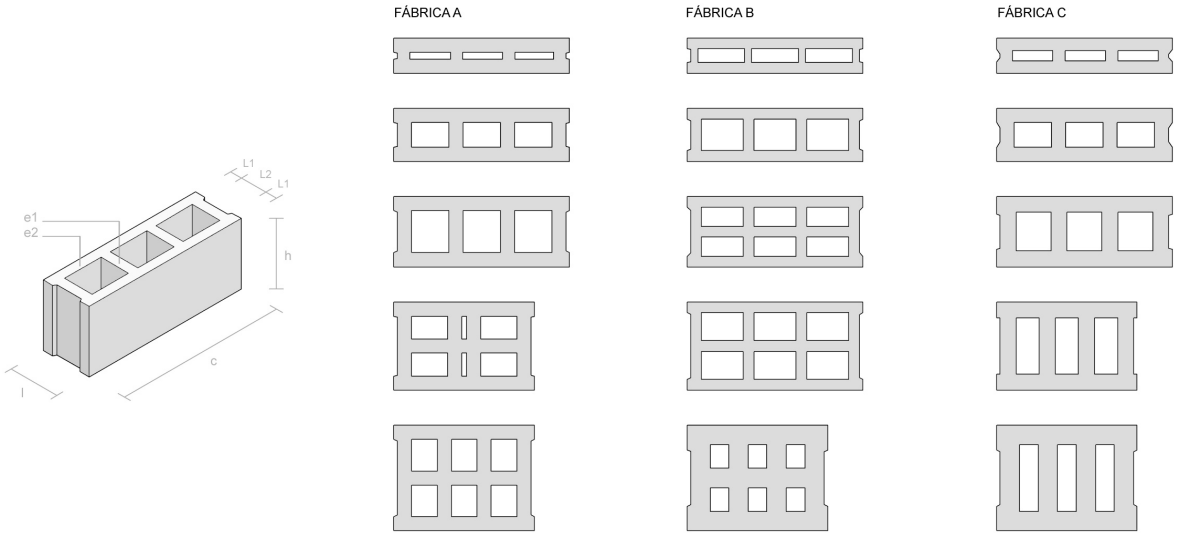


Figura 44: Dimensões e geometria dos blocos

O cálculo foi efectuado de acordo com a norma ISO 6946 “Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method” (ISO, 1996).

Como condutibilidade térmica aparente dos materiais, para o betão de bagacina considerou-se 0,55 W/m.K, para a argamassa de assentamento e reboco 1,5 W/m.K (este valor tem em conta a massa volúmica elevada devido aos agregados de basalto e o respectivo teor em água da obra) e para os espaços de ar alveolares utilizou-se uma expressão, referida na norma, que tem em atenção a relação espessura/largura dos alvéolos. Considerou-se como resistência térmica superficial interior, em fluxo térmico horizontal, 0,13 m^2.K/W e exterior de 0,04 m^2.K/W.

Na tabela seguinte, sintetizam-se os resultados obtidos para os vários blocos, em zona corrente, com a indicação do comportamento da parede face ao RCCTE que então vigorava (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1990).

Tabela 17: Coeficientes de transmissão (U), em zona corrente, de paredes em pano simples

esp. total de parede (m)	FÁBRICA A			FÁBRICA B			FÁBRICA C		
	Bloco l x c x h (cm)	***U*** (W/m².K)	**Obs.**	**Bloco l x c x h** (cm)	***U*** (W/m².K)	**Obs.**	**Bloco l x c x h** (cm)	***U*** (W/m².K)	**Obs.**
0,13	10x20x50	2,49 (2,5)	Não deve ser utilizada como parede simples exterior	100x20x50	2,41 (2,4)	Não deve ser utilizada como parede simples exterior	10x20x50	2,47 (2,5)	Não deve ser utilizada como parede simples exterior
0,18	15x20x50	2,13 (2,1)		15x20x50	2,16 (2,2)		15x20x50	2,13 (2,1)	
0,23	20x20x50	1,92 (1,90)	Não satisfaz artº 7º RCCTE	20x20x50	1,63 (1,65)		20x20x50	1,90 (1,90)	Não satisfaz artº 7º RCCTE
0,28	25x20x40	1,49 (1,50)		25x20x50	1,50 (1,50)		25x20x40	1,74 (1,75)	
0,33	30x20x40	1,37 (1,35)		30x20x40	1,37 (1,35)		30x20x40	1,57 (1,55)	

Os valores *U* entre parêntesis são arredondados pelo LNEC.

O relatório conclui da seguinte forma.

> "Atendendo à geometria dos blocos e às características dos materiais utilizados, como seria de prever, apenas a generalidade das paredes com espessuras totais de 0,28 e 0,33 satisfazem às exigências regulamentares pertinentes (RCCTE) aplicáveis à zona climática I1, na qual se inclui a Região Autónoma dos Açores.
> As alvenarias de blocos de 0,10 e 0,15 m de espessura podem ser utilizadas na execução de paredes duplas exteriores, se não se colocarem condicionalismos de outra ordem.
> As paredes de alvenaria de blocos de 0,20 m de espessura que não satisfaçam às exigências regulamentares podem ser complementadas por soluções adicionais de isolamento térmico ou, ainda, podem ser utilizadas na construção de paredes duplas exteriores."

Segundo o actual RCCTE (Portugal, Leis, Decretos, etc., 2006), só as Fábricas A e B, relativamente às paredes de pano simples com espessura total de 0,33m, cumprem o valor de referência estipulado para o arquipélago dos Açores, que se situa em 1,40 W/m².K. Assim, os blocos de betão de bagacina não estão optimizados para terem um comportamento termicamente satisfatório, no que respeita ao tipo de parede exterior mais usual no arquipélago.

Devido à implementação de novas regras no controle do mercado europeu, nomeadamente a Marcação CE (IPQ, 2007), que implica o conhecimento mínimo das características dos produtos por parte do fabricante, o estado do conhecimento, tende a alterar-se. No entanto, até ao momento, este processo ainda só teve repercussão num fabricante local de dimensão considerável, que produz um bloco com geometria similar aos referidos anteriormente, em termos de quantidade e disposição dos septos, possuindo estes, porém, uma espessura de 2,5cm, em todas as espessuras produzidas (100, 150, 200, 250 e 300mm). Como resultado do processo de marcação, e uma vez que não tinha ainda paralelo no mercado, o fabricante recorreu a valores tabelados e à apresentação das características,

cujos valores determinou, por defeito.

Das determinações realizadas em blocos furados, é de salientar que a massa volúmica real variou sensivelmente entre os 1400 e 1500 kg/m^3 e a aparente entre os 750 e 1000 kg/m^3. Nas tensões de rotura, em ensaios de resistência à compressão, os valores obtidos apresentaram uma grande dispersão, variando entre os 2 e os 7N/mm^2, tendo sido considerada a área aparente do bloco. As resistências mais elevadas ocorreram nos blocos de menor espessura e tendiam a diminuir com o aumento da espessura do bloco (uma vez que aumentava também a área de furação).

Sintetizando o estado do conhecimento sobre a produção de blocos de betão de bagacina, verificou-se que a partir de 1980 a produção de blocos de betão nos Açores foi condicionada por um Despacho Normativo (Portugal, Leis, Decretos, etc., 1980) que não se revelou eficaz operacionalmente, conforme ficou comprovado nos ensaios efectuados em 1986 e 1998. O actual contexto normativo europeu potencia, de forma mais eficaz, a determinação e indicação, por parte dos fabricantes, das características mínimas dos seus produtos para conhecimento público, começando a sentir-se a preocupação e iniciativa dos fabricantes nesse aspecto.

Do conjunto da informação anterior, pode-se concluir que a situação actual da produção e do conhecimento das características dos blocos de betão de bagacina, constitui um campo em aberto à investigação e a possíveis acções de melhoria. Facto perceptível na disparidade dos valores apresentados relativos à estabilidade dimensional, à resistência à compressão, e às características térmicas, revelando a necessidade de melhorar o processo de produção, de forma a permitir a optimização e estabilização do comportamento das unidades. Essa melhoria passa, nomeadamente, pelo controle dos agregados, da composição do betão de bagacina e do processo de cura.

Existem outros aspectos relacionados com a produção dos blocos, mais especificamente com a concepção das unidades, que também necessitam de atenção. Para além do cenário descrito, a produção actual contempla pouca diversidade, a mesma unidade é utilizada de formas completamente distintas. Não existe uma lógica moderna de sistema de alvenaria que, para além da unidade base, possua uma série de unidades especiais ou acessórias, que facilitem e propiciem a melhoria da qualidade na execução de paredes, não só em zona corrente, mas também de remates nas zonas pontuais mais frequentes. Assim como, o manuseamento, a aplicação e o cumprimento normativo, devem ser facilitados devido ao desenho do próprio bloco, sem esquecer a importância da existência de indicações para a correcta execução das alvenarias.

4.3 Caracterização da situação actual, observação sobre o futuro

A caracterização da situação actual do panorama da construção, resulta da avaliação de dados estatísticos do INE (INE, s.d.) e do Serviço Regional de Estatística dos Açores (SREA, s.d.). A abrangência temporal incide sobre dados entre o período 1994-2004 e sobre dados anuais mais

recentes, relativos aos anos de 2005 e 2006 (INE, 2006; INE, 2007).

Da análise do gráfico seguinte, verifica-se que os pedidos de licenciamento nos Açores mantêm, nos últimos anos, um nível que se pode considerar estável. Apresentam uma média anual, entre 1994 e 2006, de 1832 licenciamentos, destacando-se quantitativamente o ano de 2002 com um total de 2460 edifícios licenciados, e o ano de 1995 com o menor registo, apresentando um total de 1491 de edifícios licenciados.

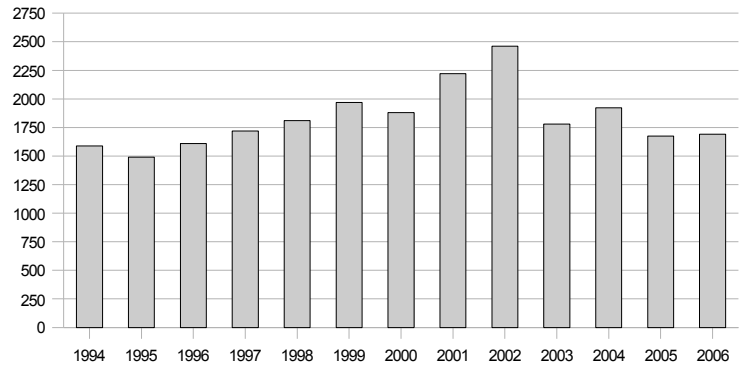


Figura 45: Total de edifícios licenciados nos Açores (1994-2006)

Desses licenciamentos, a maioria refere-se a construção nova, seguindo-se as ampliações com uma diferença bastante expressiva. As alterações e reconstruções têm em geral uma expressão bastante mais reduzida do que as situações referidas anteriormente (Fig. 46).

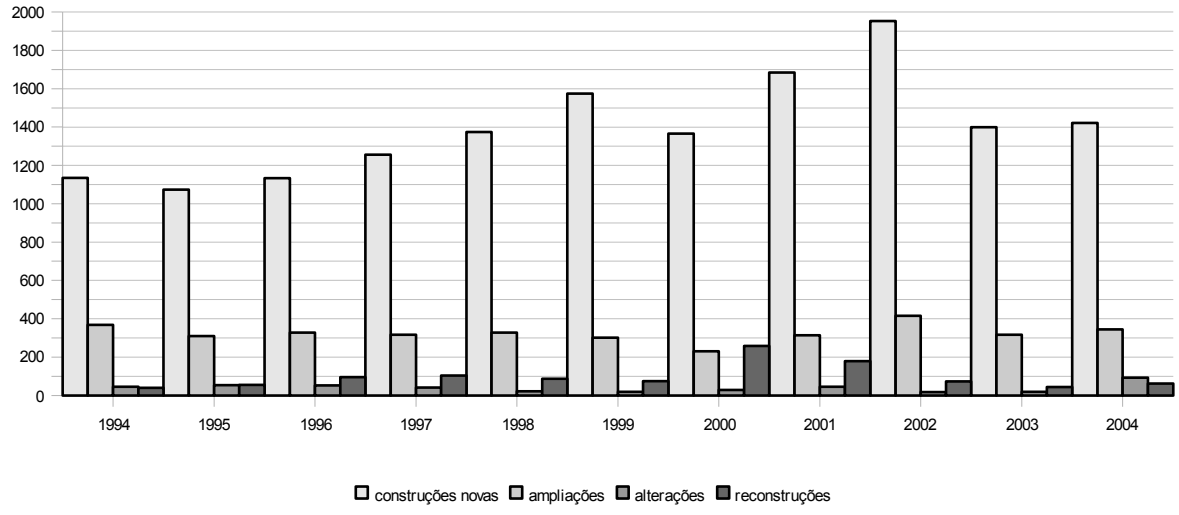


Figura 46: Total de licenciamentos por tipo de obra (1994-2004)

A construção nova tem o peso principal na actividade da construção, ocupando mais de 70% dos licenciamentos (Fig. 47). A habitação, por sua vez, ocupa a maior parte dos licenciamentos

relativos a construção nova.

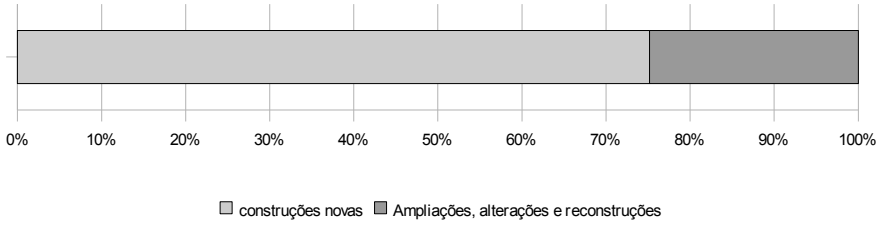


Figura 47: Relação entre licenciamentos de construção nova e outros (1994 e 2004)

No gráfico seguinte é explícita a relação da habitação face a outros tipos de programa, situando-se praticamente sempre acima dos 70% e com tendência a subir ou estabilizar, ao contrário do território continental. Este fenómeno pode dever-se, à semelhança dos picos de construção ao longo do século XX analisados anteriormente, a um atraso normal em relação aos fenómenos que ocorrem no continente, surgindo de futuro um abrandamento da construção nova.

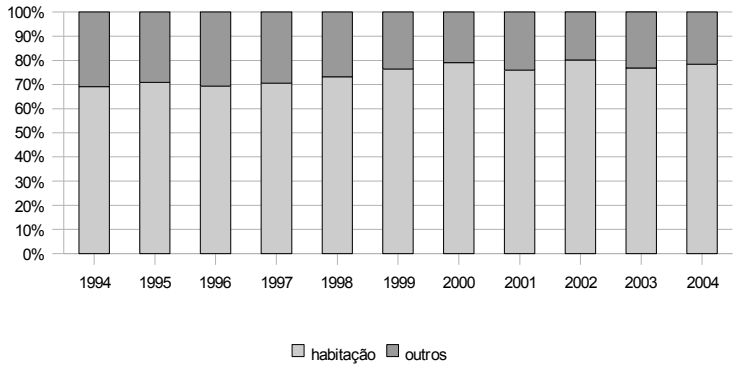


Figura 48: Construção nova - relação entre habitação e outros programas

Num relatório elaborado pela AICOPA (2005) com vista à definição do sector da construção civil e das obras públicas na Região Autónoma dos Açores, através da sua identificação, caracterização, análise da procura e do contexto em que se insere, com base em vários indicadores, é salientada a habitação como um factor de forte desenvolvimento. Coloca a questão da importância crescente da reabilitação, porém, aposta na construção nova como um dos segmentos ainda viável. No final do relatório, numa síntese através da enumeração dos pontos fracos e fortes do sector, aponta a falta de certificação dos materiais empregues na construção e a sua não adequação às características climáticas e morfológicas da região, como um dos pontos fracos, referindo como ameaça para o sector a falta de investigação e desenvolvimento, propondo o seu incremento como objectivo estratégico para o futuro.

Pode-se concluir que a construção nova tem ainda um sentido positivo de crescimento no

arquipélago dos Açores, porém, em relação ao contexto nacional e às características das ilhas, essa situação provavelmente tenderá a estabilizar e, à semelhança do território nacional, existirá um campo importante de reabilitação.

4.3.1 Contextualização da construção nos Açores a nível nacional

No contexto nacional, os Açores são a região com a menor quantidade de edifícios. Possuem também a menor densidade construtiva, pela relação que evidencia entre edifícios e fogos (Fig. 49).

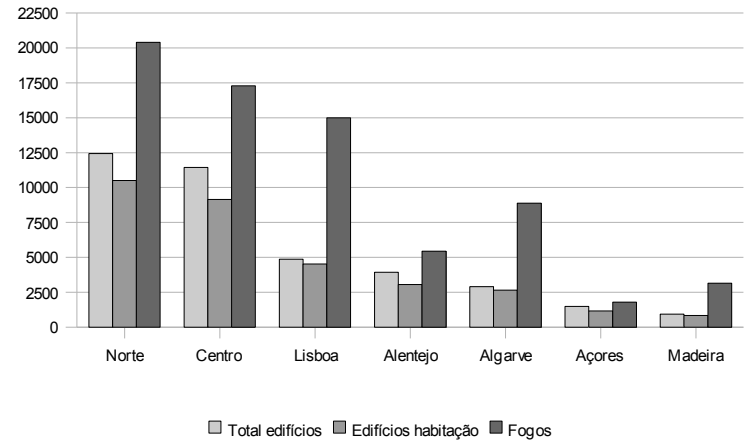


Figura 49: Total de edifícios, habitação e fogos licenciados em construção nova (2005)

Nos dados relativos ao ano de 2005 (Fig. 49), verifica-se que a habitação tem um peso considerável e constante, no total dos edifícios licenciados. A nível nacional, a região Norte concentra a maior quantidade de edifícios licenciados. Se analisarmos apenas os valores referentes à habitação e ao número de fogos, veremos que as densidades construtivas variam bastante em relação à quantidade de licenças (Fig. 50).

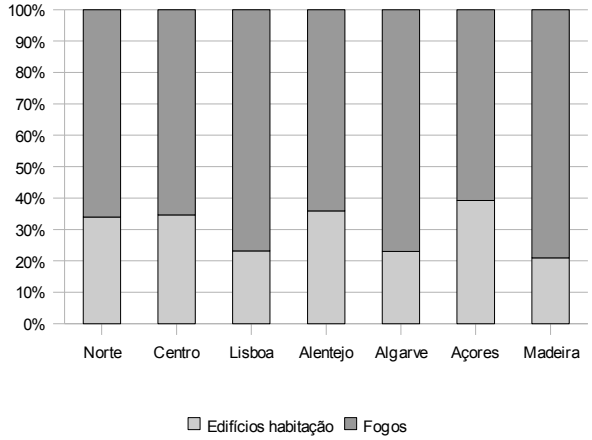


Figura 50: Relação entre habitação e fogos licenciados em construção nova (2005)

Lisboa, Algarve e Madeira são as regiões com maior densidade habitação/fogos. As regiões Norte, Centro, Alentejo e Açores são menos densas, sendo os Açores a região onde essa relação é menor. A densidade habitação/fogos também indica, quando a quantidade de fogos se aproxima da quantidade de edifícios, uma densidade construtiva protagonizada por edifícios de pequena dimensão e baixa cércea.

4.4 Conclusões da Parte 1 (A construção nos Açores - Contextualização)

De forma a desenvolver um sistema de alvenaria que tenha em conta as condições locais e cujo desempenho seja optimizado em função dessa especificidade, importa salientar de forma sintética os aspectos fundamentais do contexto caracterizado nos capítulos anteriores até este momento, constituindo assim, de certo modo, as premissas para o desenvolvimento seguinte.

No arquipélago dos Açores, as construções enquadram-se numa zona sísmica, sendo a natureza dessa sismicidade tectónica e vulcânica. Assim, a estabilidade é um factor essencial a considerar em termos estruturais globais, bem como, a uma escala diferente, a frequência elevada de microssismos, devido às fissurações e microfissurações inerentes a este tipo de movimentos.

A humidade relativa elevada, a chuva incidente e a sua associação ao vento, são os factores climáticos mais solicitantes e com implicações mais gravosas para a construção. As amplitudes térmicas são baixas, quer diariamente, quer anualmente. A insolação deve ser potenciada positivamente.

As estratégias iniciais da ocupação do território mostram-nos formas simples, em que são privilegiados modos naturais de optimização do factor abrigo, quer pela escolha do local de implantação, aproveitando a topografia, quer pela opção urbanística, através da disposição das casas ao longo de uma rua, em que as empenas se encostam umas às outras, e pelo distanciamento da imprevisibilidade dos elementos naturais, como as linhas de água ou as condições adversas das zonas altas.

A construção tradicional em pedra, numa das suas expressões mais originais, o “Estilo Micaelense”, evidenciou as possibilidades arquitectónicas formais de cariz tectónico da estrutura, constituindo um caso particular no contexto nacional. É possível estabelecer uma analogia conceptual entre este modo de construir e as actuais alvenarias estruturais, abrindo perspectivas para a exploração formal contemporânea das estruturas em alvenaria.

A construção nos Açores transitou durante o século XX, para um novo sistema de construção, em que as alvenarias resistentes em pedra tornaram-se obsoletas, predominando as estruturas reticuladas de betão, preenchidas por alvenarias de bloco de betão de produção local, em detrimento de outros sistemas estruturais.

A composição dos blocos de betão, para além do cimento, inclui escórias vulcânicas - o tufo e a bagacina. A bagacina é um material com características favoráveis à utilização como agregado leve no fabrico de blocos, e de outros artefactos de betão.

A produção actual de blocos, apesar da existência de normativas europeias que visam o conhecimento das características gerais dos produtos, ainda é incipiente no estudo das suas propriedades. As unidades fabricadas apresentam valores muito dispersos no que respeita às dimensões, resistências mecânicas, resistências térmicas, absorção de água, entre outros. Esta situação deve-se a uma série de parâmetros que necessitam de maior atenção, como a falta de controle dos agregados e a necessidade de optimização da composição do betão de bagacina e do processo de cura.

As características do betão de bagacina potenciam um comportamento mais satisfatório das paredes em alvenaria a vários níveis. Para atingir esse potencial, pode-se intervir ao nível da geometria das unidades (com influência directa no seu desempenho térmico), no seu modo de assentamento e na forma de construir a parede, sendo possível responder mais eficazmente às condições locais. O leque de produtos e de soluções existentes para a execução de alvenarias é reduzido, não existindo um sistema que englobe unidades que proporcionem a resolução dos aspectos mais comuns, relativos à execução de paredes nos Açores.

A construção corrente de edifícios, no arquipélago, é caracterizada pelo uso recorrente de paredes envolventes em pano simples, geralmente rebocadas, e de coberturas inclinadas, sendo estas maioritariamente revestidas a telha. Pela relação entre a quantidade de edifícios e fogos, é perceptível o predomínio de edifícios de pequeno e médio porte, podendo as alvenarias estruturais constituir uma alternativa nesse sector.

A habitação ainda é uma área de desenvolvimento positivo nos Açores, a introdução de um sistema de alvenaria que potencie a melhoria da qualidade construtiva desse parque edificado a realizar, introduz um grau de exigência maior, vantajoso tanto para as perspectivas de desenvolvimento do sector da construção, como para o utilizador final.

PARTE 2

Sistema de alvenaria concebido para a realidade açoriana

Capítulo 5

Exigências recentes aplicáveis às paredes na construção de edifícios nos Açores

5 EXIGÊNCIAS RECENTES APLICÁVEIS ÀS PAREDES NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS NOS AÇORES

5.1 Exigências funcionais de paredes

Actualmente, devido às alterações e inovações constantes na actividade da construção, esta tende cada vez mais a ser analisada através de um conjunto de exigências funcionais. Esta análise pode ser aplicada a vários níveis, desde a produção de materiais, passando pelos processos construtivos até às questões de durabilidade. Procura-se assim, abordar o edifício duma forma global, mas também, através do domínio das partes que o constituem.

No caso em estudo, importa salientar as exigências relacionadas com as paredes em alvenaria. A generalidade das principais exigências funcionais neste domínio encontram-se sintetizadas na tabela seguinte.

