

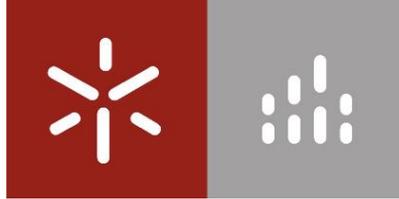
**Universidade do Minho**

Escola de Arquitectura

João Pedro da Costa Amaro

**O tijolo cerâmico na arquitetura:  
concepção e estudo de paredes “filtro”**

Julho de 2016



**Universidade do Minho**

Escola de Arquitectura

João Pedro da Costa Amaro

**O tijolo cerâmico na arquitetura:  
concepção e estudo de paredes “filtro”**

Dissertação de Mestrado

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau  
de Mestre em Arquitectura Construção e Tecnologia

Trabalho efectuado sob a orientação do

**Professor Doutor Paulo Jorge Figueira de Almeida  
Urbano de Mendonça**

Julho de 2016

## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não seria possível sem a ajuda e o apoio de algumas pessoas muito importantes. Por isso quero agradecer-lhes profundamente!

Ao orientador Paulo Mendonça pela disponibilidade, paciência e dedicação ao longo de todo o processo de trabalho. As suas críticas e conselhos foram preponderantes no acompanhamento da investigação.

À D.<sup>a</sup> Olga, por se mostrar prontamente disponível a ajudar e pela entrevista dada. Da mesma forma, aos demais intervenientes que direta ou indiretamente ajudaram na elaboração de todo o trabalho.

Aos amigos próximos, que me apoiaram em momentos de reflexão, propondo ideias e incentivando a sua realização.

À Ana, que nos momentos mais delicados me estimulou e ajudou a manter focado na sua conclusão, acreditando piamente nas minhas capacidades.

Por fim dedico esta tese aos meus pais e família próxima, porque sem eles não seria capaz de realizar a mesma. Pelo incondicional apoio e total disponibilização de todas as ferramentas e meios de trabalho necessários, deixo-lhes o meu profundo agradecimento.

Muito obrigado!



## RESUMO

Este trabalho de investigação elabora um estudo acerca da utilização do tijolo cerâmico na arquitetura, destacando algumas potencialidades deste material. Questiona a forma como se concilia as características do material às necessidades funcionais de um edifício. Trata-se de um material construtivo com grande importância denotada desde sempre na construção. Dado que possui grande implementação e é amplamente caracterizado, o trabalho toma como premissa o estudo de formas inovadoras de o adequar à função de “filtro” em paredes.

Numa altura em que o comportamento térmico deverá estar cada vez mais presente nas preocupações dos arquitetos, a essência do trabalho foca-se sobretudo na valorização funcional deste material, fortalecendo o seu vínculo com a eficiência energética na arquitetura. Pretende-se promover um novo uso para o tijolo cerâmico que tire partido das suas potencialidades. Assim, ambiciona-se a criação de uma parede “filtro” que perspetive promover um ambiente interior termicamente e luminicamente mais confortável, tendo em conta a incidência solar média em Portugal Continental.

O conteúdo teórico da investigação foi elaborado a partir de pesquisa bibliográfica, bem como de documentos eletrónicos. A parte projetual foi realizada com base em modelos virtuais. Sempre que necessário recorreu-se ao contacto com profissionais para obter informação e ajuda na parte prática da investigação. Foi possível o contacto com um *atelier* de cerâmica artística e empresas de comercialização de materiais de construção.

Foram estudados alguns dispositivos de parede “filtro”, sistematizando-se diferentes tipos de filtragens exploradas em arquitetura. Conceberam-se propostas de variantes de paredes “filtro” em tijolo, sendo estudados os sombreamentos gerados.

A investigação permitiu comprovar que é possível explorar o tijolo cerâmico como “filtro” capaz de regular adequadamente o equilíbrio entre a radiação solar das estações quente e fria do ano. Passando o futuro da indústria cerâmica pela inovação, as propostas criadas vão de encontro às premissas do setor, ajudando na sua expansão pela valorização duma aplicação menos convencional do tijolo.

**Palavras-chave:** cerâmica, construção, tijolo, filtro, luz, radiação, parede



## ABSTRACT

This research project is a study about the use of the ceramic brick in architecture, exploring the full potential of this material. It questions how we can conciliate the material characteristics and the functional needs of a building. It is a constructive material of great importance throughout history of construction, since it is widespread and has a lot of specific features, this work takes as premise the study of new methods of applying the “filtering” function in walls.

In a time in which thermic characteristics of materials is a concern among architects, the essence of this investigation points mainly in the valorization of this material, considering mainly the energetic efficiency principles in architecture, so we looked forward in promoting a new use for the ceramic brick in which all its potential could be expressed. The objective was to create a “filter” wall which promotes a more comfortable environment, considering the average solar exposure of the continental territory of Portugal.

All of the theoretical content of this investigation was done based on bibliographical research as well as online documents. The project was developed using 3D modeling software. Professionals and people with know-how in ceramic production were consulted during this research, specifically an artistic ceramic *atelier* as well as companies who are retailers of ceramic products and construction materials.

During this research project several devices of “filter” walls were studied, resulting in different types of “filterings” explored in architecture. Several variants of “filter” brick walls were conceived, in which its consequent shadowings were studied.

This research project proves that it is possible to consider the ceramic brick as a “filter”, capable of acting as a regulator to promote balance in solar exposure in all seasons of the year. Considering that innovation must be the future of ceramic industry, this work helps to promote and add value to this material, through a less conventional usage.

**Keywords:** ceramic, construction, brick, filter, light, radiation, wall



## GLOSSÁRIO

<b>Adobe</b> <sup>i</sup>	Material vernacular antecedente ao tijolo tradicional, constituído por barro cru e outros materiais naturais e seco ao sol, normalmente utilizado na construção de alvenarias rudimentares
<b>Barbotina</b> <b>Lambugem</b> <b>Engobe</b> <sup>ii</sup>	Suspensão argilosa utilizada para enchimento de moldes ou colagem de elementos de barro
<b>Betume</b> <sup>iii</sup>	Substância mineral negra viscosa resultante da decomposição de matéria orgânica, utilizada como impermeabilizante na construção
<b>Brise-soleil</b> <sup>i</sup>	Termo francês que significa quebra-sol. Estrutura construída em vários materiais diante de fachadas com a função de atenuar ou impedir a ação directa do sol, não comprometendo a circulação de ar para o interior
<b>Chacota</b> <sup>iii</sup>	Primeira cozedura a baixas temperaturas realizada sobre uma peça cerâmica
<b>Cipó</b> <sup>iv</sup>	Planta de haste fina e flexível, utilizada para atar
<b>Cobogó</b> <sup>v</sup>	Elemento vazado produzido em vários materiais, utilizado na construção de alvenarias de elementos arquitetónicos, permitindo apenas passagem de parte da iluminação e ventilação entre espaços
<b>Gelósia</b> <sup>i</sup>	Estrutura vernacular constituída por uma grade em ripas de madeira cruzadas utilizada para fechar vãos, permitindo apenas passagem de parte da iluminação e ventilação do exterior
<b>Húmus</b> <sup>v</sup>	Matéria orgânica depositada no solo resultado da decomposição de animais ou plantas mortas
<b>Jazida</b> <sup>v</sup>	Locais de concentração de minerais úteis para o ser humano, tanto à superfície como subterrâneos
<b>Ladrilho</b> <sup>i</sup>	Placa geralmente quadrada ou retangular de pouca espessura num determinado material, utilizada para constituir revestimentos na construção
<b>Litosfera</b> <sup>v</sup>	Camada externa sólida do planeta formada pela crosta terrestre e manto superior
<b>Mastaba</b> <sup>v</sup>	Tipo de túmulo egípcio onde eram sepultados nobres do Egipto Antigo
<b>Reboco</b> <sup>i</sup>	Tipo de argamassa utilizada para alisar paredes
<b>Sacada</b> <sup>i</sup>	Pequena varanda ou elemento arquitetónico que se projeta para além do paramento da parede
<b>Silicatos</b> <sup>v</sup>	Maior e mais importante classe de minerais constituintes da rocha
<b>Taipa</b> <sup>iii</sup>	Técnica construtiva vernacular à base de argila, utilizada para construir paredes
<b>Terracota</b> <sup>i</sup>	Material que designa argila modelada cozida não-vidrada

<sup>i</sup> Adaptado de GOUVEA (2009)

<sup>ii</sup> Adaptado de Infopédia (2003-2016)

<sup>iii</sup> Adaptado de Priberam (2008-2013)

<sup>iv</sup> Adaptado de AA.VV. (2006-2016)

<sup>v</sup> Adaptado de AA.VV. (2001-2016)



## SIGLAS

<b>APICER</b>	Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica
<b>CE</b>	Comissão Europeia
<b>CEE</b>	Comunidade Económica Europeia
<b>EPCF</b>	European Parliament Ceramics Forum
<b>EU</b>	European Union
<b>Eurostat</b>	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estatística
<b>NP</b>	Norma Portuguesa
<b>PME's</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization



# ÍNDICE

<b>I. ENQUADRAMENTO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificação da investigação.....	2
1.4 Metodologia.....	3
1.5 Introdução.....	3
<b>II. O MATERIAL CERÂMICO</b> .....	<b>5</b>
2.1 Contextualização ao material cerâmico.....	6
2.2 Aparecimento da cerâmica na construção.....	7
2.3 Matérias-primas e extração.....	12
2.4 Processo de produção.....	13
2.5 Classificação de materiais cerâmicos para construção.....	18
2.6 Aplicações da cerâmica na construção.....	23
2.7 Anomalias.....	25
2.8 Indústria cerâmica na construção.....	29
2.8.1 Panorama do setor cerâmico.....	31
2.8.2 Cerâmicos correntes em Portugal.....	39
<b>III. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PASSIVA</b> .....	<b>49</b>
3.1 Sistemas Passivos de Climatização na arquitetura.....	50
3.2 Conceito de fachada “filtro”.....	57
3.2.1 Casos de estudo de sistemas de fachada “filtro” em função do clima.....	63
3.2.1.1 Clima Tropical (A).....	71
3.2.1.1.1 <i>Edifício Ministério da Educação</i> .....	72
3.2.1.1.2 <i>Ocupação Chiquinha Gonzaga</i> .....	74

3.2.1.2	Clima Árido (B) .....	77
3.2.1.2.1	<i>Mill Owners' Association Building</i> .....	78
3.2.1.2.2	<i>Edifício de escritórios do Mutamba</i> .....	80
3.2.1.3	Clima Temperado (C).....	81
3.2.1.3.1	<i>Unité d'Habitation de Marseille</i> .....	83
3.2.1.3.2	<i>Capitol Complex</i> .....	85
3.2.1.4	Clima Continental (D).....	88
3.2.1.4.1	<i>Tsentrosoyuz</i> .....	90
3.2.1.5	Síntese dos casos de estudo de sistemas de fachada por clima.....	92
3.2.2	Utilização de alvenarias cerâmicas como “filtro” .....	96
3.2.2.1	<i>Gantenbein Winery</i> .....	97
3.2.2.2	<i>Escuela Martinet</i> .....	101
3.2.2.3	<i>Biblioteca Centro Cultura di Nembro</i> .....	104
3.2.2.4	<i>Centro Cerâmica Triana</i> .....	109
3.2.2.5	<i>Spanish Pavilion in Expo Zaragoza</i> .....	113
3.2.2.6	<i>Brick Pattern House</i> .....	118
3.2.2.7	<i>Iglesia del Cristo Obrero</i> .....	125
3.2.2.8	<i>Las Cuatro Casas com Patio al Frente</i> .....	132
3.2.2.9	<i>Chapilla de las Capuchinas</i> .....	135
3.2.2.10	Síntese dos casos de estudo de alvenarias cerâmicas .....	139
<b>IV.</b>	<b>PROJETO .....</b>	<b>143</b>
4.1	Especificações do clima de Portugal .....	144
4.2	Projeto .....	147
4.2.1	Simulação de soluções de parede “filtro” .....	149
4.2.2	Análise das soluções simuladas .....	153
4.2.3	Solução 9 .....	156

<b>V. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>163</b>
5.1 Conclusões .....	164
<b>VI. MATERIAL DE APOIO .....</b>	<b>167</b>
6.1 Bibliografia.....	168
6.2 Webgrafia.....	168
6.3 Videografia.....	173
6.4 Programas .....	173
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>175</b>
ANEXO 1. Definição de cerâmica .....	176
ANEXO 2. Aparecimento da cerâmica .....	180
ANEXO 3. Constituintes da cerâmica .....	187
ANEXO 4. Técnicas de moldagem da cerâmica.....	196
ANEXO 5. Fases de processamento da cerâmica .....	199
ANEXO 6. Revestimentos cerâmicos .....	206
ANEXO 7. Entrevista com D.ª Olga Pereira .....	216
ANEXO 8. Diferenciação de cerâmicas.....	227
ANEXO 9. Propriedades da cerâmica.....	229
ANEXO 10. Defeitos na cerâmica.....	236
ANEXO 11. Diretório de empresas de cerâmica em Portugal .....	238
ANEXO 12. Disposições regulamentares do tijolo cerâmico .....	241
ANEXO 13. Outros sistemas de climatização passiva .....	243
ANEXO 14. Outro projeto estudo de parede “filtro” .....	247
ANEXO 15. Rendimento de materiais.....	254



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Classificação dos solos .....	6
Fig. 2.	Localização aproximada da região da Mesopotâmia.....	8
Fig. 3.	Tijolos de adobe manufacturados.....	8
Fig. 4.	Técnica de manufacturação de tijolos cerâmicos.....	9
Fig. 5.	Cidade amuralhada de Ur .....	10
Fig. 6.	Construção em tijolo em zigurates .....	11
Fig. 7.	Blocos rudimentares de argila na construção .....	14
Fig. 8.	Tijolos de argila com palha manufacturados.....	14
Fig. 9.	Esquema de confeção manual de tijolos de adobe.....	14
Fig. 10.	Montes de argila extraída .....	15
Fig. 11.	Esquema de um faseamento do processo de produção do tijolo cerâmico .....	16
Fig. 12.	Fundação Castro Alves, Bairro, V. N. Famalicão .....	16
Fig. 13.	Escola de cerâmica.....	16
Fig. 14.	Fotos de peças cerâmicas produzidas na escola da Fundação Castro Alves .....	18
Fig. 15.	Classificação de materiais cerâmicos segundo Bogas (2013).....	19
Fig. 16.	Tijolo de barro vermelho .....	19
Fig. 17.	Revestimento de uma fachada em faiança .....	20
Fig. 18.	Bloco em grés natural.....	20
Fig. 19.	Pavimento em grés porcelânico.....	21
Fig. 20.	Louça cerâmica em porcelana .....	21
Fig. 21.	Classificação de materiais cerâmicos segundo Pinho (2011) .....	22
Fig. 22.	Paredes construídas em tijolo cerâmico .....	23
Fig. 23.	Abobadilhas cerâmicas numa laje aligeirada .....	23
Fig. 24.	Vista aérea dos telhados em telha cerâmica da cidade do Porto .....	23
Fig. 25.	Passeios pedonais em cerâmica, Vale de Gândara .....	24
Fig. 26.	Azulejos cerâmicos da estação S. Bento, Porto.....	24
Fig. 27.	Classificação de materiais cerâmicos segundo Pinho (2011) .....	24
Fig. 28.	Fissuramento numa peça cerâmica.....	26
Fig. 29.	Ação de agentes naturais sob blocos cerâmicos exteriores, Forte de Valença .....	27
Fig. 30.	Manchas por eflorescências e descolamento do revestimento de tijolos .....	27

Fig. 31.	Subsetores do setor cerâmico segundo classificação Mundial e Nacional .....	30
Fig. 32.	Produção mundial em m <sup>2</sup> por país, 2009 .....	31
Fig. 33.	Vendas europeias de produtos cerâmicos em biliões de euros .....	33
Fig. 34.	Empregabilidade na indústria cerâmica europeia por subsetor, 2011 .....	33
Fig. 35.	Evolução da produção na indústria cerâmica em biliões de euros, 2007 a 2014.....	34
Fig. 36.	Balanço comercial na indústria cerâmica em biliões de euros, 2007 a 2014 .....	34
Fig. 37.	Número total de empresas e trabalhadores de cerâmica em Portugal, 1973 a 1997	35
Fig. 38.	Zonas de maior concentração de indústrias de tijolo em Portugal .....	36
Fig. 39.	Capacidade instalada e produção de empresas por distrito em Portugal, 2008 .....	36
Fig. 40.	Localização das principais zonas de exploração de argila comum em Portugal.....	36
Fig. 41.	Progresso produção cerâmica em Portugal, Espanha, França e Itália, 2005 a 2007	38
Fig. 42.	Empresas e trabalhadores que formam cada subsetor da cerâmica nacional, 2009.	38
Fig. 43.	Tipos de telha mais correntes na indústria da construção em Portugal.....	41
Fig. 44.	Diferentes tipos de tijolo cerâmico utilizados na construção .....	45
Fig. 45.	Formatos mais correntes de tijolo de furação horizontal em Portugal .....	46
Fig. 46.	Classificação de sistemas energéticos bioclimáticos segundo Mendonça (2005) .....	51
Fig. 47.	Alguns dos principais sistemas passivos para aquecimento .....	53
Fig. 48.	Alguns exemplos de proteções solares exteriores em janelas .....	54
Fig. 49.	Alguns dos principais sistemas passivos para refrigeração .....	56
Fig. 50.	Janelas <i>muxarabis</i> , vista interior e exterior .....	57
Fig. 51.	Permeabilidade visual para o exterior .....	58
Fig. 52.	Varanda com gelosia, Centro Histórico de Guimarães.....	58
Fig. 53.	Representação de gelosias.....	59
Fig. 54.	Janela com gelosia, Biblioteca Municipal Vila Beatriz, Ermesinde.....	59
Fig. 55.	Várias configurações de <i>cobogó</i> .....	59
Fig. 56.	<i>Casa Cobogó</i> , arquitetos Luiz Gustavo Grochoski Singeski e Isabela Fiori.....	61
Fig. 57.	Mobiliário inspirado no <i>design</i> do <i>cobogó</i> , irmãos Campana e Lia Siqueira .....	62
Fig. 58.	Mapa da classificação climática de Köppen.....	63
Fig. 59.	Le Corbusier (1887-1965) .....	66
Fig. 60.	Várias configurações de <i>brise soleil</i> .....	67
Fig. 61.	Resultados gráficos obtidos para cada configuração .....	68
Fig. 62.	Optimizações desenvolvidas.....	69

Fig. 63.	Desenho metade medusa metade sol de Le Corbusier .....	70
Fig. 64.	<i>Edifício Ministério da Educação</i> , Rio de Janeiro, Brasil .....	72
Fig. 65.	Iluminação interior ao anoitecer .....	72
Fig. 66.	Fachada <i>brise soleil</i> do <i>Edifício Ministério da Educação</i> .....	72
Fig. 67.	Foto interior das lâminas da fachada .....	73
Fig. 68.	Esquema de abertura das lâminas da fachada .....	73
Fig. 69.	Esquema de regulação das lâminas conforme a posição do sol .....	73
Fig. 70.	Edifício abandonado.....	74
Fig. 71.	Fachada da rua com a edifício da Ocupação ao centro .....	74
Fig. 72.	Esquemas de funcionamento da fachada <i>plug-in</i> .....	75
Fig. 73.	Imagem virtual do dispositivo .....	75
Fig. 74.	Aspeto do encaixe do dispositivo por pisos .....	75
Fig. 75.	Fotomontagem da fachada com as alterações .....	76
Fig. 76.	Fachada oeste do edifício.....	78
Fig. 77.	Lâminas diagonais do brise da fachada oeste.....	78
Fig. 78.	Entrada de luz indireta a partir das lâminas.....	78
Fig. 79.	Ajardinamentos para vegetação criados no <i>brise</i> da fachada oeste .....	79
Fig. 80.	<i>Brise soleil</i> da fachada este composto por vegetação.....	79
Fig. 81.	Rampa de acesso à fachada oeste .....	79
Fig. 82.	Foto do Edifício de Escritórios do Mutamba .....	80
Fig. 83.	Fachada <i>brise soleil</i> sul composta por palas horizontais .....	80
Fig. 84.	<i>Unité d'Habitation de Marseille</i> , fachadas poente e sul .....	83
Fig. 85.	Fachada poente da <i>Unité d'Habitation de Marseille</i> .....	83
Fig. 86.	Esquema de Le Corbusier das relações do edifício com a envolvente.....	83
Fig. 87.	Maqueta esquemática do percurso solar na <i>Unité</i> nas duas estações .....	84
Fig. 88.	Esquemas de Corbusier do estudo da incidência solar no verão e inverno.....	84
Fig. 89.	Esquema de Le Corbusier do percurso solar durante o dia .....	84
Fig. 90.	Adaptação de vegetação .....	84
Fig. 91.	Grelhas de ventilação no <i>brise soleil</i> .....	84
Fig. 92.	Vista dos espaços interiores para o exterior .....	84
Fig. 93.	Edifício <i>Assembly Building</i> .....	85
Fig. 94.	Ângulo de permeabilidade para o interior do edifício.....	85

Fig. 95.	Pormenor do direcionamento das lâminas do <i>brise soleil</i> .....	85
Fig. 96.	Frente do edifício <i>High Court</i> .....	86
Fig. 97.	Permeabilidade frontal para o interior.....	86
Fig. 98.	Jogo de cheios e vazios na fachada noroeste.....	86
Fig. 99.	<i>Brise soleil</i> entre espaços exteriores.....	86
Fig. 100.	Fachada principal do edifício <i>Secretariat</i> .....	87
Fig. 101.	Várias configurações de <i>brise</i> na fachada sudeste.....	87
Fig. 102.	<i>Brise</i> em espaços exteriores do edifício.....	87
Fig. 103.	Maqueta do complexo <i>Tsentrosoyuz</i> .....	90
Fig. 104.	Le Corbusier em frente ao local de construção de <i>Tsentrosoyuz</i> , 1931.....	90
Fig. 105.	Sistemas <i>Mur neutralisant</i> e <i>Respiration exacte</i> previstos para o projeto.....	90
Fig. 106.	Pormenores construtivos do projeto referentes aos sistemas.....	91
Fig. 107.	Fachadas voltadas para norte.....	91
Fig. 108.	Grande superfície envidraçada da fachada sudoeste.....	92
Fig. 109.	Esquema de Le Corbusier alusivo à importância do ciclo solar diário, 1954.....	92
Fig. 110.	Implantação do edifício <i>Gantenbein Winery</i> .....	97
Fig. 111.	Planta e corte do projeto com identificação da fachada em estudo.....	97
Fig. 112.	Estudos virtuais experimentais da fachada.....	97
Fig. 113.	Construção da parede por braço robotizado.....	98
Fig. 114.	Módulo pré-fabricado.....	98
Fig. 115.	Aspetto exterior da fachada.....	98
Fig. 116.	Representação do conceito da fachada.....	98
Fig. 117.	Aspetto da fachada pelo interior.....	99
Fig. 118.	Reflexos luminosos criados no interior.....	99
Fig. 119.	Visão ampla do espaço.....	99
Fig. 120.	Pormenor do assentamento dos tijolos em fase de obra.....	99
Fig. 121.	Edifício na paisagem.....	100
Fig. 122.	Edifício na estação mais fria do ano.....	100
Fig. 123.	Pano em policarbonato pelo interior.....	100
Fig. 124.	Localização em planta e corte da fachada em estudo.....	101
Fig. 125.	Fachada em estudo do projeto da escola CEIP.....	101
Fig. 126.	Relação entre as fachadas e o espaço de circulação interior.....	101

Fig. 127.	Corredor de circulação criado entre as duas fachadas .....	102
Fig. 128.	Visão frontal da fachada.....	102
Fig. 129.	Relação da fachada com o interior .....	102
Fig. 130.	Peças cerâmicas da fachada.....	103
Fig. 131.	Efeitos obtidos pela reflexão do vidro .....	103
Fig. 132.	Visão geral do conjunto dos edifícios .....	104
Fig. 133.	Planta e corte do conjunto de edifícios com a identificação da fachada em estudo	104
Fig. 134.	Edifício da biblioteca .....	105
Fig. 135.	Visão do pé-direito total.....	105
Fig. 136.	Peças cerâmicas que formam a fachada .....	105
Fig. 137.	Aspetto da estrutura metálica pelo interior.....	106
Fig. 138.	Pormenor das secções dos ladrilhos .....	107
Fig. 139.	Pormenores construtivos da fachada.....	107
Fig. 140.	Fase de construção da obra .....	107
Fig. 141.	Aspetto interior da biblioteca .....	108
Fig. 142.	Aspetto exterior ao anoitecer através da iluminação interior .....	108
Fig. 143.	Efeitos luminosos na zona de leitura .....	108
Fig. 144.	Maqueta geral do conjunto.....	109
Fig. 145.	Entrada para o museu .....	109
Fig. 146.	Terceiro edifício do conjunto .....	109
Fig. 147.	Nova fachada em elementos cerâmicos do conjunto .....	109
Fig. 148.	Planta e secções do museu com indicação das fachadas em estudo .....	110
Fig. 149.	Corredor do piso térreo.....	110
Fig. 150.	Espaços de circulação do primeiro piso.....	110
Fig. 151.	Aspetto geral das fachadas no conjunto .....	111
Fig. 152.	Efeitos luminosos da fachada sobre a paredes interiores .....	111
Fig. 153.	Pormenor da disposição das peças na estrutura de apoio.....	111
Fig. 154.	Desenho da luz através da fachada .....	111
Fig. 155.	Efeito da luz interior nos elementos cerâmicos .....	112
Fig. 156.	Aspetto da fachada pelo exterior ao anoitecer.....	112
Fig. 157.	Peças preparadas para a fase da cozedura .....	112
Fig. 158.	Foto do exterior.....	112