Tabela 18: Exigências funcionais da parte opaca das paredes (Carvalho, 2002)

GERAIS	DISCRIMINADAS
Estabilidade	- Estabilidade do conjunto e resistência estrutural - Resistência aos choques de corpos sólidos
Segurança contra riscos de incêndio	- Reacção ao fogo - Resistência ao fogo - Acção fisiológica (acção dos produtos de combustão sobre o sistema respiratório, os olhos e a pele)
Segurança no uso	- Segurança no contacto - Segurança às intrusões humanas ou animais
Estanquidade	- Estanquidade à água da chuva - Estanquidade à água no interior (água de lavagem; projecções de água)
Conforto higrotérmico	- Isolamento térmico - Secura dos paramentos interiores (temperatura superficial) - Secura interna (nível de condensação interna)
Ambiente atmosférico	- Emissão de odores pelos materiais
Conforto acústico	- Isolamento sonoro a sons de condução aérea - Nível de ruído emitido pelas paredes (devido a variações dimensionais dos elementos de construção e ao efeito do vento)
Conforto visual	- Aspecto das paredes (linearidade das arestas; planeza geral das superfícies; planeza localizada; defeitos de superfície, homogeneidade da cor; homogeneidade do brilho)
Conforto táctil	- Conforto mecânico ao tocar (rugosidade das superfícies; asperezas; arestas e outras descontinuidades acessíveis)
Higiene	- Emissão ou desenvolvimento de substâncias nocivas ou insalubres (gases, líquidos, poeiras, fungos)
Adaptação à utilização normal	- Adaptação dos revestimentos à sua utilização (resistência aos choques de corpo mole ou de corpo duro; resistência ao arrancamento por tracção ou por pelagem; resistência à riscagem; resistência à água de lavagem e às projecções de água; resistência à formação de nódoas produzidas por produtos químicos ou domésticos; resistência ao enodoamento pela poeira; resistência mecânica a cargas suspensas)
Durabilidade	- Resistência aos agentes climáticos (variações de temperatura e humidade; radiação solar; vento) - Resistência das juntas aos movimentos da fachada (movimentos térmicos; movimentos higrométricos; deformações instantâneas e diferidas) - Resistência à erosão pelas partículas em suspensão no ar - Resistência aos produtos químicos do ar (ozono; dióxido de azoto; dióxido de enxofre,...) - Resistência ao bater das portas

Para algumas das exigências listadas existem regulamentos que enquadram os desempenhos a obter dos edifícios, como os Regulamentos de Térmica, Ruído, Segurança contra Incêndio, entre outros.

No que diz respeito ao fabrico de alvenarias e à sua concepção em projecto, as principais referências são a norma EN 771 e os Eurocódigos 6 e 8 (CEN, 2005; CEN, 2003). A norma NP EN 771-3 (IPQ, 2007), define as especificações para blocos de alvenaria de betão de agregados correntes e leves, permite avaliar a conformidade do produto e inclui os requisitos para a marcação de conformidade CE. A marcação CE condiciona o fabricante à certificação do produto, introduzindo mínimos de qualidade no mercado, com implicações nas características dos produtos, mais ou menos acentuadas, em termos de resistência mecânica, durabilidade, resistência ao fogo, segurança na utilização, isolamento térmico, retenção de calor, protecção do ambiente e higiene e saúde. Os Eurocódigos prevêem o dimensionamento e verificação da estabilidade das alvenarias, quer como elemento estrutural principal de construção, quer apenas como elemento de preenchimento.

Em geral, a construção nos Açores não diferirá das condicionantes construtivas europeias ou nacionais nem, mais especificamente, um sistema de alvenaria à base de blocos de betão de bagacina, segundo a perspectiva exigencial, terá que cumprir regras, normas ou valores tabelados diferentes de outras unidades de betão para alvenaria.

No entanto, apesar do actual contexto normativo europeu preencher lacunas importantes no panorama português, não só por contemplar exigências indutoras de melhoramentos significativos na produção, mas também pelas exigências ao nível da concepção e controle do desempenho das alvenarias, existem alguns factores ligados à especificidade insular açoriana que merecem ser considerados com alguma atenção, de modo a optimizar a eficácia do comportamento das paredes. Esta especificidade traduz-se sobretudo nas exigências de estabilidade, estanquidade e conforto higrotérmico, que abrangem, de um modo geral, as condicionantes locais referidas nos capítulos da primeira parte deste trabalho.

A estabilidade é um parâmetro importante devido à sismicidade inerente ao dia-a-dia do arquipélago. A estanquidade devido à água da chuva, ao seu grau de incidência e à sua associação ao vento. O conforto higrotérmico devido à humidade ambiente e ao problema da secura dos panos das paredes (humidade de infiltração, condensação e capilaridade) e o problema do isolamento térmico em ambiente húmido.

Estas três exigências cruzam-se nas suas sub-exigências e consequentes efeitos ou manifestações patológicas. As paredes, devido às vibrações a que estão sujeitas, podem sofrer fissurações, ficando mais susceptíveis à penetração de água. A retenção de água provoca a

humidificação prolongada das paredes, diminuindo a sua resistência térmica. É um problema global que necessita de considerações parciais e de soluções específicas que não comprometam o desempenho geral do edifício.

Estes aspectos serão tratados de forma a obter condicionantes ou dados operativos, com vista à posterior concepção da unidade de alvenaria e do sistema que integrará, com o intuito de melhorar o desempenho geral das paredes na região.

5.1.1 Estabilidade

O dimensionamento das alvenarias é essencial para uma resposta optimizada da resistência estrutural do edifício face às várias solicitações (cargas permanentes, sobrecargas, deformações térmicas, acidentais) e no caso dos Açores em particular, à acção dos sismos e do vento.

Os fenómenos sísmicos possuem uma grande variabilidade, têm intensidades diversas e movimentos em todas as direcções, sendo os horizontais os mais gravosos no comportamento mecânico global das alvenarias, devido à heterogeneidade e descontinuidade que apresentam como conjunto. Esta heterogeneidade e descontinuidade, inerente às alvenarias, faz com que o seu comportamento como elemento estrutural se torne de difícil caracterização. Este facto é, em parte, responsável pela lenta sedimentação das alvenarias como alternativa estrutural e pelo desprezo, em projecto, das alvenarias de preenchimento, apesar da sua influência no comportamento global do edifício.

Os Eurocódigos 6 e 8 (CEN, 2005; CEN, 2003) introduzem a possibilidade de ultrapassar este problema, através de dimensionamentos mais rigorosos.

O Eurocódigo 6 (CEN, 2005) refere-se às exigências relativas à resistência, comportamento em serviço e durabilidade de projectos de edifícios correntes em alvenarias armadas, não armadas, pré-esforçadas e confinadas. As partes que o compõem estabelecem requisitos para o dimensionamento de alvenarias estruturais e verificação de alvenarias de preenchimento, contemplam a segurança ao fogo e métodos de cálculo simplificados para estruturas de alvenarias não armadas.

Estabelece também, para além da análise estrutural através da verificação dos diferentes esforços a que a alvenaria está sujeita, requisitos para os materiais e para a durabilidade de vários aspectos relacionados com a execução de paredes, como as unidades de alvenaria, as argamassas, os enchimentos de betão, os reforços de aço, as deformações e os componentes auxiliares, assim como indicações de detalhe para a alvenaria, argamassas, reforços, pré-esforço, alvenarias confinadas, ligações de paredes e roços. No que diz respeito às unidades de alvenaria, no caso dos blocos de betão, indica o cumprimento da norma EN 771-3 (IPQ, 2007), já referida anteriormente.

O Eurocódigo 8 (CEN, 2003) complementa o anterior através do dimensionamento das alvenarias em regiões sísmicas. Define, para a generalidade das estruturas, parâmetros para o cálculo em função do tipo de terreno e do risco sísmico. Como princípios orientadores de concepção, define as seguintes características para edifícios resistentes a sismos:

- simplicidade estrutural;
- uniformidade, simetria e redundância estrutural;
- resistência e rigidez bidireccionais;
- resistência e rigidez à torção;
- efeito de diafragma ao nível dos pisos,
- fundação adequada.

No capítulo dedicado às regras específicas para os edifícios em alvenaria, é indicada a resistência à compressão normalizada mínima das unidades de alvenaria, salvaguardando a sua posterior definição na elaboração dos respectivos anexos nacionais. Os valores recomendados são os seguintes:

- normal à face de assentamento: $f_{b,min}$ 5 N/mm^2
- paralelo à face de assentamento, no plano da parede: $f_{bh,min}$ 2 N/mm^2

A definição destes valores ainda se encontra em discussão nacional, pelo que os valores indicados são considerados apenas como referência.

Como se verificou previamente, os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão, com a força aplicada perpendicularmente à face de assentamento, realizados, quer pelo LREC, quer por um fabricante local, demonstraram uma dispersão muito acentuada, facto que provavelmente será ultrapassado ao controlar de forma mais eficaz as várias fases da produção, presentemente descuidadas.

Ainda no Eurocódigo 8 (CEN, 2003), são definidas resistências para a argamassa, tipos de junta, factores de comportamento em função do tipo de construção (alvenaria não armada, confinada ou armada, sendo a penalização maior na primeira) e análise estrutural. Nos critérios de concepção e regras de construção, refere ainda as seguintes medidas:

- Os edifícios em alvenaria são compostos de pavimentos e paredes ligados em duas direcções horizontais ortogonais e na direcção vertical;
- A ligação entre pavimentos e paredes deve ser feita através de ligações metálicas ou de cintas em betão;

- Pode ser utilizado qualquer tipo de estrutura para o pavimento, desde que se cumpra a continuidade e o efeito de diafragma;
- Devem ser previstas paredes resistentes ao corte em pelo menos duas direcções ortogonais;
- As paredes resistentes ao corte devem obedecer a requisitos geométricos mínimos, posteriormente definidos nos respectivos anexos nacionais, no entanto, são recomendados os valores indicados na tabela seguinte, que serão utilizados como referência.

Tabela 19: Requisitos geométricos recomendados para paredes de contraventamento, segundo o Eurocódigo 8 (CEN, 2003)

TIPO DE ALVENARIA	t_{ef} (mm) $_{mínimo}$	(h_{ef}/t_{ef}) $_{máximo}$	(l/h) $_{mínimo}$
Não armada	240	12	0,4
Não armada (baixa sismicidade)	170	15	0,35
Confinada	240	15	0,3
Armada	240	15	Sem restrição

t_{ef} espessura da parede
h_{ef} altura efectiva da parede
h maior altura livre das aberturas adjacentes à parede
l comprimento da parede

As paredes que não satisfaçam os requisitos geométricos indicados na tabela anterior, devem ser consideradas elementos sísmicos secundários.

São também previstos requisitos adicionais para cada caso das alvenarias (não armadas, confinadas e armadas) e regras para edifícios de alvenaria simples.

No caso das alvenarias não armadas, refere que devem ser colocadas vigas de betão ou ligações metálicas no plano da parede em cada piso, ou sempre que o espaçamento vertical entre estas ultrapassar os 4 metros. Estes elementos devem ser contínuos e fisicamente ligados entre si, devendo ser incluídos em toda a periferia da construção.

No caso das alvenarias confinadas, refere que os confinamentos verticais e horizontais devem estar ligados entre si e ancorados à estrutura principal. Os confinamentos em betão armado devem ser executados após a execução da alvenaria. As dimensões das secções transversais dos confinamentos não devem ser inferiores a 150mm e, em paredes duplas, os confinamentos devem ligar os dois panos. A colocação dos confinamentos verticais deve ser efectuada:

- Nos topos livres de cada elemento de parede estrutural;
- Nos dois lados de qualquer vão com uma área superior a 1,5m^2;

- No interior da parede, se esta exceder 5 metros entre elementos confinantes;
- Em intersecções de paredes estruturais sempre que os elementos confinantes referidos anteriormente estejam a uma distância superior a 1,5 metros.

Os confinamentos horizontais devem ser colocadas no plano da parede em cada piso, ou sempre que o espaçamento vertical entre eles ultrapassar os 4 metros.

Como requisitos adicionais para alvenaria armada, refere que o reforço horizontal deve ser colocado nas juntas de assentamento horizontais ou em reentrâncias das unidades, não devendo o seu espaçamento vertical exceder os 600mm. Unidades de alvenaria com reentrâncias devem acomodar o reforço necessário em padieiras e parapeitos. O reforço vertical deve ser colocado em orifícios, cavidades ou furos nas unidades, sendo previsto nos topos livres de cada parede, em todas as intersecções e dentro da parede, sempre que esta exceda um espaçamento superior a 5 metros entre reforços. Os parapeitos e lintéis devem estar interligados de forma regular à alvenaria das paredes adjacentes e ligados a estas por reforços horizontais. A armação das alvenarias visa melhorar a ductilidade, a resistência e o comportamento em serviço.

A ligação das unidades de alvenaria entre si é feita através de argamassa. O preenchimento das juntas verticais é muito importante, na influência do comportamento da alvenaria em zonas sísmicas. O Eurocódigo 8 (CEN, 2003) considera as juntas verticais totalmente preenchidas, quando 40% da espessura da unidade é ocupada por argamassa.

Estas indicações são condicionantes directas na concepção e formalização do sistema de alvenaria. As unidades do sistema devem potenciar a execução destes requisitos pela sua forma e interligação modular. Convém realçar a importância da existência de elementos que facilitem o confinamento, ou o reforço das alvenarias, quer dos panos estruturais, quer dos panos de preenchimento, nas zonas particulares sujeitas a esforços (vãos, cunhais, paredes excessivamente longas ou altas). Salienta-se também, a importância do detalhe destas situações, uma vez que, independentemente das opções que um sistema de alvenaria pode oferecer na resolução das várias questões ligadas à estabilidade das paredes, a dimensão conceptual das alvenarias estruturais em projecto adquire uma importância bastante relevante à qual é necessário atender.

5.1.2 Estanquidade

A chuva, associada ao vento, contribui para o humedecimento das fachadas diminuindo a sua resistência térmica, possibilitando o agravamento dos fenómenos de condensação. Estes fenómenos podem resultar em manchas de humidade associadas a bolores, eflorescências e criptoflorescências.

Os factores climáticos que influenciam a humidificação/secagem das paredes (Alves, Sousa, 2003) são: a humidade relativa e a pressão de vapor; a temperatura; a precipitação; o regime de

ventos; e a insolação. A quantificação da sua influência é difícil, porque são factores com uma grande variabilidade. Os critérios que permitem quantificar as acções simultâneas da chuva e do vento, para garantir a estanquidade das paredes, devem ser definidos em função da intensidade e frequência da chuva, a intensidade, frequência e direcção do vento, simultaneidade de chuva e de vento, orientação da parede, topografia do local onde está implantado o edifício e a rugosidade do terreno.

Henriques (1993) propõe um método para estabelecer um índice de chuva incidente persistente[8] para Portugal, com base no sistema inglês, sendo o único trabalho anteriormente desenvolvido nesse campo em Portugal o de Paiva (1970), onde é avançado um zonamento nacional com base nos graus de exposição das paredes à chuva incidente[9] (Fig. 51). Henriques (1993), aponta como possibilidade de desenvolvimento do seu trabalho a hipótese de constituir dados operativos, que permitam a selecção de soluções construtivas de paredes exteriores através de índices de chuva incidente e índices de chuva incidente persistente. Enquanto um trabalho deste tipo não for efectuado, o zonamento proposto por Paiva (1970) permite a percepção, em termos qualitativos, do grau de incidência de chuva em paredes. Verifica-se assim que a generalidade do arquipélago açoriano situa-se numa zona de exposição média, situação bastante diversa do restante contexto nacional que se encontra, maioritariamente, entre exposição fraca e moderada.

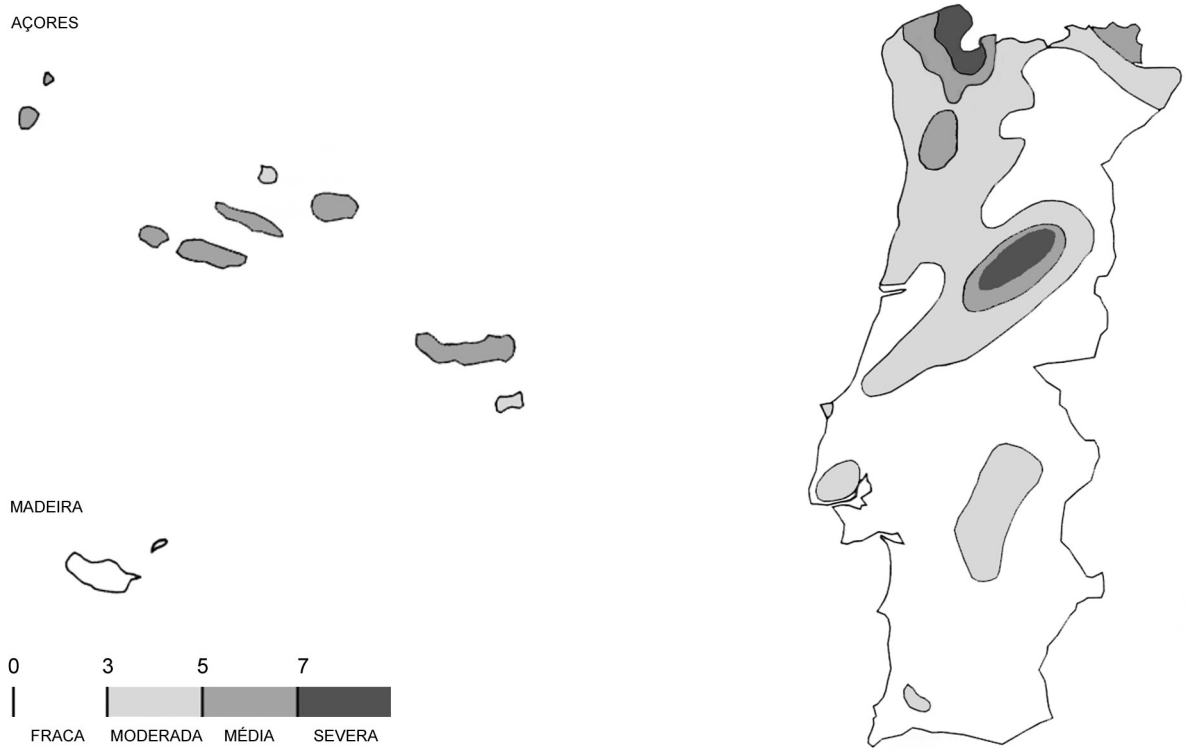


Figura 51: Grau de exposição em função do índice de chuva incidente (m^2/s), segundo Paiva (1970)

8 O índice de chuva incidente persistente é a quantidade máxima de chuva incidente que pode ocorrer de uma forma sequencial durante um determinado período de tempo.

9 O índice de chuva incidente é o produto das médias anuais de precipitação e da velocidade do vento.

É possível estabelecer algumas referências para a selecção das paredes exteriores através dos regulamentos francês e inglês, apesar da sua aplicação não ser directamente transponível para o contexto português, neste caso em específico, dos Açores, devido às diversidades locais, não só climáticas e topográficas, como do tipo de alvenarias e da sua constituição.

O DTU 20.1 "Parois et murs en maçonnerie de petits éléments" (CSTB, 1994) estabelece um guia para a selecção de paredes envolventes exteriores em função do sítio. Os critérios dessa selecção são definidos pela resistência das paredes à penetração da chuva e pela severidade do sítio. Em relação à resistência à penetração da chuva, as paredes são classificadas em quatro tipos:

- Tipo I – não possui revestimento estanque pelo exterior, nem um corte capilar na sua espessura (Paredes de pano simples podendo incluir um isolamento hidrófilo). A sua utilização sem revestimento é apenas considerada para alvenarias de pedra;
- Tipo II – não possui revestimento estanque pelo exterior, mas possui um corte capilar na sua espessura, divide-se em dois sub-tipos – IIa, o corte capilar é feito através de um isolamento não hidrófilo e IIb em que o corte capilar é efectuado por uma lâmina de ar;
- Tipo III – parede dupla em que o paramento exterior não possui revestimento estanque pelo exterior (paredes duplas com caixa de ar);
- Tipo IV – a estanquidade é garantida pelo revestimento exterior.

A severidade do sítio é caracterizada pela localização, exposição e envolvente geral da construção, cada um destes critérios subdivide-se em vários parâmetros:

- Localização da construção;
  a. interior de grandes centros urbanos;
  b. interior de pequenos e médios aglomerados e periferia de grandes centros urbanos;
  c. isoladas em terreno aberto rural;
  d. isoladas em zonas costeiras;

- Altura acima do solo, considerando os seguintes intervalos: menos de 6 metros, entre 6 a 18 metros, entre 18 a 28 metros, entre 28 a 50 metros e entre 50 a 100 metros;

- Existência de protecção, dividindo as paredes entre abrigadas e não abrigadas.

Estes parâmetros encontram também algumas condicionantes particulares que são definidas no regulamento. Assim, em função dos parâmetros definidos anteriormente são estabelecidos dados operativos, sendo recomendadas paredes tipo em que são previstas as situações de alvenaria

aparente e alvenaria revestida.

Tabela 20: Selecção do tipo de parede em função do sítio, segundo DTU 20.1 (CSTB, 1994)

ALTURA ACIMA DO SOLO (m)	LOCALIZAÇÃO - a, b, c		LOCALIZAÇÃO - d		
	PAREDES ABRIGADAS	PAREDES NÃO ABRIGADAS	PAREDES ABRIGADAS	PAREDES NÃO ABRIGADAS	
				ZONA LITORAL	FRENTE DE MAR
ALVENARIAS APARENTES					
< 6	IIa	IIa	IIa	IIb - III	III
6-18	IIa	IIa	IIa	IIb - III	III
18-28	IIa	IIb - III	IIa	III	III
28-100	Situações não previstas, são consideradas casos particulares				
ALVENARIAS REVESTIDAS EXTERIORMENTE					
< 6	I	I - IIa	I	I - IIa	IIb
6-18	I	I - IIa	I	IIa	IIb
18-28	I	I - IIa	I	IIb	IIb - III
28-50		IIa - IIb		III	III
50-100		III - IV		IV	IV

Verifica-se nas paredes de tipo I, onde se enquadra a generalidade das paredes do arquipélago, que a sua utilização com revestimento está destinada sobretudo para paredes de edifícios até aos 28 metros, situação satisfatória para os Açores, face às características da generalidade do edificado, sendo no entanto desaconselhada em situações não abrigadas em frente de mar. Este parâmetro põe em causa funcionalmente uma parte do edificado insular.

Como espessura de referência mínima, para paredes em alvenaria, o DTU 20.1 (CSTB, 1994) refere uma dimensão geral de 200 mm. Na tabela seguinte encontram-se os valores de espessuras mínimas de paredes do tipo I, constituídas por blocos de betão de agregados correntes e leves, em diversas situações.

Tabela 21: Espessuras mínimas de paredes (mm) do tipo I, em função da resistência à penetração da chuva, segundo DTU 20.1 (CSTB, 1994)

	ALTURA ACIMA DO SOLO (m)	ABRIGADA LOCALIZAÇÂO a, b, c, d	NÂO ABRIGADA LOCALIZAÇÂO a, b, c	NÂO ABRIGADA LOCALIZAÇÂO d
BLOCOS DE AGREGADOS CORRENTES	< 6	200	200	-
	6-18	200	275	-
	18-28	200	325	-
BLOCOS DE AGREGADOS LEVES	< 6	225	225	275
	6-18	225	225	-
	18-28	225	225	-

Para as paredes do tipo IV, aponta como dimensões mínimas 150mm para paredes portantes e 100mm para paredes de enchimento.

Analisando seguidamente o regulamento inglês, a norma BS 5628 – Part 3 "Code of practise for the use of masonry. Materials and components, design and workmanship" (BSI, 2005), são definidas categorias de exposição à chuva incidente em função de índices locais, que através da norma BS 8104 (BSI, 1992) permite cálculos para diferentes orientações, sendo considerados factores como o terreno, a topografia, o abrigo e a forma do edifício. De uma forma menos específica, existe também, para edifícios até 12 metros de altura, um procedimento simplificado (BRE; CRC, 1994), através de um zonamento que permite a classificação numa categoria de exposição à chuva, naturalmente assumindo cenários por excesso em termos de severidade.

Os limites dos intervalos das categorias de exposição (Tabela 22) não são rigorosos devido à variabilidade associada à meteorologia, devendo, quando os valores se aproximam desses limites, ser escolhida a categoria em função do conhecimento e da experiência local.