Fig. 159.	Aspetto das peças após a cozedura.....	112
Fig. 160.	Processo de esmaltagem por imersão.....	112
Fig. 161.	Pavilhão de Espanha, Expo Zaragoza 2008 .....	113
Fig. 162.	Noção de verticalidade dos pilares das fachadas .....	113
Fig. 163.	Planta e cortes com localização dos elementos de fachada em análise .....	114
Fig. 164.	Foto da fachada sul .....	115
Fig. 165.	Foto dos pilares cerâmicos .....	115
Fig. 166.	Pilares de cerâmica sob o espelho de água .....	115
Fig. 167.	Efeito de iluminação do pavilhão durante a noite .....	115
Fig. 168.	Madeira, aço e vidro nos espaços interiores .....	116
Fig. 169.	Foto exterior .....	116
Fig. 170.	Pilares metálicos antes da colocação do revestimento em cerâmica .....	117
Fig. 171.	Pormenor dos encaixes nas peças cerâmicas.....	117
Fig. 172.	Arquiteto Alireza Mashhadimirza .....	118
Fig. 173.	Foto do edifício .....	118
Fig. 174.	Foto da zona onde se localiza .....	118
Fig. 175.	Planta e corte do edifício com indicação da fachada em análise .....	119
Fig. 176.	Aspetto exterior tridimensional da fachada .....	119
Fig. 177.	Interior da habitação.....	120
Fig. 178.	Iluminação interior do edifício durante a noite .....	120
Fig. 179.	Pormenor das juntas abertas .....	120
Fig. 180.	Transparência da fachada do interior para o exterior .....	120
Fig. 181.	Esquemas da composição da fachada por camadas.....	121
Fig. 182.	Desenhos técnicos da disposição dos tijolos na fachada .....	121
Fig. 183.	Diagrama de instrução para os trabalhadores.....	122
Fig. 184.	Encaixe entre tijolos e montagem da fachada durante a obra.....	123
Fig. 185.	Pormenores construtivos da fachada.....	123
Fig. 186.	Encaixe da fachada com o suporte da parede.....	123
Fig. 187.	Portão exterior de acesso ao edifício.....	124
Fig. 188.	Fachada frontal da obra .....	125
Fig. 189.	Maqueta virtual da igreja.....	125
Fig. 190.	Esboço do projeto .....	126

Fig. 191.	Parede lateral onde são visíveis as perfurações .....	126
Fig. 192.	Pormenor das camadas constituintes da cobertura.....	126
Fig. 193.	Esquemas de forças realizados para a cobertura (1).....	127
Fig. 194.	Esquemas de forças realizados para a cobertura (2).....	127
Fig. 195.	Axonometria explodida e pormenor construtivo da cobertura .....	127
Fig. 196.	Preparação para a construção da cobertura na obra.....	127
Fig. 197.	Operários na construção das paredes laterais .....	128
Fig. 198.	Construção da fachada frontal .....	128
Fig. 199.	Planta e corte da igreja com a localização da fachada em estudo .....	128
Fig. 200.	Parede que encerra o espaço do coro .....	129
Fig. 201.	Pormenor da entrada de luz pelas lâminas de ónix.....	129
Fig. 202.	Parede de estudo vista do exterior.....	129
Fig. 203.	Junta entre a fachada, a parede e a cobertura.....	129
Fig. 204.	Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (1) .....	130
Fig. 205.	Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (2) .....	130
Fig. 206.	Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (3) .....	130
Fig. 207.	Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (4) .....	130
Fig. 208.	Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (5) .....	130
Fig. 209.	Lucernário que ilumina a cripta da igreja.....	131
Fig. 210.	Visão aérea do pátio frontal.....	132
Fig. 211.	Visão global das quatro casas do projeto .....	132
Fig. 212.	Entrada para a casa.....	132
Fig. 213.	Planta e corte de uma das casas com indicação das fachadas em estudo .....	132
Fig. 214.	Entrada da rua para o pátio .....	133
Fig. 215.	Visibilidade da sala para o pátio e rua .....	133
Fig. 216.	Pormenor do assentamento entre tijolos .....	133
Fig. 217.	Aspeto tridimensional da parede .....	133
Fig. 218.	Plantas com a localização das diferentes estereotomias de tijolo .....	134
Fig. 219.	Alçados com a localização das diferentes estereotomias de tijolo.....	134
Fig. 220.	Maqueta virtual do conjunto .....	135
Fig. 221.	Planta com indicação do local onde se encontra a parede em estudo .....	135
Fig. 222.	Efeitos de luz num dos espaços da capela .....	135

Fig. 223.	Tanque e gelosia do pátio principal .....	135
Fig. 224.	Traseira da parede que dá acesso à capela secundária .....	136
Fig. 225.	Efeitos da luz solar projetados no chão pela parede vazada .....	136
Fig. 226.	Banco estrategicamente adaptado à gelosia .....	136
Fig. 227.	Aspeto geral da zona traseira da parede em estudo.....	137
Fig. 228.	Esboços de espaços da capela.....	137
Fig. 229.	Janela alongada que ilumina a cruz .....	138
Fig. 230.	Altar da capela onde é visível a grade de treliças à sua direita .....	138
Fig. 231.	Altar da capela com a cruz refletida pela luz ao fundo .....	138
Fig. 232.	Desenhos de estudo de pormenores .....	138
Fig. 233.	Tipologias de organização espacial de fachada “filtro” .....	139
Fig. 234.	Climas de Portugal segundo a classificação de Köppen .....	144
Fig. 235.	Insolação anual em Portugal.....	144
Fig. 236.	Variação da radiação solar anual entre janeiro e julho .....	144
Fig. 237.	Média anual de intensidade do vento em Portugal, altitude de 80m.....	145
Fig. 238.	Temperatura e precipitação acumulada médias anuais no país .....	145
Fig. 239.	Paredes de estudo 1,2, 3 e 4.....	150
Fig. 240.	Paredes de estudo 5,6, 7 e 8.....	151
Fig. 241.	Paredes de estudo 9, 10, 11 e 12.....	152
Fig. 242.	Análise dos casos de estudo da escola, do prédio e da capela .....	155
Fig. 243.	Alçado e cortes da solução 9 .....	156
Fig. 244.	Imagem virtual da célula de teste da parede 9 .....	158
Fig. 245.	Sequência de imagens virtuais dentro da célula que mostra a passagem de luz solar ao longo do inverno e do verão entre as 10h00 e as 14h00 .....	158
Fig. 246.	Sequência de imagens virtuais dentro da célula que mostra a passagem de luz solar ao longo do ano às 12h00 .....	159
Fig. 247.	<i>Renders</i> finais que mostram os pormenores da parede "filtro" 9 .....	160
Fig. 248.	<i>Renders</i> finais que mostram a filtragem de luz da parede "filtro" 9 .....	161
Fig. 249.	Figuras na <i>Caverna de Chauvet</i> , França .....	181
Fig. 250.	Estatueta <i>Vénus de Vestonice</i> encontrada na República Chega, 26.000 a.C.....	182
Fig. 251.	Bisontes cerâmicos, <i>Caverna Tuc d' Audobert</i> , França.....	183
Fig. 252.	Vaso cerâmico do período <i>Jomon</i> , Japão, 10.000 a.C. ....	184

Fig. 253.	Marcos importantes na evolução da porcelana .....	185
Fig. 254.	Corte das camadas do Solo terrestre.....	189
Fig. 255.	Argila.....	189
Fig. 256.	Sedimentação de partículas de argila, Santa Cruz, Torres Vedras .....	190
Fig. 257.	Sílica .....	190
Fig. 258.	Quartzo .....	191
Fig. 259.	Feldspato .....	191
Fig. 260.	Laminador de argila .....	200
Fig. 261.	Feira.....	200
Fig. 262.	Atomização de pós para conformação por prensagem a seco .....	201
Fig. 263.	Prensagem a seco .....	201
Fig. 264.	Conformação por vazamento de barbotina .....	202
Fig. 265.	Conformação por extrusão do tipo fuso .....	203
Fig. 266.	Conformação por extrusão por pistão .....	204
Fig. 267.	Forno de cozedura industrial.....	205
Fig. 268.	Engobes naturais.....	207
Fig. 269.	Tintas utilizadas em cerâmicas artesanais.....	208
Fig. 270.	Telhas cerâmicas vidradas.....	209
Fig. 271.	Solução de vidrado .....	209
Fig. 272.	Estudo de escorrimento de vidrados.....	210
Fig. 273.	Aplicação do vidrado por pulverização .....	211
Fig. 274.	Forno industrial de pequenas dimensões .....	212
Fig. 275.	Ensaio de cores de vidrados com óxidos .....	212
Fig. 276.	Várias amostras de cerâmica a partir de diferentes argilas.....	228
Fig. 277.	Modos de geração de fissuras num ladrilho cerâmico.....	237
Fig. 278.	Esquema de fissuração numa fachada por retração dos materiais.....	237
Fig. 279.	Secção tijolo 30x20x11 .....	248
Fig. 280.	Montagem da parede.....	248
Fig. 281.	Exposição solar da fachada a nascente de verão .....	249
Fig. 282.	Exposição solar da fachada a sul de verão.....	249
Fig. 283.	Limite de amplitude de captação solar direta nas furações de menor dimensão...	250
Fig. 284.	Limite de amplitude de captação solar direta nas furações de maior dimensão....	250

<b>Fig. 285.</b>	Exposição solar da fachada a nascente de inverno .....	250
<b>Fig. 286.</b>	Exposição solar da fachada a sul de inverno.....	250
<b>Fig. 287.</b>	Permeabilidade visual para sudeste .....	251
<b>Fig. 288.</b>	Permeabilidade visual para sudoeste.....	251
<b>Fig. 289.</b>	Filtragem de radiação solar a sudeste .....	252
<b>Fig. 290.</b>	Filtragem de radiação solar a sudoeste .....	252
<b>Fig. 291.</b>	Filtragem de ventilação vinda sobretudo de sudeste .....	253
<b>Fig. 292.</b>	Filtragem de ventilação vinda sobretudo de sudoeste .....	253

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b>	Evolução do tijolo e de técnicas construtivas ao longo de algumas épocas da história da arquitetura.....	11
<b>Quadro 2.</b>	Classificação de cerâmicas segundo o critério de porosidade.....	19
<b>Quadro 3.</b>	Principais tipos de porcelana com respetivos constituintes em percentagem .....	22
<b>Quadro 4.</b>	Tipos, aplicações e volume de produção de algumas cerâmicas na indústria.....	22
<b>Quadro 5.</b>	Estudo de anomalias encontradas em elementos não estruturais na construção	25
<b>Quadro 6.</b>	Principais aspetos responsáveis por anomalias em alvenarias de tijolo, nas fases de projeto e de construção.....	29
<b>Quadro 7.</b>	Países mais produtores de tijolo na Europa, 2000 .....	32
<b>Quadro 8.</b>	Capacidades instaladas e produções por distrito em milhares de toneladas/ano, 2007 e 2008.....	37
<b>Quadro 9.</b>	Valores totais de produção em milhares de toneladas/ano, 2007 e 2008 .....	37
<b>Quadro 10.</b>	Dimensões típicas e limite (máximas e mínimas) de tijolo de acordo com a tolerância T1 da NP EN 771.1 .....	43
<b>Quadro 11.</b>	Tabela de preços do tijolo da empresa Preceram em Pombal, 2016 .....	48
<b>Quadro 12.</b>	Designação de códigos de clima segundo Köppen .....	64
<b>Quadro 13.</b>	Designação de códigos de precipitação segundo Köppen .....	64
<b>Quadro 14.</b>	Designação de códigos de temperatura segundo Köppen.....	65
<b>Quadro 15.</b>	Principais climas e subclimas segundo a classificação de Köppen .....	65
<b>Quadro 16.</b>	Tabela com todos os resultados .....	68
<b>Quadro 17.</b>	Tabela das optimizações .....	69
<b>Quadro 18.</b>	Critérios de sombreamento para diferentes zonas climáticas segundo Bansal et al. (1988).....	70
<b>Quadro 19.</b>	Síntese da análise dos casos de estudo para os climas Tropical e Árido .....	93
<b>Quadro 20.</b>	Síntese da análise dos casos de estudo para os climas Temperado e Continental	94
<b>Quadro 21.</b>	Síntese de estratégias arquitetónicas face ao clima de cada caso de estudo.....	96
<b>Quadro 22.</b>	Síntese da análise dos casos de estudo .....	141
<b>Quadro 23.</b>	Climas de Portugal por zonas .....	146
<b>Quadro 24.</b>	Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 1, 2, 3 e 4.....	150
<b>Quadro 25.</b>	Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 5, 6, 7 e 8.....	151

Quadro 26.	Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 9, 10, 11 e 12.....	152
Quadro 27.	Especificações para cada proposta de parede “filtro” .....	153
Quadro 28.	Percentagens de sombreamento das paredes dos casos de estudo da escola, do prédio e da capela .....	155
Quadro 29.	Especificações da solução 9 .....	156
Quadro 30.	Evolução histórica de cerâmicas com principais marcos de desenvolvimento ...	186
Quadro 31.	Classificação de cerâmicas segundo critério de pureza .....	194
Quadro 32.	Principais óxidos utilizados na vidragem de cerâmica.....	213
Quadro 33.	Técnicas de decoração de cerâmica segundo Almeida (2014).....	215
Quadro 34.	Valores da resistência mecânica à compressão de tijolos cerâmicos .....	232
Quadro 35.	Outras propriedades e aplicações de cerâmicas.....	234
Quadro 36.	Alguns dados técnicos do material cerâmico.....	235
Quadro 37.	Principais razões de fissuração dos rebocos em aparelhos de tijolo.....	237
Quadro 38.	Diretório de empresas de cerâmica estrutural em Portugal .....	239
Quadro 39.	Diretório de empresas de cerâmica de pavimentos e revestimentos em Portugal .....	240
Quadro 40.	Ficha de rendimento de uma alvenaria tradicional de tijolo de 11.....	255
Quadro 41.	Rendimento tubo silicone 300ml .....	255

## I. ENQUADRAMENTO

## **1.1 Tema**

A investigação tem como temática o tijolo cerâmico como “filtro” na arquitetura. Questiona-se a forma como se concilia as propriedades e características do material às necessidades funcionais de um edifício. Sendo o tijolo cerâmico um material com grande implementação e amplamente caracterizado, o trabalho tem como base estudar formas inovadoras de aliar o desempenho do material cerâmico à função de “filtro”.

## **1.2 Objetivos**

Dada a importância que o tijolo cerâmico tem denotado desde sempre na construção, o objetivo do trabalho resulta numa tentativa de aliança entre material e sistemas passivos de climatização na construção. Numa altura em que o comportamento climático dos edifícios está cada vez mais no pensamento de arquitetos, a essência do trabalho foca-se na valorização do material ao mesmo tempo que fortalece uma ligação com a eficiência energética na arquitetura. Pretende-se uma alternativa para o tijolo tradicional, a fim de promover um novo uso que tire partido das suas potencialidades. Ambiciona-se a criação de um “filtro” que perspetive promover um melhor ambiente interior à construção, considerando especificamente a incidência solar presente no território de Portugal Continental. A solução, resolvendo problemas inerentes à construção, tem o objetivo de servir a população e encontrar-se facilmente acessível à mesma.

## **1.3 Justificação da investigação**

Sendo o tijolo cerâmico amplamente utilizado na construção e com elevada energia incorporada, o objetivo da investigação é sobretudo valorizar o material. A ideia requer a criação de uma solução que aproveite ao máximo o material. Pretende-se minimizar ou até anular a produção de desperdícios em fase de obra e possibilitar uma futura reutilização sem que perca as suas características. Desta forma,

objetiva-se uma utilização mais racional e ponderada do material. A solução final é pensada em função da população, proporcionando um simples e adequado sistema passivo de climatização para o clima de Portugal. O dispositivo criado deve ser baseado numa série de requisitos pensados para a comodidade da população. Prevê-se uma melhoria do aproveitamento energético e conforto interior do edifício, diminuindo a necessidade de recorrência a equipamentos ativos de climatização e conseqüente redução de custos.

#### **1.4 Metodologia**

Todo o conteúdo teórico é desenvolvido com base na bibliografia de apoio pesquisada, a partir de monografias, revistas, artigos e documentos eletrónicos. Posteriormente, na fase projetual, o estudo é realizado desde a manipulação e contacto físico com o material até à elaboração de modelos virtuais. Sempre que necessário, recorreu-se ao contacto com profissionais para aquisição prática de conhecimentos e ajuda na parte experimental da investigação. Foi possível o contacto com um *atelier* de cerâmica e azulejo na localidade de Vila Nova de Famalicão, possibilitando o contacto direto com o fabrico e manipulação de cerâmica artística.

#### **1.5 Introdução**

O corpo do trabalho desenvolve-se segundo os seguintes capítulos:

O primeiro capítulo enquadra toda a justificação da investigação, no que toca à temática, objetivos, metodologia e organização de todo o trabalho.

O capítulo II dá conta de informação referente ao tijolo cerâmico como material amplamente caracterizado na arquitetura, explicando a importância da sua investigação. Tem início com a sua contextualização e origens na construção, abordando de seguida os processos ligados à produção, a classificação, as aplicações na

arquitetura e anomalias assinaladas. Para finalizar é analisado o panorama da sua indústria e apresentados os elementos cerâmicos mais correntes em Portugal.

O capítulo III aborda a importância das energias passivas na arquitetura como sistemas que contribuem cada vez mais para um aproveitamento de fontes naturais renováveis. Mostra-se de que forma o conceito de “filtro” na arquitetura se enquadra num sistema solar passivo, apontando o seu surgimento e formas como foi aparecendo ao longo do tempo através de diferentes dispositivos. No mesmo capítulo são analisados dois grupos de casos de estudo segundo uma seleção à escala mundial. O primeiro grupo explora casos de estudo de sistemas de fachada “filtro” por diferentes climas, de forma a perceber que características estes dispositivos adquirem em função do clima. O segundo conjunto de casos de estudo analisa especificamente obras que exploram alvenarias de elementos cerâmicos como “filtro”.

No quarto capítulo é encontrado o projeto, bem como a explicação da ideia até à sua concepção. O capítulo inicia-se numa aproximação às características climáticas de Portugal, sendo posteriormente equacionado o projeto a partir das necessidades apresentadas. É tido em consideração, na solução final, todo o estudo desenvolvido ao longo da investigação.

O capítulo V remata as conclusões tiradas do processo de investigação e contributo para futuros desenvolvimentos do trabalho.

O capítulo VI referencia todo o material de apoio utilizado.

No último capítulo são introduzidos os documentos anexos, tal como informação acessória da investigação.

## II. O MATERIAL CERÂMICO

## 2.1 Contextualização ao material cerâmico

De acordo com o seguinte esquema, a superfície terrestre é composta segundo solos argilosos, siltosos e arenosos. Nesta classificação, a cerâmica provém dos solos argilosos, uma vez que a argila é o material essencial para a confeção da pasta cerâmica.

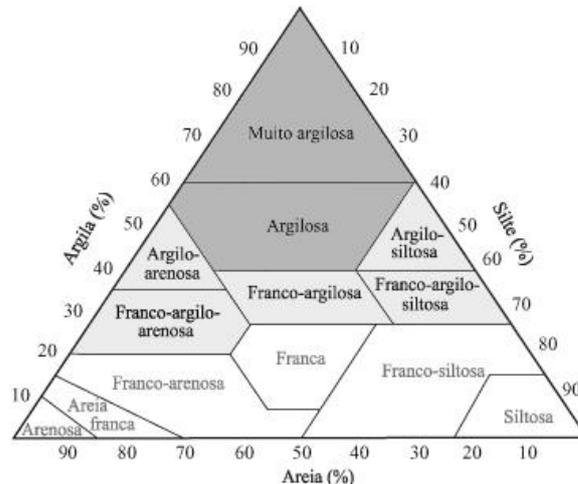


Fig. 1. Classificação dos solos

Adaptado de <http://solosfilipe.yolasite.com/resources/TRINGU~1.GIF?timestamp=1296434990605>

Na presente investigação interessa contextualizar o material, no que se refere à sua descoberta, imergência e encaixe no leque de materiais existentes na construção. Para tal, existem pesquisas teóricas acerca do assunto<sup>1</sup>.

Os materiais cerâmicos podem-se subdividir em duas categorias de grupos. Estes grupos são os cerâmicos tradicionais e os cerâmicos técnicos<sup>2</sup>. Os cerâmicos tradicionais, utilizados há mais de 25000 anos, são os que possuem mais protagonismo na construção devido às suas características. Este grupo de cerâmicos possui na sua constituição três elementos: a argila; o feldspato e a sílica<sup>3</sup>, sendo geralmente associados aos materiais silicatos.<sup>4</sup>

Como investigação no âmbito da arquitetura e construção, torna-se pertinente o estudo dos cerâmicos tradicionais. Como nos mostraram os nossos antepassados nas construções primitivas, desde sempre tornou-se evidente a prova que a cerâmica é um material com

<sup>1</sup> ver no ANEXO 1 definições teóricas

<sup>2</sup> ver no ANEXO 1 cerâmicos técnicos

<sup>3</sup> ver no ANEXO 3 constituintes da cerâmica

<sup>4</sup> BOGAS (2013) p7

grande potencial num projeto de arquitetura. Da mesma forma é aliado o baixo custo às suas excelentes características, o que torna a cerâmica um material amplamente caracterizado na construção.

## 2.2 Aparecimento da cerâmica na construção

*“A terra, o mais abundante e acessível material na natureza, é usada desde os tempos primitivos para a construção de casas [...]”<sup>5</sup>*

Silva et al.

*“A primeira notícia que se tem dela [arquitetura] está ligada às cidades pioneiras que surgiram no Médio Oriente e na Ásia Central no sétimo milénio a.C. quando as primeiras residências foram construídas, usando tijolos de lama secos ao sol, conhecidos como tijolos crus – material que, ainda hoje, é um dos mais utilizados, principalmente em construções populares.”<sup>6</sup>*

Point da Art

Em regiões da pré-história que não permitiam a secagem do tijolo de lama ao sol, era difícil a sua confeção. Como resposta a este problema foi desenvolvida no sétimo milénio a.C. por povos da Europa Central e da Ásia Central a solução de usar argila ou areia e madeirame (armação em tábuas de madeira cruzadas).<sup>7</sup> Consiste numa técnica construtiva idêntica à das construções de pau-a-pique em taipa muito utilizada em Portugal, nomeadamente em construções vernaculares do centro histórico da cidade de Guimarães.

---

<sup>5</sup> SILVA et al. (2015)

<sup>6</sup> Point da Art (2011)

<sup>7</sup> Idem



esmaltados ou vitrificados. O betume, material líquido que jorrava naturalmente da terra, podia ser usado como argamassa nos tijolos confeccionados, funcionando como impermeabilizante.<sup>14</sup>

Consistiu na matéria-prima principal e mais abundante da arquitetura desta civilização. A sua utilização em massa também se deu devido à escassez de pedra e madeira na região.<sup>15</sup>

*“Os tijolos cerâmicos são dos materiais de construção mais antigos, logo a seguir à pedra e à madeira.”<sup>16</sup>*

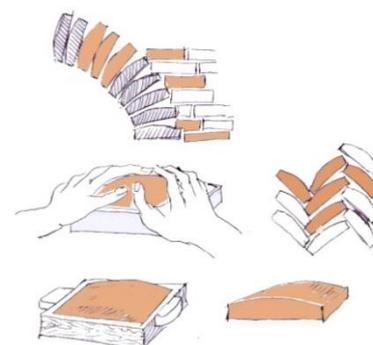
Dias et al.

Nesta época o construtor era reconhecido como o rei, uma vez que a construção tinha um forte simbolismo. O tijolo de adobe curado ao sol como material construtivo comprovava a consolidação simbólica, pelo facto de resolver tecnicamente o arco e a abóbada, característicos da arquitetura romana, porém ilustrados na arquitetura mesopotâmica.<sup>17</sup>

*“A religião suméria lançou a ideia que os seres humanos foram moldados pelos deuses a partir do barro aluvial para servir como escravos, disso resulta também, o simbolismo do barro na construção.”<sup>18</sup>*

Coelho e Bacellar

O barro simbolizava o poder de construção, propriedade dos deuses cuja edificação de templos em seu favor era concedida ao rei. Este período foi rico em arquitetura de construções de argila, nomeadamente de edifícios de carácter religioso. O templo, construído em honra a deuses, consistiu na primeira construção com uma estrutura sólida na suméria. No período arcaico, ainda de pequenas



**Fig. 4.** Técnica de fabricação de tijolos cerâmicos  
Adaptado de  
<http://editorial.dca.ulpgc.es/estructuras/construccion/Fotos/fotos%20preromano/Figura33b.jpg>

<sup>14</sup> COELHO; BACELLAR (2013)

<sup>15</sup> MATOS et al. (2013)

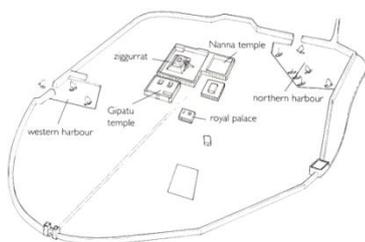
<sup>16</sup> DIAS et al. (2009) p19

<sup>17</sup> COELHO; BACELLAR (2013)

<sup>18</sup> Idem

dimensões, era composto por uma única sala retangular (5x4m), à qual se acedia pelo lado maior. O lado menor era composto por um nicho para colocação de uma referência à divindade e a frente por uma placa de argila que constituía o altar de oferendas.<sup>19</sup>

A argila, ou adobe, foram também fortemente utilizados na construção de paredes amuralhadas de cidades. A muralha de 8 metros de altura que foi construída como cerca para a cidade de Ur no período Neosumério; a muralha da cidade de Uruk construída em 2.700 a.C. e as muralhas do complexo do Templo de Eanna em tijolos pequenos de secção quadrada cobertos de adobe são alguns desses exemplos.<sup>20</sup>



**Fig. 5.** Cidade amuralhada de Ur  
Adaptado de [https://seatedwomenwithbluescarf.files.wordpress.com/2012/02/ur\\_cityplan\\_1-1.jpg](https://seatedwomenwithbluescarf.files.wordpress.com/2012/02/ur_cityplan_1-1.jpg)

O zigurate, criado pelos sumérios e típico nos babilônios e assírios, é uma forma de templo. Possuem um formato em pirâmide, organizada por várias plataformas terraplanadas sobrepostas (de 2 a 7), em que a área de cada patamar diminui à medida que cresce. O seu interior é construído em tijolos queimados de grande resistência, enquanto o exterior é composto por adornos em tijolos secos ao sol mais fáceis de confeccionar. Por vezes acontecia o inverso.<sup>21</sup>

O zigurate de Ur, completamente maciço, é construído com adobes de 24x10x5cm de dimensão no interior e tijolo queimado de 32x22x6cm na sua face exterior.<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> Idem

<sup>20</sup> Idem

<sup>21</sup> Idem

<sup>22</sup> Idem



**Fig. 6.** Construção em tijolo em zigurates  
Retirado de [https://profricardosilva.files.wordpress.com/2011/01/ur\\_sumer\\_iraq\\_3055\\_jpg\\_600x.jpg](https://profricardosilva.files.wordpress.com/2011/01/ur_sumer_iraq_3055_jpg_600x.jpg)

De seguida é apresentado um quadro que mostra a evolução do tijolo ao longo desta época da história da arquitetura.

**Quadro 1.** Evolução do tijolo e de técnicas construtivas ao longo de algumas épocas da história da arquitetura  
Adaptado de COELHO; BACELLAR (2013)

<i>Idade dos Metais (Bronze)</i>				<i>Idade dos Metais (Ferro)</i>				
<i>Idade Antiga</i>								
Período Arcaico	Florescimento Sumério	Período Acádio	Período Neosumério	Período Babilónico (Sul)		Período Assírio (Norte)		Período Persa
Revolução Neolítica: Pré-escrita Suméria	Primeiras escritas Suméria	Os Semitas originários da Assíria instalam-se em Kish e Lagash	Terceira Dinastia de Ur	Reinado e Casa dinástica Amorita	Período Neobabilónico	Antigo Período Assírio	Período Tardio Assírio (até a ocupação Persa)	Império Aqueménida: Primeiro Império Persa
3500-3000 a.C.	3000-2340 a.C.	3000-2160 a.C.	2250-2025 a.C.	2100-1000 a.C.	1250-539 a.C.	1650-1000 a.C.	1000-539 a.C.	539-331 a.C.
Invenção do tijolo seco ao sol. Principais centros: Eridu e Tepe Gawra.	Tijolo plano-convexo de Ur. Entendimento de que o embasamento de pedra combatia a humidade.	Assumiram o mesmo processo construtivo dos Sumérios.	Construção do zigurate de Ur.	Zigurate de Enlil (70 metros de altura). Hamurabi (1728-1686 a.C.)	Zigurate d'Etemenanki (Torre de Babel). Vitriificação do tijolo (Portal de Isthar).	Aumento da altura dos zigurates. Técnica de entalhe de grandes lajes de pedra.	Palácios sóbrios. Nascimento de novas cidades.	Fundação da cidade de Persépolis (518 a.C.). Em 331 a.C. Alexandre o Grande conquista a Pérsia.

## 2.3 Matérias-primas e extração

*“Construction industry is the second largest consumer of raw materials, after the food industry. It absorbs 25% of the timber and 40% of the aggregates (stone, gravel and sand) produced worldwide.”<sup>23</sup>*

Berge

Para a confecção da pasta cerâmica tradicional, é fundamental a extração e seleção de um bom produto da matéria-prima<sup>24</sup>. Quanto melhor a sua qualidade, melhores serão as características do produto final.<sup>25</sup>

Como tal, é necessário proceder à procura de inertes com características adequadas, para que estas sejam mantidas ao longo de todos os referentes procedimentos.<sup>26</sup>

Para compreender a extração dos constituintes da cerâmica, torna-se pertinente entender onde os mesmos se localizam. As matérias-primas encontram-se no solo, a parte mais superficial da crosta terrestre<sup>27</sup>.

Todo o processo de extração das argilas do solo é realizado nos períodos mais secos do ano, sendo posteriormente depositadas em camadas intercaladas formando montes. Estes montes, repousando ao ar livre, são formados por grandes quantidades de matéria-prima, podendo constituir produto para até um ano de consumo. Este sistema permite ainda que os materiais naturalmente se desagreguem, o que leva a um produto final mais homogeneizado e conseqüentemente mais puro e de melhor qualidade.<sup>28</sup>

---

<sup>23</sup> BERGE apud MENDONÇA; MARTINS (2015) p833

<sup>24</sup> ver no ANEXO 3 constituintes da cerâmica

<sup>25</sup> DIAS et al. (2009) p19

<sup>26</sup> Idem

<sup>27</sup> ver no ANEXO 3 constituintes da cerâmica

<sup>28</sup> DIAS et al. (2009) p19

## 2.4 Processo de produção

No que toca ao processamento da cerâmica, deve-se ter em conta que ao longo dos anos a tecnologia vai sendo cada vez mais desenvolvida, otimizando as qualidades da cerâmica final. Desta forma, torna-se lógico que a cerâmica produzida na atualidade possui melhores características que a cerâmica rude produzida pelo Homem primitivo. Da mesma forma, conforme os locais geológicos, os progressos de desenvolvimento foram distintos e refletiam-se a partir da experiência, qualidade da matéria-prima e tecnologias à disposição do Homem.

Para esta investigação, é estudado o processo de fabrico da cerâmica praticada na pré-história, seguido do processamento utilizado na contemporaneidade.

*"No one knows when the first artisan crafted a three-dimensional shape from clay. No one knows when someone took the next crucial step of placing the dried clay article in a fire, but this was an enormous step for mankind. It represented the first time that a person invented a new material by using fire to transform a natural material."*<sup>29</sup>

Richerson

A mais antiga evidência que comprova que o Homem primitivo utilizou o fogo para cozer a cerâmica ocorreu em 26000 a.C., na atual República Checa.<sup>30</sup>

Os primeiros artesãos escolhiam os solos mais adequados para a confeção da cerâmica, nomeadamente solos mais ricos em argila, aos quais era adicionada água para conferir plasticidade à mistura. Nestas condições o artesão pode moldar a pasta a fim de obter a forma desejada. Quando conformada a peça é seca, perdendo a

---

<sup>29</sup> RICHERSON (2006) p9

<sup>30</sup> Idem



**Fig. 7.** Blocos rudimentares de argila na construção  
Retirado de <http://www.centromaosterra.com/image/cnt/2012/12/19/2012121921572019.jpg>

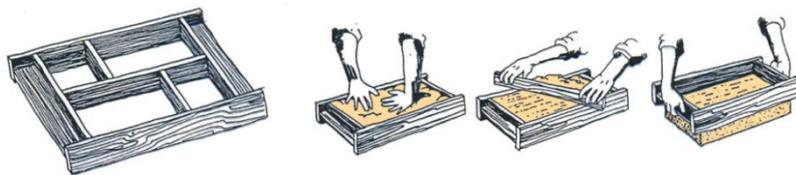
humidade e conseqüentemente a plasticidade, mas com uma nova adição de água esta pasta argilosa volta a reidratar e a restaurar as suas propriedades iniciais. Apesar de a argila seca naturalmente não ser ainda considerada cerâmica, a mesma é utilizada na confecção de tijolos rudimentares na construção, em países de clima muito seco como África subsariana (região sul).<sup>31</sup>

Nos primeiros milênios seguintes à descoberta da cerâmica, as pastas eram frequentemente toscas. Rapidamente os pré-artesãos entenderam a necessidade de alterar as propriedades inerentes à matéria-prima (terra crua), para resistir de melhor forma à secagem e queima. Como tentativa de solucionar o problema, à pasta eram adicionadas partículas de materiais não plásticos (tempera), constituindo a “estrutura esqueleto” do artefacto. Os complementos adicionados poderiam ser de vários tipos como: mineral, orgânico, natural ou antrópico (de base humana).<sup>32</sup>

Na produção de tijolos cerâmicos primitivos, a argila utilizada para a sua preparação era amassada com palha, a fim de conceder mais solidez à pasta. Por fim, o tijolo era finalizado com a secagem ao sol.<sup>33</sup>



**Fig. 8.** Tijolos de argila com palha manufacturados  
Retirado de [http://sustentarte.org.br/novo/wp-content/uploads/2012/07/IMG\\_2393.jpg](http://sustentarte.org.br/novo/wp-content/uploads/2012/07/IMG_2393.jpg)



**Fig. 9.** Esquema de confecção manual de tijolos de adobe  
Adaptado de <https://coisasdaarquitectura.files.wordpress.com/2010/06/tijolos-de-adobe0001.jpg>

Na contemporaneidade, o processamento da cerâmica envolve sistemas e métodos mais técnicos. Levam a argila e outros constituintes a uma série de etapas que têm de respeitar antes de ser transformada na dita cerâmica. Existem diferentes tipos de técnicas industriais de processamento de cerâmica. Além disso, pode haver

<sup>31</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) p4

<sup>32</sup> Ibidem p31/32

<sup>33</sup> DIAS et al. (2009) p19

variantes entre técnicas análogas, conforme os processos utilizados, os setores industriais, a empresa ou o local. Desta forma, é conveniente explicar as técnicas mais focadas na indústria da construção civil, com particular destaque para o tijolo tradicional.

Antes de entrar no faseamento do processo de fabrico da cerâmica, deve ser tido em conta a extração da sua matéria-prima - a argila. A extração dos solos é realizada durante as alturas mais secas do ano, sendo posteriormente depositadas ao ar livre em montes de camadas intercaladas por diferentes tipos de argila. Este procedimento é feito em grande volume, chegando a constituir matéria para até um ano de consumo. A disposição em montes da matéria extraída ajuda na natural desagregação dos materiais e facilita a sua homogeneização, promovendo um produto final de melhor qualidade.<sup>34</sup>



**Fig. 10.** Montes de argila extraída  
Retirado de <http://www.ceramica6.com.br/materia-prima-ceramica6.php>

O processamento dos cerâmicos tem início a partir de um meio granular que é sujeito ao processo de granulação, homogeneização, seguido da conformação e terminando com o processo térmico de secagem e sinterização. Geralmente, na maioria dos cerâmicos tradicionais, o processo baseia-se na compactação de matérias mais finas (pós ou partículas). De seguida obtém-se as peças com a forma desejada, com fim na consolidação a altas temperaturas obtidas no forno. Este processo envolve quatro fases fundamentais<sup>35</sup>: a preparação da matéria; a conformação ou vazamento; o tratamento térmico de secagem e a cozedura a altas temperaturas de maneira a dar lugar à sinterização, que consiste na solidarização das partículas.<sup>36</sup>

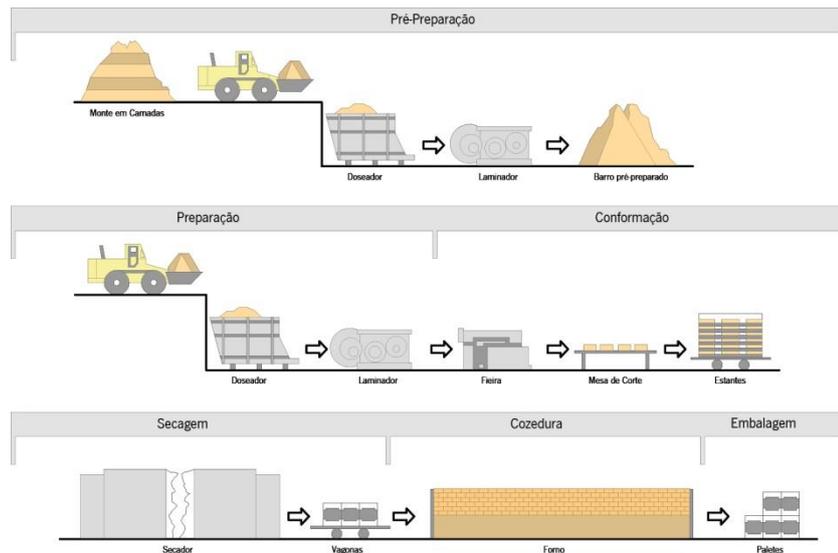
No seguinte esquema pode-se ver resumidamente as principais fases de processamento de cerâmicas tradicionais para construção, segundo Dias et al. (2009).

---

<sup>34</sup> Idem

<sup>35</sup> ver no ANEXO 7 um processo artesanal

<sup>36</sup> BOGAS (2013) p20



**Fig. 11.** Esquema de um faseamento do processo de produção do tijolo cerâmico  
Adaptado de DIAS et al. (2009) p20

### Técnicas de personalização da cerâmica

O presente tópico, referente às técnicas de personalização da cerâmica, foi elaborado a partir do contacto com a escola artesanal de cerâmica da Fundação Castro Alves, situada na freguesia de Bairro, localidade de Vila Nova de Famalicão.



**Fig. 12.** Fundação Castro Alves, Bairro, V. N. Famalicão



**Fig. 13.** Escola de cerâmica

O seu intuito é aprender um pouco mais acerca desta arte e essencialmente mostrar como se pode personalizar um objeto cerâmico. Compreendido num processo de pequena escala, esta

cerâmica é feita segundo um método manual tradicional. A experiência reúne algumas técnicas e conhecimentos que podem ser transportados para um conceito *home-made* (faça você mesmo), podendo ser usados por qualquer pessoa. Pretende-se um espírito de criatividade na concepção de peças cerâmicas, aliado à ideia de reutilização do material. O objetivo é incentivar a dar novos usos a peças desperdiçadas ou em fim de vida como se vê na construção, tal como desperdícios de obras que resultam em resíduos sem utilidade.

Entre as técnicas de revestimento da cerâmica estão o engobe, as tintas e a vidragem. Através delas podem ser aplicados vários acabamentos<sup>37</sup>.

Na escola de cerâmica da Fundação Castro Alves são realizadas várias técnicas de revestimento cerâmico. Baseiam-se sobretudo na pintura, vidragem e colagem, além de alterações morfológicas do barro, como o caso do corte e aplicação de relevos através de escavados. Na seguinte sequência de fotos são apresentados alguns trabalhos realizados na mesma<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> ver no ANEXO 6 revestimentos cerâmicos

<sup>38</sup> ver no ANEXO 7 uma entrevista com D.<sup>a</sup> Olga Pereira

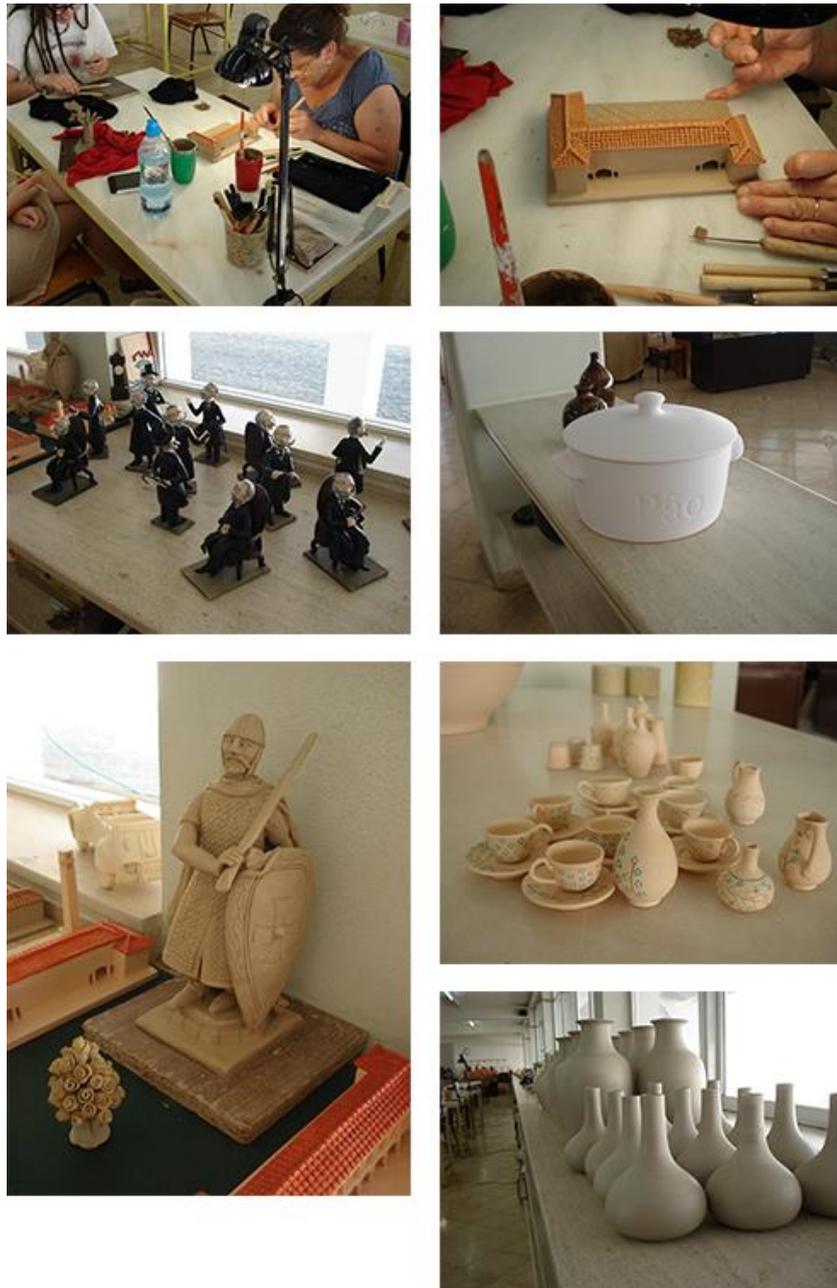


Fig. 14. Fotos de peças cerâmicas produzidas na escola da Fundação Castro Alves

## 2.5 Classificação de materiais cerâmicos para construção

Como existe uma vasta diversidade e heterogeneidade de materiais na indústria cerâmica, é comum estes se enquadrarem segundo grupos. Sendo que apenas se consideram as cerâmicas silicatadas, as mesmas podem ser classificadas e distinguidas quanto à sua estrutura interna.<sup>39</sup>

<sup>39</sup> BOGAS (2013) p24

No seguinte quadro é mostrada uma distinção entre cerâmicas, segundo o critério de porosidade.

**Quadro 2.** Classificação de cerâmicas segundo o critério de porosidade  
Retirado de BOGAS (2013) p24

<i>Cerâmica porosa</i>	<i>Cerâmica não porosa</i>
Barro vermelho ou produtos de terracota	Grés
Faianças (de pasta branca a vermelha)	Grés porcelânico
Refratários	Porcelanas

Com base na investigação de Bogas (2013), os materiais cerâmicos silicatados classificam-se segundo grupos, como mostra o seguinte esquema.



**Fig. 15.** Classificação de materiais cerâmicos segundo Bogas (2013)  
Elaborado a partir de BOGAS (2013)

### Produtos de barro vermelho

Este tipo de cerâmica abrange produtos à base de argilas de cromatismo avermelhado. São geralmente associados à construção, embora também sejam produzidos outros tipos de objetos para fins decorativos e artesanais. Trata-se de produtos que podem ou não conter vidragem.

Entre este tipo de barros pode ser encontrada a terracota, executado a partir de pastas coadas de argilas vermelhas, podendo também constituir-se de argilas amarelas ou brancas.<sup>40</sup>

A sua coloração avermelhada escura deve-se à abundância de óxido de ferro na sua composição, muito comum em Portugal. Geralmente, o seu processamento térmico dá-se a baixas temperaturas, entre os 850 e 1050°C. Genericamente este tipo de cerâmica possui um aspeto áspero e conseqüentemente níveis de



**Fig. 16.** Tijolo de barro vermelho  
Adaptado de [http://www.josane.com.br/fotos/189\\_Josane.jpg](http://www.josane.com.br/fotos/189_Josane.jpg)

<sup>40</sup> ALMEIDA (2013) p18

absorção elevados. Em materiais para construção, é normalmente conformada pelo método de prensagem.<sup>41</sup>

### Produtos vidrados

Os produtos vidrados são basicamente constituídos por um revestimento vidrado, formado a partir de uma suspensão aquosa de grão fino de areia de quartzo, juntamente com sais de sódio ou cinzas de plantas. Consiste numa esmaltagem que confere impermeabilidade e rigidez aos produtos.<sup>42</sup>

### Faianças



**Fig. 17.** Revestimento de uma fachada em faiança

Retirado de [http://1.bp.blogspot.com/-FtHGzyZyFtU/USPve7Ee6nl/AAAAAAAAALg8/GrimB6fJAzY/s1600/IMG\\_0008.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-FtHGzyZyFtU/USPve7Ee6nl/AAAAAAAAALg8/GrimB6fJAzY/s1600/IMG_0008.jpg)

Entre os produtos vidrados encontra-se a faiança. Trata-se de um produto revestido integralmente por vidrado estanífero, ou seja, composto por estanho.<sup>43</sup>

A faiança é um material com valores de porosidade entre os 5% e os 20% e são combinadas a partir de uma ou várias argilas. Posteriormente podem ser adicionados quartzo, feldspato, caco, talco, calcário, entre outros.<sup>44</sup>

### Grés

O grés é um material cerâmico duro, denso, opaco e não poroso, constituído geralmente por argila e feldspato.<sup>45</sup>

A sua vitrificação ocorre entre os 1150°C e os 1350°C. Pode alcançar tons que vão desde o branco e cinzento ao amarelo e castanho, dependendo dos seus constituintes.<sup>46</sup>



**Fig. 18.** Bloco em grés natural

Retirado de [http://www.candigres.com/sites/www.candigres.com/files/gradilha\\_gres\\_natural.jpg](http://www.candigres.com/sites/www.candigres.com/files/gradilha_gres_natural.jpg)

Pode possuir um acabamento natural ou esmaltado. Em relação aos materiais porcelânicos, o grés é um produto que contém

<sup>41</sup> BOGAS (2013) p24

<sup>42</sup> Ibidem p25

<sup>43</sup> ALMEIDA (2013) p18

<sup>44</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p25

<sup>45</sup> GOUVEA (2009)

<sup>46</sup> ALMEIDA (2013) p18

matérias-primas menos puras. Desta forma constitui uma cerâmica mais porosa.<sup>47</sup>

### Grés porcelânico

Este material é caracterizado por possuir níveis de porosidade inferior a 0.5%. Na sua constituição constam argilas plásticas, caulino, areado feldspático, entre pequenas quantidades de outras matérias. O grés porcelânico possui elevada compacidade, durabilidade e resistência. Apresenta vários tipos de acabamento como natural, polido, esmaltado e colorido. Sobre o material pode ser impresso qualquer tipo de desenho ou textura, graças à atual tecnologia digital de impressão.<sup>48</sup>

Com o nível tecnológico que o material alcançou, pode atualmente ser comparado a pedras naturais.<sup>49</sup>



**Fig. 19.** Pavimento em grés porcelânico  
Retirado de [http://img.archiexpo.es/images\\_ae/photo-g/1534-2864915.jpg](http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/1534-2864915.jpg)

### Porcelana

A porcelana consiste num tipo de cerâmica constituída por uma granulometria muito fina. Na sua composição consta o caulino que representa cerca de 60% da sua constituição, cerca de 20% de quartzo (sílica) e 20% de feldspato (potássio). O potássio confere alta estabilidade contra deformação. Em relação às suas características destaca-se a alta densidade, impermeabilidade, cor branca, translucidez e elevada rigidez. É vulgarmente revestida por vidro transparente e produzida a altas temperaturas.<sup>50</sup>

No quadro a seguir constam os principais tipos de porcelana, com as percentagens referentes de cada matéria-prima associada.