Tabela 22: Categorias de exposição à chuva incidente persistente, segundo BS 5628 – Part 3 (BSI, 2005)

	ABRIGADA	MODERADA	SEVERA	MUITO SEVERA
l/m²	0 - 33	33 – 56,5	56,5 – 100	> 100

A regulamentação inglesa prevê uma série de factores a ter em conta na selecção da solução de parede em função da resistência à penetração da chuva, seguidamente listados:

- tipo de alvenaria;
- composição da argamassa;
- espessura do pano;
- presença de caixa de ar;
- espessura de espaço de ar;
- junta de argamassa, perfil e acabamento;
- presença, tipo e espessura de isolamento em caixa de ar,
- elementos arquitectónicos e experiência local;
- presença de acabamento exterior,
- qualidade de execução.

No que diz respeito à espessura do pano de parede, e em especial em paredes de pano simples, são recomendadas espessuras em função das categorias de exposição, do tipo de alvenaria e do seu revestimento (Tabela 23).

Tabela 23: Espessura mínima (mm) de paredes em pano único em elementos de betão em função da exposição do local à chuva, segundo BS 5628 – Part 3 (BSI, 2005)

		ABRIGADA	MODERADA	SEVERA	MUITO SEVERA
BLOCOS DE AGREGADOS CORRENTES	Sem reboco	215	440	x	x
	Rebocada	90	190	250	x
	Isolada exteriormente	90	90	90	x
	Revestimento impermeável	90	90	90	90
BLOCOS DE AGREGADOS LEVES	Sem reboco	215 (sem textura) 328	440	x	x
	Rebocada	90	190	215	x
	Isolada exteriormente	90	90	90	x
	Revestimento impermeável	90	90	90	90

Para paredes duplas, como mínimo de espessura do pano exterior, o documento refere 90mm, devendo depois ter em conta a caixa de ar e o seu preenchimento parcial ou total.

Através destes regulamentos, verifica-se que a resistência à penetração da humidade de precipitação varia em função da localização geográfica e do grau de exposição, dependendo este último do contexto e da orientação. Transpondo estes critérios para a análise do edificado açoriano, observa-se que a maioria encontra-se em situações gravosas. A proximidade ao mar é evidente, a ilha Terceira é a mais "larga" do arquipélago e possui apenas 19 km de largura, facto que coloca a generalidade dos edifícios na orla marítima, mesmo quando localizados em contextos mais interiorizados. Este grau de exposição, associado à orografia e ao clima nos Açores, provoca necessariamente situações de dificuldade acrescida na secagem dos panos de parede exteriores.

5.1.2.1 O factor abrigo

O factor abrigo é constantemente referido como uma condicionante importante de protecção, propiciada pelos elementos da envolvente, quer sejam naturais ou construídos.

O DTU 20.1 – Partie 3 (CSTB, 1994), define que uma fachada, ou parte de uma fachada, é protegida quando a sua altura acima do solo não ultrapassa os 28 metros, quando a fachada se situa opostamente à acção dos ventos dominantes associados à chuva, e quando a fachada está abrigada dos ventos dominantes pelo relevo, ou por outros edifícios. Estas situações são enquadradas através de parâmetros estabelecidos no referido documento. A utilização de elementos arquitectónicos, como *loggias* ou varandas, também é salientada como aspecto positivo e que, inclusivamente, proporciona um comportamento melhorado em frentes de mar.

A BS 5628 (BSI, 2005), no que diz respeito aos elementos que conferem protecção, refere a existência de árvores, de edifícios vizinhos, e a influência da natureza do terreno na velocidade do

vento. Estes aspectos constituem condicionantes que permitem correcções nos índices de chuva, como já foi referido, tendo em conta o terreno, a topografia, o abrigo local e a forma do próprio edifício.

Na história menos recente da edificação açoriana, o factor abrigo era uma condicionante privilegiada. A implantação tradicional maioritariamente linear no arquipélago, em que as construções se desenvolviam em banda, inicialmente "de costas" para o mar e para as linhas de água, geralmente constituídas por casas baixas, que mantinham uma cércea estável, traduz um modo natural de abrigar as paredes de fachada principais da chuva associada ao vento. Inclusive, esta é uma situação referida como abrigada, no DTU 20.1 (CSTB, 1994). Algumas vezes, a implantação de uma povoação procurava a ajuda do relevo para garantir protecção, como foi referido no capítulo 2.

Os elementos arquitectónicos têm, neste campo, uma função importante. Podem ser concebidos de modo a evitarem a molhagem excessiva ou o escorrimento de água em grandes superfícies das fachadas, devendo também, ser pensados de modo a evitarem a acumulação de água. A construção tradicional também cumpria estes requisitos, através da baixa altura e de beirais expressivos, muitas vezes alinhados com uma varanda ao nível do primeiro piso, nas casas de dois pisos.

Já a frente de mar, que constitui uma situação historicamente recente, mas com uma expressão acentuada, não adiciona cuidados especiais na execução das paredes exteriores, evidenciando comportamentos pouco satisfatórios, reveladores da necessidade de maior atenção.

Relacionando os factores de selecção de paredes, indicados nas normas analisadas, e as regras de concepção sugeridas, com o índice de chuva e a localização de um edifício, revela-se necessário a consideração, no contexto insular, de parâmetros de concepção mínimos para as paredes envolventes, de forma a optimizar o seu desempenho e a garantir a sua estanquidade. Deverão merecer especial atenção os seguintes aspectos:

- A espessura do pano de parede, em particular no caso de pano simples;
- A composição, acabamento e continuidade ou interrupção da argamassa de assentamento;
- O "desenho" da parede, se existem elementos que afastam a água da fachada como beirais, palas, varandas ou arcadas;
- O revestimento exterior;
- As ligações parede/estrutura, parede/caixilharia ou outros pontos singulares da fachada, de modo a garantir a vedação e evitar zonas de acumulação.

O ideal seria garantir um bom comportamento a nível do tosco, através do controle da

porosidade, da absorção de água e do coeficiente de capilaridade das unidades de alvenaria, que associado à relação tosco/acabamento tornasse a parede mais eficaz.

5.1.3 Conforto higrotérmico

O conforto higrotérmico traduz-se na regulamentação portuguesa através do Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (PORTUGAL, Leis, Decretos, etc., 2006), onde são definidos parâmetros para a melhoria do comportamento energético e para a redução de condensações superficiais e no interior das paredes exteriores.

De acordo com a recente versão do RCCTE (PORTUGAL, Leis, Decretos, etc., 2006), a caracterização do comportamento térmico dos edifícios faz-se através da quantificação de um certo número de índices e de parâmetros. Os índices fundamentais são: o *Nic*, necessidades nominais anuais de energia útil para o aquecimento; o *Niv*, necessidades nominais anuais de energia útil para o arrefecimento; o *Nac*, necessidades nominais anuais de energia para a produção de águas quentes sanitárias; e o *Ntc*, necessidades globais de energia primária. Os coeficientes complementares a quantificar são: os coeficientes de transmissão térmica, superficiais e lineares, dos elementos da envolvente; a classe de inércia térmica do edifício; o factor solar dos envidraçados; e a taxa de renovação de ar.

No caso das paredes, os parâmetros mais importantes são o coeficiente de transmissão térmica (U) e a sua contribuição para a inércia térmica do edifício.

O coeficiente de transmissão térmica consiste na quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa um elemento (constituído por um ou vários materiais de espessura constante) por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes interior e exterior. É calculado da seguinte forma:

$$U = \frac{1}{Rsi + \sum j\, Rj + Rse} \quad (1)$$

Em que:
Rj – resistência térmica da camada j (m^2.K/W);
Rsi – resistência térmica superficial interior (m^2.K/W);
Rse – resistência térmica superficial exterior (m^2.K/W).

Em materiais homogéneos, a resistência térmica Rj é o quociente entre a espessura da camada j – d_j (m) - e o valor de cálculo da condutibilidade térmica do material que a constitui - λ_j (W/m.K). Para as camadas não homogéneas, como no caso das alvenarias de bloco de betão, os valores das resistências térmicas podem ser calculados com base em ensaios, através de cálculo

pela norma EN ISO 6946 (ISO, 1996) ou obtidos em tabelas pela norma EN 1745 (IPQ, 2002).

Os valores das resistências térmicas superficiais em paredes são baseados em valores médios, devido aos efeitos de convecção e radiação e às características da superfície da parede. Segundo o RCCTE (PORTUGAL, Leis, Decretos, etc., 2006), estes valores são os indicados na tabela seguinte.

Tabela 24: Resistências térmicas superficiais em paredes (m^2.K/W)

Exterior *Rse*	Local não aquecido *Rse*	Interior *Rsi*
0,04	0,13	0,13

O coeficiente de transmissão térmica deve considerar no seu cálculo a resistência térmica do espaço de ar – *Rar.*

A resistência térmica dos espaços de ar ventilados é caracterizada, nas paredes, a partir do quociente entre a área total de orifícios de ventilação *(s)* mm^2, e o comprimento da parede *(L)* m. Os valores indicados na tabela seguinte, da resistência térmica de espaços não ventilados, devem ser adoptados no cálculo do coeficiente de transmissão térmica, em função da posição e da espessura do espaço de ar.

Tabela 25: Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados

Espessura do espaço de ar (mm)	Resistência térmica *Rar* (m^2.K/W)
5	0,11
10	0,15
15	0,17
De 25 a 50	0,18

Devido às amplitudes térmicas do arquipélago, uma classe de inércia forte será benéfica para a construção, possibilitando a aproximação da temperatura interior das temperaturas médias exteriores, uma vez que os gradientes de temperatura têm uma expressão reduzida.

Ainda, segundo o regulamento, nenhum elemento da envolvente pode ter um coeficiente de transmissão térmica em zona corrente superior aos indicados na tabela seguinte, nem nenhuma zona de qualquer elemento opaco da envolvente pode ter um valor de *U* calculado de forma unidimensional na direcção normal à envolvente, superior ao dobro dos elementos homólogos em zona corrente, respeitando sempre os valores máximos indicados.

Tabela 26: Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos

Elemento da envolvente opaca vertical em zona corrente	ZONA CLIMÁTICA		
	I1	I2	I3
EXTERIOR	1,8	1,6	1,45
INTERIOR	2	2	1,90

Os valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica para elementos da envolvente opaca vertical são os indicados na tabela seguinte.

Tabela 27: Coeficientes de transmissão térmica de referência (U-W/m^2.K)

Elemento da envolvente opaca vertical em zona corrente	ZONA CLIMÁTICA			
	I1	I2	I3	REGIÕES AUTÓNOMAS I1
EXTERIOR	0,70	0,60	0,50	1,40
INTERIOR	1,40	1,20	1	2

O regulamento, para os Açores, define os locais como zonas climáticas em função da altitude, de acordo com a tabela seguinte.

Tabela 28: Zonamento climático dos Açores

ZONAS CLIMÁTICAS DE INVERNO	
I1	Locais até 600m de altitude
I2	Locais entre 600m e 1000m de altitude
I3	Locais acima de 1000m de altitude

ZONA CLIMÁTICA DE VERÃO	
V1	Toda a Região dos Autónoma dos Açores

Através dos dados indicados no regulamento de térmica, pode-se considerar toda a região dos Açores como zona de inverno I1, pois, como foi referido na primeira parte, o edificado é predominantemente costeiro e só em situações pontuais e isoladas existem edifícios acima dos 600 metros de altitude, até porque poucas são as ilhas que atingem os 1000 metros, facto que, associado à orografia das ilhas, proporciona áreas de dimensão reduzida acima dos 600 metros.

No quadro seguinte, sintetizam-se os valores do coeficiente de transmissão térmica das paredes de pano simples (LNEC, 1998) já referenciados no capítulo 4, para os blocos de maiores espessuras (200, 250 e 300mm), considerando reboco dos dois lados (interior e exterior) com espessura de 1,5cm e juntas de assentamento com espessura de 2cm.

Tabela 29: Coeficientes de transmissão térmica U (W/m².K), blocos com 200, 250 e 300mm de espessura

Espessura total de parede (m)	FÁBRICA A	FÁBRICA B	FÁBRICA C
0,23	1,92	1,63	1,90
0,28	1,49	1,50	1,74
0,33	1,37	1,37	1,57

Verifica-se que, para as paredes compostas pelos blocos de maiores espessuras, 250 e 300mm, os valores do coeficiente de transmissão térmica, apesar de alguma variabilidade, aproximam-se do valor de referência do actual regulamento para as Regiões Autónomas de 1,40 W/m².K, no entanto, apenas a situação de espessura total de 330mm das Fábrica A e B, satisfaz o actual regulamento de térmica.

Segundo Sousa (1996) a actuação na geometria das alvenarias melhora o seu desempenho térmico. Assim, é possível através de algumas alterações geométricas nas unidades existentes, e procurando manter as mesmas quantidades médias de material empregue, melhorar a capacidade térmica, mantendo o mesmo custo de fabrico. Será um factor importante a considerar, uma vez que os coeficientes de transmissão térmica de referência na região, ao serem menos severos que no território continental, assim o permitem.

Deste modo, após a actuação sobre a geometria das unidades, e da consequente optimização do comportamento térmico, é possível conceber paredes tipo que respondam de forma melhorada a critérios exigenciais recentes e estabelecer comportamentos de referência, com base nos coeficientes de transmissão térmica, em função da qualidade térmica da envolvente, adequados à realidade açoriana.

5.1.3.1 Condensações superficiais

As condensações superficiais dão-se quando a superfície interna das paredes envolventes se encontra à temperatura igual ou inferior ao ponto de orvalho. As condensações superficiais caracterizam-se pelo aparecimento de fungos nas zonas mais afectadas. Os valores relativos aos máximos admissíveis do coeficiente de transmissão térmica auxiliam o controle das condensações superficiais, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica da parede menor será a probabilidade de condensações superficiais.

Uma ventilação eficaz reduz a humidade relativa do interior de um edifício e a correcção das pontes térmicas possibilita a manutenção de temperaturas superficiais contínuas e o aumento da temperatura interior. A higroscopicidade dos materiais utilizados nos revestimentos também é importante no controle da humidade relativa do ar.

5.1.3.2 Condensações internas

As condensações internas dão-se quando a temperatura ao longo da espessura da parede é igual ou inferior ao ponto de orvalho. Consoante a classificação dos edifícios em função da sua higrometria, devem ser tomadas precauções construtivas.

Logicamente, em paredes com isolamento pelo exterior não devem existir condensações internas e, em paredes com isolamento pelo interior, há o risco acrescido de condensações internas. A colocação de uma barreira pára-vapor e a sua localização são muito importantes nestes casos.

Em paredes de alvenaria de pano simples a argamassa pode representar uma ponte térmica, que pode ser resolvida, ou minorada, através da redução da espessura de juntas, pela ausência de juntas verticais, pela utilização de uma argamassa com características isolantes, ou pela descontinuidade da argamassa entre o exterior e interior. Esta última hipótese também introduz vantagens, como corte capilar.

As unidades do sistema de alvenaria devem potenciar a execução correcta das questões levantadas anteriormente. Não devem, no entanto, proporcionar apenas um comportamento satisfatório da parede em zona corrente opaca, mas também, abranger as situações singulares, onde normalmente se localizam a maioria dos problemas. No caso do comportamento térmico, deve ser dada atenção à minimização das pontes térmicas. Não esquecendo que, para além da térmica, o sistema tem de compatibilizar factores importantes de estabilidade e estanquidade. A sua formalização parte da consideração das condicionantes realçadas por estas exigências e da sua interacção.

Capítulo 6

Requisitos de um sistema para alvenaria à base de bagacina

6 REQUISITOS DE UM SISTEMA PARA ALVENARIA À BASE DE BAGACINA

Desde as alvenarias de pedra até às actuais em bloco de betão, a construção nas ilhas dos Açores privilegiou a execução de paredes de pano simples na envolvente dos edifícios. Devido a essa tradição e à simplicidade da parede de pano simples (em contraste às condicionantes construtivas de uma parede dupla), o sistema de alvenaria proposto centra-se sobretudo na resolução dos problemas inerentes à execução dessas paredes e dos seus requisitos exigenciais, de forma a potenciar a melhoria da sua qualidade.

Um sistema deve possuir uma natureza modular que, para além das unidades base, agregue unidades especiais que permitam responder de forma facilitada às condicionantes específicas, quer relativas ao processo de construção, quer possuindo meios de formalizar as orientações exigenciais desenvolvidas no capítulo anterior, relativas à estabilidade, estanquidade e térmica.

6.1 Estabilidade

Como já foi referido, actualmente as alvenarias de bloco de betão nos Açores são utilizadas apenas como preenchimento de uma estrutura principal, que consiste correntemente num pórtico em betão armado. No entanto, mesmo como preenchimento, as alvenarias devem ser consideradas no comportamento global dos edifícios. Podem também desempenhar um papel estrutural, desde que as unidades respondam a determinados requisitos, e a concepção do projecto e a execução da obra tenham essa condicionante como premissa fundamental.

A utilização estrutural da alvenaria teria vantagens económicas na região. Segundo um estudo sobre a viabilidade técnico-económica da utilização de alvenarias resistentes em edifícios de pequeno porte (Rei, 1999), é possível reduzir o custo de obra de um edifício em alvenaria resistente, por oposição a uma estrutura reticulada de betão, devido ao contributo de vários factores. A alvenaria resistente é, à partida, tecnologicamente mais simples. A quantidade de betão e aço utilizado é menor e a velocidade da obra é maior, pois as paredes e os confinamentos de betão são construídos ao mesmo tempo, implicando que a execução da laje de um piso proceda a finalização do tosco do piso inferior, conciliando assim em obra duas fases normalmente distintas. Estes procedimentos geram uma menor complexidade na gestão dos tempos de obra, de salientar que o uso de cofragem é reduzido. As fundações são contínuas, pois o sistema estrutural também é contínuo, diferindo das secções maiores e pontuais de um pórtico em betão, devido à concentração dos esforços. No entanto, a alvenaria resistente implica um controle maior das argamassas de assentamento e dos roços e, à partida, uma concepção menos livre do espaço.

As alvenarias estruturais são processos correntes em outros países, como a Suíça ou os EUA, em edifícios de pequeno e médio porte como alternativa estrutural, em que a sua viabilidade é

clara, apresentando custos mais reduzidos e uma dependência menor de materiais como o betão e o aço, aumentando assim a perspectiva de sustentabilidade.



Figura 52: Edifício em alvenaria resistente na Suíça

Numa abordagem tectónica, a possibilidade da alvenaria desempenhar uma função resistente e a parede envolvente ser em pano simples, como parâmetros base para o desenvolvimento de um sistema de alvenaria nos Açores, constitui a continuidade de um processo construtivo natural em relação às alvenarias de pedra, que na sua expressão local máxima, o "Estilo Micaelense", assume os princípios fundamentais da lógica construtiva actual da alvenaria confinada. Deste modo, mais do que uma inovação, o uso estrutural das alvenarias de bloco de betão seria o perpetuar de uma lógica construtiva de expressão tectónica, que possibilitaria novos campos de exploração, em que a concepção arquitectónica e as suas possibilidades de expressão formal têm matéria para o desenvolvimento de um "desenho" crítico contemporâneo. Assim, aliando este aspecto à possibilidade de optimização dos recursos insulares, contribui-se para a resolução dos problemas da especificidade local, potenciando o desenvolvimento de outras questões paralelas no sector da construção.

O desempenho estrutural da alvenaria depende ainda da estabilização do comportamento mecânico das unidades. Como se verificou anteriormente, no caso particular da resistência à compressão, a situação actual ainda não é satisfatória, face aos valores recomendados no

Eurocódigo 8 (CEN, 2003). No entanto, este aspecto ainda não constituiu objecto de estudo e desenvolvimento.

No que respeita às condicionantes de estabilidade no desenho das novas unidades de alvenaria, salientam-se os seguintes aspectos:

- O preenchimento das juntas verticais através de bolsas, em pelo menos 40% da espessura da unidade - percentagem considerada no Eurocódigo 8 (CEN, 2003) como equivalente ao preenchimento total;

- Unidades adequadas à execução de confinamentos em betão, garantido as secções mínimas recomendadas no Eurocódigo 8 (CEN, 2003), em paredes resistentes ao corte, de forma a permitirem a execução dos requisitos inerentes à posição e interacção dos confinamentos (como no caso de ligação entre confinamentos verticais e horizontais, ou com outros elementos estruturais).

6.1.1 Espessura mínima dos panos de parede

A espessura das paredes depende da sua função, no caso de ser estrutural ou não, e da sua posição, na envolvente do edifício ou em compartimentação interior.

No caso das alvenarias estruturais, uma das versões mais recentes do Eurocódigo 8 (CEN, 2003) recomenda 240mm como espessura mínima em paredes de contraventamento (Tabela 19). Esse valor encontra-se dentro dos parâmetros mais severos do DTU 20.1 (CSTB, 1994) e da BS 5628 (BSI, 2005) no que diz respeito à estanquidade em paredes exteriores de pano simples (Tabelas 21 e 23, respectivamente).

Em relação à compartimentação não estrutural, a espessura das paredes apenas tem de cumprir alguns requisitos mínimos como o peso próprio ou parâmetros de esbelteza. Assim, as espessuras correntes fabricadas actualmente – 100, 150, 200, 250 e 300mm - satisfazem o pretendido, não sendo necessário quebrar a tradição da produção neste aspecto.

Numa parede envolvente em pano simples a sua espessura é fundamental, não só em termos estruturais, mas também de modo a garantir a estanquidade. Ao serem espessas resolvem, de forma quase automática, estes dois parâmetros. Assim, os blocos de 250mm e de 300mm, serão à partida os mais indicados para a construção da envolvente exterior e de paredes de contraventamento, enquanto que os blocos com espessuras de 100, 150 e 200mm, destinar-se-ão à compartimentação interior não estrutural, sendo considerados elementos sísmicos secundários segundo o Eurocódigo 8 (CEN, 2003).

6.2 Estanquidade

A influência dos factores relacionados com a localização e o abrigo são importantes no comportamento das fachadas face às exigências de estanquidade.

Nos Açores, como as situações mais severas podemos, considerar os edifícios situados em frente de mar, isolados ou em sítios altos. A frente de mar, situação frequente nas ilhas, é normalmente considerada uma das situações mais gravosas, quer nos regulamentos franceses e britânicos, quer no Eurocódigo 6 (CEN, 2005).

Como factores de abrigo, podemos considerar a localização no interior de núcleos urbanos ou a protecção dos ventos dominantes através da topografia ou de outros elementos, como edifícios ou vegetação. No entanto, como é ressalvado nos documentos regulamentares, o conhecimento e a experiência local devem ser levados em conta e podem ser decisivos na avaliação das várias condicionantes.

A resolução do problema da estanquidade em paredes de pano simples, para além dos requisitos de espessura, ou como complemento em situações mais severas é, como se verificou no capítulo anterior, recorrendo a um revestimento impermeável (Tabela 23). Assim, nas situações mais severas deve-se prever um pano de parede com maior espessura ou garantir a estanquidade do revestimento exterior e, quando possível, garantir a protecção das paredes da água da chuva através de elementos arquitectónicos como beirais, palas ou varandas. O prolongamento da cobertura, ou de outros elementos, sobre a fachada garantem protecção, sendo a recolha ou o desvio das águas da cobertura favorável ao comportamento da parede.

Para além da estanquidade das zonas correntes opacas das paredes exteriores, as zonas de descontinuidade como os vãos e as ligações da parede com a estrutura, como no caso da cobertura, colocam frequentemente a estanquidade das paredes em causa, sendo muitas vezes a sua execução débil.

Tomam-se assim, como orientações base relativas à estanquidade, no desenho das unidades de alvenaria os seguintes aspectos:

- A promoção do desencontro dos septos transversais e a descontinuidade das juntas de assentamento, quer horizontais, quer verticais. Estas medidas formam um corte capilar de forma a evitar caminhos preferenciais na humidificação da parede, para além de estabelecerem um corte térmico da argamassa;

- A utilização de unidades especiais, para a execução dos remates correctos na fixação e vedação da caixilharia exterior em todo o seu contorno, associando a possibilidade de

introdução de reforço na zona dos vãos;

- Unidades para forra térmica que garantam uma melhor fixação no caso de confinamentos ou outros elementos estruturais, verticais ou horizontais;

- A utilização de blocos de betão face à vista em fachadas exteriores não encontra expressão no arquipélago. A natureza porosa do material teria um comportamento muito pouco satisfatório em termos de estanquidade, pelo que essa utilização não é considerada no desenvolvimento do trabalho.

6.3 Características térmicas

6.3.1 A unidade

Para a concepção de um sistema de alvenaria, as novas unidades base deverão ter um comportamento térmico bastante mais satisfatório que as actuais. Como se salientou no capítulo anterior, os resultados obtidos no relatório do LNEC (1998), referentes ao coeficiente de transmissão térmica das paredes rebocadas pelo interior e exterior (situação corrente), não se revelam satisfatórios na espessura de tosco de 250mm. Na espessura de tosco de 300mm, duas das três situações são satisfatórias, situando-se porém, muito próximas do actual valor de referência (Tabela 29).