**Fig. 20.** Louça cerâmica em porcelana  
Retirado de <http://www.decomat-angola.com/images/sanitarios-de-louca-branca.jpg>

<sup>47</sup> BOGAS (2013) p26

<sup>48</sup> BOCH; NIËPCE (2007) apud BOGAS (2013) p26

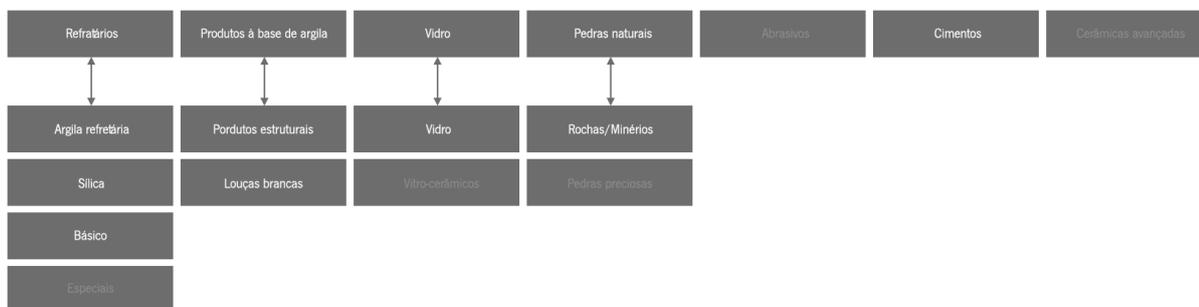
<sup>49</sup> BOGAS (2013) p26

<sup>50</sup> ALMEIDA (2013) p18

**Quadro 3.** Principais tipos de porcelana com respectivos constituintes em percentagem  
Retirado de BOGAS (2013) p27

<i>Tipos de porcelana</i>	<i>Caulino (%)</i>	<i>Feldspato (%)</i>	<i>Quartzo (%)</i>
Porcelana mole	30 – 40	25 – 40	30 – 40
Porcelana fina	40 – 60	18 – 30	12 – 35
Porcelana artística	40 – 50	22 – 40	20 – 32
Porcelana sanitária	25 – 40	30 – 36	24 – 45
Porcelana elétrica	40 – 50	20 – 28	22 – 40
Porcelana dura	45 – 50	20 – 25	20 – 25

Na figura seguinte é mostrado um esquema de outra classificação mais ampla de materiais cerâmicos, que abrange todos os acima referenciados, para além de outros considerados técnicos. Foram destacados os materiais mais ligados à indústria da construção.



**Fig. 21.** Classificação de materiais cerâmicos segundo Pinho (2011)  
Elaborado a partir de PINHO (2011)

Com base no esquema de Pinho (2011), pode-se ver que são abrangidos materiais naturais como a rocha, além do vidro, pedras preciosas e até cimentos.

No quadro seguinte são apresentados alguns tipos de cerâmicas presentes na indústria, juntamente com referentes aplicações e quantidades anuais produzidas.<sup>51</sup>

**Quadro 4.** Tipos, aplicações e volume de produção de algumas cerâmicas na indústria  
Retirado de CARTER; NORTON (2007) apud BOGAS (2013) p13

<i>Type</i>	<i>Main uses</i>	<i>Annual U.S. Production (Mt)</i>	<i>Comments</i>
Ball Clay	Floor and Wall tiles	1.3	Also called "plastic clay" because it improves workability
Bentonite	Sanitary ware Foundry sand bond Absorbents	4.4	The United States imports bentonite from Canada
Common clay	Bricks Cement	26	Also called "brick clay" Red color comes from iron
Fire clay	Refractories	0.3	Fireclay refractories contain 25-45% alumina
Fuller's earth	Absorbents	3.2	Textile workers (or "fullers") cleaned raw wool by kneading it in a mixture of water and fine earth, which absorbed oil, dirt, and other contaminants
Kaolin	Paper	7.2	Kaolinite is a hydrous aluminium silicate; kaolin is a white firing clay, primarily composed of kaolinite

<sup>51</sup> CARTER; NORTON (2007) apud BOGAS (2013) p13

## 2.6 Aplicações da cerâmica na construção

Os cerâmicos tradicionais são os geralmente utilizados na construção.<sup>52</sup>

O material encontra-se amplamente aplicado na construção para várias finalidades, geralmente em produtos de barro vermelho. No entanto, de seguida são sistematizadas as aplicações mais correntes na construção. Entre elas, o material encontra-se sobretudo empregue como enchimento e revestimento.

### Enchimento

- **Paredes de alvenaria:** Observando a maioria das construções contemporâneas presentes em Portugal, o tijolo cerâmico é dos elementos mais utilizados em alvenarias. Funcionam como enchimento, transmitindo a rigidez necessária ao elemento construtivo.

Os benefícios que este material trouxe no que toca ao conforto da habitação permitiram um extraordinário crescimento do uso de paredes em alvenaria de tijolo.<sup>53</sup>

- **Lajes aligeiradas:** Em lajes aligeiradas são geralmente utilizadas abobadilhas cerâmicas. A fim de aligeirar a laje estes elementos vazados são utilizados como enchimento, ocupando volume com o seu núcleo oco ao mesmo tempo que diminui a sua secção e peso.

### Revestimento

- **Coberturas:** As telhas, considerando um revestimento da cobertura de um edifício, são abundantemente utilizadas na construção de forma a proteger o edifício de agentes naturais como a chuva, a radiação solar, a neve, forças dos ventos, entre outros.



**Fig. 22.** Paredes construídas em tijolo cerâmico  
Retirado de [http://www.fontesantaipss.com/obras/p1030271\\_640x480.jpg](http://www.fontesantaipss.com/obras/p1030271_640x480.jpg)



**Fig. 23.** Abobadilhas cerâmicas numa laje aligeirada  
Retirado de <http://www.portallitoral.com.br/Imagens/Laje-Convencional-com-Lajota-Ceramica.jpg>



**Fig. 24.** Vista aérea dos telhados em telha cerâmica da cidade do Porto  
Retirado de <http://noticias.wimoveis.com.br/wp-content/uploads/2015/04/Telha-termoa%C3%B3stica-%C3%A9-uma-alterna-tiva-em-projetos-que-minimizam-gastos-com-energia.jpg>

<sup>52</sup> BOGAS (2013) p7

<sup>53</sup> DIAS et al. (2009) p17



**Fig. 25.** Passeios pedonais em cerâmica, Vale de Gândara  
Retirado de <http://www.valegandara.com/produutos/imagens/paver/vermelho/foto06.jpg>



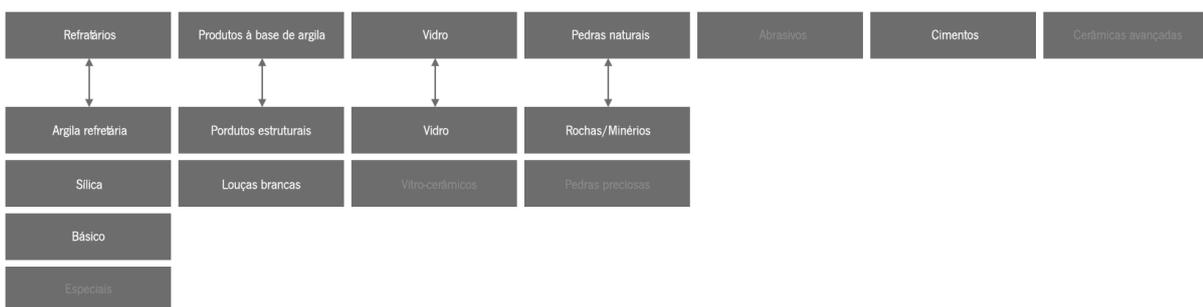
**Fig. 26.** Azulejos cerâmicos da estação S. Bento, Porto  
Retirado de <http://3.bp.blogspot.com/-4OoqWX-qtIE/ULfMYoIM9BI/AAAAAAAAAFwo/R46W7y14Zis/s1600/04+-+esta%C3%A7ao+s.bento1.JPG>

- **Revestimentos:** A tijoleira e os ladrilhos, sendo geralmente vitrificadas, são elementos que revestem os pavimentos e paredes de grande parte de edifícios. A sua função é decorar e proteger por impermeabilidade e dureza as superfícies através do esmaltado, tornando a habitação mais fresca e refletora.

A tijoleira é um tipo de revestimento processado por extrusão, à semelhança do que se passa com o tijolo cerâmico.<sup>54</sup>

A diversificação de modelos acompanha as técnicas construtivas e as exigências das edificações. As características destes elementos, como a geometria, irão ser optimizadas ao longo do tempo, permitindo uma construção mais eficiente e de forma a facilitar a sua aplicação em obra. Além disso, permitirão com maior facilidade, a instalação de elementos infra-estruturais como redes de águas, esgotos, eletricidade e comunicação. Esta otimização é possível graças à facilidade de conformação excepcional que o material permite, transformando a geometria dos elementos e posterior resistência mecânica depois do processo térmico de produção.<sup>55</sup>

Considerando a classificação de cerâmicos de Pinho (2011), pode-se observar um maior leque de aplicações, com a inclusão dos refratários e até do vidro, da pedra e dos cimentos.



**Fig. 27.** Classificação de materiais cerâmicos segundo Pinho (2011)  
Adaptado de PINHO (2011)

Elementos na construção que debitem altas temperaturas são frequentemente revestidos ou construídos com cerâmicos refratários, pela sua alta resistência a elevadas temperaturas, ao desgaste e boa

<sup>54</sup> BOGAS (2013) p24

<sup>55</sup> DIAS et al. (2009) p17

capacidade de isolamento, consistindo noutra aplicação de tijolos cerâmicos.<sup>56</sup>

## 2.7 Anomalias

As anomalias da cerâmica referem-se a deficiências ocorrentes em elementos construtivos devido a inúmeros fatores.

Os defeitos emergentes no material cerâmico condicionam o desempenho dos seus elementos construtivos. Ainda assim, estas manifestações e as suas causas não diferem de um modo significativo das que são verificadas noutros materiais e elementos construtivos presentes na construção. As patologias a seguir apresentadas referem-se mais especificamente a alvenarias sem função estrutural.<sup>57</sup>

O quadro a seguir mostra uma síntese relacionada com o estudo de patologias encontradas em elementos não estruturais na construção.

**Quadro 5.** Estudo de anomalias encontradas em elementos não estruturais na construção  
Retirado de DIAS et al. (2009) p209

Elementos de construção		Anomalias não-estruturais													
		Anomalias devidas à humidade				Fissurações	Envelhecimento e degradação dos materiais	Desajustamentos face a exigências							
		Humidificação dos materiais													
		Humidade de construção	Humidade de terreno	Humidade de precipitação	Humidade de condensação	Higroscopicidade dos materiais	Causas fortuitas	Alteração das propriedades físicas	Degradação dos materiais			Exigências de segurança	Exigências de conforto	Exigências de economia	
Elementos primários	Paredes exteriores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Paredes interiores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elementos secundários	Pavimentos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Coberturas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revestimentos	Janelas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Cerramentos de vãos exteriores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Portas exteriores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Portas interiores	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revestimentos	Guardas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Lanternins	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Revestimentos exteriores em paredes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Revestimentos interiores em paredes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Revestimentos em tectos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Revestimentos	Revestimentos em pisos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Revestimentos em coberturas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

<sup>56</sup> BOGAS (2013) p3

<sup>57</sup> DIAS et al. (2009) p209

Entre outras anomalias, os fenómenos patológicos mais correntes em alvenarias de tijolo são a fissuração e defeitos associados à ação da humidade.<sup>58</sup>



**Fig. 28.** Fissuramento numa peça cerâmica  
Retirado de [http://2.bp.blogspot.com/-x5rvhD-33xl/UBnG\\_sdsATI/AAAAAAAAABEI/2ed\\_bHJsy1U/s1600/02.bmp](http://2.bp.blogspot.com/-x5rvhD-33xl/UBnG_sdsATI/AAAAAAAAABEI/2ed_bHJsy1U/s1600/02.bmp)

Deve-se ter em consideração que durante a fase de processamento da cerâmica é possível ocorrer falhas que facilitam o aparecimento prematuro de fenómenos patológicos em elementos construtivos. Entre esses defeitos encontra-se o fenómeno de fissuramento<sup>59</sup>, que pode ocorrer devido a vários fatores.<sup>60</sup>

Qualquer anomalia decorrente no processo de fabrico pode levar à posterior ocorrência deste fenómeno. Por estas razões é que o processamento térmico de fabrico deve ser constantemente vigiado e controlado, constituindo uma fase fulcral para a produção de um produto de boa qualidade.<sup>61</sup>

Quando a fissuração não está ligada ao suporte da parede, a sua causa pode advir de modo significativo do tipo e aplicação de revestimento utilizado na mesma. Em geral, o revestimento utilizado em alvenarias de tijolo cerâmico são o reboco de argamassa de cimento e areia.<sup>62</sup>

Ainda no que toca à fissuração, apesar das causas apresentadas e da existência de medidas que ajudam na sua minimização, observa-se ainda um elevado número de anomalias na construção que conduzem ao seu aparecimento: apoio insuficiente das alvenarias exteriores; assentamento diferencial de fundações; concentração de esforços e deformação excessiva das lajes de betão armado.<sup>63</sup>

*“A humidade, a vegetação e o fogo são os agentes com pior efeito sobre os cerâmicos.”<sup>64</sup>*

Bogas

---

<sup>58</sup> DIAS et al. (2009) p210

<sup>59</sup> ver no ANEXO 10 defeitos na cerâmica

<sup>60</sup> DIAS et. al. (2009) p210

<sup>61</sup> Idem

<sup>62</sup> Idem

<sup>63</sup> Ibidem p211

<sup>64</sup> BOGAS (2013) p11

Com base em Bogas (2013), a humidade, a vegetação e o fogo podem trazer consequências negativas ao material.

A ação da humidade e da vegetação traduzem-se mais significativamente em cerâmicos com maior nível de porosidade. A ação do fogo diminui a sua resistência à compressão e uma vez que os elementos cerâmicos não possuem uma uniforme dilatação, tendem a fragmentar-se.<sup>65</sup>

O aparecimento de humidade nos materiais é mais propício em climas húmidos. Geralmente grandes variações de temperatura também não trazem boas consequências ao material cerâmico, tal como à maioria dos materiais existentes na construção.

As manifestações de humidade surgem geralmente a partir dos seguintes fatores: humidade de construção; humidade do terreno; humidade de precipitação; humidade de condensação; humidade devida a fenómenos de higroscopicidade e humidade devida a causas fortuitas.<sup>66</sup>

As demonstrações de humidade e a fissuração podem por vezes estar relacionadas. A existência de fissuração nalgum tipo de cerâmico propicia o aparecimento de humidade numa parede. Por sua vez, a ação da humidade ou até as ações higrotérmicas, podem traduzir o aparecimento de fissuração.<sup>67</sup>

A própria cerâmica e a argamassa utilizada no seu assentamento podem provocar eflorescências resultantes da cristalização de sais dissolvidos. Para além da má aparência resultante, pode causar o descolamento do revestimento exterior dos elementos cerâmicos.<sup>68</sup>

Em situações que se verifique um elevado número de peças danificadas, é possível que se trate de um cerâmico de má qualidade.



**Fig. 29.** Ação de agentes naturais sob blocos cerâmicos exteriores, Forte de Valença



**Fig. 30.** Manchas por eflorescências e descolamento do revestimento de tijolos  
Retirado de [https://ceramicasantaclara.files.wordpress.com/2014/08/dsc\\_0293.png](https://ceramicasantaclara.files.wordpress.com/2014/08/dsc_0293.png)

<sup>65</sup> Idem

<sup>66</sup> DIAS et al. (2009) p211

<sup>67</sup> Idem

<sup>68</sup> BOGAS (2013) p11

O tipo de diagnóstico da qualidade pode ser examinado em obra numa forma simples:<sup>69</sup>

*“Por precursão das peças verifica-se que as bem cozidas transmitem um som limpo e claro. Nas peças mal cozidas ou internamente fissuradas o som é cavo e nas peças demasiado cozidas o som é muito agudo.”<sup>70</sup>*

Bogas

Os cerâmicos com cores “desmaiadas” ou interior cru podem significar que o material se encontra cru, enquanto cores demasiado “carregadas” são indicadores de excesso de vidragem.<sup>71</sup>

Todos estes fatores podem levar ao aparecimento de anomalias em elementos cerâmicos.

De seguida é mostrado um quadro onde constam os principais aspetos responsáveis por anomalias nas alvenarias de tijolo, aliando os problemas relacionados com a fase do projeto aos problemas que podem surgir na fase da construção.

---

<sup>69</sup> Ibidem p24

<sup>70</sup> Idem

<sup>71</sup> Idem

**Quadro 6.** Principais aspetos responsáveis por anomalias em alvenarias de tijolo, nas fases de projeto e de construção  
Adaptado de DIAS et al. (2009) p212

<i>Projeto</i>	<i>Construção</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiente avaliação do desempenho da parede, quer na globalidade, quer na ligação a outras partes do edifício, no que respeita à penetração da água, durabilidade e comportamento estrutural;</li> <li>• Insuficiente avaliação e determinação das propriedades a exigir ao tijolo e à argamassa;</li> <li>• Especificações de materiais, testes e técnicas de execução omissas ou vagas, remetendo para "procedimentos habituais de qualidade reconhecida" e para a "experiência de mão-de-obra";</li> <li>• Pormenorização incompleta, com utilização excessiva de desenhos tipo, eventualmente não adaptados à obra em causa, deixando a verdadeira pormenorização para a fase de execução;</li> <li>• Negligência na determinação das exigências estruturais das paredes exteriores face à ação do vento e na adopção das soluções construtivas delas decorrentes (grampeamento, apoios suplementares, etc.);</li> <li>• Negligência na previsão das deformações estruturais e da sua influência sobre as alvenarias, em particular nos fenómenos de fissuração;</li> <li>• Desconhecimento ou má interpretação e aplicação dos códigos, regulamentos e bibliografia técnica e científica da especialidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiente compreensão do projeto, no que respeita aos pormenores construtivos e às características a exigir aos materiais;</li> <li>• Desconhecimento do funcionamento de impermeabilizações, rufos e barreiras pára-vapor e insuficiente compreensão técnica das respetivas exigências em termos de execução;</li> <li>• Instalação incorreta (ou omissão) de barreiras de impermeabilização e rufos previstos em projeto;</li> <li>• Execução incorreta (ou emissão) de juntas de expansão-contração prevista em projeto;</li> <li>• Deficiente preenchimento de juntas verticais e horizontais;</li> <li>• Instalação incorreta de grampos ou outros elementos de ligação;</li> <li>• Acabamento desapropriado para as juntas de assentamento e criação de juntas de assentamento com espessuras excessivas;</li> <li>• Acumulação de restos de argamassa no fundo da caixa-de-ar, caídos durante a execução;</li> <li>• Formação de ressaltos de argamassa na caixa-de-ar, permitindo o contacto entre panos e a transferência de humidade entre eles;</li> <li>• Não instalação de furos de ventilação e drenagem nas paredes;</li> <li>• Negligência na limpeza das saliências das juntas de argamassa, quando a parede se destina a receber isolamento térmico, que ficará, assim, afastado da parede interior;</li> <li>• Utilização de argamassas com composição química inadequada, incluindo, por exemplo, substâncias expansivas;</li> <li>• Negligência na avaliação das condições atmosféricas durante a execução da obra (temperatura e humidade);</li> <li>• Negligência na comunicação ao projetista de pormenores não executáveis ou de alterações adotadas em obra.</li> </ul>

Um produto cerâmico com níveis de qualidade desejados para a construção depende, em paralelo, da qualidade dos materiais, do projeto e da sua execução.<sup>72</sup>

## 2.8 Indústria cerâmica na construção

Sendo o setor cerâmico amplamente diversificado em relação a produtos, encontra-se organizado segundo subsectores. Numa escala mundial, o setor ramifica-se em sete subsectores, já ao nível nacional, estrutura-se em cinco, de acordo com a produção.<sup>73</sup>

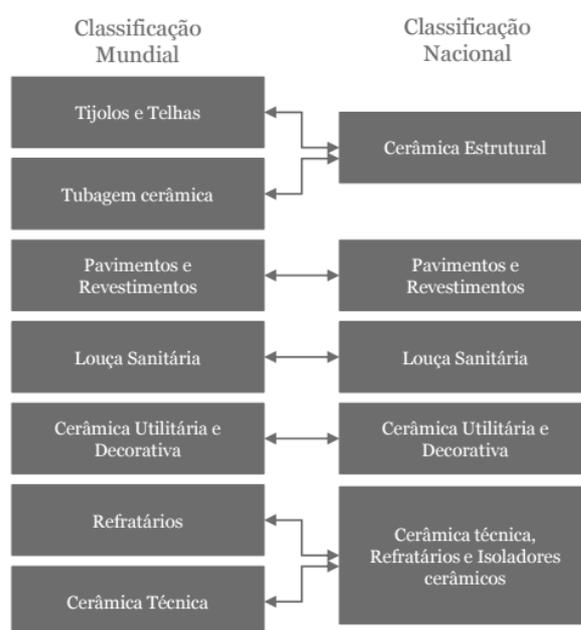
O setor da cerâmica em Portugal pertence à secção C (*Indústria Transformadora, Divisão 23 – Fabricação de Outros Produtos Minerais não Metálicos*), segundo a Classificação das Actividades Económicas.<sup>74</sup>

<sup>72</sup> DIAS et al. (2009) p211

<sup>73</sup> Apicer (2012) p6

<sup>74</sup> Ibidem p11

Na figura seguinte podemos ver os subsetores em que se subdivide.



**Fig. 31.** Subsetores do setor cerâmico segundo classificação Mundial e Nacional

Retirado de FWC Competitiveness Studies apud Apicer (2012) p6

Para fazer uma análise referente ao setor industrial estrutural cerâmico, é conveniente possuir conhecimento acerca dos recursos existentes. Esses recursos referem-se desde a localização das zonas de exploração da matéria-prima até à dimensão das empresas na capacidade instalada, de acordo com os meios humanos e técnicos envolvidos.<sup>75</sup>

Trata-se de um setor industrial muito dependente da energia, tanto para a sua produção como respetivo transporte.<sup>76</sup>

<sup>75</sup> Apicer; CTCV (2012) p11

<sup>76</sup> Apicer (2012) p7

## 2.8.1 Panorama do setor cerâmico

### Panorama Mundial

*“É líder a nível mundial em valor acrescentado e em produtos cerâmicos de design inovador e alta qualidade produzidos por empresas inovadoras e flexíveis.”<sup>77</sup>*

Apicer

A partir do esquema da seguinte figura, produzido pela recolha de dados do ano 2009, conclui-se que a China lidera por larga vantagem a produção de cerâmica por m<sup>2</sup> no mundo com 44%, seguida de Espanha com 19% da produção.