A melhoria do comportamento térmico passa, sobretudo, pela modificação da geometria das unidades e da sua forma de assentamento. Pretende-se também, não alterar de forma substancial a quantidade de material empregue no fabrico dos blocos, de modo a manter o custo de fabrico.

Para tal, em comparação com a generalidade das unidades existentes, procedeu-se à redução da espessura dos septos, neste aspecto a situação actual é muito dispersa (variando os casos estudados no relatório do LNEC (1998) entre os 30mm e os 55mm, sendo 25mm a espessura de septos mais reduzida fabricada actualmente nos Açores). Para além da redução de espessura dos septos, aumentou-se a sua quantidade, no que respeita aos septos longitudinais perpendiculares ao fluxo de calor horizontal, criando assim mais espaços de ar e, consequentemente, aumentando a resistência térmica.

Iniciando assim, a optimização da geometria pela verificação da melhoria térmica através do aumento de espaços alveolares de ar perpendiculares ao fluxo de calor horizontal, submeteram-se os blocos de 250mm e de 300mm, actualmente com 2 ou 3 septos longitudinais cada (Fig. 44), ao cálculo de duas variantes definidas, com 4 e 6 septos longitudinais (Fig. 53) de modo a estabelecer essa influência no coeficiente de transmissão térmica. Optou-se por manter um número ímpar de

fiadas alveolares transversais (3 e 5) de forma a permitir a descontinuidade da argamassa de assentamento de forma simétrica, quer das juntas verticais, quer das juntas horizontais, associada a uma zona intermédia completamente perfurada. Deste modo, a zona central da unidade, ao ser totalmente perfurada e a argamassa interrompida, estabelece-se uma lâmina de ar não ventilada ao longo do eixo da parede.

Relativamente às dimensões gerais das unidades, apesar de se manterem as espessuras existentes, variou-se a altura geral de 200mm para 190mm, considerando a argamassa de assentamento nas juntas horizontais com 10mm de espessura, de modo a possibilitar a modulação vertical de 200mm no total, assente em obra.

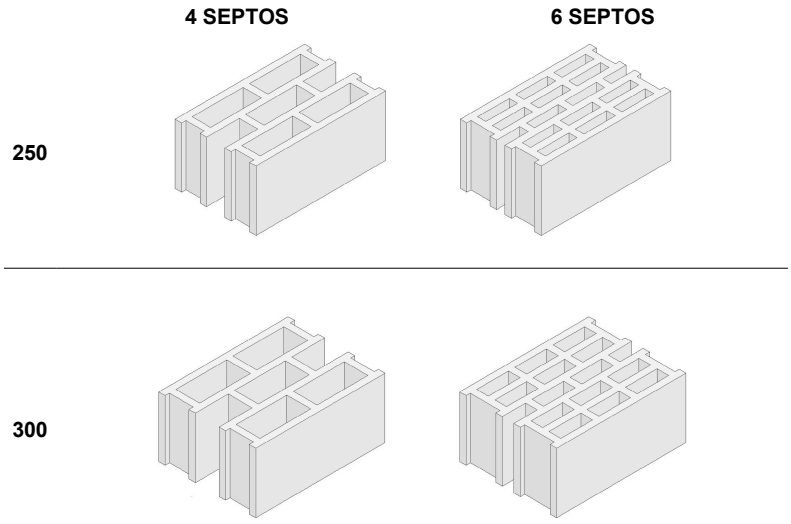


Figura 53: Geometria dos blocos, escala 1/20

Para a verificação da optimização térmica das unidades, através da alteração da sua geometria, recorre-se à via analítica, através da norma ISO 6946 “Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method” (ISO, 1996).

Consideraram-se os valores de cálculo do betão de bagacina obtidos no relatório do LNEC (1998). Desta forma, utiliza-se o mesmo método de cálculo - a norma ISO 6946 - e os mesmos valores de cálculo do referido relatório, obtendo assim resultados que permitem estabelecer comparações directas.

Tabela 30: Valores médios das características do betão de bagacina (LNEC, 1998)

Massa volúmica aparente	λ declarado	Teor de água de equilíbrio em ambiente húmido
(kg/m^3)	λ (W/m.ºK)	(% m/m)
1550	0,54	5,5

Deste modo, a determinação do comportamento térmico depende dos valores existentes, resultantes das condições actuais de produção. Estes valores deixam de parte uma melhoria que ainda se encontra por efectuar, referente às várias fases da produção, nomeadamente no controle dos agregados, na melhoria do material constituinte e nas condições de fabrico e cura. Esta melhoria pode ainda influir significativamente no comportamento global das alvenarias de blocos de betão de bagacina. Os próprios valores tomados como referência do relatório do LNEC, estão estabelecido por excesso, ficando a nota que este aspecto deve merecer atenção futura.

A condutibilidade térmica do betão de bagacina é 0,54 (W/m.K), como se sabe esse valor será diferente nos blocos devido à sua forma. Para o cálculo foram consideradas as juntas de assentamento. O reboco exterior e interior foi desprezado por ser facilmente contemplado posteriormente.

Segundo o relatório do LNEC (1998), os valores de cálculo das condutibilidades térmicas dos materiais, já com a correcção da influência da humidade, são os seguintes:

- betão de bagacina 0,55 W/m.K
- argamassa de assentamento 1,50 W/m.K

A adicionar a estes valores seguem-se os referentes aos diferentes alvéolos (pequenos espaços de ar não ventilados) calculados a partir do anexo B.3 da norma ISO 6946 (ISO, 1996).

- espaços alveolares isolados, calculados com base na expressão seguinte, considerando a sua geometria - sendo os valores (*E*, h_a e h_{ro}) os mesmos utilizados no relatório do LNEC (1998) - apresentando as respectivas resistências e condutibilidades térmicas na tabela seguinte:

$$Rg = \frac{1}{h_a + 0.5 \,.\, E h_{ro} \quad (1+\sqrt{1+d^2/b^2}-d/b)} \qquad (2)$$

Em que:
Rg – resistência térmica do espaço de ar.
d – espessura do espaço de ar;
b – largura do espaço de ar;
E – factor de emitância entre superfícies (E = 0,82);
h_a – coeficiente de condução/convecção (h_a = 1,25 W/m^2.K);
h_{ro} – condutância de um corpo negro (h_{ro} = 5,1 W/m^2.K).

Tabela 31: Características térmicas dos espaços alveolares

250		300	
4 SEPTOS	**6 SEPTOS**	**4 SEPTOS**	**6 SEPTOS**
d = 0,053	d = 0,023	d = 0,070	d = 0,033
b = 0,153	b = 0,095	b = 0,153	b = 0,095
Rg - resistências térmicas dos espaços de ar			
0,207	0,201	0,213	0,208
Condutibilidades térmicas equivalentes = d / Rg			
0,26	0,11	0,33	0,16

A introdução de espaços alveolares de ar é justificável, pois a sua condutibilidade térmica equivalente é inferior ao material constituinte das unidades (Sousa, 1996).

Como a zona intermédia do bloco é totalmente perfurada longitudinalmente, não possuindo um "fundo cego", esta pode assemelhar-se, na constituição de uma parede, a um espaço de ar intermédio não ventilado. No entanto, é considerada no cálculo como uma fiada alveolar sendo, deste modo, o valor final da resistência térmica da unidade obtido por defeito, em relação ao eventual contributo dessa zona como lâmina de ar.

A partir destes dados obtiveram-se os coeficientes de transmissão térmica, indicados na tabela seguinte, de uma parede exterior em zona corrente opaca, construída com as unidades geometricamente melhoradas (exemplo de cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede, em zona corrente opaca, no Anexo A).

Tabela 32: Características térmicas das novas unidades

		250		300	
Septos longitudinais		**4 SEPTOS**	**6 SEPTOS**	**4 SEPTOS**	**6 SEPTOS**
Sem reboco (sem resistências superficiais)	**Rt**	0,61	0,74	0,66	0,81
Sem reboco	**Rt**	0,78	0,91	0,83	0,98
	U	1,28	1,10	1,20	1,02
Com reboco	**Rt**	0,80	1,08	0,85	1,00
	U	1,25	1,08	1,18	1,00

Apenas alterando a geometria da unidade e a sua forma de assentamento, o coeficiente de transmissão térmica melhorou significativamente. As duas situações, com 4 e 6 septos longitudinais, considerando apenas o bloco assente, sem revestimento, garantem um comportamento bastante mais satisfatório e distante do valor de referência - 1,40 W/m^2.K - indicado no RCCTE (Portugal, Leis, Decretos, etc., 2006) para as Regiões Autónomas, como se pode verificar na tabela anterior.

Ambas as situações (4 e 6 septos longitudinais) conseguem uma quantidade de material inferior à média do material usado nos blocos actuais o que, desprezando outras condicionantes como o fabrico de moldes, reduz o custo de fabrico relativo à quantidade de material utilizado. No que diz respeito ao assentamento em obra, implica também, naturalmente, a redução do peso das unidades (Tabela 33).

Tabela 33: Percentagem de furação (área medida na face da secção normal à orientação dos furos) e peso aproximado (unidades de 300mm de espessura)

	Fábrica A	Fábrica B	Fábrica C	Unidade 6 septos
Percentagem de furação	36,6%	20,6%	27,9%	49,5%
Peso aproximado (*)	23,5 kg	29,5 kg	27,0 kg	18,0 kg

(*) Devido à espessura dos septos das unidades actualmente produzidas, estas atingem pesos consideráveis

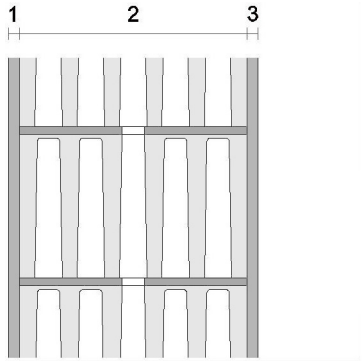
Apesar do bloco com 4 septos longitudinais já possuir um comportamento satisfatório, optou-se por considerar o de 6 septos longitudinais como a unidade base do sistema, devido ao facto de possuir mais massa e, consequentemente, maior resistência mecânica, factores importantes face às necessidades de estabilidade.

6.3.2 Paredes tipo

Estabelecido o coeficiente de transmissão térmica das paredes em zona corrente, determinaram-se valores de referência para vários tipos de paredes exteriores. Para tal recorreu-se às situações mais correntes no arquipélago, sendo efectuada uma referência à situação de parede dupla. Os valores de cálculo, relativos a materiais ainda não mencionados, foram obtidos da ITE50, Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios (Santos, Matias, 2006).

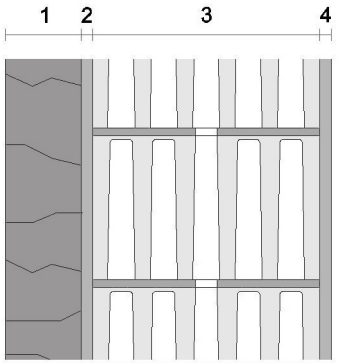
Estabeleceram-se assim, paredes tipo com desempenhos térmicos específicos, sem recurso a isolamentos adicionais.

Tabela 34: Quadro síntese de paredes tipo



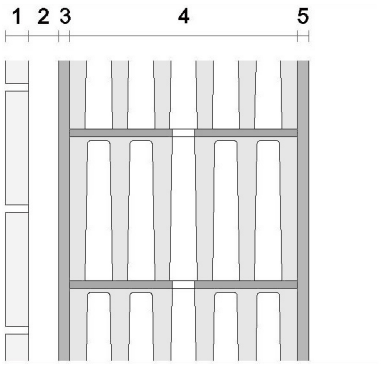
PAREDE 1

	espessura (m)	λ (W/m.K)	R_T (m^2K/W)
Rse	-	-	0,04
1 - reboco	0,015	1,50	0,01
2 – bloco 30	0,30		0,81
3 - reboco	0,015	1,50	0,01
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m^2K)			**1,00**



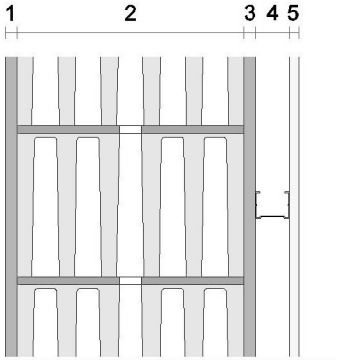
PAREDE 2

	espessura (m)	λ (W/m.K)	R_T (m^2K/W)
Rse	-	-	0,04
1 - pedra	0,10	1,10	0,09
2 – reboco	0,015	1,50	0,01
3 – bloco de 30	0,30		0,81
4 – reboco	0,015	1,50	0,01
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m^2K)			**0,92**



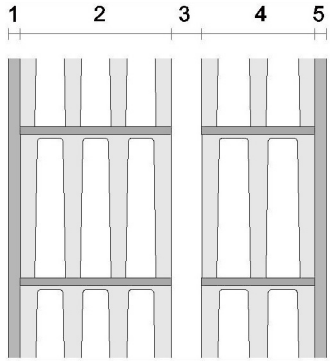
PAREDE 3

	espessura (m)	λ (W/m.K)	R_T (m^2K/W)
Rse	-	-	0,13
1 - madeira	0,025	0,18	-
2 – caixa de ar	0,04		-
3 – reboco	0,015	1,50	0,01
4 – bloco de 30	0,30		0,81
5 - reboco	0,015	1,50	0,01
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m^2K)			**0,92**



PAREDE 4

	espessura (m)	λ (W/m.K)	R_T (m^2K/W)
Rse	-	-	0,04
1 - reboco	0,015	1,50	0,01
2 – bloco 30	0,30		0,81
3 - reboco	0,015	1,50	0,01
4 – caixa de ar	0,035	-	0,18
5 – gesso cartonado	0,013	0,25	0,052
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m^2K)			**0,81**



PAREDE 5

	espessura (m)	λ (W/m.K)	R_T (m^2K/W)
Rse	-	-	0,04
1 - reboco	0,015	1,50	0,01
2 – bloco de 20	0,20		0,49
3 – caixa de ar	0,04	-	0,18
4 – bloco de 15	0,15		0,36
5 - reboco	0,015	1,50	0,01
Rsi	-	-	0,13
Coeficiente de transmissão térmica U (W/m^2K)			**0,82**

A “Parede 1” é a parede mais frequente, neste caso, com um comportamento térmico melhorado. Por ser uma parede em pano simples, revestida a reboco, implica um cuidado maior na caracterização do revestimento exterior, nas aberturas de roços e na resolução de pontes térmicas.

A “Parede 2” é uma parede composta, muito utilizada recentemente por motivos estritamente estéticos, em que são coladas à alvenaria pedras de dimensões reduzidas, mas com alguma espessura, e com a face exterior regularizada. Este tipo de solução implica disposições construtivas particulares em paredes altas e quando o revestimento cobre áreas de grande dimensão.

A “Parede 3” é outra solução que tem vindo a ser aplicada recentemente. Consiste numa fachada ventilada, normalmente em madeira. A excessiva ventilação da caixa de ar não permite a sua consideração na contribuição do desempenho térmico da parede. No entanto, a fachada ventilada é uma opção a considerar com benefícios óbvios, pois proporciona um comportamento melhorado da fachada em relação à chuva incidente, sempre que o revestimento exterior for contínuo e estanque à água.

A “Parede 4” apresenta várias vantagens. Possui um coeficiente de transmissão térmica de 0,81 W/m^2K, conseguido através da colocação, pela face interior, de uma placa de gesso cartonado, o que adiciona mais um espaço de ar à composição da parede e introduz, sem a necessidade de abrir roços na alvenaria, a possibilidade de uma zona para a passagem das várias instalações infra-estruturais inerentes ao funcionamento de um edifício. Tem a vantagem adicional do gesso cartonado funcionar como material higroscópico no controle do ambiente interior. Possibilita também a fácil correcção de qualquer ponte térmica pelo interior.

A “Parede 5” é uma parede dupla, implica disposições construtivas particulares, entre as quais as de estabilidade, como a garantia da ligação efectiva dos dois panos de parede. O seu

desempenho térmico é semelhante à “Parede 4”, podendo obviamente ser melhorado, sem recurso a isolamentos térmicos, através do aumento da espessura das unidades que a constituem, implicando também um custo maior relativo ao tosco da parede.

6.4 Concepção do sistema

No desenho das unidades base do sistema, bem como das unidades acessórias especiais, foram consideradas as exigências funcionais e os problemas inerentes à execução de paredes, como os princípios orientadores e definidores da sua formalização. No início deste capítulo, foram salientadas as condicionantes do desenho das unidades, em relação aos requisitos das exigências funcionais seleccionadas. A base teórica de concepção do sistema também considerou, como intenção geométrica, a modulação de todas as unidades, incluindo meias peças em comprimento e em altura, de forma a evitar cortes desnecessários e a manter a regularidade do aparelho.

6.4.1 Unidades base

As dimensões gerais das unidades base, como foi salientado anteriormente, têm como referência as espessuras existentes. No que respeita ao comprimento, as novas unidades continuam também a seguir os mesmos parâmetros dimensionais existentes mais generalizados, 500mm para as espessuras de 100, 150 e 200mm, e 400mm de comprimento para as espessuras de 250 e 300mm. A altura das unidades foi alterada para 190mm, prevendo que a argamassa das juntas horizontais seja executada com uma espessura média de 10mm. As paredes e septos dos blocos foram reduzidas para uma espessura mínima de 20mm.

As unidades de 250 e 300mm, destinadas à execução de paredes exteriores e de contraventamento, são totalmente furadas na zona intermédia do bloco, no sentido longitudinal, possibilitando a interrupção da argamassa de assentamento nessa zona, estabelecendo um corte capilar e térmico, que se revela benéfico em alvenarias de pano simples. Esta interrupção da argamassa é efectuada, quer nas juntas horizontais, quer nas verticais, abrangendo estas sempre uma dimensão superior a 40%, relativamente à espessura do bloco. Devido à forma das unidades, ao serem assentes numa fiada horizontal, estas formam bolsas entre si, sendo as juntas verticais executadas através do seu preenchimento.

Relativamente às restantes espessuras de 100, 150 e 200mm, as juntas são argamassadas na sua totalidade, sendo as verticais também, através de uma bolsa resultante do seu assentamento em fiada horizontal.

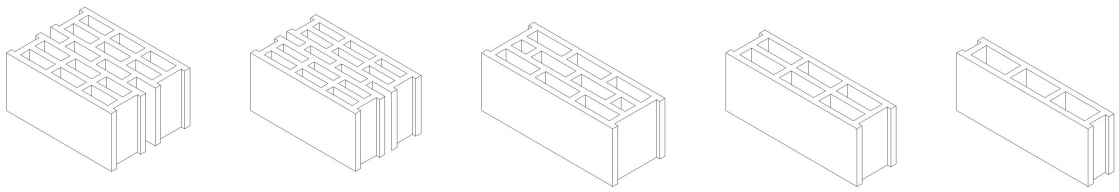


Figura 54: Unidades base do sistema, escala 1/25 – 300, 250, 200, 150 e 100mm de espessura

Todas as unidades base prevêem, para além dos meios módulos, quer em altura, quer em comprimento, uma unidade com configuração idêntica, apresentando num dos topos a face plana.

6.4.2 Unidades especiais - acessórios

As unidades especiais contemplam a resolução das situações particulares correntes na construção de edifícios de pequeno e médio porte e prevêem a execução de alguns dos requisitos estabelecidos nos Eurocódigos 6 e 8 (CEN, 2005; CEN, 2003). Essas peças destinam-se à execução de confinamentos horizontais e verticais em betão (ou para o apoio à execução de elementos estruturais em betão), à execução de vãos (assentamento de caixilharia e reforço perimetral), colocação de estore e forra térmica.

Para a concepção das unidades especiais destinadas à execução dos confinamentos verticais em situação de ângulo, intersecção de paredes, vãos (ombreiras) e confinamento de paredes ao longo destas, é prevista uma secção mínima de 0,0225m^2 (150x150mm) e outra de 0,04m^2 (200x200mm), na espessura de 300mm. Na espessura de 250mm, apenas é prevista uma secção de 0,0225m^2 (150x150mm). Estas secções resultam dos requisitos definidos no Eurocódigo 8 (CEN, 2003), em relação à alvenaria confinada, em que as dimensões das secções dos elementos confinantes não podem ter dimensões inferiores a 150mm. Os confinamentos horizontais para a situação de vigas, cintas ao longo da altura da parede, padieiras e peitoris possibilitam as mesmas secções, de forma a obter-se continuidade nos elementos em betão ou combinações de secções diferentes em elementos horizontais e verticais. Estas combinações de secções também conciliam a correcção térmica dos elementos de betão, de forma a minimizar a heterogeneidade inerente às estruturas de alvenaria.

Previu-se a correcção térmica através da concepção de uma unidade de forra, que permitisse a compatibilização com as unidades destinadas à execução dos confinamentos em betão, quer horizontais, quer verticais, bem como outros elementos de betão, como vigas ou pilares no caso de uma estrutura reticulada. Essa compatibilização engloba as duas dimensões previstas para a envolvente, de 250 e 300mm de espessura, mantendo estas uma relação de apoio superior aos 2/3, em secção transversal.

As figuras das tabelas seguintes representam o modelo teórico do sistema de alvenaria

descrito. As unidades estão dispostas da seguinte forma, a peça base surge associada à linha "nnn.A" (sendo "nnn" a espessura da unidade) e à coluna "01", as unidades especiais seguem o desenvolvimento da coluna "01" e as restantes colunas - "02", "03" e "04" - apresentam, em cada linha, as meias peças respectivas (meio comprimento e meia altura).

Tabela 35: Unidades de 300mm de espessura

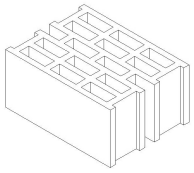
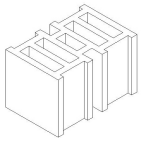
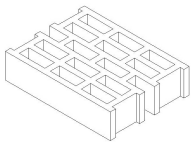
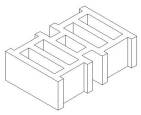
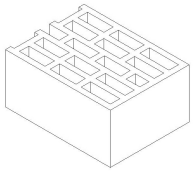
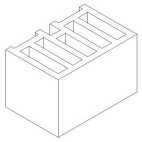
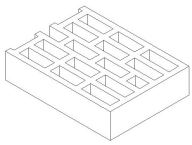
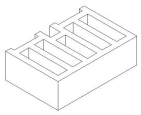
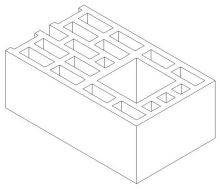
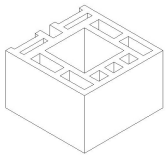
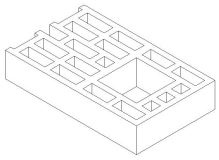
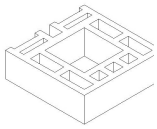
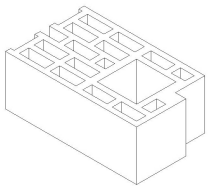
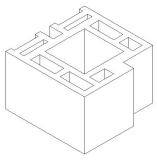
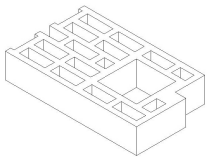
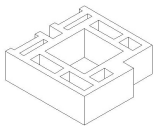
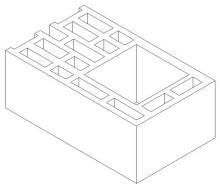
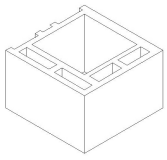
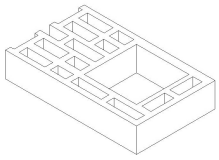
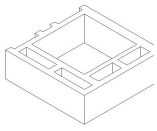
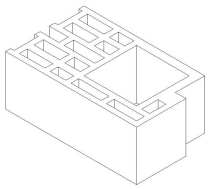
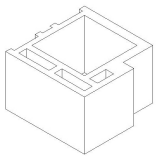
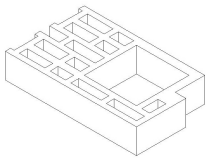
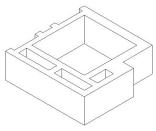
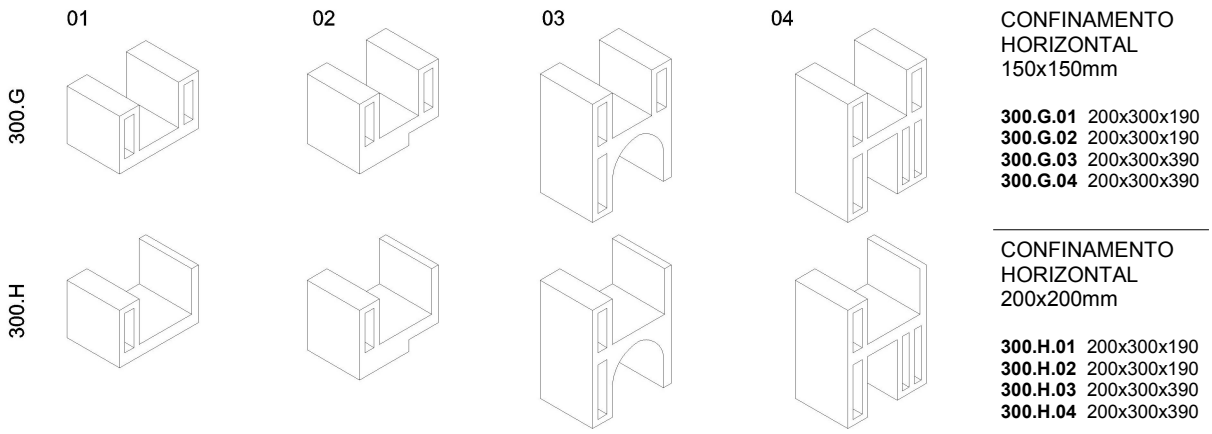
	01	02	03	04	
300.A					UNIDADE BASE **300.A.01** 400x300x190 **300.A.02** 200x300x190 **300.A.03** 400x300x90 **300.A.04** 200x300x90
300.B					TOPO LISO **300.B.01** 400x300x190 **300.B.02** 200x300x190 **300.B.03** 400x300x90 **300.B.04** 200x300x90
300.C					CONFINAMENTO VERTICAL 150x150mm **300.C.01** 500x300x190 **300.C.02** 200x300x190 **300.C.03** 500x300x90 **300.C.04** 200x300x90
300.D					CONFINAMENTO VERTICAL 150x150mm com ressalto para caixilharia **300.D.01** 500x300x190 **300.D.02** 200x300x190 **300.D.03** 500x300x90 **300.D.04** 200x300x90
300.E					CONFINAMENTO VERTICAL 200x200mm **300.E.01** 500x300x190 **300.E.02** 200x300x190 **300.E.03** 500x300x90 **300.E.04** 200x300x90
300.F					CONFINAMENTO VERTICAL 200x200mm com ressalto para caixilharia **300.F.01** 500x300x190 **300.F.02** 200x300x190 **300.F.03** 500x300x90 **300.F.04** 500x300x90

Tabela 35: (continuação) Unidades de 300mm de espessura



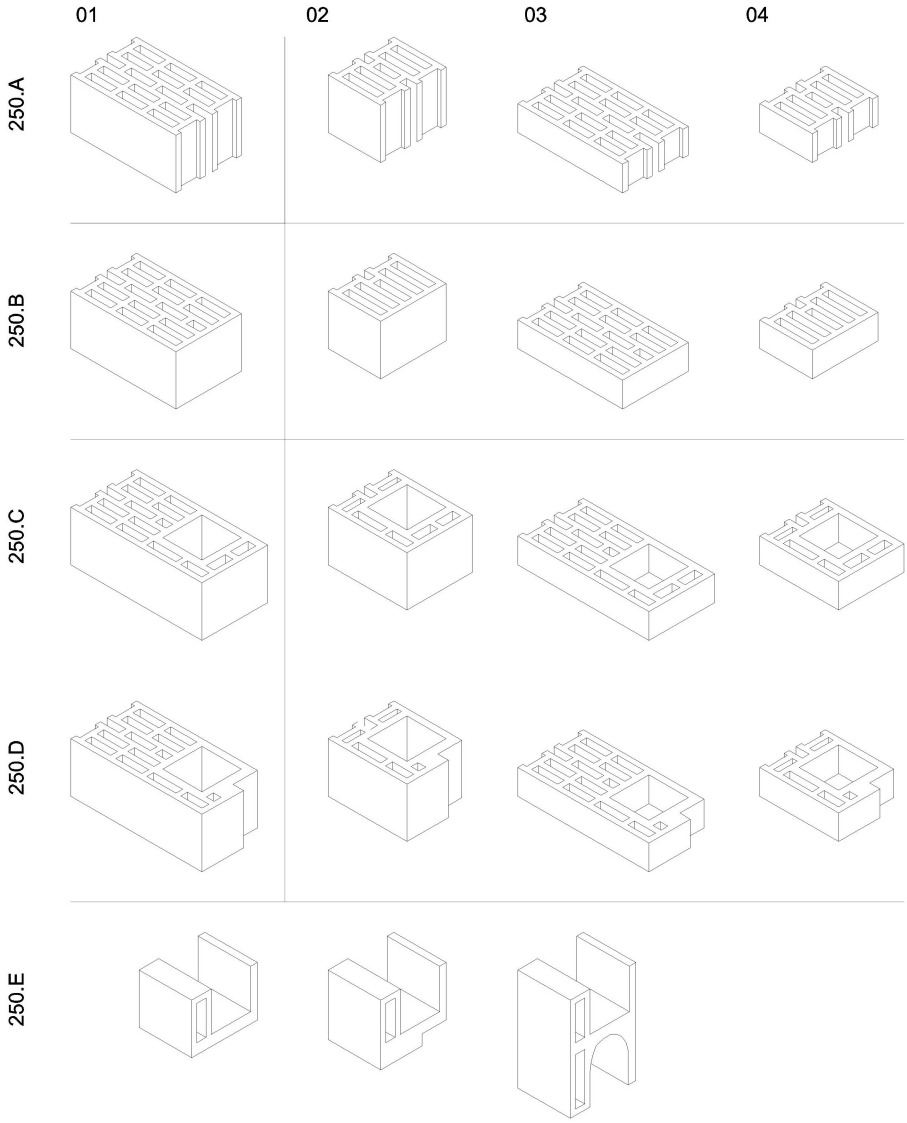
As unidades destinadas à envolvente e às paredes de contraventamento (Tabela 35 e 36) apresentam uma maior quantidade de elementos, em relação às restantes espessuras (Tabela 38). Este aspecto, relaciona-se com o facto de proporcionarem a execução de confinamentos e soluções específicas de fachada, como os vãos exteriores.

A unidade especial para assentamento de caixilharia, possui duas funções: prevê um ressalto para a correcta aplicação da caixilharia permitindo a sua melhor vedação; e permite o reforço do vão através de confinamentos verticais. É possível conciliar esta unidade com outras destinadas a confinamentos horizontais, como a que permite também, a colocação de um estore.

As unidades (representadas nas tabelas com a face inferior para cima) possuem um "fundo cego", o que implica uma orientação no assentamento. No caso das unidades destinadas aos vãos, de modo a obter-se as duas ombreiras laterais, o sistema representado implica a existência de unidades simétricas ou a obtenção do ressalto por corte (opções que, respectivamente, reduziriam ou aumentariam o leque de unidades representadas). No entanto, a unidade destinada aos confinamentos de 200x200mm, ao ser assimétrica, devido à compatibilidade com a forra térmica, implica sempre a necessidade de uma unidade simétrica.

As unidades de 100, 150 e 200mm de espessura (Tabela 38) limitam-se a três tipos de unidades, a unidade base, a unidade com topo liso, que se subdividem nos respectivos meios módulos, e finalmente, uma unidade destinada à execução de lintéis. O eventual confinamento vertical destas paredes será garantido por elementos de betão, da espessura da parede, pois destinam-se a paredes divisórias, consideradas como elementos sísmicos secundários, ou com utilização em paredes exteriores de pano duplo, o que requer outras condicionantes e disposições construtivas.

Tabela 36: Unidades de 250mm de espessura



UNIDADE BASE

250.A.01 400x250x190
250.A.02 200x250x190
250.A.03 400x250x90
250.A.04 200x250x90

TOPO LISO

250.B.01 500x250x190
250.B.02 200x250x190
250.B.03 500x250x90
250.B.04 200x250x90

CONFINAMENTO VERTICAL 150x150mm

250.C.01 500x250x190
250.C.02 200x250x190
250.C.03 500x250x90
250.C.04 200x250x90

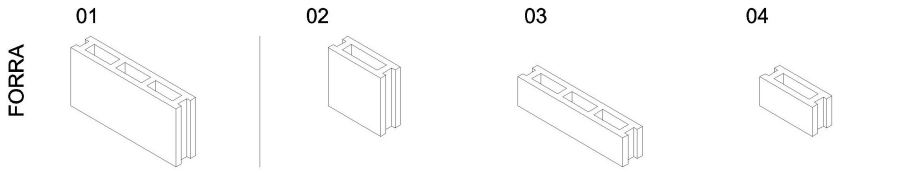
CONFINAMENTO VERTICAL 150x150mm com ressalto para caixilharia

250.D.01 500x250x190
250.D.02 200x250x190
250.D.03 500x250x90
250.D.04 200x250x90

CONFINAMENTO HORIZONTAL 150x150mm

250.E.01 200x250x190
250.E.02 200x250x190
250.E.03 200x250x390

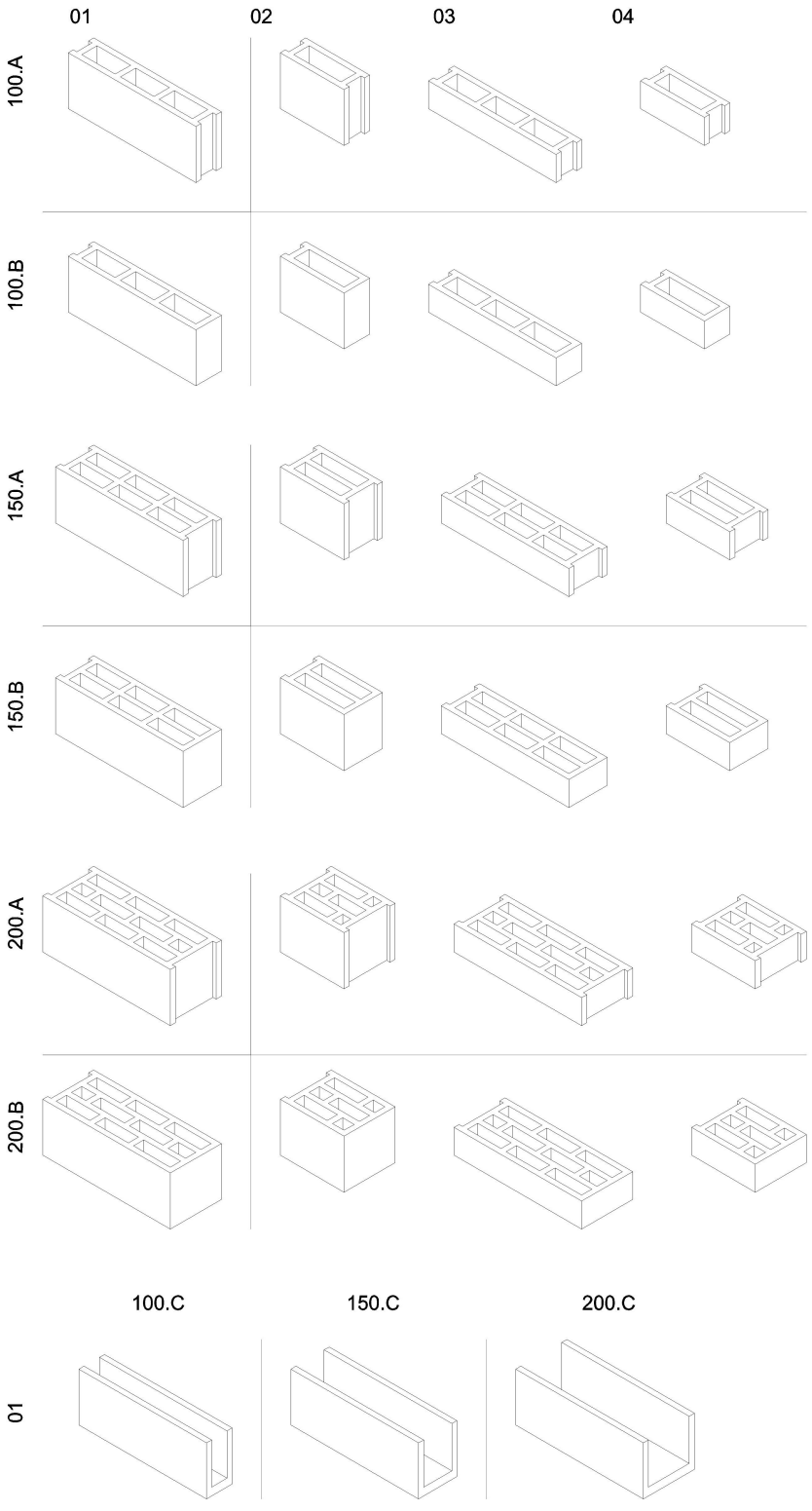
Tabela 37: Unidades de forra térmica



UNIDADE FORRA

F.01 400x75x190
F.02 200x75x190
F.03 400x75x90
F.04 200x75x90

Tabela 38: Unidades de 100, 150 e 200mm de espessura



UNIDADE BASE

100.A.01 500x100x190
100.A.02 250x100x190
100.A.03 500x100x90
100.A.04 250x100x90

TOPO LISO

100.B.01 500x100x190
100.B.02 250x100x190
100.B.03 500x100x90
100.B.04 250x100x90

UNIDADE BASE

150.A.01 500x150x190
150.A.02 250x150x190
150.A.03 500x150x90
150.A.04 250x150x90

TOPO LISO

150.B.01 500x150x190
150.B.02 250x150x190
150.B.03 500x150x90
150.B.04 250x150x90

UNIDADE BASE

200.A.01 500x200x190
200.A.02 250x200x190
200.A.03 500x200x90
200.A.04 250x200x90

TOPO LISO

200.B.01 500x200x190
200.B.02 250x200x190
200.B.03 500x200x90
200.B.04 250x200x90

LINTÉIS

100.C.01 500x100x190
150.C.01 500x150x190
200.C.01 500x200x190

As dimensões possíveis para a execução de confinamentos, previstas através das unidades,

são limitadas. A possibilidade de abrangerem dimensões maiores não se justifica, uma vez que os elementos de betão começam a exceder a espessura da unidade e a possibilidade de forra térmica adequada. Maiores secções, também significam estruturas de betão. No entanto, as unidades para a execução de confinamentos podem ser transformadas, através de cortes mecânicos, abrangendo assim, um número mais vasto de possibilidades (Fig. 55). Estas unidades podem prever a inclusão de secções de elementos de betão mais significativas (Fig. 56), devendo, no entanto, este tipo de situação ser alvo de atenção cuidada em projecto.

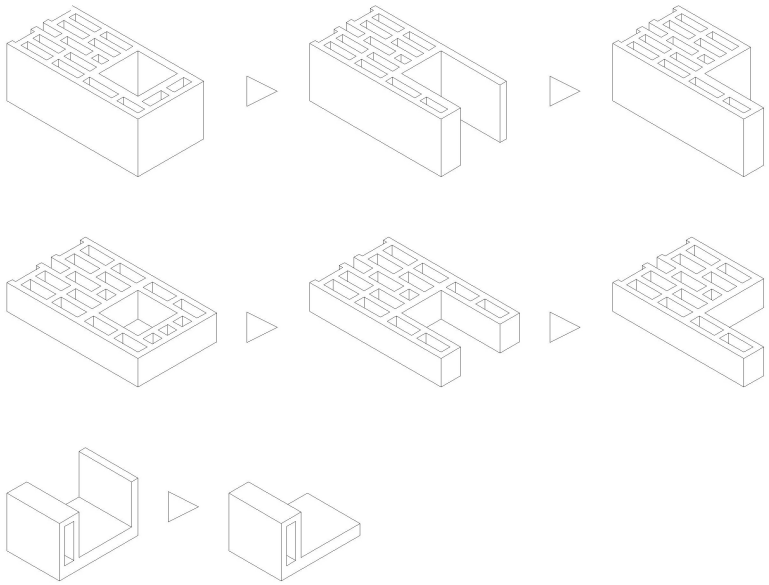


Figura 55: Diversidade de situações previstas através de corte mecânico

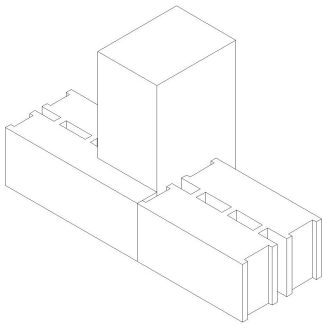


Figura 56: Possibilidade das unidades abrangerem maiores secções

6.5 Selecção das características do sistema

Sintetizando o conjunto da informação anterior, os parâmetros essenciais na escolha da parede face ao seu desempenho, encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 39: Quadro síntese – relação entre a espessura das paredes e as exigências seleccionadas

Espessura das paredes (mm)	Estabilidade		Coeficiente de transmissão térmica	Estanquidade pano de parede exterior	
	estrutural	Não estrutural	(zona opaca, sem revestimento) U (W/m²K)	DTU 20.1	BS 5628 exposição severa
Forra térmica 75	X	Apenas como forra térmica	2,21	X	X
100	X	Sim	2,57	X	Sim com revestimento isolante ou impermeável
150	X	Sim	1,89	X	
200	X	Sim	1,51	X	
250	Sim	Sim	1,10	Sim excepto paredes não abrigadas na localização - **d**	Sim
300	Sim	Sim	1,02	Sim em paredes não abrigadas na localização - **d** - até 6 metros de altura	Sim

6.6 O sistema mínimo

O modelo teórico apresentado implica uma quantidade de peças que não se revelaria eficaz, numa fase de transição, de um processo construtivo que assenta actualmente numa simples alvenaria de preenchimento, com um leque de opções limitado, para um sistema de alvenaria. A própria viabilidade do sistema pode ser colocada em causa, devido a um número excessivo de peças.

Com o intuito de reduzir a quantidade de unidades, de modo a não inviabilizar o sistema pela dispersão de peças e a aumentar a sua versatilidade, tentou-se constituir um sistema mínimo, considerando a passagem do modelo teórico a um eventual modelo inicial de fabrico.

Para tal, desprezam-se as unidades de meia altura, excepto nas unidades destinadas a forra térmica, pois possibilitam intervalos mais diversificados em elementos estruturais. Assim, as dimensões em altura passam a reger-se pela dimensão da unidade base. As unidades de meio comprimento também são excluídas, passando a ser obtidas através do corte mecânico da unidade base. A peça destinada à execução dos confinamentos verticais passa a abranger, através de corte, uma diversidade maior de situações, incluíndo o ressalto para o assentamento da caixilharia dos dois lados da peça. A mesma unidade, através de um corte transversal e de uma rotação de 90º permite executar lintéis e confinamentos horizontais.

As peças de 250mm de espessura são desconsideradas para o uso na envolvente exterior em pano simples, reduzindo, desta forma, a quantidade de unidades especiais destinadas à execução

de confinamentos.

Esta redução de unidades, através da supressão de alguns elementos e do aumento da capacidade de uma unidade em abranger mais opções, reduz de forma bastante expressiva a quantidade de elementos, como se verifica nas tabelas seguintes.

Tabela 40: O sistema mínimo (unidade de 300mm de espessura)

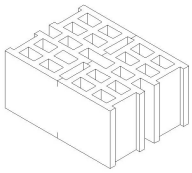
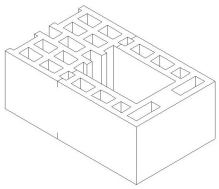
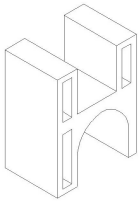
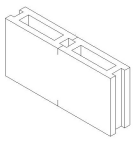
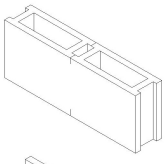
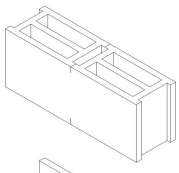
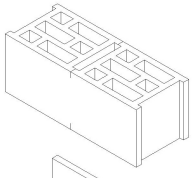
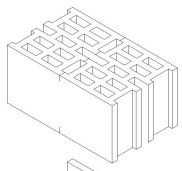
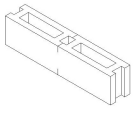
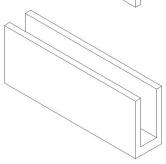
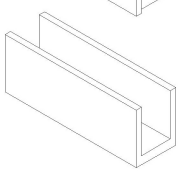
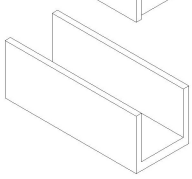
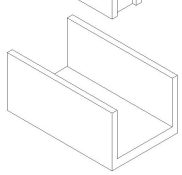
300.A	01 	UNIDADE BASE **300.A.01** 400x300x190 Unidade destinada à envolvente e paredes de contraventamento. Através de corte mecânico permite a divisão em duas unidades de meio comprimento (200x300x190).
300.B		CONFINAMENTO VERTICAL **300.B.01** 500x300x190 Unidade destinada à envolvente e paredes de contraventamento. Permite através de corte, a criação de um ressalto para o assentamento da caixilharia, ou a divisão em duas unidades, uma de meio comprimento (200x300x190), e uma de lintel, rodada 90 graus (190x300x300). Permite também, através de corte, outras situações (Fig. 57).
300.C		CONFINAMENTO HORIZONTAL **300.C.01** 200x300x390 Unidade destinada à envolvente. Permite a execução de um confinamento horizontal associado à colocação de estore.

Tabela 41: O sistema mínimo (unidades de 100, 150, 200 e 250mm de espessura)

	FORRA	100.A	150.A	200.A	250.A
01					
02					
	F.01 400x75x190 **F.02** 400x75x90	**100.A.01** 400x100x190 **100.A.02** 400x100x190	**150.A.01** 400x150x190 **150.A.02** 400x150x190	**200.A.01** 400x200x190 **200.A.02** 400x200x190	**250.A.01** 400x250x190 **250.A.02** 400x250x190

Todas as unidades possibilitam a obtenção de meio comprimento através de corte.

Deste modo, o sistema passaria a integrar, no caso da envolvente (300mm de espessura) apenas três unidades. Nas restantes espessuras (250, 200, 150 e 100mm de espessura) limitaria-se à unidade base e uma unidade para lintel. A forra térmica consistiria em duas unidades.

A figura seguinte evidencia a versatilidade de opções que o sistema permite através de corte da unidade 300.B.01.

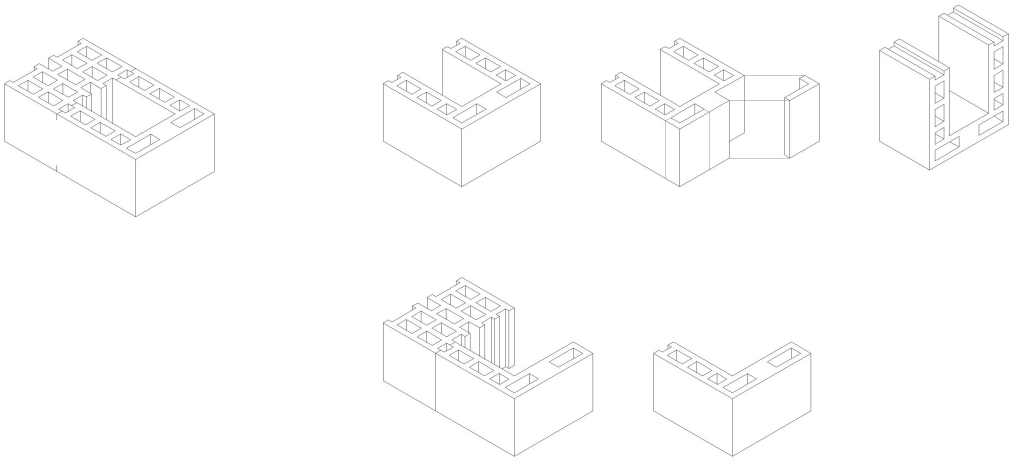


Figura 57: Versatilidade da unidade através de corte

O sistema mínimo tem como principal desvantagem, a versatilidade depender da necessidade de efectuar cortes mecânicos, devido aos eventuais danos que as unidades podem sofrer. No entanto, como principal vantagem, salienta-se o facto de possuir uma quantidade de unidades semelhante a uma produção actual de elementos para alvenaria.