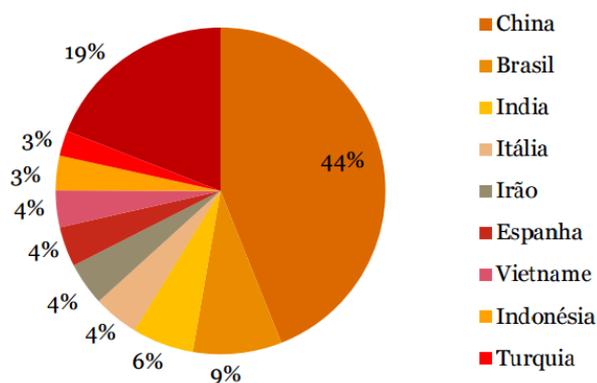


Fig. 32. Produção mundial em m<sup>2</sup> por país, 2009  
Retirado de Apicer (2012) p7

### Panorama Europeu

*“A Indústria Europeia de cerâmica é parte integrante da estrutura económica da Comunidade Europeia e uma das mais antigas atividades.”<sup>78</sup>*

Apicer

Cada ano, através do EPCF, é criado um debate onde são discutidos temas relativos à indústria cerâmica.<sup>79</sup>

<sup>77</sup> Ibidem p10

<sup>78</sup> Idem

<sup>79</sup> Idem

No que toca à produção, mais especificamente ao subsetor do tijolo, Portugal destaca-se. Tendo como base o quadro seguinte, em 2000 distingue-se como o 5º maior produtor da Europa de tijolo em número absoluto. Considerando a produção per-capita, Portugal lidera a produção.

**Quadro 7.** Países mais produtores de tijolo na Europa, 2000

Retirado de MENDONÇA: MARTINS (2015) p834

	<i>Production in 2000 (Kt/year)</i>	<i>Inhabitants in 2000 (half of the year) x1000</i>	<i>Production of brick per-capita (kg/pers. Year)</i>
1 - Italy	15.169	57.530	264
2 - Germany	11.339	82.017	138
3 - Spain	11.037	39.910	277
4 - UK	6.177	59.415	104
5 - Portugal	4.735	10.012	473
6 - Hungary	4.031	9.968	404
7 - Belgium	3.183	10.249	311
8 - France	2.976	59.238	50
9 - Netherlands	2.607	15.864	164
10 - Austria	1.755	8.080	217

Ao longo dos anos tem-se notado um significativo aumento de introdução de novos produtos, no que toca a técnicas de construção em alvenarias cerâmicas. Este progressivo aumento regista-se em países da União Europeia, alcançando ganhos notáveis de produtividade, melhoria de construção e custos no mercado. Todos estes fatores tornam a cerâmica um material cada vez mais técnico, a partir do qual se potencia melhores desempenhos no seu comportamento.<sup>80</sup>

O setor cerâmico europeu caracteriza-se por ser composto por PME's, gerando um volume anual de negócios de €30 biliões. Representa 25% da produção global e dá lugar a 350.000 postos de trabalho.<sup>81</sup>

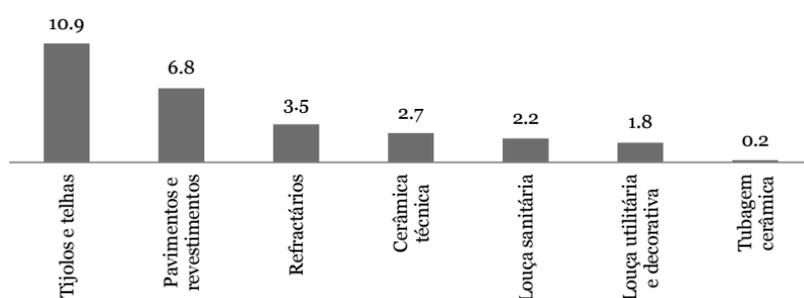
Na Europa, a produção do setor é liderada sobretudo por Espanha, Itália, Alemanha, Reino Unido e França. A indústria europeia deste setor exporta cerca de 30% da sua produção, competindo ao nível dos mercados doméstico e internacional. Todavia, nos últimos

<sup>80</sup> DIAS et al. (2009) p23

<sup>81</sup> Cerame-Unie apud Apicer (2012) p10

dez anos a situação dos mercados viu-se alterada. Deveu-se ao aumento de produtos de custos inferiores provindos de competidores de países em desenvolvimento, como a China, Brasil, Índia, Irão e Vietname. O panorama da indústria europeia registou em 2009 valores de exportação nos €7.000.000, para €3.500.000 em importações.<sup>82</sup>

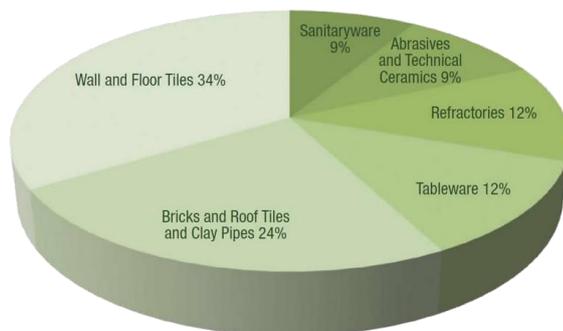
No gráfico da figura seguinte consta as vendas europeias em bilhões de euros por subsetores, esclarecendo que o subsetor dos tijolos e telhas é o que gera mais capital.



**Fig. 33.** Vendas europeias de produtos cerâmicos em bilhões de euros  
Retrado de FWC Competitiveness Studies (2006) apud Apicer (2012) p10

Ao nível da empregabilidade do setor à escala europeia observa-se uma grande diminuição da mão-de-obra, em resultado do aumento do uso de tecnologias na sua produção. Tem-se notado no setor pouco interesse por parte da população jovem.<sup>83</sup>

Com base no seguinte gráfico, observa-se que as parcelas da azulejaria e ladrilhos e a dos tijolos, telhas e tubagens dão emprego à maioria dos trabalhadores do setor.



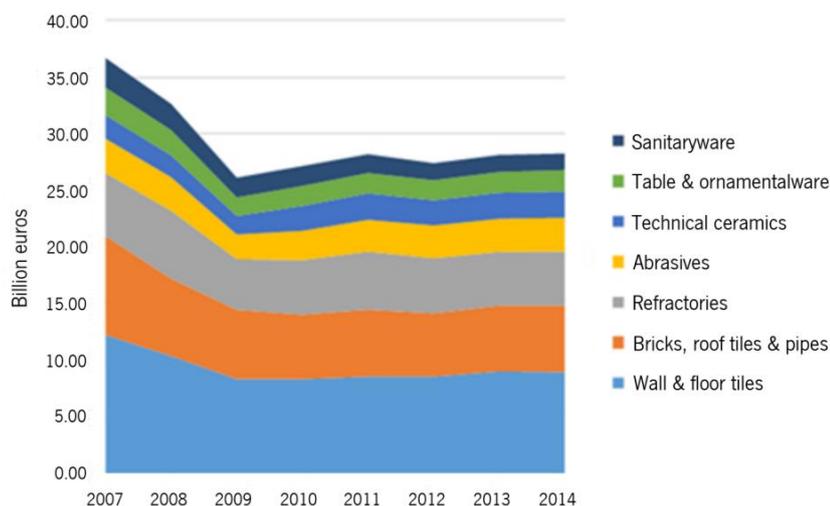
**Fig. 34.** Empregabilidade na indústria cerâmica europeia por subsetor, 2011

Retrado de <http://cerameunie.eu/ceramic-industry/statistics/>

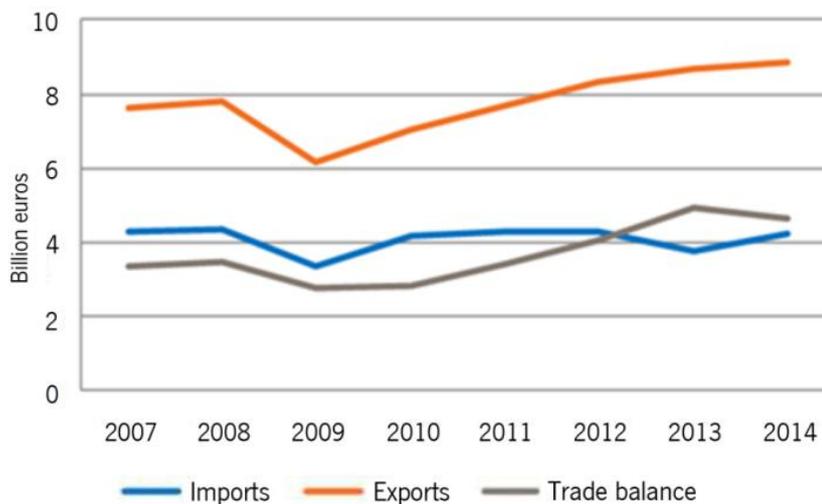
<sup>82</sup> Apicer (2012) p10

<sup>83</sup> Ibidem p7

O recente panorama da indústria europeia relata que até 2009 houve um acentuado decréscimo da produção em biliões de euros, passando a uma ligeira e progressiva recuperação a partir do mesmo ano até à atualidade, como se pode constatar a partir dos gráficos seguintes.



**Fig. 35.** Evolução da produção na indústria cerâmica em biliões de euros, 2007 a 2014  
Retirado de Eurostat (2015) apud <http://cerameunie.eu/ceramic-industry/statistics/>

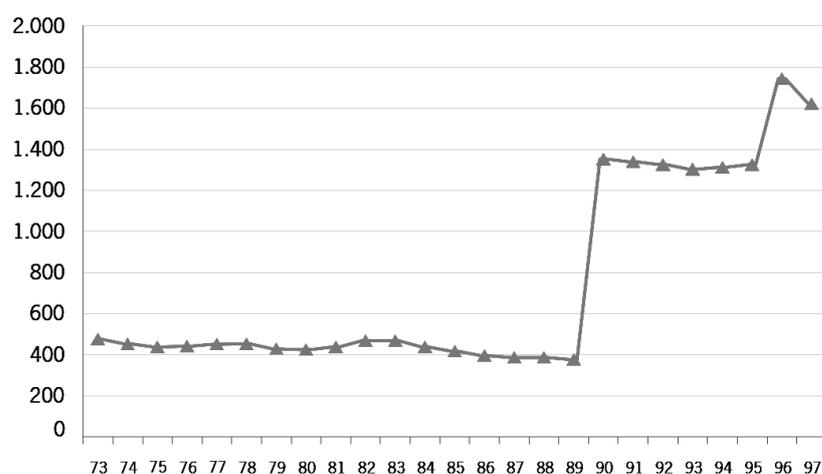


**Fig. 36.** Balanço comercial na indústria cerâmica em biliões de euros, 2007 a 2014  
Retirado de Eurostat (2015) apud <http://cerameunie.eu/ceramic-industry/statistics/>

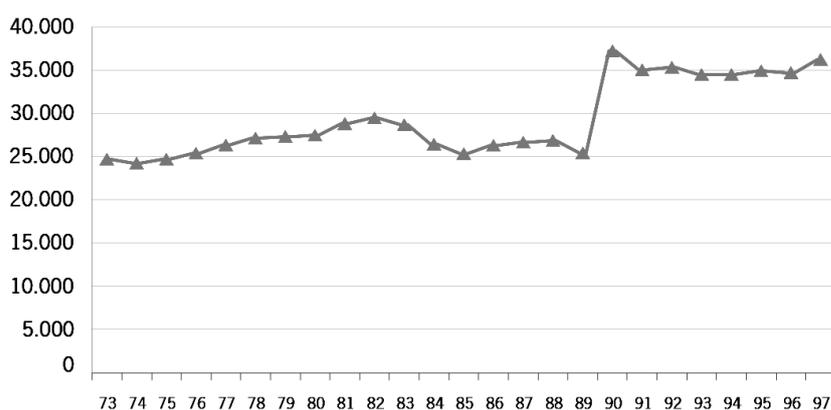
### Panorama Nacional

Posteriormente à revolução de 25 de Abril (mais especificamente no final da década de 70 aquando o início da

estabilização e sinais de adesão à então CEE (depois de 1992 com o Tratado de Maastricht passou a designar-se EU)), o número de empresas existente em território nacional era 424, dando trabalho a 27 mil trabalhadores. De acordo com os gráficos, que relatam o número de estabelecimentos e de trabalhadores de cerâmica de 1973 a 1997, pode-se concluir que foi aumentando progressivamente o número de estabelecimentos, com aumentos significativos nos anos 1989 e 1995. Em 1997 operavam em Portugal 1621 empresas de cerâmica.<sup>84</sup>



▲ Total estabelecimentos



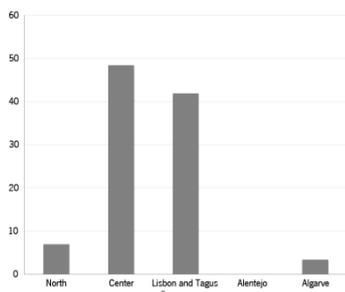
▲ Total trabalhadores

**Fig. 37.** Número total de empresas e trabalhadores de cerâmica em Portugal, 1973 a 1997  
Adaptado de INE (Estatísticas Industriais (série produzida até 1989); Estatísticas das Empresas - Indústria (1990 a 1995); Estatísticas das Empresas - Agricultura e Indústria (1996 e 1997) e analisado a partir das Estatísticas do Comércio Externo) apud SILVA (2004)

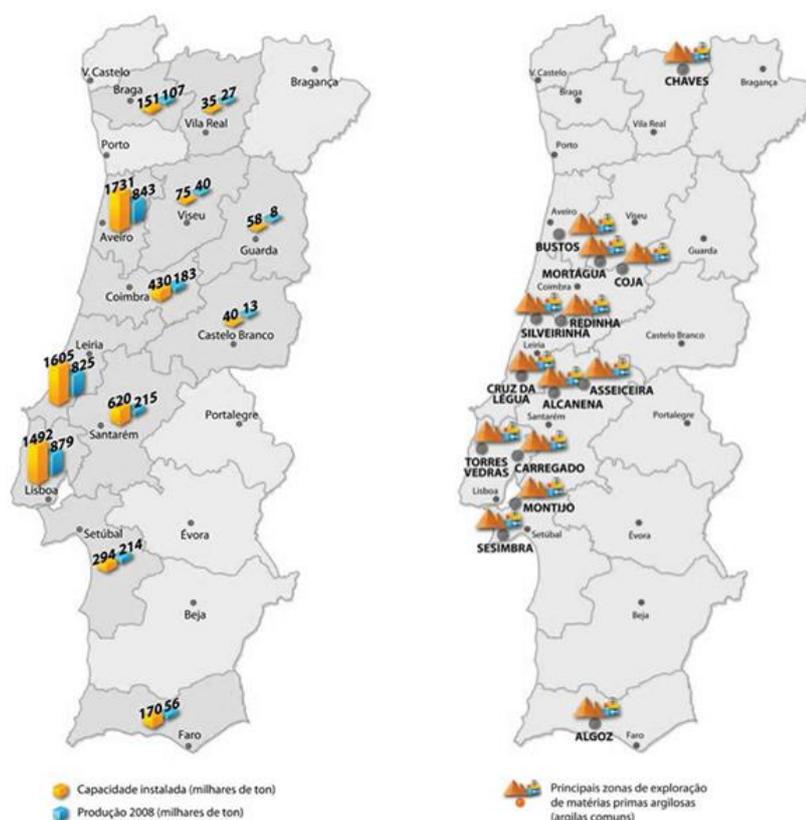
<sup>84</sup> SILVA (2004)

A indústria da cerâmica estrutural nacional foca-se sobretudo em zonas ricas em matéria-prima, como o caso da zona litoral norte e centro do país.<sup>85</sup>

A maior parte da produção situa-se principalmente ao longo da faixa costeira central, em Aveiro, Leiria e região de Lisboa e Vale do Tejo, cuja soma dos valores representa a totalidade da produção nacional em cerca de 70%. O norte do país representa apenas cerca de 7% da produção nacional de tijolo. Estes factos são comprovados a partir da análise do gráfico ao lado, seguido de figuras mapa relativos ao ano 2008.



**Fig. 38.** Zonas de maior concentração de indústrias de tijolo em Portugal  
Retirado de MENDONÇA; MARTINS (2015) p835



**Fig. 39.** Capacidade instalada e produção de empresas por distrito em Portugal, 2008  
Adaptado de Apicer; CTCV (2012) p11

**Fig. 40.** Localização das principais zonas de exploração de argila comum em Portugal  
Adaptado de Apicer; CTCV (2012) p28

<sup>85</sup> Apicer; CTCV (2012) p11

**Quadro 8.** Capacidades instaladas e produções por distrito em milhares de toneladas/ano, 2007 e 2008  
Adaptado de Apicer; CTCV (2012) p12

<i>Distritos</i>	<i>Capacidade instalada</i>	<i>Produção 2007 (kt)</i>	<i>Produção 2008 (Kt)</i>
Aveiro	1731	875	843
Braga	151	107	107
Castelo Branco	40	13	13
Coimbra	430	246	183
Faro	170	40	56
Guarda	58	10	8
Leiria	1605	912	825
Lisboa	1492	925	879
Santarém	620	270	215
Setúbal	294	196	214
Vila Real	33	30	27
Viseu	75	30	40
<b>TOTAL</b>	<b>6697</b>	<b>3654</b>	<b>3410</b>

**Quadro 9.** Valores totais de produção em milhares de toneladas/ano, 2007 e 2008  
Adaptado de INE Estatísticas de Produção Industrial (2007) *apud* Apicer; CTCV (2012) p12

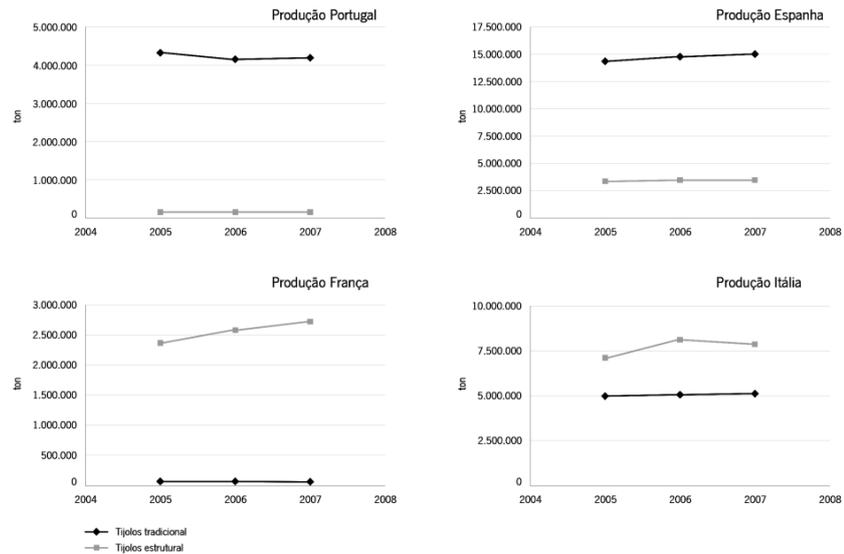
<i>Distritos</i>	<i>2007 (kt)</i>	<i>2008 (kt)</i>
Tijolo e Abobadilha	3026	2838
Telha e Acessórios	628	572
<b>TOTAL Cerâmica Estrutural</b> (inclui pavimento extrudido, telhas artesanais, etc.)	<b>4174</b>	<b>3882</b>

*“Portugal é um dos países da U.E. com maior incorporação de cerâmica estrutural na habitação.”<sup>86</sup>*

Dias et al.

De acordo com os dados do seguinte gráfico, a produção de tijolo cerâmico tem aumentado em tonelagem. Por outro lado, nota-se que a produção em Portugal tem vindo a decrescer desde o ano 2000, a par da evolução da construção. A partir de 2006 a produção estabilizou.

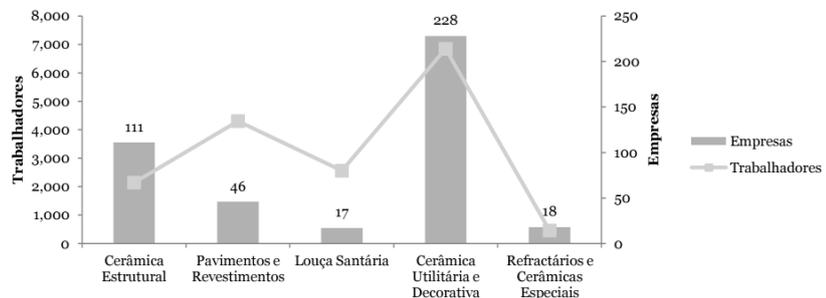
<sup>86</sup> DIAS et al. (2009) p25



**Fig. 41.** Progresso produção cerâmica em Portugal, Espanha, França e Itália, 2005 a 2007  
Retirado de DIAS et al. (2009) p26

As técnicas de construção variam entre países. A França, tal como a Alemanha ou a Itália, utilizam em grande quantidade o tijolo de alvenaria estrutural na sua construção, ao passo que o tijolo tradicional continua a ser o mais utilizado em Portugal e Espanha.<sup>87</sup>

A indústria nacional de cerâmica tem um papel significativo na economia do país. Apresenta 1,7% do volume de negócios da indústria transformadora portuguesa e 1,68% das exportações nacionais de bens. Em 2009 o setor integrava 420 empresas, dando trabalho a cerca de 16.300 operários. O subsetor da louça utilitária e decorativa apresenta-se como o detentor de mais de metade das empresas que compõem o setor.<sup>88</sup>



**Fig. 42.** Empresas e trabalhadores que formam cada subsetor da cerâmica nacional, 2009  
Retirado de Apicer (2009) apud Apicer (2012) p11

<sup>87</sup> DIAS et al. (2009) p25

<sup>88</sup> Apicer (2012) p11

Em anexo são apresentados dois quadros onde consta um diretório de empresas nacionais de cerâmica do subsetor estrutural, bem como do subsetor de pavimentos e revestimentos. Para além da localização das respetivas empresas, os quadros fornecem outras informações das mesmas<sup>89</sup>.

*“Se a estes dados, de si valiosos, apesar de muito incompletos, fosse possível juntar os valiosíssimos dados que se obteriam inquirindo a produção na indústria rural e doméstica, poderíamos dizer com segurança que a indústria cerâmica em Portugal era uma das que, pela abundância de matéria-prima, antiguidade das instalações e natural aptidão dos operários, mais se poderia desenvolver.”<sup>90</sup>*

Rodrigues

Prospetivamente, o futuro do setor observa-se nas mais diversas aplicações, inovando na construção, na eletrónica, no desporto, na medicina, entre outras áreas.<sup>91</sup>

## 2.8.2 Cerâmicos correntes em Portugal

*“Os tijolos, a par das telhas, são os produtos cerâmicos mais comuns na indústria da construção.”<sup>92</sup>*

Apicer

Embora as grandes empresas de venda de materiais para construção civil em Portugal possuam ao dispor da população uma vasta variedade de produtos cerâmicos, a maioria das pequenas empresas situadas em pequenas localidades são limitadas no que toca

---

<sup>89</sup> ver no ANEXO 11 empresas de cerâmica em Portugal

<sup>90</sup> RODRIGUES et al. (1999) apud SILVA (2004)

<sup>91</sup> Apicer (2012) p7

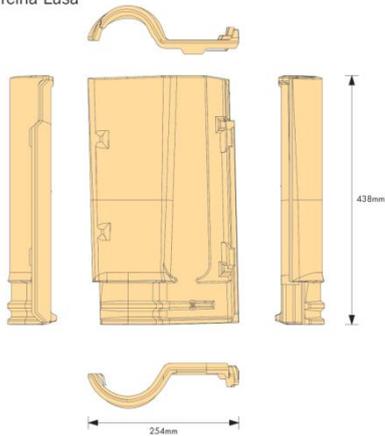
<sup>92</sup> BOGAS (2013) p28

ao *stock* desses produtos. Como tal, interessa para a presente investigação a procura dos principais elementos cerâmicos presentes à venda em qualquer local do país, para que se encontre ao alcance de toda a população. Desta forma e com base na pesquisa realizada, pode-se constatar que os elementos cerâmicos mais presentes em praticamente todas as empresas de venda de materiais de construção em Portugal são a telha e o tijolo tradicionais. Ambos apresentam-se na indústria com diferentes especificidades, conforme o uso pretendido.

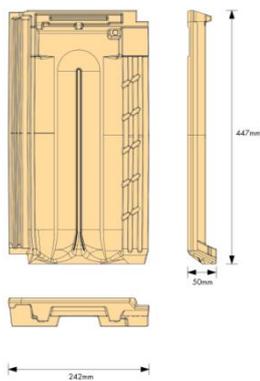
### **Telha**

Embora existam no mercado várias tipos de telha, as que mais se destacam à venda em Portugal são a telha Lusa, a telha Marselha e a mais tradicional telha Canudo. Na seguinte imagem pode-se ver a representação destes tipos de telha, bem como as referentes dimensões estandardizadas mais comuns.