Capítulo 7

Detalhes do sistema

7 DETALHES DO SISTEMA

7.1 Execução de alvenarias de bloco de betão de bagacina

De seguida, serão apresentados alguns detalhes, onde se demonstra a aplicação do sistema na resolução dos pontos singulares relativos às orientações regulamentares e às situações mais usuais em construção corrente, enquadrando os principais aspectos que a execução das paredes deve respeitar.

A integração do sistema na fase conceptual de projecto é importante, quer na opção pela sua capacidade estrutural, quer na opção pela simples função de preenchimento, de modo a contemplar a sua natureza modular na métrica do projecto.

7.1.1 Modulação

A modularidade do sistema define, implicitamente, as cotas de tosco e de acabamento. A consideração deste aspecto permite evitar cortes de peças e manter, dentro da heterogeneidade da alvenaria, uma regularidade geométrica. Sendo assim, a altura das paredes e o seu fecho devem contemplar unidades inteiras, podendo a altura variar em relação à dimensão do módulo base, recorrendo às unidades de meia altura. As unidades devem ser colocadas contrafiadas ao longo do desenvolvimento vertical da parede.

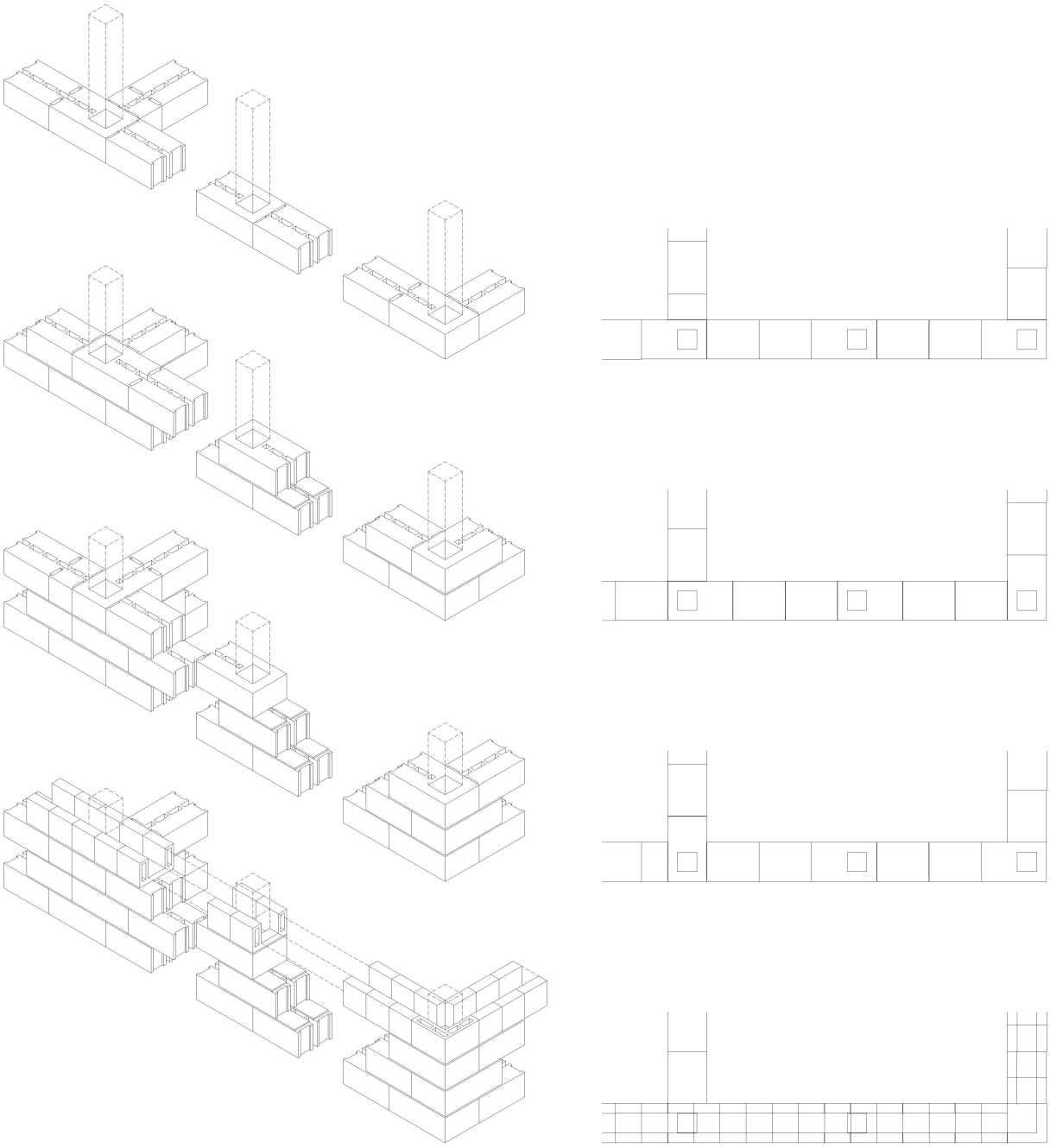
A modulação do sistema, para além de conferir regularidade geométrica, potencia o cumprimento de vários requisitos colocados pelos regulamentos, como a execução de confinamentos. Em projecto, a organização modular deve ser disposta ao longo da parede, em planta e corte, prevendo as aberturas e a geometria das paredes de contraventamento e secundárias.

7.1.1.1 Pontos singulares

As unidades especiais, destinadas à execução dos confinamentos, associam-se à modulação do sistema de forma a ligar a zona corrente das paredes às zonas singulares.

A figura seguinte demonstra a capacidade, das unidades destinadas à execução de confinamentos, de conciliarem diversas situações no desenvolvimento de uma parede. Neste caso, a execução de confinamentos verticais, utilizando a mesma unidade, numa intersecção de paredes em “T”, num confinamento posicionado ao longo do pano da parede, e num cunhal. É também visível a ligação das situações anteriores a um confinamento horizontal, que poderia, eventualmente, situar-se ao longo da altura da parede ou constituir o apoio de uma laje.

Este esquema básico, demonstra a possibilidade de ligação vertical e horizontal, entre paredes e pavimentos, em duas direcções ortogonais.



AXONOMETRIA PLANTA

Figura 58: Confinamentos verticais e ligação a confinamento horizontal (esc. 1/50)

No desenvolvimento de uma parede, uma das zonas singulares cujo tratamento merece especial atenção, devido à descontinuidade pontual que provoca, são os vãos. Neste caso, o sistema prevê que a dimensão do vão resulte da sua modularidade, possibilitando a execução de

confinamentos ao redor do vão e a ligação dos elementos verticais a outros confinamentos horizontais contínuos ou a um elemento estrutural (Fig. 59 e 60). O mesmo princípio é utilizado em vãos interiores e em topos livres de parede.

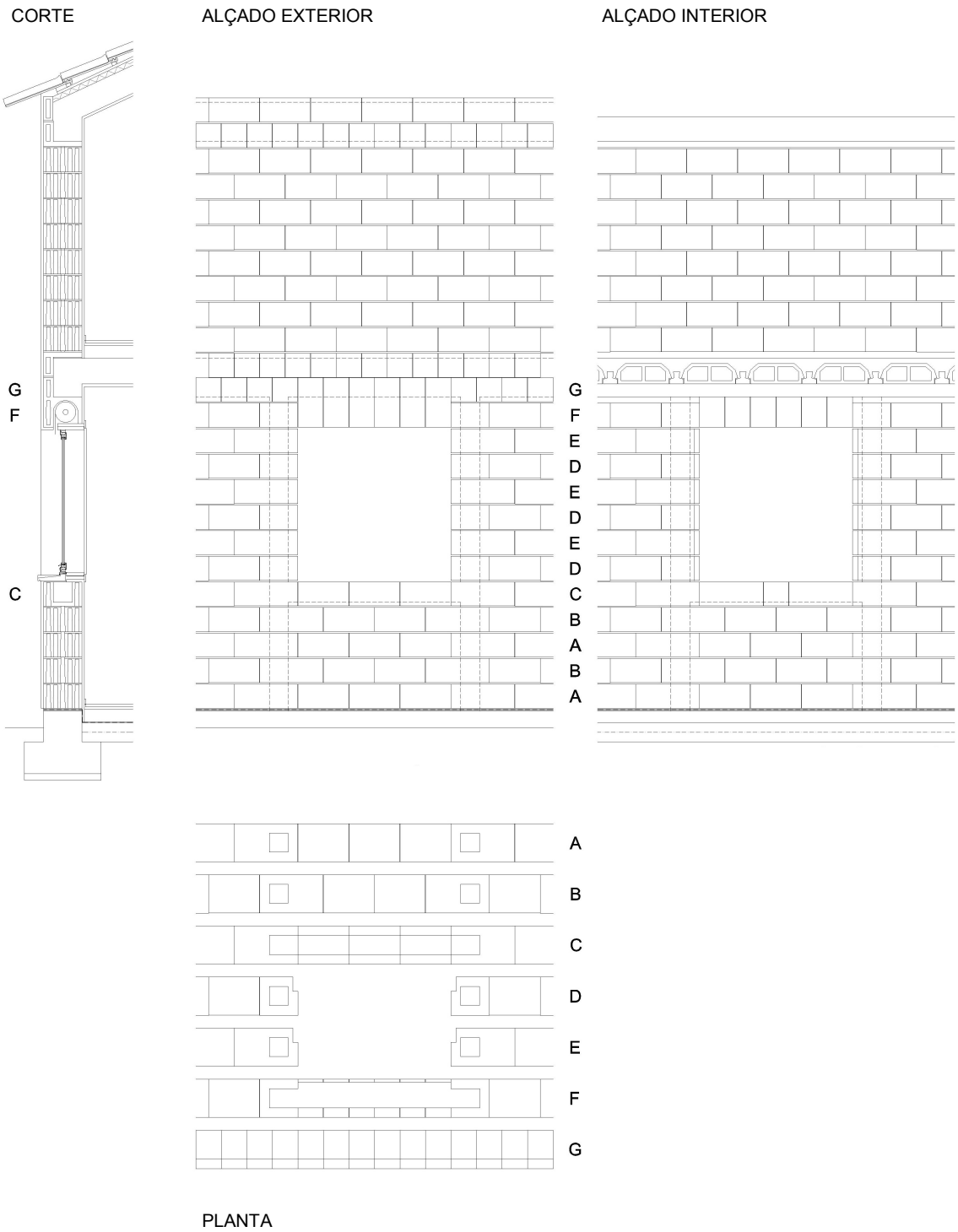
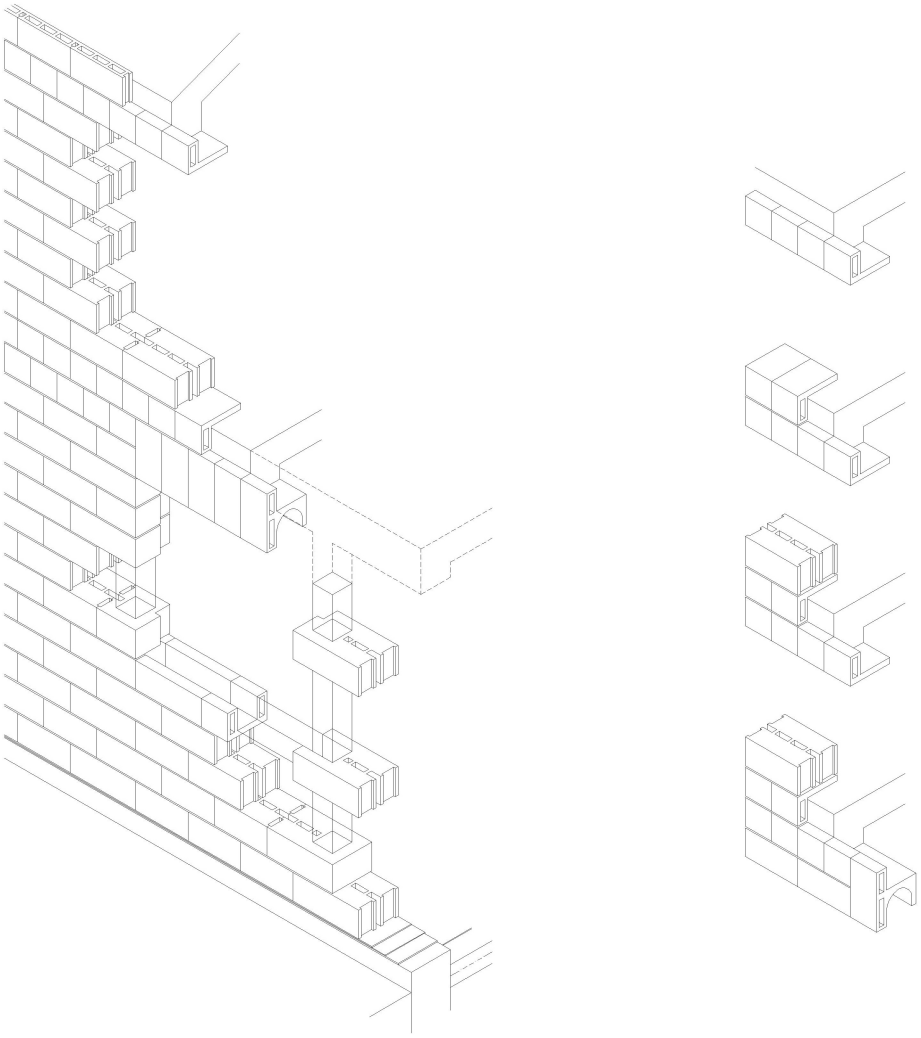


Figura 59: Exemplo do confinamento de um vão (esc. 1/50)

No caso dos vãos exteriores, para além do seu confinamento, a unidade propicia o remate da caixilharia através de um ressalto, devendo merecer especial atenção o seu encontro com o peitoril ou soleira. Este ressalto permite a fixação da caixilharia e a sua correcta vedação.



AXONOMETRIA ESQUEMA DE LIGAÇÃO Á LAJE

Figura 60: Exemplo do confinamento de um vão (esc. 1/50)

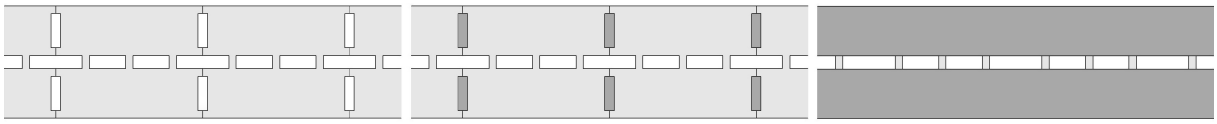
De modo a minimizar as pontes térmicas devido à heterogeneidade dos materiais, as unidades destinadas à execução de confinamentos prevêem sempre uma protecção exterior compatível, em termos de espessura, com as unidades de forra (estas secções são compostas por uma fiada longitudinal de alvéolos, quer nas unidades destinadas a confinamentos, quer nas de forra térmica). As dimensões das peças de forra permitem assim, o seu uso com as unidades de 250 e de 300mm de espessura. Uma hipótese a considerar, de modo a homogeneizar os elementos construtivos na utilização do sistema, apesar de necessitar de uma caracterização e avaliação rigorosas dessa possibilidade, é a execução dos confinamentos em betão de bagacina.

Na situação indicada na Figura 60, à direita, a forra térmica da viga/laje é feita através da adaptação de uma unidade para confinamento horizontal que integra, parcialmente, a espessura da parede, tornando-a mais estável do que um simples revestimento.

Em alvenarias estruturais os roços obedecem a regras definidas no Eurocódigo 6 (CEN, 2005) relativas à sua localização e dimensão, o ideal seria garantir o mínimo de passagem de infraestruturas embebidas na parede, criando para tal, falsos ou localizações específicas, implicando um cuidado acentuado na elaboração do projecto e na coordenação das várias especialidades.

7.2 Argamassas e juntas

O comportamento térmico caracterizado no capítulo 6, tem como base a interrupção da argamassa de assentamento nos blocos mais espessos (250 e 300mm). Estas unidades, devido à sua potencial utilização em paredes exteriores de pano simples, possuem assim, um corte capilar, mantendo a continuidade entre as juntas verticais e horizontais. As juntas horizontais devem ser executadas com 10mm de espessura média, e as juntas verticais devem ser preenchidas após o assentamento de uma fiada horizontal, através de uma calda (Fig. 61).



Assentamento da fiada horizontal | Preenchimento das juntas verticais | Execução das juntas horizontais

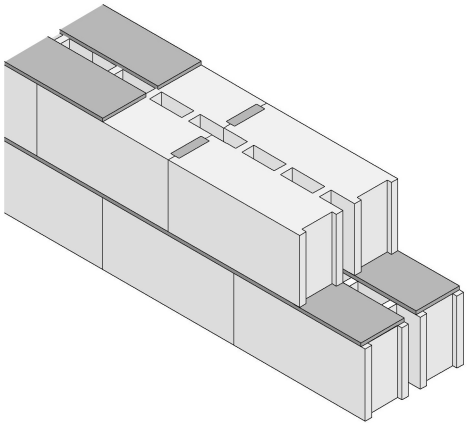


Figura 61: As juntas de assentamento e o contrafio das unidades

A escolha do tipo de argamassa e a sua resistência, interfere no desempenho global da parede. Como a caracterização térmica das paredes efectuada no capítulo anterior, no que diz respeito às argamassas, está influenciada por um valor alto de condutibilidade térmica, a alteração das características térmicas da argamassa pode ainda influenciar positivamente o comportamento

térmico final da parede.

Os Eurocódigos 6 e 8 (CEN, 2005; CEN, 2003) estabelecem parâmetros para a escolha das argamassas, no entanto, devido à especificidade local, as argamassas correntes fabricadas em estaleiro deveriam ser submetidas a ensaios, assim como o conjunto unidade/argamassa, de modo a conhecer as suas características reais.

O reforço das alvenarias, através da inserção de armaduras embebidas na argamassa das juntas horizontais, deve seguir as orientações estabelecidas nos Eurocódigos 6 e 8 (CEN, 2005; CEN, 2003), designadamente no que respeita às disposições construtivas e ao dimensionamento.

7.3 Exemplos de fachada

Seguem-se alguns exemplos de fachadas, em parede de pano simples, que abrangem as situações correntes da prática construtiva insular. A definição destas situações parte dos dados analisados no capítulo 4, em que se verificou que a construção corrente é maioritariamente constituída por edifícios com cobertura inclinada e paredes rebocadas. A par destas situações são incluídas algumas variações, como o caso das coberturas planas, nomeadamente cobertura plana com revestimento final de protecção pesado e cobertura plana visitável, pois a sua tendência tem vindo a acentuar-se ultimamente.

São evidenciadas as situações singulares características, que ocorrem ao longo do desenvolvimento vertical de uma parede num edifício de pequeno porte. Essas situações encontram-se divididas em: fundação e piso enterrado ou piso térreo; vão; piso intermédio; e cobertura. Para cada uma delas exploram-se algumas variações, demonstrando a utilização do sistema e o seu contributo na resolução desses pontos.

Nos cortes de fachada das figuras seguintes, optou-se pela utilização recorrente, na situação de vão, de uma caixilharia de alumínio. Nos pisos, representou-se uma laje em betão, de forma abstracta, que eventualmente poderá ser maciça ou aligeirada, e sobre esta, apenas um enchimento e um pavimento colado.

Garante-se sempre a correcção térmica dos elementos de betão. De salientar, a importância em efectuar um corte capilar na base de assentamento das paredes, de forma a evitar a sua humidificação a partir de água ou humidade existente no terreno.

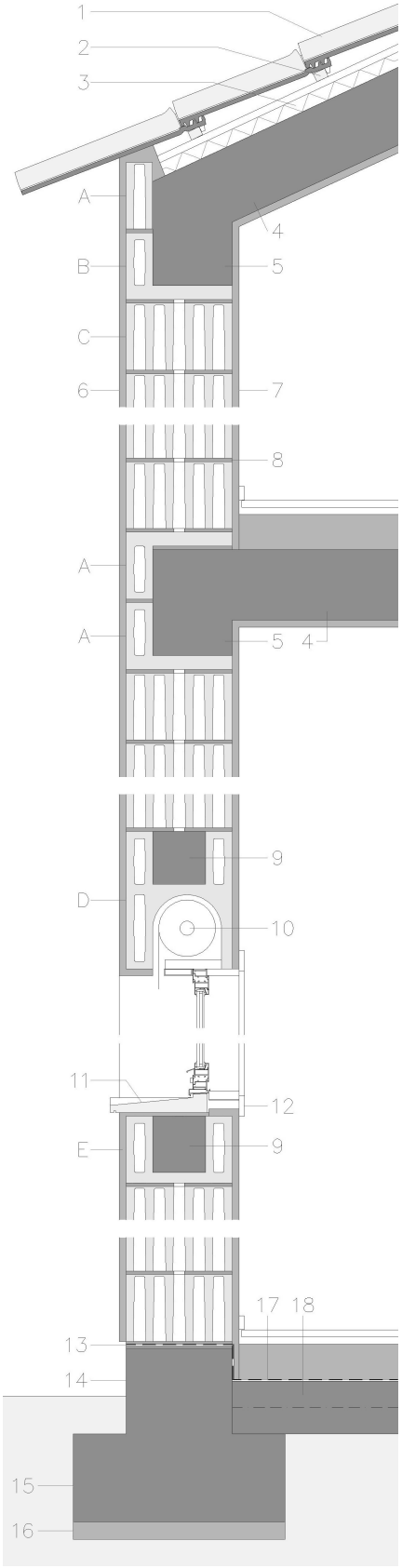
A intenção, na representação destes cortes construtivos, não é definir um catálogo de soluções, até porque as situações possíveis são quantitativamente significativas, uma vez que alterando simplesmente o tipo de revestimento exterior, ou adicionando outros elementos arquitectónicos à fachada, surgiriam diversas variantes.

LEGENDA:

PEÇAS DO SISTEMA

A – F.01
B – 300.H.01
C - 300.A.01
D – 300.G.03
E – 300.G.01

1 – TELHA
2 – RIPADO
3 – ISOLAMENTO TÉRMICO
4 - LAJE
5 - VIGA
6 – REBOCO EXTERIOR
7 – REBOCO INTERIOR
8 – ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
9 – CONFINAMENTO HORIZONTAL
10 – ESTORE
11 – PEITORIL EM PEDRA
12 – REMATES INTERIORES DO VÃO
13 – CORTE CAPILAR
14 – LINTEL DE FUNDAÇÃO
15 – SAPATA
16 – BETÃO DE LIMPEZA
17 – IMPERMEABILIZAÇÃO
18 - LAJE TÉRREA



OSERVAÇÕES:

COBERTURA

Piso superior com aproveitamento do desvão do telhado.
O beiral saliente protege a fachada da chuva incidente.
A peça de lintel permite a cofragem parcial da viga e forra térmica.

PISO INTERMÉDIO

As unidades de confinamento horizontal estão associadas à altura da viga, inserem-se no plano da parede e funcionam como forra térmica. A unidade inferior serve de cofragem parcial.

VÃO

O confinamento é efectuado à volta do vão e possibilita a ligação dos confinamentos verticais aos confinamentos horizontais ou às vigas da estrutura.
A peça destinada à colocação de um estore concilia o confinamento superior do vão.

LAJE TÉRREA

É efectuado um corte de capilaridade da base da parede em continuidade com a impermeabilização da laje térrea.

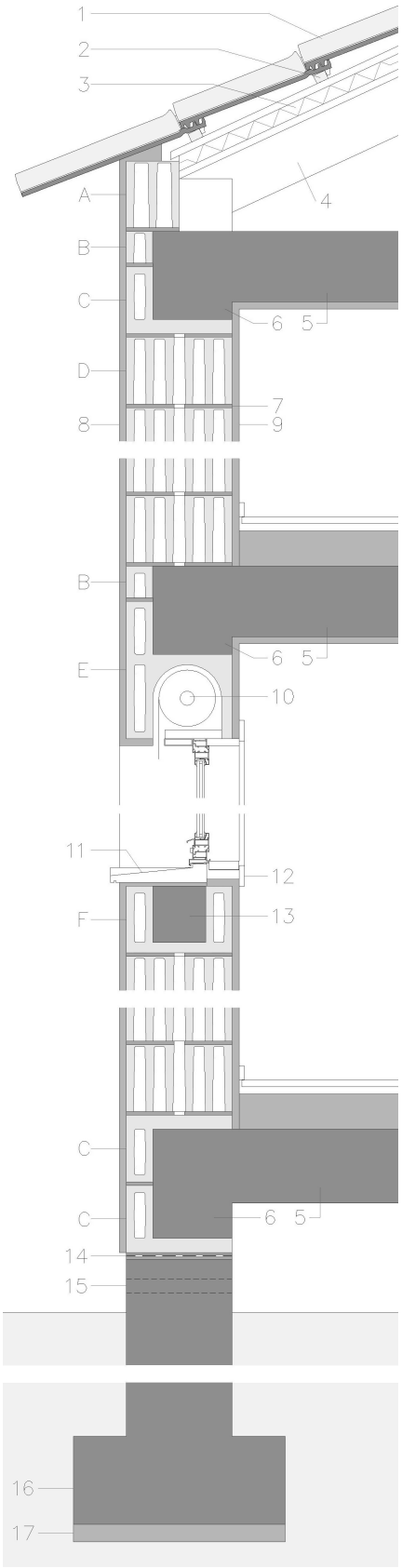
Figura 62: Corte 1/20 de fachada com laje térrea e cobertura inclinada com beiral

LEGENDA:

PEÇAS DO SISTEMA

A – 200.A.01
B – F.03
C – 300.H.01
D – 300.A.01
E – 300.H.03
F – 300.G.01

1 – TELHA
2 – RIPADO
3 – ISOLAMENTO TÉRMICO
4 – ESTRUTURA TELHADO
5 - LAJE
6 - VIGA
7 – ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
8 – REBOCO EXTERIOR
9 – REBOCO INTERIOR
10 – ESTORE
11 – PEITORIL EM PEDRA
12 – REMATE INTERIOR DO VÃO
13 – CONFINAMENTO HORIZONTAL
14 – CORTE CAPILAR
15 – VENTILAÇÃO CAIXA DE AR ENTRE TERRENO E LAJE ELEVADA
16 – SAPATA
17 – BETÃO DE LIMPEZA



OSERVAÇÕES:

COBERTURA

O beiral saliente protege a fachada da chuva incidente.

PISO INTERMÉDIO / VÃO

A unidade de estore está associada à viga.
Possibilidade de diferentes alturas da viga associada à peça de forra.

LAJE TÉRREA

Laje elevada em relação à cota do terreno, possibilitando uma caixa-de-ar ventilada.
A seguir ao corte capilar da parede pode-se assentar uma unidade que servirá de cofragem para a viga.

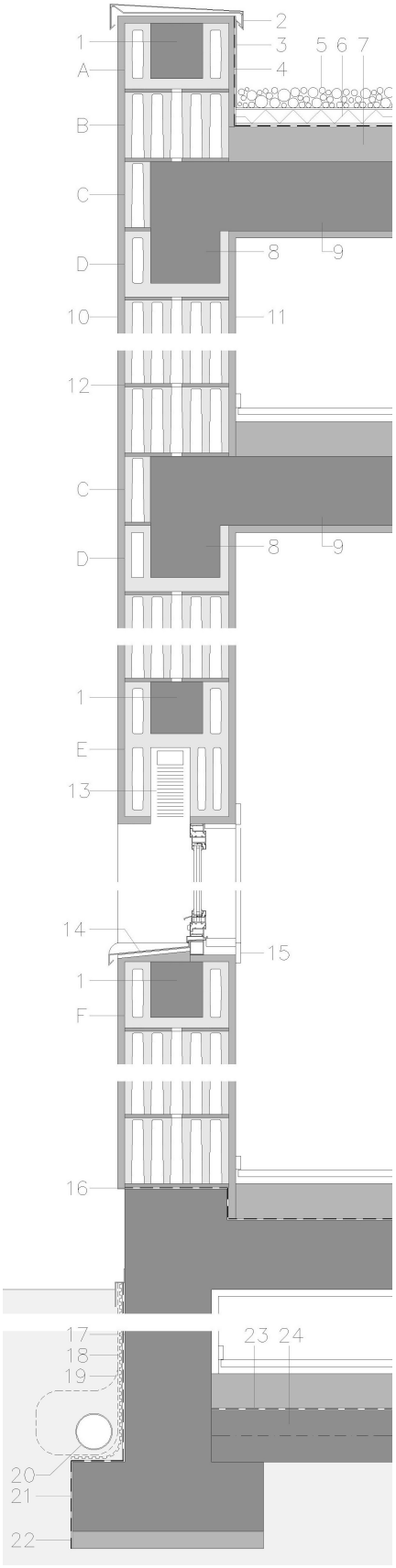
Figura 63: Corte 1/20 de fachada com laje ventilada e cobertura inclinada com beiral

LEGENDA:

PEÇAS DO SISTEMA

A – 300.G.01
B – 300.A.01
C – F.01
D – 300.H.01
E – 300.H.04
F – 300.G.01

1 – CONFINAMENTO HORIZONTAL
2 – RUFO METÁLICO
3 – IMERMEABILIZAÇÃO
4 – PROTECÇÃO IMPERMEABILIZAÇÃO
5 - GODO
6 – ISOLAMENTO TÉRMICO
7 – ENCHIMENTO
8 – VIGA
9 – LAJE
10 – REBOCO EXTERIOR
11 – REBOCO INTERIORES
12 – ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
13 – ESTORE EXTERIOR
14 – PEITORIL METÁLICO
15 – REMATE INTERIOR DO VÃO
16 – CORTE CAPILAR
17 – IMPERMEABILIZAÇÃO
18 - DRENAGEM
19 – GEOTEXTIL
20 – DRENO
21 – SAPATA
22 – BETÃO DE LIMPEZA
23 – IMPERMEABILIZAÇÃO
24 – LAJE TÉRREA



OSERVAÇÕES:

COBERTURA

Topo da platibanda confinada com peça de lintel

PISO INTERMÉDIO

Nesta situação, é assegurada pela unidade de confinamento horizontal a cofragem até à laje da viga, compatibilizando a altura total da viga e laje com uma unidade de forra.

VÃO

A situação de um estore exterior de lâminas possibilita a fixação superior do caixilho.

LAJE TÉRREA

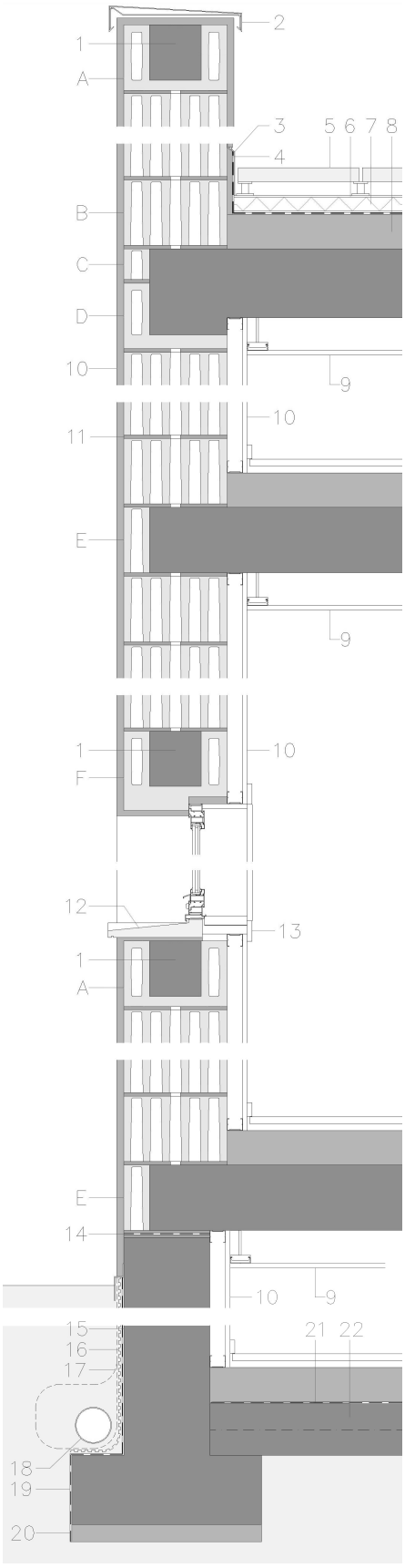
Corte capilar, impermeabilização e drenagem das paredes enterradas e fundações.

Figura 64: Corte 1/20 de fachada com piso enterrado e cobertura plana não visitável

LEGENDA:

PEÇAS DO SISTEMA

A – 300.G.01
B – 300.A.01
C – F.03
D – 300.H.01
E – F.01
F – 300.G.02



1 – CONFINAMENTO HORIZONTAL
2 – RUFO METÁLICO
3 – IMPERMEABILIZAÇÃO
4 – PROTECÇÃO IMPERMEABILIZAÇÃO
5 – LAJETAS
6 – ISOLAMENTO TÉRMICO
7 – ENCHIMENTO
8 – REBOCO EXTERIOR
9 – TECTO FALSO EM GESSO CARTONADO
10 – PAREDE FALSA EM GESSO CARTONADO
11 – ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
12 – PEITORIL EM PEDRA
13 – REMATE INTERIOR DO VÃO
14 – CORTE CAPILAR
15 – IMPERMEABILIZAÇÃO
16 – DRENAGEM
17 – GEOTEXTIL
18 – DRENO
19 – SAPATA
20 – BETÃO DE LIMPEZA
21 - IMPERMEABILIZAÇÃO
22 – LAJE TÉRREA

OSERVAÇÕES:

COBERTURA

Topo da platibanda confinada com peça de lintel

PISO INTERMÉDIO

VÃO

Ausência de estore, melhor fixação do caixilho no seu contorno e melhor vedação.

LAJE TÉRREA

Corte capilar e impermeabilização e drenagem das paredes enterradas e fundações.

Figura 65: Corte 1/20 de fachada com piso enterrado e cobertura plana acessível

Os detalhes construtivos, bem como as questões de reforço e estruturais, dependem sempre de cada projecto específico, os cortes de fachada apresentados pretendem apenas alertar para a importância da resolução das situações pontuais, ao longo do desenvolvimento da parede, e da interacção das unidades do sistema.

Uma parede de alvenaria não é apenas condicionada pelos seus requisitos de estabilidade ou pelas propriedades térmicas das unidades. O seu comportamento está dependente da articulação e combinação de diversos factores, tais como a sua localização, o grau de exposição a que está sujeita, ou a influência dos factores de abrigo. O desempenho global, que se tenta definir em projecto, depende de vários desempenhos particulares, quer a nível funcional, quer a nível estético. Este conjunto de parâmetros, que pode ser bastante extenso, condiciona a própria forma do edifício e a integração da parede neste, prosseguindo na selecção dos revestimentos, até às questões de durabilidade.

Para a optimização de um processo de construção que recorra à utilização do sistema, é vantajoso, como já foi referido, a sua opção desde o início do desenvolvimento projectual, de modo a integrá-lo da forma mais eficaz, não esquecendo porém, a importância da execução, pois os cuidados durante a obra vão ditar a durabilidade do especificado em projecto.

Capítulo 8

Conclusões

8 CONCLUSÕES

A construção para se revelar eficaz deve englobar ao máximo todas as condicionantes que se lhe colocam, tal como o escreveu o arquitecto grego Aris Konstantinidis (Konstantinidis, 2005), num artigo originalmente datado de 1960, sob o titulo de “Arquitectura”.

> “A boa arquitectura inicia sempre com uma construção eficiente. Sem construção, não há arquitectura. A construção incorpora o material e o seu uso de acordo com as suas propriedades, ou seja, a pedra impõe um método diverso de construir do que o ferro ou o betão.
> Creio que podemos criar uma arquitectura contemporânea com todos os materiais – com qualquer material, com a condição que seja usado correctamente de acordo com as suas propriedades. Em zonas em que só podemos encontrar pedra, devemos construir com aquela pedra, ou seja, com a pedra local. Criaremos uma arquitectura contemporânea, assim como se o tivéssemos feito com qualquer outro material (ferro, betão, madeira) que tivéssemos encontrado noutra zona, porque as ideias e a flexibilidade dos nossos pontos de vista são o espírito da construção e não a fantasia construtiva estranha ao sítio (...) A localização circunscrita, o clima, a topografia e os materiais disponíveis em cada área determinam o método construtivo, a disposição funcional e, finalmente, a forma. A arquitectura não pode existir sem a paisagem, o clima, o terreno, os usos e costumes. Esta é a razão pela qual às vezes vemos edifícios antigos que parecem contemporâneos, e pela mesma razão, construímos edifícios contemporâneos que poderiam ter sido construídos no passado. (...) posso construir com os materiais mais modernos (...) um edifício que poderá harmonicamente relacionar-se com o carácter da paisagem. (...) Mas não posso ignorar um factor sentimental, que devemos revelar na nossa construção, ou então seremos preguiçosos e desumanos (...), então escolheremos o nosso material não apenas de acordo com os standarts da economia e da ciência pura, mas com o espírito de uma liberdade emotiva e de uma imaginação artística. Em consequência, a arquitectura põe-se finalmente acima dos puros objectivos, acima das conquistas e dos resultados da lógica e do cálculo frio.”

8.1 Considerações gerais

O objectivo deste trabalho consistiu na criação de um sistema de alvenaria, partindo do princípio que as condicionantes desse sistema resultassem do cruzamento das características locais, ou seja, dos factores que conferem a especificidade insular, quer geográfica, quer da intervenção humana, patente na história da ocupação do território e da construção, com as condicionantes levantadas pelas exigências funcionais mais recentes, relativas ao comportamento de paredes, de modo a obter uma síntese inclusiva de todos estes aspectos.

No entanto, alguns destes aspectos não geram condicionantes que contribuem para a concretização do sistema de alvenaria em si, mas opções projectuais que depois se revelam determinantes na vida de um edifício, como as questões relacionadas com a implantação, a insolação, ou a influência do factor abrigo. O sistema interage com este processo inicial, na medida

em que, estas opções prévias vão ser determinantes nas opções seguintes, já intrínsecas ao sistema, como o tipo de parede a escolher, qual a sua espessura, qual o seu revestimento, ou quais os seus remates, apenas para enumerar alguns aspectos.

Paralelamente a esta interacção, o sistema desenvolvido ao longo do trabalho, possui um desempenho optimizado, em relação à alvenaria existente. O comportamento térmico foi melhorado, proporcionando desempenhos mais adequados, através da alteração da geometria das unidades e do modo como se constrói a parede. Apresenta opções que permitem minimizar as pontes térmicas, melhorando a qualidade da construção corrente.

Proporciona também, a possibilidade de constituir uma alternativa estrutural. O desempenho estrutural da alvenaria, é interessante num contexto ultraperiférico, como é o caso do arquipélago dos Açores, permitindo uma redução de custos através de uma velocidade de obra maior e uma dependência menor de outros materiais, como o betão e o aço. Surge assim, um campo que necessita de investigação e desenvolvimento. A compreensão e estabilização de certos aspectos relacionados com os blocos de betão de bagacina são essenciais para as alvenarias desempenharem esse papel estrutural. Sobretudo no que se refere à resistência mecânica, devido à dispersão dos valores conhecidos, que resulta de factores já enumerados, relacionados com a necessidade um maior controle e conhecimento do produto em todas as suas fases de fabrico.

A alteração destes procedimentos com vista a uma optimização modificaria, consequentemente, o comportamento das unidades a outros níveis, o que significa o desenvolvimento de um produto com características diferentes, que teria de ser analisado especificamente. Importa salientar que o trabalho desenvolvido debruçou-se sobre valores médios, representativos da generalidade da produção. Sendo assim, o contributo deste trabalho constitui apenas uma parte, de uma análise muito mais específica e detalhada, se eventualmente fosse considerada a produção do sistema. Por outro lado, poderá contribuir para o repensar da produção regional de elementos para alvenaria, cuja forma é desadequada face aos pressupostos actuais, bem como na optimização dos recursos, das matérias primas utilizadas e de outras questões relacionadas com a globalidade de solicitações a que uma parede está sujeita, e na interacção destas questões com a especificidade local.

Ficam também, por esclarecer uma série de questões com bastante peso, relativas à execução de paredes de alvenaria no arquipélago, que não se relacionam directamente com o fabrico dos blocos, mas com os trabalhos e materiais inerentes à sua execução em obra, como as argamassas de assentamento e reboco, que podem melhorar ainda, com alguma expressão, o comportamento final das paredes.

De qualquer modo, salientam-se as perspectivas possíveis da implementação de um sistema

na região.

8.2 Síntese

A viabilidade de um sistema de alvenaria, vocacionado para a construção nos Açores, assenta na promoção de uma execução mais abrangente em termos qualitativos, direccionada para edifícios correntes de pequeno e médio porte e para a situação da construção mais deficitária, onde um projecto qualificado é muitas vezes inexistente. Esta atitude é possível, dentro de uma lógica comercial inerente ao sector da construção, podendo constituir uma alternativa estrutural e promover uma envolvente qualificada, com algumas opções de projecto pré-definidas. A capacidade de articulação do sistema proporciona a resolução dos pontos singulares na construção de um edifício e potencia a aplicação de alguns dos aspectos normativos, referentes aos requisitos de estabilidade e de térmica.

A sua produção pode ser atractiva, a alteração da geometria da unidade também reduz a quantidade de material empregue, face à média da produção regional, baixando custos e aligeirando o peso dos blocos, facilitando a sua aplicação (deixando margem ao seu desenvolvimento e à necessidade de aumentar a massa). No entanto, requer uma alteração de mentalidade por parte da maioria dos produtores e um aumento da exigência do mercado. Por outro lado, vem de encontro ao enquadramento dos objectivos da situação actual das indústrias de construção civil, no que se refere ao desenvolvimento de produtos adequados à região, sendo assim um incentivo à investigação e desenvolvimento, que se poderão acentuar localmente, por parte de centros de investigação e da Universidade.

Deste modo, um sistema de alvenaria diversifica a oferta, gerando possibilidades de desenvolvimento local, transversais ao sector da construção, abrangendo desde os fabricantes, passando pelos aplicadores, até ao desenvolvimento conceptual dos projectos. Melhora também o conforto do utilizador final, possibilitando ainda uma alternativa a um modo de construção generalizado. Para além destas possibilidades, tal como o “Estilo Micaelense” nos demonstrou nos séculos XVII e XVIII, a alvenaria pode assumir um campo de exploração crítica, formal e expressiva, desta vez, na formalização da arquitectura contemporânea.

Referências bibliográficas

AICOPA – *O sector da construção civil e obras publicas na região autónoma dos Açores* [Em linha]. 2005. (Acesso em 19 de Julho de 2007) Disponível em <http://www.aicopa.pt/content/estudo construcao.pdf>.

ALVES, Sérgio; SOUSA, Hipólito – *Paredes exteriores de edifícios em pano simples*. Lisboa: Lidel, 2003.

ASTM – *C140: Standart method of sampling and testing concrete masonry units*. USA: ASTM, 1991.

AZEVEDO, Eduardo M. V. Brito (Coordenação) – *Projecto Climaat* [Em linha]. (s.d.). (Acesso em 02 de Julho de 2007) Disponível em <http://www.climaat.angra.uac.pt>.

AZEVEDO, Eduardo M. V. Brito - "Condicionantes dinâmicas do clima do arquipélago dos Açores: Elementos para o seu estudo". In *Açoreana: Revista de estudos açoreanos.* Vol. 9, Fasc. 3. Ponta Delgada: Sociedade Afonso de Chaves, 2001.

BETTENCOURT, Marta Luísa Soares – *Depósitos de escórias (bagacina) da Ilha de são jorge (Açores): recurso geológico, ambiental e económico.* Angra do Heroísmo: (s. i.), 2005. Tese de Mestrado.

BRE; CRC – *Thermal insulation: avoiding risks.* BRE Report 262. Watford: Building Research Establishment Ltd., 1994.

BRITO, Raquel Soeiro – *São Miguel a ilha verde: estudo geográfico (1500-2000)*. Ponta Delgada: FTM, Coingra, EDA, U.A., 2004.

BRUNO, Jorge A. Paulus (Coordenação) – *Inventário de património imóvel dos Açores* [Em linha]. (s.d.) (Acesso em 20 de Abril de 2007) Disponivel em <http://www.inventario.iacultura.pt/ index.html>.

BSI - *BS 5628-3: Code of practise for the use of masonry: part 3: materials and components, design and workmanship*. London: BSI, 2005.

BSI – *BS 8104: Code of practice for acessing exposure of walls to wind-driven rain.* London: BSI, 1992.

CALDAS, João Vieira (Coordenação) - *Arquitectura popular dos Açores.* Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2000.

CALDAS, João Vieira – "O Estilo Micaelense". In BRUNO, Jorge A. Paulus (coordenação) – *Ribeira Grande:São Miguel: Inventário do património imóvel dos Açores.* São Miguel: Direcção Regional da Cultura, 2007.

CARVALHO, Fernanda R. - "Exigências funcionais de paredes de alvenaria: Uma abordagem no contexto da directiva comunitária dos produtos de construção." In *Paredes de alvenaria: Situação actual e novas tecnologias: Livro de Actas*. Porto: Fundação Dr. A. Cupertino Miranda, 2002.

CEN - *EN 1609: Thermal insulating products for buildings applications: determination of short term water absortion by partial immersion.* CEN: Brussels, 1996

CEN - *EN 1996-1-1: Eurocode 6: Design masonry structures: Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures.* CEN: Brussels, 2005.

CEN - *prEN 1998-1: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance: Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. Brussels: CEN, 2003.

CSTB - *DTU 20.1:Parois et murs en maçonnerie de petits éléments: Document technique unifié: Cahier des clauses techniques.* Paris: CSTB, 1994.

FERAUD, Gilbert (et al.) - "K/Ar ages and stress pattern in the Azores: geodinamic implications". In *Earth and Planetary Science Letters, 46.* Netherlands: Elsevier, 1980.

FERNANDES, José Manuel - *Cidades e casas da Macaronésia.* Porto: FAUP Publicações, 1996.

FRAGA, Carlos Alfredo Frazão – *Caracterização geotécnica de escórias vulcânicas*. Lisboa: (s. i.), 1988. Tese de mestrado.

FRANÇA, Zilda; CRUZ, José Virgílio; NUNES, João Carlos; FORJAZ, Victor Hugo - *Geologia dos Açores: Uma perspectiva actual.* Ponta Delgada: Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores, 2005.

GUEDES, J. H. Correia, OLIVEIRA, Carlos S.. - "Caracterização da edificação de alvenaria tradicional: Elementos para o estudo do comportamento e recuperação do parque habitacional aquando do sismo de 1/1/80 nos Açores". In *10 anos após o sismo nos Açores de 1 de Janeiro de 1980: Monografia: Aspectos técnico-científicos. Vol. II*. Lisboa: LNEC, 1992.

HENRIQUES, Fernando M. A. - *Acção da humidade em paredes: Formas de manifestação, critérios de quantificação e análise de soluções de reparação*. Lisboa: LNEC, 1993.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA – *Climatologia: Normais climatológicas* [Em linha]. (Acesso em 02

de Fevereiro de 2007) Disponível em <http://www.meteo.pt/pt/clima/info_clima/clima_ normais.jsp>.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA - *Perfil climático: Regiões Autónomas: Arquipélago dos Açores* [Em linha]. 2005. (Acesso em 02 de Fevereiro de 2007) Disponível em <http://www.meteo/ resources/im/pdfs/clim_aa_00_00.pdf>.

INE – *Censos 2001: Recenseamento geral da população e habitação 2001: Resultados definitivos* [Em linha]. (s.d.). (Acesso em 05 de Dezembro de 2006) Disponível em <http://www.ine.pt>.

INE - *Estatísticas da construção e habitação 2005*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2006.

INE - *Estatísticas da construção e habitação 2006*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2007.

IPQ - *NP EN 771-3: Especificações para blocos de alvenaria: Parte 3: Blocos de betão de agregados (agregados correntes e leves).* Lisboa: IPQ, 2007.

IPQ – *NP EN 1745: Alvenaria e elementos de alvenaria: Métodos para determinação dos valores térmicos de cálculo*. Lisboa: IPQ, 2002.

ISO - *EN ISO 6946: Building components and building elements: thermal resistance and thermal transmittance: calculation method.* (S.l.): ISO, 1996.

ISO - *ISO 2581: Rigid celular plastics: determination of apparent thermal conductivity by means of a heat-flow meter.* (S.l.): ISO, 1975.

KONSTANTINIDIS, Aris – "Architecture". In FRAMPTON, Kenneth – *Tettonica e architettura: Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*. Milano: Skira, 2005.

LNEC - *Caracterização térmica de paredes de alvenaria de blocos de betão de "bagacina": Relatório 303/98*. Lisboa: LNEC, 1998.

LNEC – *Inquérito à produção nacional de materiais para a alvenaria.* Lisboa: LNEC, 1986.