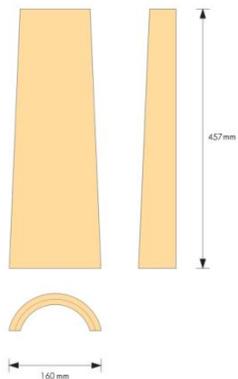
Telha Lusa



Telha Marselha



Telha Canudo



**Fig. 43.** Tipos de telha mais correntes na indústria da construção em Portugal  
Elaborado a partir de <http://preceram.pt/> e <http://www.coelhodasilva.pt/>

A telha lusa, considerada tradicionalmente uma descoberta lusitana, é o produto nacional de aplicação mais generalizada. Proporciona uma fácil e rápida aplicação, possuindo encaixes robustos. No seu comportamento oferece uma boa estanquicidade, mantendo as coberturas em que se aplica estanques. Atualmente, este

tipo de telha é comercializado com diferentes revestimentos e cores, dando resposta a especificidades regionais e arquitetônicas.<sup>93</sup>

A telha Marselha é de origem francesa, mas integra um dos formatos de telha mais presentes em Portugal. Encontram-se amplamente presentes em coberturas de edifícios centenários, em particular no norte e capital do país. Trata-se de um produto atualmente muito utilizado em projetos de restauro, devido às suas vantagens técnicas e de poder ser vendido com diferentes acabamentos superficiais, adaptando-se à sua envolvente.<sup>94</sup>

A telha Canudo consiste no produto milenar tradicional por excelência. É também denominada como telha árabe ou mourisca e aplica-se com o intuito de preservar fielmente o património nacional edificado, sendo vulgarmente a eleita para o restauro de edifícios.<sup>95</sup> Esta telha não possui encaixes próprios.

## Tijolo

As mais-valias que este material foi registando no conforto da habitação ao longo do seu desenvolvimento, permitiram uma extraordinária expansão da alvenaria de tijolo de cerâmica.<sup>96</sup>

*“Cada vez mais as alvenarias cerâmicas são encaradas como um material técnico das quais se podem tirar maiores e melhores desempenhos.”<sup>97</sup>*

Dias et al.

As condições climáticas amenas do país têm permitido técnicas construtivas que não sobrecarregam a exigência funcional dos materiais cerâmicos estruturais. Desta forma, não se deteta uma mais-valia que este material possa proporcionar à construção a não ser

---

<sup>93</sup> Torreense (2010-2016)

<sup>94</sup> Idem

<sup>95</sup> Idem

<sup>96</sup> DIAS et al. (2009) p17

<sup>97</sup> Ibidem p23

apenas um material que não causa malefícios, sendo frequentemente encarado apenas como um material de enchimento.<sup>98</sup>

O avanço recente das técnicas construtivas que compreende um conhecimento mais aprofundado dos materiais, preocupação com o conforto e higiene da habitação e um mercado cada vez mais competitivo e esclarecido levaram a uma nova ótica acerca da utilização destas alvenarias. Atualmente exige-se aos materiais a aplicar na construção um comportamento adequado, de forma a proporcionar uma estrutura habitacional resistente, não comprometendo uma boa eficácia do isolamento térmico, acústico e a humidade de equilíbrio da habitação. Cada vez mais tende a constituir um elemento determinante para os edifícios “inteligentes”.<sup>99</sup>

Sendo um material com características cada vez mais exigentes, é sujeito a disposições regulamentares e especificações próprias<sup>100</sup>.

No quadro seguinte são apresentados alguns formatos de tijolo mais correntes, bem como as referentes dimensões vulgares e limite, em concordância com as normas em vigor.

**Quadro 10.** Dimensões típicas e limite (máximas e mínimas) de tijolo de acordo com a tolerância T1 da NP EN 771.1

Elaborado a partir de DIAS et al. (2009) p27

<i>Dimensões (mm)</i>						
<i>Formato</i>	<i>Comprimento</i>	<i>Limites</i>	<i>Altura</i>	<i>Limites</i>	<i>Largura</i>	<i>Limites</i>
22x7x11	220	214 a 226	70	67 a 73	107	106 a 114
30x20x7	295	288 a 302	190	184 a 196	70	67 a 73
30x20x11	295	288 a 302	190	184 a 196	110	106 a 114
30x20x15	295	288 a 302	190	184 a 196	150	145 a 155
30x20x22	295	288 a 302	190	184 a 196	220	214 a 226

O tijolo pode tomar diferentes formas devido ao tamanho, furação ou encaixe que possui. A sua evolução e multiplicidade de modelos vão acompanhando as técnicas e exigências da construção.

<sup>98</sup> DIAS et al. (2009) p18 p22

<sup>99</sup> Idem

<sup>100</sup> ver no Anexo 12 disposições regulamentares tijolo cerâmico

Podem ser classificados conforme as suas características ou fim em vista.

A norma NP EN 771-1 mostra a especificação dos tijolos e dos ensaios de características aplicáveis. Com base na norma, Dias et al. (2009) classificam os tijolos cerâmicos da seguinte forma:

- **Tijolos LD:** Unidades com massa volúmica seca bruta menor ou igual que  $1000 \text{ kg/m}^3$  para aplicação em alvenaria protegida.<sup>101</sup>

- **Tijolos HD:** Todas as unidades cerâmicas para utilização em alvenaria não protegida; Unidades com massa volúmica seca bruta maior que  $1000 \text{ kg/m}^3$  para aplicação em alvenaria não protegida.<sup>102</sup>

Em relação à aplicação, os autores classificam segundo:

- **Face à vista:** É um tijolo de características estruturais e/ou de revestimento. O seu intuito é ficarem aparentes e são aplicados tanto no interior como exterior da construção. Graças à sua produção a elevadas temperaturas e matérias-primas selecionadas, são dotados de uma elevada resistência e baixa sensibilidade a variações térmicas, proporcionando uma boa durabilidade. Possui baixa absorção de água (3% a 7%) e grande resistência ao gelo-degelo e agentes atmosféricos. As argamassas de assentamento são facilmente ancoradas devido à absorção do tijolo, do mesmo modo que confere um adequado comportamento a variações térmicas e uma boa estanquicidade.<sup>103</sup>

- **Enchimento:** Consiste em tijolos sem função de resistência, apenas utilizados vulgarmente para criar ou preencher volume no interior de paredes.<sup>104</sup>

- **Resistentes:** Tipo de tijolo com função estrutural na construção.<sup>105</sup>

---

<sup>101</sup> DIAS et al. (2009) p18

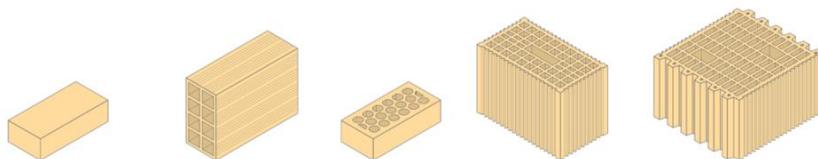
<sup>102</sup> Idem

<sup>103</sup> BOGAS (2013) p29

<sup>104</sup> DIAS et al. (2009) p18

<sup>105</sup> Idem

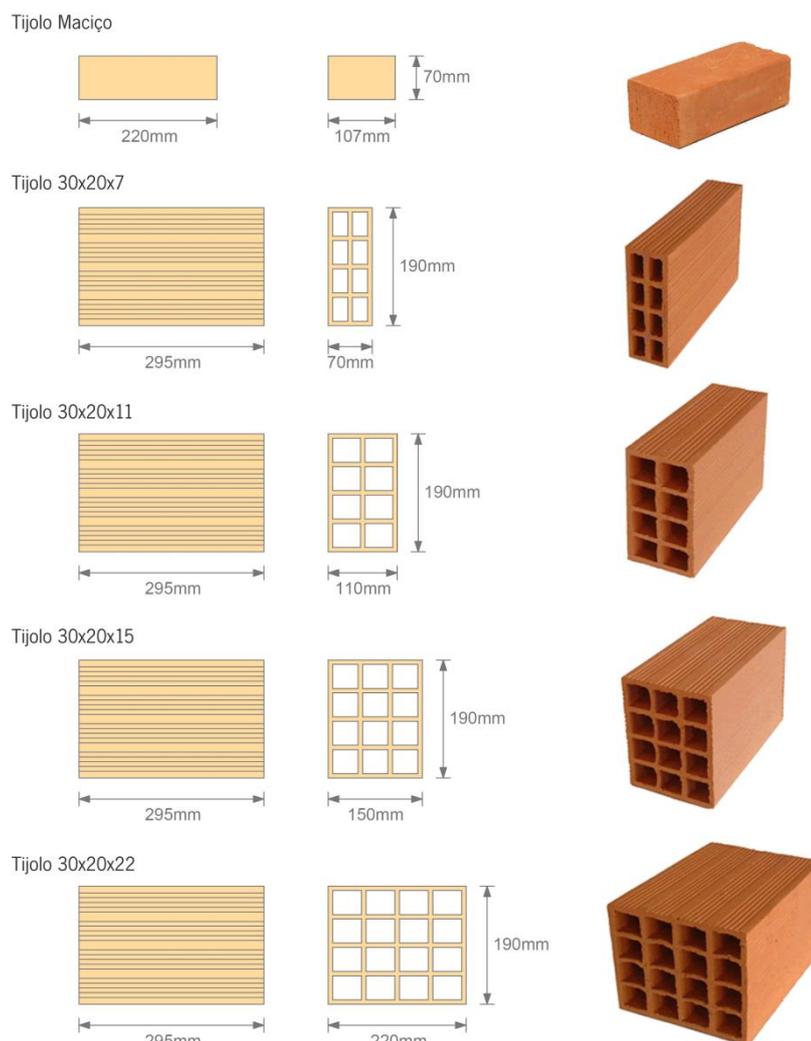
Na seguinte ilustração pode ver-se alguns tipos de tijolo segundo Dias et al. (2009) com diferentes características e para distintas aplicações.



**Fig. 44.** Diferentes tipos de tijolo cerâmico utilizados na construção  
Adaptado de DIAS et al. (2009) p18

Contudo e com mais relevância para a presente investigação, destacam-se os formatos mais correntes na construção tradicional em Portugal, ou seja, o tijolo maciço ou frequentemente designado “burro” e o de furação horizontal comum de gama 30.

Na figura seguinte são apresentados os tijolos mais correntes em Portugal e respetivas dimensões exteriores.<sup>106</sup>



**Fig. 45.** Formatos mais correntes de tijolo de furação horizontal em Portugal  
Elaborado a partir de DIAS et al. (2009) p18, <http://preceram.pt/> e <http://www.br.all.biz/>

O tijolo maciço define-se como sendo um tijolo sem furação ou apenas com um furo ao centro. De acordo com a antiga norma NP 80, este tijolo é caracterizado por possuir um volume de argila cozida superior a 85% do seu volume aparente.<sup>107</sup>

<sup>106</sup> BOGAS (2013) p28

<sup>107</sup> Idem

*“Como produto industrializado para construção, o tijolo cerâmico de furação horizontal, surge no séc. XIX com o início da revolução industrial.”<sup>108</sup>*

Dias et al.

O tijolo furado caracteriza-se por possuir mais de 1 furo na direção transversal ou vertical. Este tipo de tijolo é vulgarmente designado pela sua espessura. A norma NP 80 rege que os tijolos furados apresentam furos de várias formas e dimensões, paralelamente às suas arestas de maior dimensão. A área dos furos não pode ser inferior a 30% ou superior a 75% da área da correspondente face. Os tijolos perfurados são definidos na mesma norma como possuindo furos perpendiculares ao seu leito e tal que a sua área não seja inferior a 15% ou superior a 50% da área da correspondente face.<sup>109</sup>

De seguida é apresentada uma tabela da Preceram, uma empresa nacional de comércio de cerâmica estrutural, sediada em Pombal. Atualmente é o maior produtor nacional de tijolo cerâmico de Portugal. Na tabela constam os preços de alguns tipos de tijolo por unidade (em vigor em 2016), com as variantes de custos de entrega em diferentes zonas do país. A partir da tabela tem-se uma noção média aproximada de custos que o produto pode ter nas várias zonas do país.

---

<sup>108</sup> DIAS et al. (2009) p17

<sup>109</sup> BOGAS (2013) p28

**Quadro 11.** Tabela de preços do tijolo da empresa Preceram em Pombal, 2016

Adaptado de <http://preceram.pt/>

Tipo	Fábrica	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
30x20x4	€ 0,058	€ 0,066	€ 0,070	€ 0,075	€ 0,079	€ 0,084	€ 0,089	€ 0,096	€ 0,111
30x20x7	€ 0,064	€ 0,075	€ 0,081	€ 0,088	€ 0,094	€ 0,100	€ 0,107	€ 0,117	€ 0,137
30x20x9	€ 0,074	€ 0,088	€ 0,095	€ 0,103	€ 0,110	€ 0,118	€ 0,127	€ 0,139	€ 0,163
30x20x11	€ 0,075	€ 0,090	€ 0,098	€ 0,106	€ 0,113	€ 0,121	€ 0,131	€ 0,144	€ 0,169
30x20x15	€ 0,100	€ 0,119	€ 0,130	€ 0,140	€ 0,151	€ 0,161	€ 0,174	€ 0,191	€ 0,226
30x20x22	€ 0,159	€ 0,188	€ 0,204	€ 0,220	€ 0,236	€ 0,252	€ 0,271	€ 0,297	€ 0,349
45x20x7	€ 0,115	€ 0,132	€ 0,141	€ 0,151	€ 0,160	€ 0,169	€ 0,180	€ 0,195	€ 0,225
45x20x9	€ 0,134	€ 0,154	€ 0,166	€ 0,177	€ 0,188	€ 0,199	€ 0,213	€ 0,231	€ 0,267
45x20x22	€ 0,286	€ 0,330	€ 0,354	€ 0,378	€ 0,401	€ 0,425	€ 0,455	€ 0,493	€ 0,571
Térmico 30x19x14	€ 0,197	€ 0,224	€ 0,239	€ 0,254	€ 0,269	€ 0,283	€ 0,302	€ 0,326	€ 0,374
Térmico 30x19x19	€ 0,270	€ 0,308	€ 0,328	€ 0,348	€ 0,368	€ 0,388	€ 0,414	€ 0,447	€ 0,513
Térmico 30x19x24	€ 0,313	€ 0,358	€ 0,382	€ 0,406	€ 0,431	€ 0,455	€ 0,485	€ 0,524	€ 0,603
Térmico 30x19x29	€ 0,380	€ 0,433	€ 0,461	€ 0,489	€ 0,518	€ 0,546	€ 0,582	€ 0,628	€ 0,721

**Zona 1** - até 40 Km da fábrica: Pombal, Leiria

**Zona 2** - 40 a 80 Km: Coimbra

**Zona 3** - 80 a 120 Km: Aveiro, Santarém

**Zona 4** - 120 a 160 Km: Porto, Lisboa, Viseu, C. Branco

**Zona 5** - 160 a 200 Km: Braga, Setúbal

**Zona 6** - 200 a 250 Km: Vila Real, Guarda

**Zona 7** - 250 a 300 Km: Beja

**Zona 8** - 300 a 350 Km: Faro, Chaves

Segundo Dias et al. (2009), a perspetiva de futuro do tijolo passa por uma evolução das suas características, sobretudo a geometria.<sup>110</sup>

*“Isto é possível dadas as propriedades da cerâmica como material de excepção para a conformação de geometrias e posterior resistência mecânica após cozedura.”<sup>111</sup>*

Dias et al.

Perspetiva-se o desenvolvimento de novos produtos aliando outros materiais à cerâmica, visando a criação de um produto final com novas propriedades físicas e mecânicas.<sup>112</sup>

<sup>110</sup> DIAS et al. (2009) p17

<sup>111</sup> Idem

<sup>112</sup> Idem

### III. SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO PASSIVA

### 3.1 Sistemas Passivos de Climatização na arquitetura

*“Nowadays, new quality constraints, especially related with the implementation of Energetic Certification, following European directive requirements, are conducting to relevant changes, especially regarding building thermal performance – and so to an increased quality of the exterior envelope.”<sup>113</sup>*

Mendonça

O aumento populacional aliado à realidade energética em que o mundo vive, tornaram os sistemas de climatização passivos<sup>114</sup> uma importante realidade inadiável a ter cada vez mais em conta na arquitetura.<sup>115</sup>

Os sistemas de climatização passiva têm como principais vantagens:

1. Serem elementos de valor arquitetónico por se integrarem na arquitetura.
2. Constituir uma solução económica na posterior utilização do edifício, economizando em aparelhos de climatização.
3. Por se integrarem na sua própria arquitetura, possuem geralmente uma maior longevidade.<sup>116</sup>

Os sistemas passivos de climatização funcionam sobretudo para auxílio no arrefecimento ou aquecimento do edifício. A seguinte figura ilustra um organograma que apresenta resumidamente os principais sistemas bioclimáticos na habitação.

---

<sup>113</sup> MENDONÇA (2015) p834

<sup>114</sup> ver no ANEXO 13 outros aspetos importantes nos sistemas passivos de climatização

<sup>115</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p1

<sup>116</sup> Idem

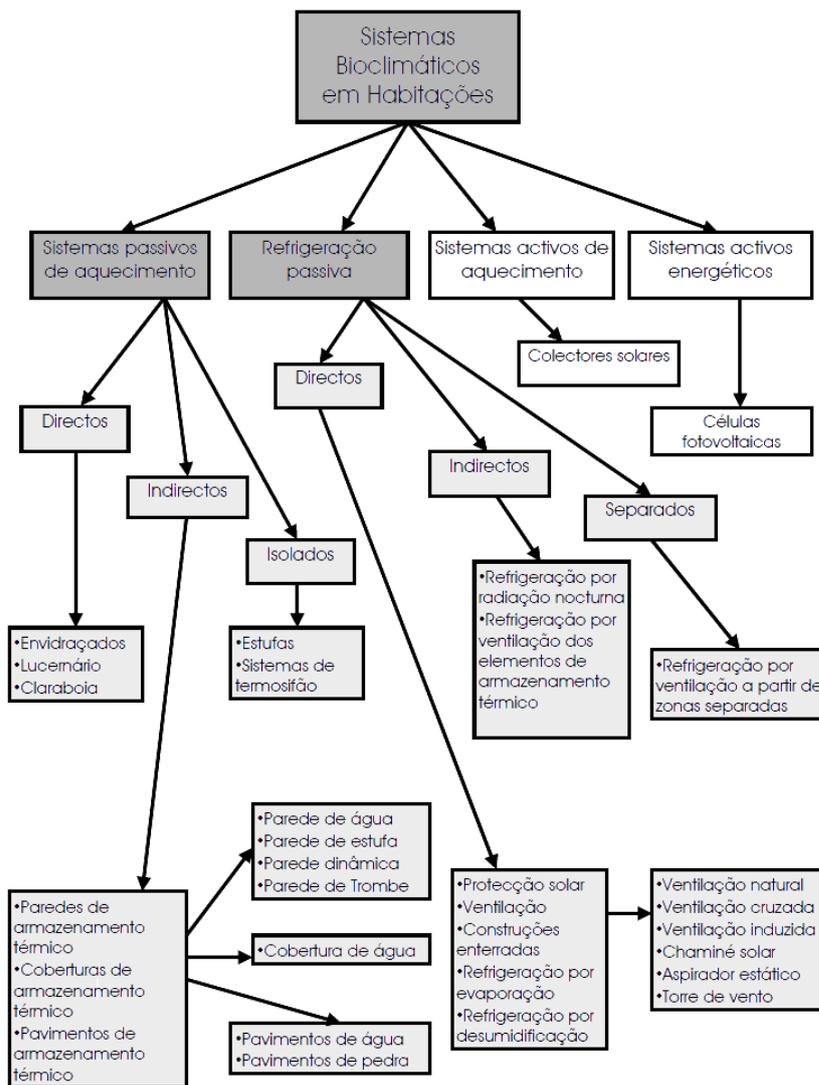


Fig. 46. Classificação de sistemas energéticos bioclimáticos segundo Mendonça (2005)  
Adaptado de MENDONÇA (2005) capV p2

Segundo Mendonça (2005), nos sistemas passivos para aquecimento distinguem-se os de ganho direto, ganho indireto e isolados.

O sistema de ganho direto<sup>117</sup> consiste na captação direta de radiação solar, através de vãos envidraçados. A envolvente do espaço deve ser constituída por materiais compactos com grande capacidade de armazenamento térmico e superfícies com elevado poder de absorção de radiação solar, de preferência com tons escuros e opacos. Só desta forma, depois do pôr-do-sol as paredes começam a libertar a energia acumulada, de maneira a proporcionar calor para o seu

<sup>117</sup> ver no ANEXO 13 outros sistemas de ganho direto de aquecimento

interior por convecção natural. Assim, o vidro comporta-se à como um corpo opaco, permitindo a entrada de energia mas não a sua saída. De forma a melhorar a eficácia, os vãos envidraçados devem ser corretamente dimensionados e orientados a sul. No entanto, este sistema só é coerente quando associados isolamento térmico noturno pelo exterior do vão como portadas ou estores, sombreadores de uso sazonal e mecanismos de ventilação natural, para que seja garantido um correto controlo sobre o balanço térmico. Trata-se de um sistema de baixo custo por se considerar apenas um adequado dimensionamento dos vãos envidraçados, garantindo ganhos muito compensadores.<sup>118</sup>

Como a captação solar direta nem sempre é possível, houve necessidade de criar acumuladores de energia, designando-se sistemas de ganho indireto<sup>119</sup>. Devido à inércia térmica, o elemento acumulador de calor liberta a sua energia por convecção para o interior da habitação, gerando um retardo na transmissão e uma amortização na oscilação de temperaturas. Desta forma, este sistema impede o sobreaquecimento em dias muito quentes e proporciona temperaturas amenas em dias com menor radiação solar. Tornam-se assim uma mais-valia em climas com elevada percentagem de radiação solar direta em estações frias. A *Parede Trombe* é um destes sistemas, funcionando basicamente como uma mini-estufa para a habitação, constituída por um espesso muro no seu interior (geralmente em betão ou tijolo), uma caixa de ar e um vidro exterior voltado para sul.<sup>120</sup>

O sistema isolado ou combinado, combina os sistemas de captação direta e indireta. São constituídos por um espaço fechado em vidro e uma massa acumuladora térmica (com espessura equivalente à da *Parede Trombe*), geralmente o pavimento e a parede contíguos ao compartimento que se deseja climatizar. Esta estufa não só favorece o

---

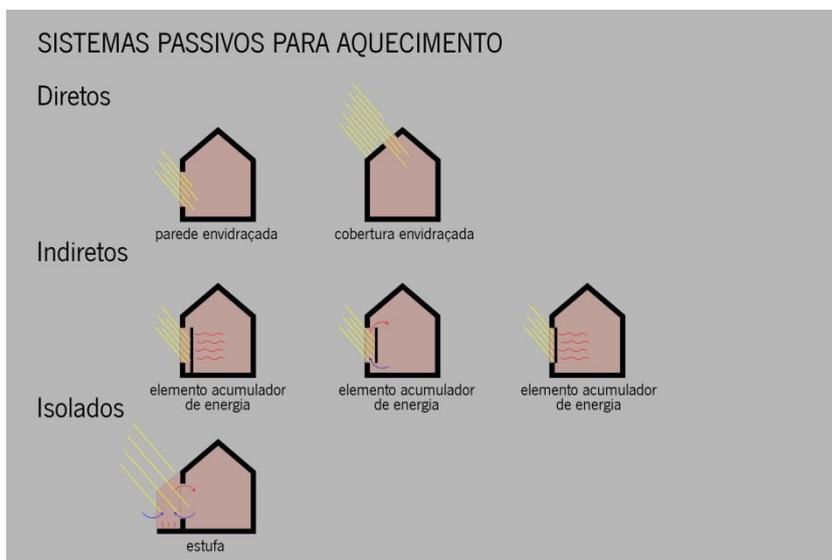
<sup>118</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p4/5

<sup>119</sup> ver no ANEXO 13 outros sistemas de ganho indireto

<sup>120</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p5/6

ganho de energia solar direta em dias mais quentes, como um ganho indireto em dias com radiação mais difusa. Em dias de menor radiação ou durante a noite, a estufa funciona como zona tampão, ou seja, como zona intermediária, contribuindo para a redução de perdas de calor nestas situações. Contudo, é necessário um mecanismo móvel de isolamento noturno de forma a minimizar as perdas de energia para o exterior durante a noite. Este sistema deve ter a possibilidade de ser desativado na estação quente do ano de forma a não sobreaquecer a habitação e a sua implantação a sul pode considerar-se a poente ou nascente por conveniência da arquitetura interior. Através de aberturas reguláveis no topo e na parte inferior destes dispositivos, é regulada a temperatura em ambos os espaços, permitindo a passagem de ar quente para o interior ou frio para o exterior, respetivamente.<sup>121</sup>

De seguida é mostrada uma figura onde são ilustrados esquemas representativos destes 3 tipos de estratégia de captação de energia para aquecimento a partir de sistemas passivos.



**Fig. 47.** Alguns dos principais sistemas passivos para aquecimento  
Elaborado a partir de MENDONÇA (2005) e Portal da Construção Sustentável (2013)

Segundo Mendonça (2005), nos sistemas passivos para arrefecimento também existe os sistemas diretos, indiretos e

<sup>121</sup> Ibidem p6/7

separados. A função destes sistemas é sobretudo impedir a entrada de energia para o interior da habitação.

Os sistemas diretos constituem-se por obstáculos à radiação solar, para que esta não incida no interior dos espaços. Existem várias formas de impedir estas radiações, que pode em grande medida serem pensadas desde logo no projeto de arquitetura. Isto é possível através da utilização de palas nos vãos. Na seguinte figura constam várias configurações de dispositivos de sombreamento que funcionam como pala.

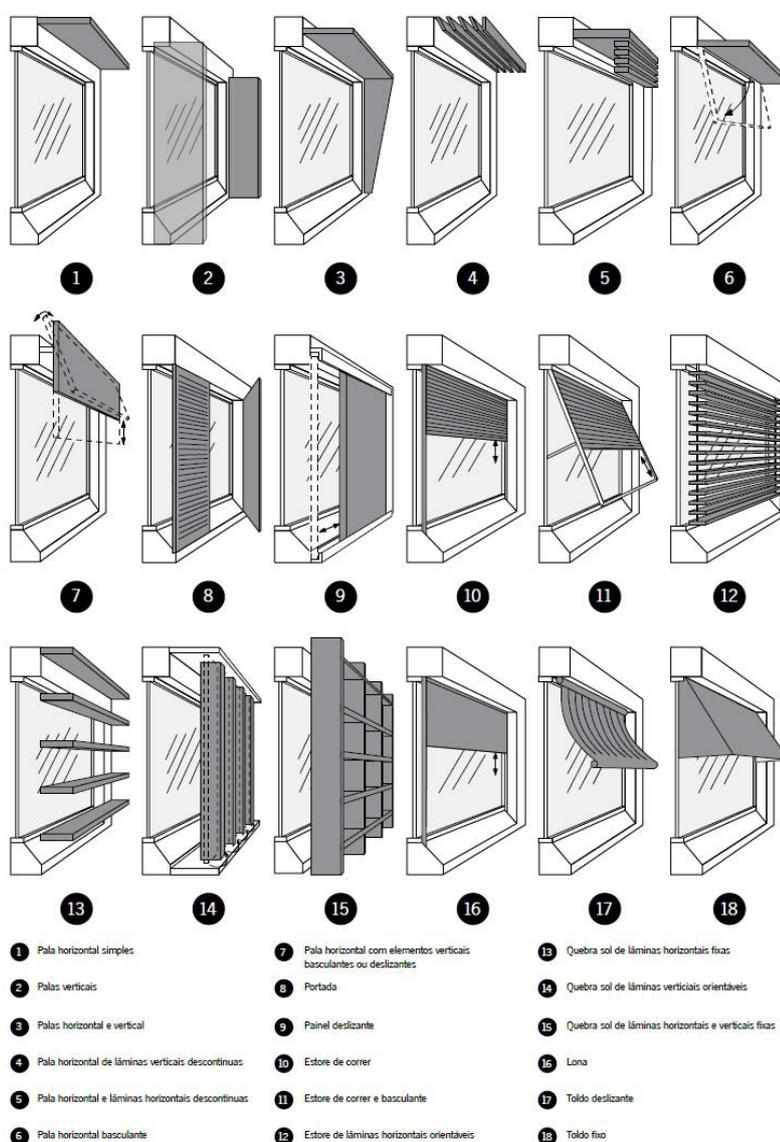


Fig. 48. Alguns exemplos de proteções solares exteriores em janelas  
Retirado de MENDES (2013) p84

Outra forma direta de refrigeração<sup>122</sup> é através da ventilação. É possível promover um arrefecimento e renovação do ar adequado, tirando partido da circulação de ar entre janelas. Para tal, é necessário que as janelas sejam protegidas pelo exterior de forma a não captar calor e consequente “contaminação” do ar fresco. Aberturas superiores e inferiores são uma boa estratégia de circulação cíclica convectiva, fazendo com que o ar quente suba e deixe entrar ar fresco.<sup>123</sup>

Quanto aos sistemas indiretos<sup>124</sup>, uma estratégia que auxilia na refrigeração da habitação é a utilização de cores claras nas suas fachadas e coberturas. Cores claras tem a vantagem de absorver menor radiação, refletindo o calor, ao contrário das cores escuras.

Fachadas com cor branca absorvem cerca de 25% do calor do sol, ao passo que as de cor preta absorvem 90% desse calor. Esta é a prova de que como uma simples opção pode influenciar em grande medida a quantidade de calor absorvida pelo edifício. A utilização de materiais com características adequadas na construção é determinante na reflexão ou absorção de energia de radiação solar.<sup>125</sup>

O sistema de ventilação a partir de zonas distintas é um sistema passivo de refrigeração separado. Neste tipo de sistema, um determinado espaço tira partido da ventilação gerada a partir de espaços adjacentes.

Na figura a seguir são apresentadas algumas das principais estratégias para refrigeração de espaços, segundo os métodos direto, indireto e separado.

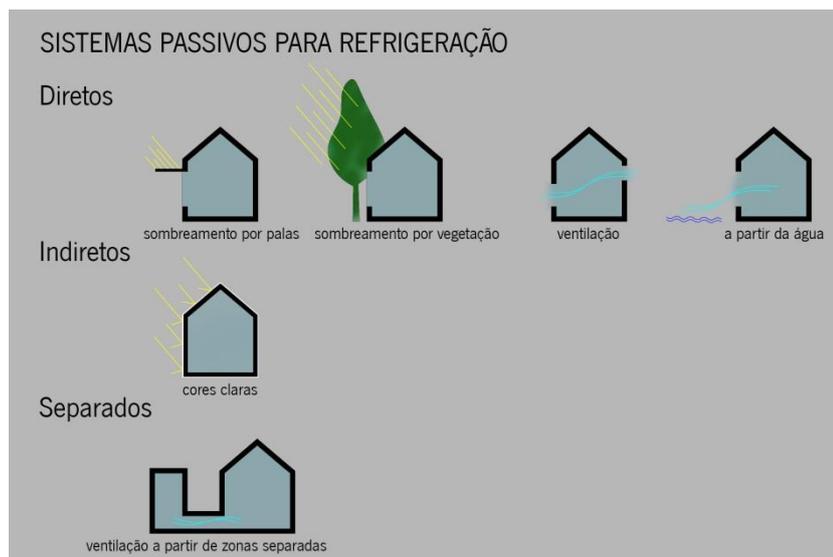
---

<sup>122</sup> ver no ANEXO 13 outras formas diretas de refrigeração

<sup>123</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p10/11

<sup>124</sup> ver no ANEXO 13 outros sistemas indiretos de refrigeração

<sup>125</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p9



**Fig. 49.** Alguns dos principais sistemas passivos para refrigeração  
Elaborado a partir de MENDONÇA (2005) e Portal da Construção Sustentável (2013)

*“Estes sistemas, quando bem dimensionados, são de longe mais económicos do que qualquer outro sistema que recorra a energia elétrica ou combustíveis convencionais.”*<sup>126</sup>

Portal da Construção Sustentável

Tendo como base a citação, o dimensionamento destes sistemas deve ter em conta sobretudo 3 principais condicionantes: o local, as características da construção e as características arquitetónicas.<sup>127</sup>

No que toca ao local deve ser tido em conta fatores como a orientação do edifício e a vegetação existente. Nas características da construção importa ter em conta o isolamento de caixilharias, o tipo de vidro, a massa térmica dos materiais de construção e textura dos acabamentos. Nas características da arquitetura importa fatores como exposição solar, a relação massa/volume, protetores exteriores de vãos, sombras e palas de sombreamento.<sup>128</sup>

<sup>126</sup> Ibidem p1

<sup>127</sup> Ibidem p3

<sup>128</sup> Idem

### 3.2 Conceito de fachada “filtro”

“*Filtro*

[ˈfɪltɾu]

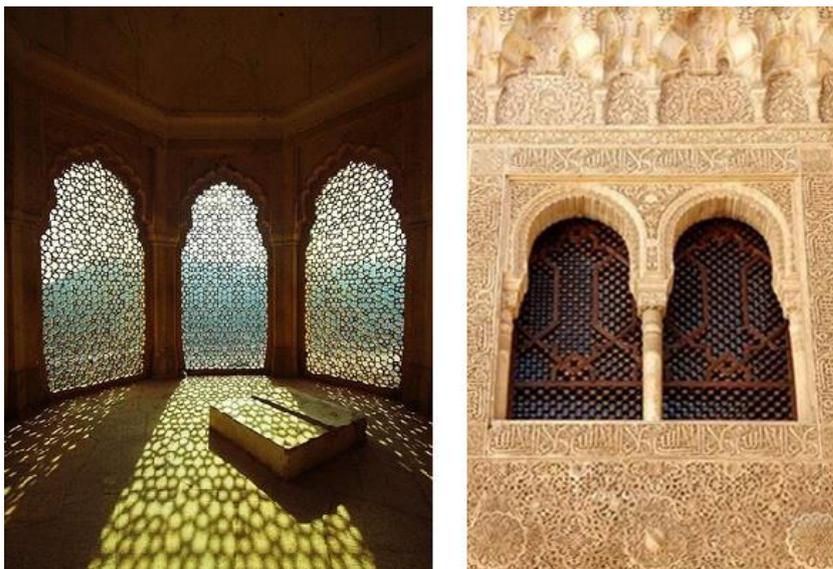
m. “coloquial” aquilo que deixa passar apenas uma parte de algo.”<sup>129</sup>

Infopédia

A palavra *filtro*, tal como a definição apresentada, designa algo que seleciona ou restringe a passagem do que não se pretende, ou o oposto. Na arquitetura, este conceito pode ser explorado de várias formas e possuir várias interpretações, podendo consistir num filtro físico ou ambíguo.

O foco desta investigação passa por questionar como se pode explorar um tijolo cerâmico como “filtro” na arquitetura. Os filtros podem funcionar de várias formas, podendo ser filtradores de luz, ventilação, som, temperatura, humidade, visuais, entre outros.

De forma a compreender a sua história na arquitetura, de seguida é apresentada uma breve evolução destes dispositivos, utilizados sobretudo em vãos de fachadas.



**Fig. 50.** Janelas *muxarabis*, vista interior e exterior  
Adaptado de <http://pilararquitectura.com.br/wp-content/uploads/2015/09/muxarabi-mundo-arabe.jpg>

<sup>129</sup> Infopédia (2003-2016)

Os elementos “filtro” podem ter origem na cultura árabe, nos *muxarabis*. Foram influentes na arquitetura em vários países, especialmente na Índia e Marrocos. Constituem-se por treliças geralmente em madeira instaladas nas sacadas e janelas de edifícios, tendo como objetivo esconder a beleza feminina no interior do edifício, ou seja, esconder as senhoras do olhar dos homens que não eram da família. Mostrava o pensamento ciumento dos homens da época.<sup>130</sup>

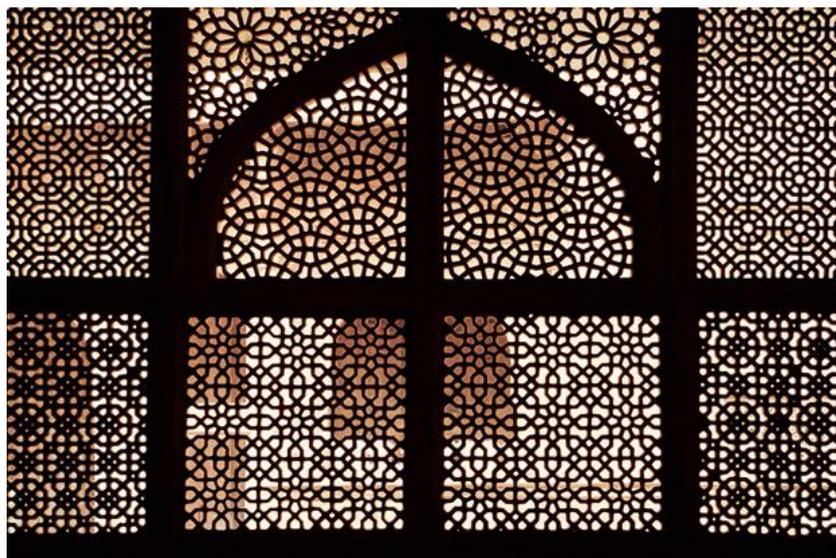


Fig. 51. Permeabilidade visual para o exterior

Adaptado de <http://www.araucopaineis.com.br/wp-content/uploads/2014/10/muxarabi-tradicional-arauco.jpg>



Fig. 52. Varanda com gelosia, Centro Histórico de Guimarães

Adaptado de <http://passodeacerto.blogspot.pt/2012/08/gelosias-os-ciumes-minhotos.html>

Esta ideia deu lugar à *gelosia*, que designa precisamente ciúme. Trata-se de uma solução vernacular frequentemente encontrada em centros históricos. A definição pode ser traduzida nas várias línguas: *gelosia*, em italiano; *jalousie* em francês; *jealousy* em inglês, entre outras.<sup>131</sup>

*“As janelas com gelosias são um marco do controle e da exclusão feminina na elite colonial.”<sup>132</sup>*

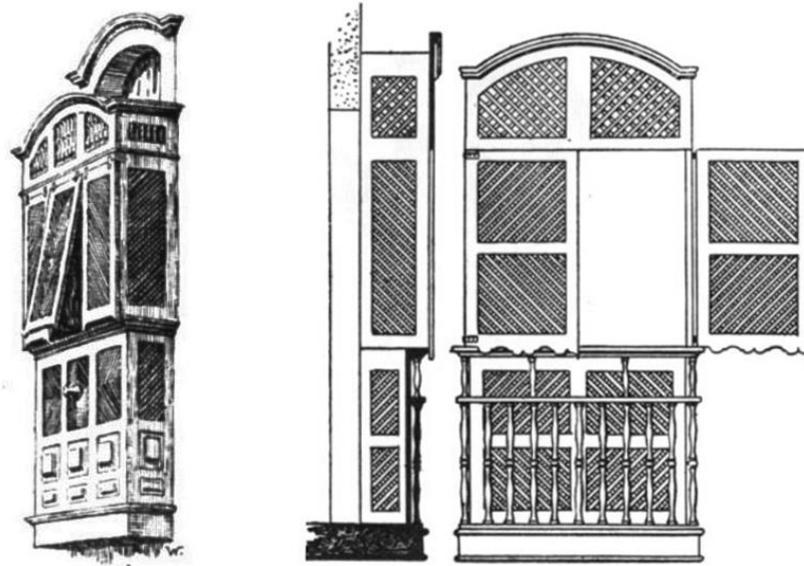
Santos

<sup>130</sup> LEITÃO (2014)

<sup>131</sup> Idem

<sup>132</sup> SANTOS (2012)

Às antigas treliças árabes foram empregues várias adaptações. Apesar de deixarem de possuir a função de resguardar sentimentos de posse e resguardo sobre pessoas, continuam até aos dias de hoje a ter a função de proteção.<sup>133</sup>

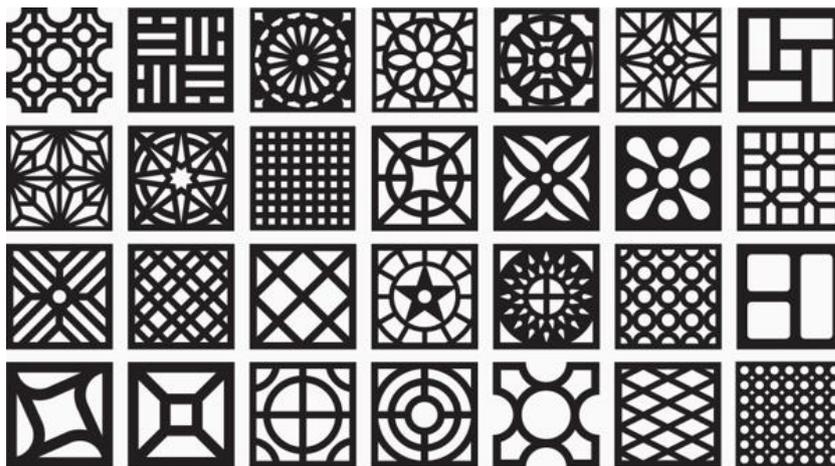


**Fig. 53.** Representação de gelsias  
Adaptado de [http://www.dezenovevinte.net/arte%20decorativa/ad\\_varanda\\_files/img03.jpg](http://www.dezenovevinte.net/arte%20decorativa/ad_varanda_files/img03.jpg)



**Fig. 54.** Janela com gelosia, Biblioteca Municipal Vila Beatriz, Ermesinde  
Adaptado de <http://2.bp.blogspot.com/-84wSbVv3os8/T6HTICBtWI/AAAAAAAAAgM/ca0Znfnw5c8/s1600/JANELA+MAD.JPG>

Os *muxarabis* foram também inspiração para a criação do *cobogó*, de maneira adaptada na arquitetura colonial brasileira.<sup>134</sup>



**Fig. 55.** Várias configurações de *cobogó*  
Retirado de <http://www.saccaro.com.br/blog/wp-content/blogs.dir/21/files/2014/04/3d7b1a669371317fedbbe4bdfa59fc4.jpg>

<sup>133</sup> LEITÃO (2014)

<sup>134</sup> NUNES (2015)

Trata-se de um elemento modular vazado tipicamente brasileiro (inicialmente em betão), criado em 1929 por três autores que moravam em Recife e trabalhavam na construção civil: o comerciante português Amadeu Oliveira Coimbra; o alemão Ernest August Boeckmann e o engenheiro pernambucano Antônio de Góes. A primeira sílaba dos seus sobrenomes forma a palavra *cobogó*. É um módulo que se repete, criando no seu todo uma parede membrana. Foi criado para o clima tropical para amenizar as condições climáticas interiores das construções do nordeste, erguendo paredes sem comprometer a passagem de ar para o interior dos espaços.<sup>135</sup>

*“Adotado pela arquitetura modernista, o “cobogó” passou a ser popularizado e muito utilizado por Lúcio Costa e Oscar Niemeyer.”<sup>136</sup>*

Nunes

A sua utilização remete para uma caixa de renda pernambucana, terra onde dada a sua criação.<sup>137</sup>

Como entra em contacto com os princípios do Movimento Moderno, preconiza a industrialização. Passou a ser um elemento produzido em massa na construção de grandes superfícies de fachada. Nas décadas de 40 e 50, o *cobogó* passou a ser usado no interior da habitação, como divisor de ambientes. No final dos anos 50 teve um papel importante na construção da nova capital do país, aplicados em habitações e edifícios públicos do Plano Piloto. Nos anos 60 foi amplamente utilizado em fachadas posteriores onde se situavam os serviços da habitação, precisamente pela sua capacidade de renovação de ar. Por integrar as traseiras dos edifícios, passou a ser criticado e visto como um elemento pejorativo, perdendo ênfase e explicando a sua queda em desuso nas décadas seguintes. Atualmente são encarados como elementos de representação cultural, estética do

---

<sup>135</sup> Idem

<sup>136</sup> Idem

<sup>137</sup> MENDES (2011)

Movimento Moderno e sustentabilidade. É comum a comparação entre o *cobogó* e o sistema *brise-soleil* (apresentado posteriormente), apesar de haver uma particularidade que os distingue. O *brise-soleil* encontra-se sempre justaposto à fachada, protegendo-a, ao passo que o *cobogó* forma a própria fachada, funcionando como parede e *brise-soleil* em simultâneo.<sup>138</sup>

Todos estes dispositivos têm em comum a particularidade de funcionarem como filtros, amplamente abordados na arquitetura bioclimática, no âmbito da sustentabilidade.



**Fig. 56.** Casa Cobogó, arquitetos Luiz Gustavo Grochoski Singeski e Isabela Fiori  
Retirado de NUNES (2015)

Funcionam com o intuito de fechar espaços sem comprometer a passagem de iluminação e ventilação natural constante - conceitos básicos deste tipo de arquitetura. Aumentam a eficiência energética, diminuindo a necessidade do uso de aparelhos de climatização que recorrem a energia elétrica. Nestas condições constituem-se sistemas passivos de climatização.

São elementos enriquecedores de fachadas ajudando a criar microclimas mais agradáveis, uma vez que atuam como protetores de incidência solar.<sup>139</sup>

A luz do nascer do sol é rasante e quando incide dentro de um espaço cria uma trama nas suas superfícies. Essa trama, com o movimento do sol vai-se movendo até ao ponto de a luminosidade ser impenetrável. Assim, a luz passa a ser um elemento fundamental que cria diferentes percepções espaciais e dinâmicas nos espaços. Criam no

---

<sup>138</sup> NUNES (2015)

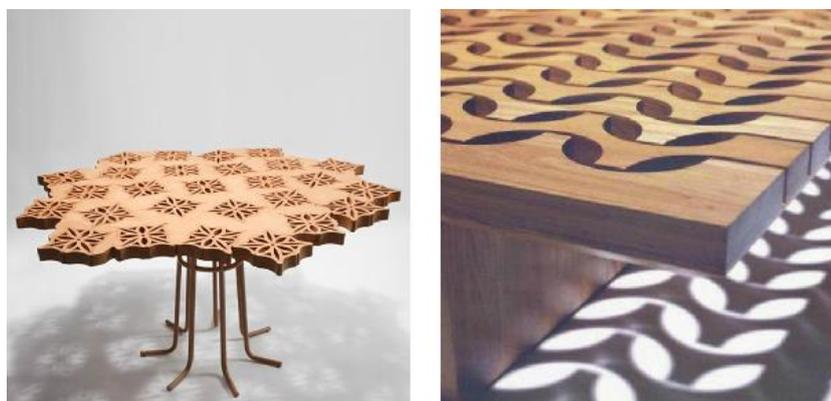
<sup>139</sup> LEITÃO (2014)

interior da habitação jogos de luz e sombras, conferindo ao mesmo tempo privacidade.<sup>140</sup>

Constituem-se desta forma espaços permeáveis, integrando e criando relações visuais entre o interior e exterior. Formam um invólucro entre interior/exterior, permitindo que se consiga ter uma quase completa visibilidade desde o interior, o que não acontece do lado exterior. Quando usados como divisórias de espaços, permitem da mesma forma dividir ambientes sem que se perca o diálogo e comunicação entre eles.

Apesar de constituírem elementos marcantes de outras épocas, retornaram à arquitetura e decoração contemporânea, adaptados a novas identidades culturais. São elementos que se mantêm sempre atuais no tempo.

Atualmente cumprem 3 funções principais na arquitetura: fechar ambientes; criar divisórias de espaços e decorar.



**Fig. 57.** Mobiliário inspirado no *design* do *cobogó*, irmãos Campana e Lia Siqueira  
Retirado de NUNES (2015)

A sua utilização é empregue quer no interior como exterior. Pode ser fabricado atualmente em diversas cores, dimensões e materiais (betão, cerâmica, vidro, pvc, resina, acrílico, madeira, etc.).

Elegendo a cerâmica como material neste tipo de “filtros”, pode-se tirar partido das suas propriedades. A cerâmica, tendo a capacidade de ser vidrada, reúne vantagens face a outros materiais como facilidade de limpeza e impermeabilidade, resultando em custos

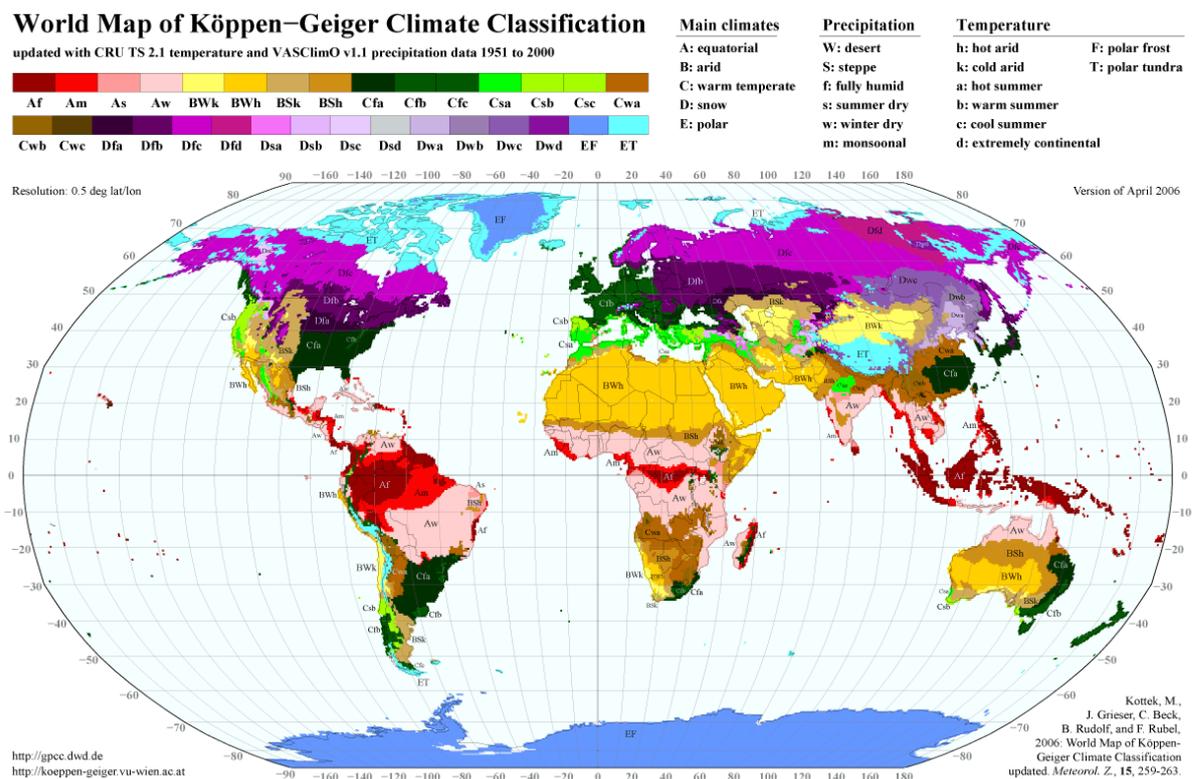
---

<sup>140</sup> BERGAMO et al. (2013)

reduzidos ou mesmo nulos de manutenção. Em comparação com materiais em bruto ou com a própria cerâmica sem revestimento, o vidro não necessita de pinturas nem retoques constantes, consistindo uma solução económica fiável a longo prazo.