MACEDO, João Maia - "IAPXX Açores: universo do trabalho: caracterização sumária: geografia e história: breve apontamento" [Em linha]. In *IAPXX. Inquérito à arquitectura do século XX em Portugal.* Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2003. (Acesso a 3 de Setembro de 2007). Disponível em <http://193.41.115.25/iapxx/Uploads/DefaultSite/8IAPXX_A%C3%A7ores.pdf>.

MADEIRA, Teresa - "Estudo morfológico da cidade de São Tomé no contexto urbanístico das cidades insulares atlânticas de origem portuguesa". In *Colectânea de estudos universo urbanístico português 1415-1822.* Lisboa. Comissão para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, 1998.

MANUEL, E. - *Ezequiel Moreira da Silva: A paixão da sua vila-cidade* [Em linha]. Jornal A Estrela Oriental, Agosto de 2001. (Acesso em 12 de Junho de 2007) Disponível em <http://www.cm-ribeiragrande.pt/Default.aspx?Module=Artigo&ID=62>.

MARTINS, José Ávila – *As pedras também falam* [Em linha]. Boletim do Núcleo Cultural da Horta, n.º 13 2004. (Acesso em 30 de Abril de 2007) Disponível em <http://www.triplov.com/boletimnch/boletimnch_2004/avila_martins/index.htm>.

NEMÉSIO, Vitorino - "Açorianidade". In ALMEIDA, Onésimo Teotónio – *A questão da literatura açoriana: Recolha de intervenções e revisitação.* Angra do Heroísmo: Secretaria Regional de Educação e Cultura, 1983.

NUNES, João Carlos – *A actividade vulcânica na ilha do Pico do Plistocénico Superior ao Holocénico: Mecanismo Eruptivo e Hazard Vulcánico* [Em linha]. Ponta Delgada: (s. n.), 1999. Tese de doutoramento. (Acesso em 18 de Outubro de 2007). Disponível em <http://www.uac.pt/~jcnunes/entrada.html>.

NUNES, João Carlos - "Modelado das regiões vulcânicas". In MACHADO, Frederico (Direcção) *Açoreana*, Vol. 9, Fasc. 2. Ponta Delgada: S.A.F., 1996.

NUNES, João Carlos; FORJAZ, Victor Hugo; FRANÇA, Zilda - "Principais sismos destrutivos no arquipélago dos Açores: Uma revisão". In *5º Encontro nacional de sismologia e engenharia sísmica: Sísmica 2001.* Ponta Delgada: LREC, 2001a.

NUNES, João Carlos; FORJAZ, Victor Hugo - "Rochas da ilha do Pico". In BRUNO, Jorge A. Paulus (coordenação) – *Madalena Pico. Inventário do património imóvel dos Açores.* São Miguel: Direcção Regional da Cultura, 2001b.

NUNES, João Carlos; RIBEIRO, E. - "Caracterização da sismicidade instrumental dos Açores no período de 1950-1980". In *5º Encontro nacional de sismologia e engenharia sísmica: Sísmica 2001.* Ponta Delgada: LREC, 2001c.

PAIVA, J. Vasconcelos – *Humidade nas edificações.* Lisboa: LNEC, 1969 – Tese para obtenção do grau de Especialista.

PORTUGAL, IGPAI – *NP 116: Materiais de construção: determinação da condutibilidade térmica pelo processo da placa quente*. Lisboa: IGPAI, 1962.

PORTUGAL, IGPAI – *NP 147: Blocos maciços de argamassa celular: características e ensaios*. Lisboa: IGPAI, 1970.

PORTUGAL, Leis, Decretos, etc. – *Despacho normativo nº. 38/80*. Jornal Oficial. Região Autónoma dos Açores. I Série. Número 18. (27-05-1980).

PORTUGAL, Leis, Decretos, etc. – *Regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais-pedreiras*. DECRETO-LEI nº 270/2001. D.R. I Série A. Número 232 (06-10-2001).

PORTUGAL, Leis, Decretos, etc. – *Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios*. DECRETO-LEI nº. 40/1990. D.R. I Série A. Número 31 (06-02-1990).

PORTUGAL, Leis, Decretos, etc. – *Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios*. DECRETO-LEI nº. 80/2006. D.R. I Série A. Número 67 (04-04-2006).

REI, João Carlos Martins – *Edifícios de pequeno porte em alvenaria resistente: Viabilidade técnico—económica.* Porto: (s.i.), 1999. Tese de mestrado.

RIBEIRO, João Adriano - "A Industria da cal nos Açores: Elementos para o seu estudo". In *Separata da revista Islenha, nº 14.* Ponta Delgada: Direcção Regional do Comércio Industria e Energia, 1994.

SANTOS, Carlos A. Pina dos; MATIAS, Luís – *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios: Versão actualizada 2006.* Lisboa: LNEC, 2006. ITE 50.

SREA – *Construção: licenças cedidas.* [Em linha]. (s.d.). (Acesso em 28 de Março de 2007) Consultado em <http://srea.ine.pt> (endereço extinto). Disponível em <http://estatistica.azores.gov.pt/>.

SRES; LREC – *Os ensaios foram efectuados...* [Relatório de ensaios realizados pelo LREC a amostras de blocos para uma obra específica: Título do relatório confidencial]. Ponta Delgada: LREC, 1986.

SOUSA, Hipólito J. C. - *Materiais para alvenaria: Apreciação de algumas produções e sugestões visando a melhoria da sua qualidade*. Porto: (s.i.), 1988. Tese de Mestrado.

SOUSA, Hipólito J. C. - *Melhoria do comportamento térmico e mecânico das alvenarias por actuação na geometria dos elementos: Aplicação a blocos de betão de argila expandida*. Porto: (s.i.), 1996. Tese de Doutoramento.

Origem das figuras

As figuras sem referência são da responsabilidade do autor.

Figura	Referência bibliográfica
Fig. 1	França, *et. al.*, 2005 (imagem modificada pelo autor)
Fig. 3	França, *et. al.*, 2005 (imagem modificada pelo autor)
Fig. 4	França, *et. al.*, 2005
Fig. 5	IM, 2005
Fig. 6	IM, 2005; Azevedo (s.d.)
Fig. 8	Azevedo (s.d.)
Fig. 9	Caldas, 2000
Fig. 10	Caldas, 2000
Fig. 13	Nunes, 1999
Fig. 22	Planta fornecida pela Secretaria Regional da Habitação e Equipamento (modificada pelo autor). Fotografias do arquivo de Luís Dinis
Fig. 24	Caldas, 2000
Fig. 25	Caldas, 2000
Fig. 39	Imagem da direita (parede dupla) - Arq. Pedro Mosca
Fig. 43	LNEC, 1986
Fig. 51	Alves; Sousa, 2003

Anexo A

Cálculo do coeficiente de transmissão térmica de uma parede exterior, em alvenaria de blocos de betão de bagacina

ANEXO A – CÁLCULO DO COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA DE UMA PAREDE EXTERIOR, EM ALVENARIA DE BLOCOS DE BETÃO DE BAGACINA

No capítulo 6 indicaram-se os coeficientes de transmissão térmica (U) de uma parede exterior, em zona corrente, considerando as hipóteses definidas para as novas unidades, destinadas a paredes exteriores de pano simples.

Neste anexo é apresentado um exemplo dos cálculos efectuados. Para tal, recorre-se à unidade de 250mm de espessura, com 4 septos longitudinais.

Para a obtenção do coeficiente de transmissão térmica das paredes em zona corrente opaca, recorreu-se à norma ISO 6946, de forma a obter a resistência térmica total (R_T) de um componente não homogéneo.

A resistência térmica total (R_T) é a média dos seus limites superior (R'_T) e inferior (R''_T).

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$

O componente, neste caso o bloco, deve ser dividido em camadas *j* e secções *m*, de modo a que estas partes sejam térmicamente homogéneas. As camadas *j (j* = 1, 2, 3, ...*n*) são perpendiculares ao fluxo de calor horizontal e têm uma espessura d_j. As secções *m* são paralelas ao fluxo de calor e têm uma fracção de área f_m, que representa a percentagem da área facial de cada secção em relação à área facial do módulo base 400x200mm (perpendicular ao fluxo de calor horizontal). As partes *mj* têm uma condutibilidade térmica λ_{mj}, espessura d_j, factor de área f_m e resistência térmica R_{mj}

O limite superior da resistência térmica é dado pela expressão seguinte.

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + ... + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

Em que f_a, f_b, ..., f_n são os factores das áreas de cada secção e R_{Ta}, R_{Tb}, ..., R_{Tn} são as resistências térmicas das várias camadas, do ambiente exterior ao interior, considerando a equação seguinte.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + ... + R_n + R_{se}$$

Considerando f_m o somatório f_a, f_b, ..., f_n e R_{Tm} o somatório de R_{ta}, R_{tb}, ..., R_{tn} então temos a seguinte expressão.

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_m}{R_{Tm}}$$

Para obter o limite inferior da resistência térmica, calcula-se a resistência térmica equivalente para cada camada utilizado a expressão seguinte.

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \ldots + \frac{f_n}{R_{nj}}$$

Considerando f_m o somatório f_a, f_b, ..., f_n e R_{mj} o somatório de R_{aj}, R_{bj}, ..., R_{nj} então temos a seguinte expressão.

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_m}{R_{mj}}$$

O limite inferior é então determinado utilizando a seguinte equação.

$$R''_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{se}$$

Para o cálculo considerou-se os blocos com a argamassa de assentamento, tomando como base uma secção de parede definida por planos ortogonais passando pelos eixos das juntas verticais e horizontais. Devido à configuração dos blocos, os planos limite verticais coincidem com as dimensão do bloco (devido às bolsas de argamassa), e na junta horizontal considerou-se uma espessura total (que equivale a duas meias espessuras).

As figuras seguintes representam a divisão da unidade em camadas e secções e respectivas dimensões (as espessuras dos septos correspondem às dimensões médias devido à sua inclinação).

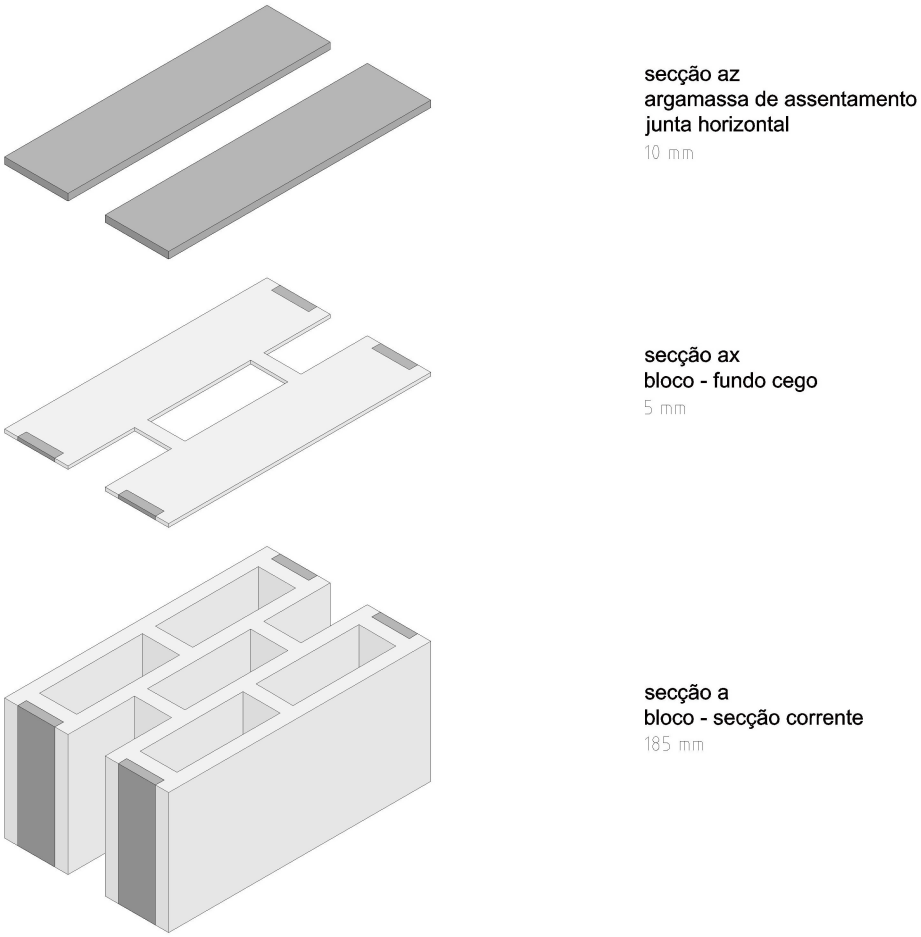


Figura A1: Representação axonométrica das camadas *m*

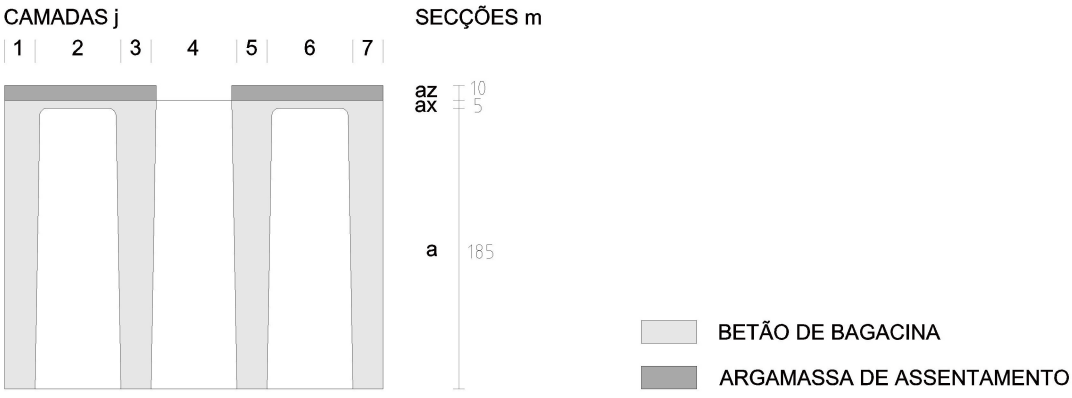


Figura A2: Representação em corte transversal das camadas *j* e das secções *m*

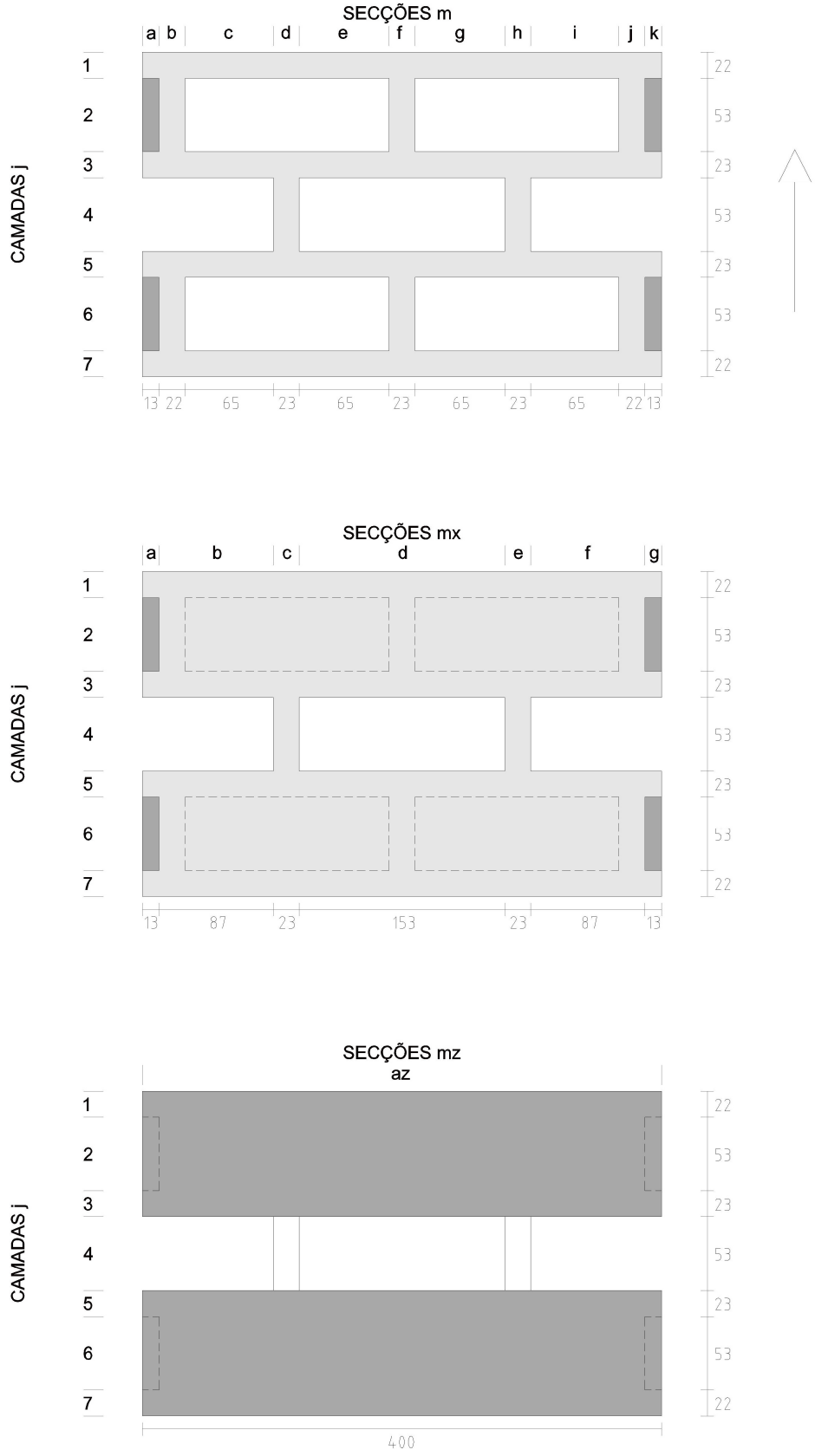


Figura A3: Representação em planta das camadas *j* e das secções *m*

Os quadros seguintes indicam os valores correspondentes às dimensões e características geométricas da unidade necessários para o cálculo da resistência térmica total.

Tabela A1: Espessura das camadas *j*

CAMADA	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
dj (m)	0,022	0,053	0,023	0,053	0,023	0,053	0,022

Tabela A2: Características geométricas das secções *m*

SECÇÕES ***m***	**bm** largura (mm)	**hm** altura (mm)	**Am** bm x hm (mm^2)	**fm** Am / ∑Am
a	13	185	2405	0,030
b	22	185	4070	0,051
c	65	185	12025	0,151
d	23	185	4255	0,053
e	65	185	12025	0,151
f	23	185	4255	0,053
g	65	185	12025	0,151
h	23	185	4255	0,053
i	65	185	12025	0,151
j	22	185	4070	0,051
k	13	185	2405	0,030
Ax	13	5	65	0,001
Bx	87	5	435	0,005
Cx	23	5	115	0,001
Dx	153	5	765	0,010
Ex	23	5	115	0,001
Fx	87	5	435	0,005
Gx	13	5	65	0,001
Az	400	10	4000	0,050
			∑Am = 79810	**∑ fm** = 1

A tabela seguinte indica os valores da condutibilidade térmica correspondente aos troços *mj* homogéneos (betão de bagacina, argamassa de assentamento e espaços de ar) que se definiram como base de cálculo no capitulo 6.

Tabela A3: Condutibilidade térmica λ_{mj} (W/m.K)

SECÇÃO	CAMADA j						
m	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
a	0,55	1,5	0,55	0,26	0,55	1,5	0,55
b	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
c	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55
d	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55
e	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55
f	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
g	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55
h	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55
i	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55	0,26	0,55
j	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
k	0,55	1,5	0,55	0,26	0,55	1,5	0,55
Ax	0,55	1,5	0,55	0,26	0,55	1,5	0,55
Bx	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
Cx	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Dx	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
Ex	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Fx	0,55	0,55	0,55	0,26	0,55	0,55	0,55
Gx	0,55	1,5	0,55	0,26	0,55	1,5	0,55
Az	1,5	1,5	1,5	0,26	1,5	1,5	1,5

Limite superior da resistência térmica total (R'_T)

Tabela A4: Resistências térmicas (m^2.K/W)

SECÇÃO m	CAMADA j Resistência térmica dos troços *mj* ($R_{mj} = dj/\lambda_{mj}$) $R_{tm} = Rse + \sum R_{mj} + Rsi$											
	Rse	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Rsi**	$\sum R_{mj}$	R_{tm}	f_m/R_{tm}
a	0,04	0,040	0,035	0,042	0,204	0,042	0,035	0,040	0,13	0,438	0,608	0,050
b	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,070
c	0,04	0,040	0,204	0,042	0,204	0,042	0,204	0,040	0,13	0,775	0,945	0,159
d	0,04	0,040	0,204	0,042	0,096	0,042	0,204	0,040	0,13	0,668	0,838	0,064
e	0,04	0,040	0,204	0,042	0,204	0,042	0,204	0,040	0,13	0,775	0,945	0,159
f	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,073
g	0,04	0,040	0,204	0,042	0,204	0,042	0,204	0,040	0,13	0,775	0,945	0,159
h	0,04	0,040	0,204	0,042	0,096	0,042	0,204	0,040	0,13	0,668	0,838	0,064
i	0,04	0,040	0,204	0,042	0,204	0,042	0,204	0,040	0,13	0,775	0,945	0,159
j	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,070
k	0,04	0,040	0,035	0,042	0,204	0,042	0,035	0,040	0,13	0,438	0,608	0,050
Ax	0,04	0,040	0,035	0,042	0,204	0,042	0,035	0,040	0,13	0,438	0,608	0,001
Bx	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,007
Cx	0,04	0,040	0,096	0,042	0,096	0,042	0,096	0,040	0,13	0,453	0,623	0,002
Dx	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,013
Ex	0,04	0,040	0,096	0,042	0,096	0,042	0,096	0,040	0,13	0,453	0,623	0,002
Fx	0,04	0,040	0,096	0,042	0,204	0,042	0,096	0,040	0,13	0,560	0,730	0,007
Gx	0,04	0,040	0,035	0,042	0,204	0,042	0,035	0,040	0,13	0,438	0,608	0,001
Az	0,04	0,015	0,035	0,015	0,204	0,015	0,035	0,015	0,13	0,335	0,505	0,099
												$\sum f_m/R_{tm}$
												1,211

Como se verificou $1/R'_T = f_m / R_{tm,}$ então:

R'_T (m^2.K/W)

0,83

Limite inferior da resistência térmica total (R''_T)

Tabela A5: Cálculos para obtenção do limite inferior f_m/R_{mj} ($m^2.K/W$)

SECÇÃO	CAMADA j						
m	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
a	0,753	0,853	0,721	0,148	0,721	0,853	0,753
b	1,275	0,529	1,219	0,250	1,219	0,529	1,275
c	3,767	0,739	3,603	0,739	3,603	0,739	3,767
d	1,333	0,262	1,275	0,553	1,275	0,262	1,333
e	3,767	0,739	3,603	0,739	3,603	0,739	3,767
f	1,333	0,553	1,275	0,262	1,275	0,553	1,333
g	3,767	0,739	3,603	0,739	3,603	0,739	3,767
h	1,333	0,262	1,275	0,553	1,275	0,262	1,333
i	3,767	0,739	3,603	0,739	3,603	0,739	3,767
j	1,275	0,529	1,219	0,250	1,219	0,529	1,275
k	0,753	0,853	0,721	0,148	0,721	0,853	0,753
Ax	0,020	0,023	0,019	0,004	0,019	0,023	0,020
Bx	0,136	0,057	0,130	0,027	0,130	0,057	0,136
Cx	0,036	0,015	0,034	0,015	0,034	0,015	0,036
Dx	0,240	0,099	0,229	0,047	0,229	0,099	0,240
Ex	0,036	0,015	0,034	0,015	0,034	0,015	0,036
Fx	0,136	0,057	0,130	0,027	0,130	0,057	0,136
Gx	0,020	0,023	0,019	0,004	0,019	0,023	0,020
Az	3,417	1,418	3,269	0,246	3,269	1,418	3,417
	$\sum f_m/R_{mj}$						
	27,164	8,504	25,983	5,505	25,983	8,504	27,164
	R_j ($1/R_j = \sum f_m/R_{mj}$)						
	0,037	0,118	0,038	0,182	0,038	0,118	0,037

Como é definido na norma, R''_T = Rsi + R1 + R2 +... + Rn + Rse, logo:

R'_T ($m^2.K/W$)

0,74

Então a resistência térmica total é de:

R_T (m^2.K/W)
0,78

O coeficiente de transmissão térmica é o inverso da resistência térmica total, ou seja $U=1/R_T$, logo é o seguinte:

U (W/m^2.K)
1,28