### 3.2.1 Casos de estudo de sistemas de fachada “filtro” em função do clima

Os seguintes casos de estudo foram selecionados a partir de locais com diferentes contextos climáticos. O objetivo é compreender como é que a arquitetura se adapta às diferentes particularidades de clima e que características toma a partir dele. Assim, é considerado o critério a classificação de climas criado por Köppen, ilustrado no mapa da seguinte figura.



**Fig. 58.** Mapa da classificação climática de Köppen  
 Retirado de <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/shifts.htm>

A classificação de Köppen divide a Terra em 5 climas principais. De forma a interpretar a informação do esquema anterior, de seguida é apresentada uma série de quadros, onde constam os

referentes climas e subclimas da sua classificação. O quadro seguinte explica a designação dos códigos de clima do mapa, bem como as características subjacentes de cada um.

**Quadro 12.** Designação de códigos de clima segundo Köppen  
Adaptado de AA.VV. (2016)

<i>Código</i>	<i>Tipo clima</i>	<i>Características</i>
A	Clima tropical	Climas megatérmicos Temperatura média do mês mais frio do ano >18°C Estação invernososa ausente Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B	Clima árido	Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm) Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual Não existem cursos de água permanentes
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	Climas mesotérmicos Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C Temperatura média do mês mais quente >10°C Estações de verão e inverno bem definidas
D	Clima continental ou Clima temperado frio	Climas microtérmicos Temperatura média do ar no mês mais frio <-3°C Temperatura média do ar no mês mais quente >10°C Estações de verão e inverno bem definidas
E	Clima glacial	Climas polares e de alta montanha Temperatura média do ar no mês mais quente <10°C Estação de verão pouco definida ou inexistente

**Quadro 13.** Designação de códigos de precipitação segundo Köppen  
Adaptado de AA.VV. (2016)

<i>Código</i>	<i>Características precipitação</i>	<i>Climas em que se aplica</i>
S	Clima de estepes Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm	B
W	Clima desértico Precipitação anual total média <250 mm	B
f	Clima húmido Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano Inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	Chuvas de verão	A-C-D
s	Chuvas de inverno	A-C-D
w'	Chuvas de verão-outono	A-C-D
s'	Chuvas de inverno-outono	A-C-D
m	Clima de monção Precipitação total anual média >1500 mm Precipitação do mês mais seco <60 mm	A
T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C	E
F	Temperatura média do mês mais quente <0°C	E
M	Precipitação abundante Inverno pouco rigoroso	E

**Quadro 14.** Designação de códigos de temperatura segundo Köppen  
Adaptado de AA.VV. (2016)

<i>Código</i>	<i>Características temperatura</i>	<i>Climas em que se aplica</i>
a (verão quente)	Temperatura média do ar no mês mais quente >22°C	C-D
b (verão temperado)	Temperatura média do ar no mês mais quente <22°C Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes >10°C	C-D
c (verão curto e fresco)	Temperatura média do ar no mês mais quente <22°C Temperaturas médias do ar >10°C durante menos de 4 meses Temperatura média do ar no mês mais frio >-38°C	C-D
d (inverno muito frio)	Temperatura média do ar no mês mais frio <-38°C	D
h (seco e quente)	Temperatura média anual do ar >18°C Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C)	B
k (seco e frio)	Temperatura média anual do ar <18°C Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)	B

Estes códigos de clima, precipitação e temperatura podem ser combinados entre si, de forma a caracterizar e definir da melhor forma os diferentes subclimas existentes. No quadro seguinte são apresentados alguns deles.

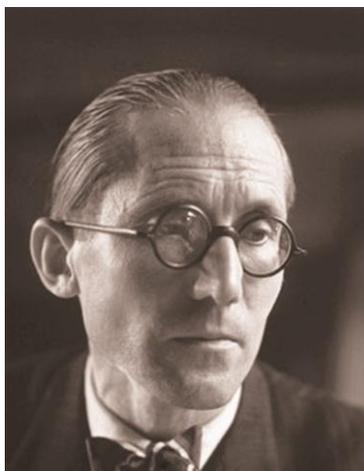
**Quadro 15.** Principais climas e subclimas segundo a classificação de Köppen  
Adaptado de AA.VV. (2016)

<i>Principais climas e subclimas</i>										
<i>Código</i>	<i>Clima</i>	<i>Temperatura do ar</i>			<i>Precipitação</i>					
		<i>T</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>S</i>	<i>W</i>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>w</i>	<i>s</i>
A	Tropical	-	-	-	-	-	Equatorial <i>Af</i>	Monções <i>Am</i>	Savana, chuva de Verão <i>Aw</i>	Savana, chuva de Inverno <i>As</i>
B	Árido	-	-	-	Estepático <i>BS</i>	Desértico <i>BW</i>	-	-	-	-
C	Temperado	-	-	-	-	-	Subtropical <i>Cfa</i> Oceânico <i>Cfb</i>	-	Pampeano <i>Cwa, Cwb</i>	Mediterrânico <i>Csa, Csb</i>
D	Continental	-	-	-	-	-	Continental <i>Dfa, Dfb</i> Subártico <i>Dfc, Dfd</i>	-	Manchuriano <i>Dwa, Dwb</i>	-
E	Glacial	Tundra <i>ET</i>	Polar <i>EF</i>	Alpino <i>EM</i>	-	-	-	-	-	-

Sendo o clima glacial (E) um tipo de clima com pouco ênfase na arquitetura do tijolo, afasta-se da temática da investigação, sendo excluído do conjunto de climas em estudo.

Neste tópico, que alia a arquitetura ao meio ambiente, achou-se pertinente eleger um arquiteto que possua obras em vários locais do mundo. Desta forma achou-se adequada a escolha do arquiteto Le Corbusier, explorador do sistema *brise soleil*. A estratégia de estudo é

a seleção de algumas dessas obras e perceber o que as distingue entre diferentes climas.



**Fig. 59.** Le Corbusier (1887-1965)  
Retirado de [https://thedisplacedcity.files.wordpress.com/2012/08/le\\_corbusier2.jpg](https://thedisplacedcity.files.wordpress.com/2012/08/le_corbusier2.jpg)

*“Desde o Movimento Moderno (1915/45), o emprego de brises foi amplamente difundido a partir da experiência do arquiteto franco-suíço Le Corbusier (1887-1965), que começou a utilizá-los em resposta às críticas que as suas edificações sofreram, principalmente aquelas dotadas de janelas longitudinais ou paredes-cortinas – estas características do racionalismo moderno – as quais recebiam forte incidência solar, comprometendo tanto a sua funcionalidade como conforto.”<sup>141</sup>*

Fagundes

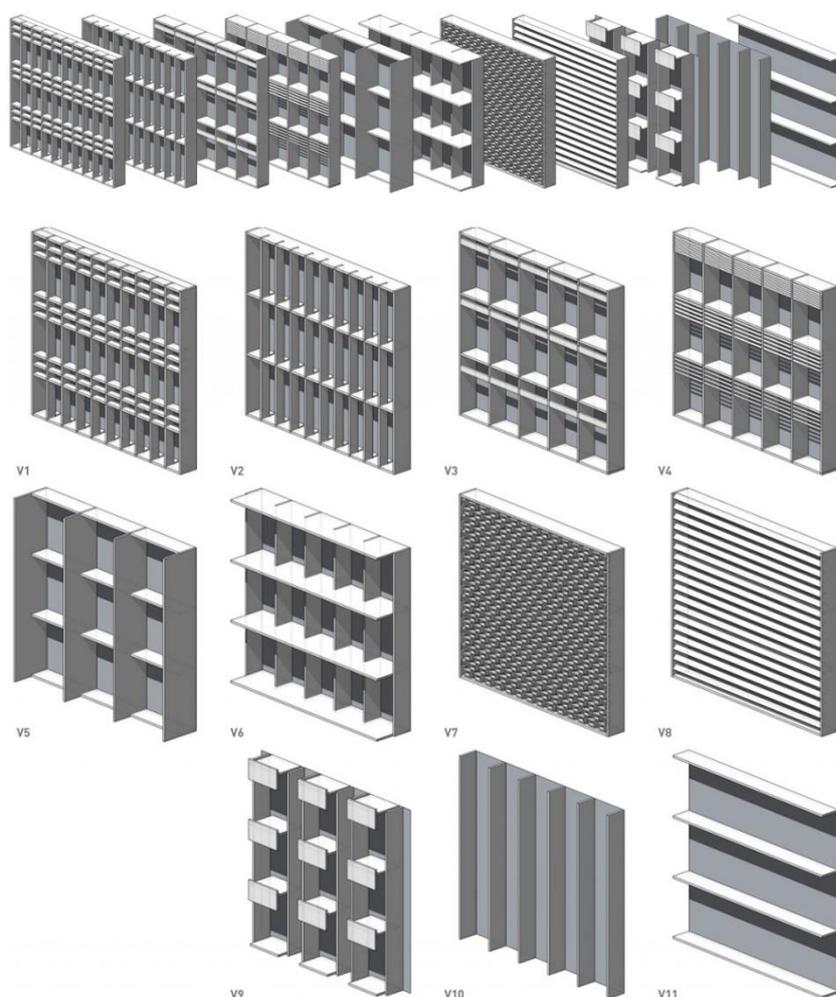
A sua inspiração veio dos elementos *muxarabis*. A sua ideia foi a criação de um dispositivo moderno com desempenho equivalente, de forma atenuar a forte incidência solar na estação quente do ano, não comprometendo a sua passagem na estação fria.<sup>142</sup> Este sistema, no entanto, não afeta a importante ventilação para o interior dos espaços, o que ajuda na sua refrigeração e renovação de ar. Como já foi dito anteriormente, trata-se de um dispositivo que se anexa à fachada existente do edifício. Através dele o arquiteto pretende um controlo da radiação solar, além de promover iluminação e ventilação natural, consistindo num sistema solar passivo. É frequentemente construído em betão e elementos metálicos, podendo adoptar várias configurações conforme as características climáticas e a orientação que toma. Como é um dispositivo dependente do sol, é convenientemente orientado para sul, sendo que existem configurações estudadas

---

<sup>141</sup> FAGUNDES (2015) p4

<sup>142</sup> KAMAL (2013) p20

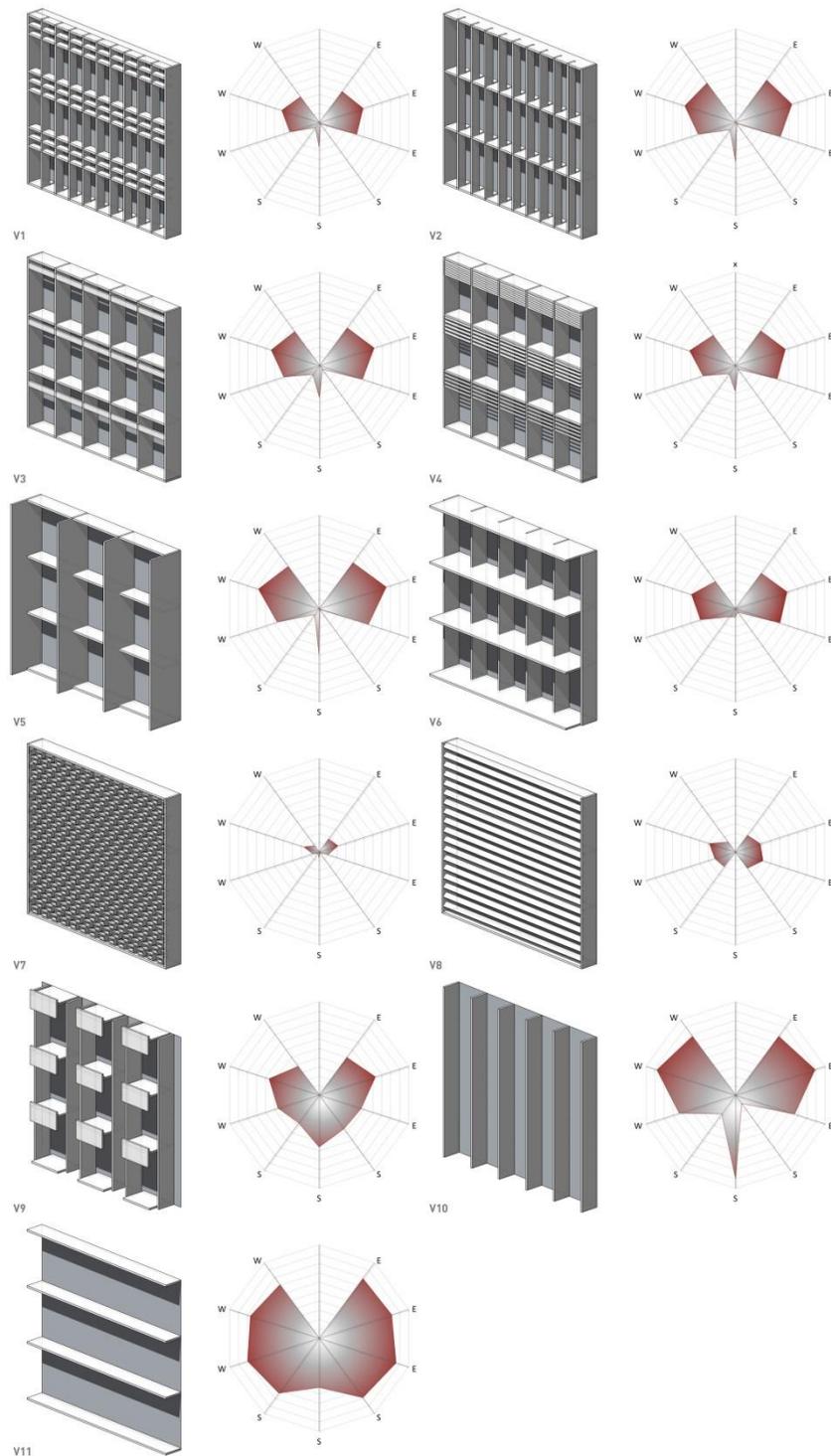
para a orientação este e oeste. De seguida são mostradas 11 configurações de fachada *brise soleil*.



**Fig. 60.** Várias configurações de *brise soleil*  
Adaptado de SCHNIDER (2012)

A partir de um programa de *software* foram testadas estas 11 configurações (V1 a V11). O teste consiste no estudo da eficiência em gerar sombras nas fachadas sul, este e oeste, a partir da incidência de luz solar.<sup>143</sup> Assim, de seguida são apresentados os resultados obtidos para cada configuração.

<sup>143</sup> SCHNIDER (2012)

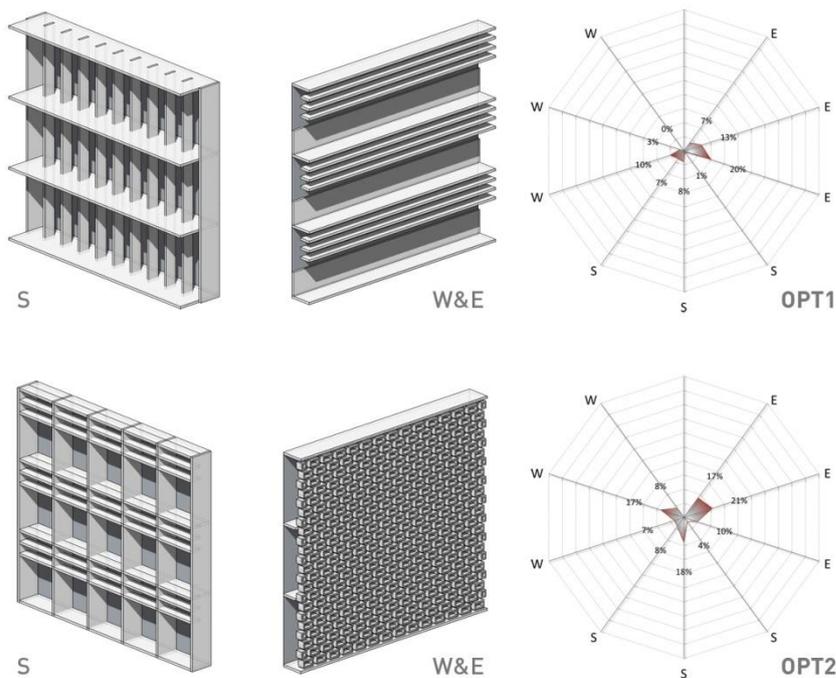


**Fig. 61.** Resultados gráficos obtidos para cada configuração  
Adaptado de SCHNIDER (2012)

**Quadro 16.** Tabela com todos os resultados  
Adaptado de SCHNIDER (2012)

	<i>West</i>			<i>South</i>			<i>East</i>		
	<i>Dez 8am</i>	<i>Sept 8am</i>	<i>jun 8am</i>	<i>Dez 4pm</i>	<i>Dez 12am</i>	<i>Dez 8am</i>	<i>Jun 4pm</i>	<i>Sept 4pm</i>	<i>Dez 4pm</i>
V1	67%	58%	66%	98%	73%	93%	59%	51%	58%
V2	58%	43%	48%	98%	57%	90%	44%	37%	50%
V3	60%	46%	55%	95%	65%	88%	50%	39%	52%
V4	64%	49%	60%	95%	72%	89%	54%	44%	53%
V5	53%	32%	44%	99%	50%	92%	39%	25%	45%
V6	61%	51%	64%	95%	91%	89%	53%	42%	50%
V7	93%	83%	92%	99%	93%	98%	83%	79%	90%
V8	77%	71%	87%	78%	100%	80%	78%	72%	69%
V9	54%	44%	62%	55%	44%	63%	50%	37%	53%
V10	37%	12%	22%	89%	10%	75%	22%	11%	34%
V11	20%	23%	29%	21%	47%	27%	21%	19%	14%

Foram avaliadas as áreas de sombreamento criadas pelas fachadas, obtidas em meses e horas do dia relevantes para cada orientação. Os resultados são apresentados em percentagem, em que 100% corresponde a sombreamento total. A partir dos resultados obtidos, nota-se que algumas configurações apresentam bons resultados no sombreamento a sul, porém revelam fraquezas a este e oeste, quando o sol se encontra mais baixo. Como a posição solar a sul é diferente em relação à posição este e oeste, requerem diferentes *brise soleil*. Como tal, foram criadas duas otimizações, de forma a aliar combinações de fachadas com melhor comportamento a sul e de melhor comportamento a este e oeste. Os resultados são mostrados de seguida.



**Fig. 62.** Otimizações desenvolvidas  
Adaptado de SCHNIDER (2012)

**Quadro 17.** Tabela das otimizações  
Adaptado de SCHNIDER (2012)

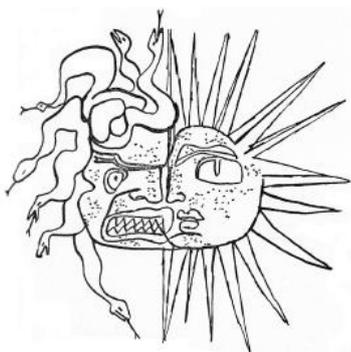
	West			South			East		
	Dez 8am	Sept 8am	jun 8am	Dez 4pm	Dez 12am	Dez 8am	Jun 4pm	Sept 4pm	Dez 4pm
Opt1	90%	97%	100%	99%	92%	93%	93%	87%	80%
Opt2	93%	83%	92%	96%	82%	92%	83%	79%	90%

Com base nos resultados, pode-se concluir que a otimização 1 é a que apresenta melhores resultados. A fachada sul é composta principalmente por lâminas verticais semelhantes à configuração V6, o que revela os melhores resultados nesta orientação. Por outro lado, a fachada este e oeste formada por conjuntos de lâminas horizontais, assemelha-se à configuração V8 que apresenta os melhores resultados para estas orientações seguidamente à tipologia V7. Esta tipologia (V7) apresenta a melhor combinação de resultados de todas as anteriores, sendo composta por uma espécie de membrana porosa, que se assemelha a uma fachada em gelosia. O fato de possuir uma malha perfurada de pequenos vazamentos pode explicar a facilidade em gerar sombras e conseqüente maior dificuldade na penetração solar.

Segundo Bansal et al. (1988), de seguida são apresentados critérios de sombreamento a ter em conta na arquitetura para distintas zonas climáticas.

**Quadro 18.** Critérios de sombreamento para diferentes zonas climáticas segundo Bansal et al. (1988)  
Adaptado de BANSAL et al. (1988) apud KAMAL (2013) p24

<i>Zonas Climáticas</i>	<i>Requisitos</i>
Quente e secas	Sombreamento completo durante todo o ano
Quentes e húmidas	Sombreamento completo durante todo o ano, mas sem comprometer a ventilação
Temperadas	Sombreamento completo durante todo o ano mas apenas durante as principais horas de sol
Frias e nubladas	Sem sombreamento
Frias e ensolaradas	Sombreamento apenas durante os meses de verão



**Fig. 63.** Desenho metade medusa metade sol de Le Corbusier  
Retirado de <https://oscartenreiro.files.wordpress.com/2010/08/arqcdad24.jpg>

*“Part of the year the sun is our friend, and part of the year it is our enemy.”<sup>144</sup>*

Le Corbusier

<sup>144</sup> LECHNER (2014) p140

### 3.2.1.1 Clima Tropical (A)

**(A) Clima tropical** – Climas megatérmicos das regiões tropicais e subtropicais

**Af** – Clima tropical húmido ou clima equatorial

**Am** – Clima de monção

**Aw** – Clima tropical com estação seca de inverno

**As** – Clima tropical com estação seca de verão <sup>145</sup>

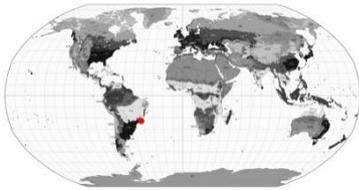
É um clima designado por possuir alta pluviosidade e alto índice de humidade. Possui um intervalo de temperaturas relativamente elevado (entre 30-35°C) bastante regular durante o dia e o ano. Os ventos são leves ou mesmo inexistentes. A precipitação é forte e as tempestades ocorrem com frequência. Os principais aspetos arquitetónicos a levar em conta neste clima são os seguintes:

1. Promover máxima ventilação e circulação livre do ar por grandes aberturas.
2. Fornecer sombreamento máximo de radiação solar direta e difusa.
3. Evitar o armazenamento de calor.
4. Usar superfícies externas reflexivas.
5. Aproveitar a vegetação para modelar o impacto solar.<sup>146</sup>

---

<sup>145</sup> AA.VV. (2016)

<sup>146</sup> GUT; ACKERKNECHT (1993) cap3.3



### 3.2.1.1.1 Edifício Ministério da Educação

- Lúcio Costa (Rio de Janeiro, Brasil), 1937

- Clima (Am)

O *brise-soleil* corbuseano foi usado pela primeira vez na arquitetura neste edifício.<sup>147</sup>



Fig. 64. Edifício Ministério da Educação, Rio de Janeiro, Brasil

Retirado de <http://d3swacfcujrr1g.cloudfront.net/img/uploads/2000/01/003452001019.jpg>

A sua construção deu-se aquando o desenvolvimento do Movimento Moderno no Brasil, altura em que a arquitetura tinha alcançado características notáveis. A sua arquitetura tomou como base o desenvolvimento de fachadas envidraçadas que proporcionassem transparência entre interior/externo. A construção é caracterizada pela fachada protegida por *brise soleil* parcialmente móveis orientada a noroeste. O emprego desses *brise* trouxe a inovação de evitar cargas de calor e reflexão originada por superfícies vidradas. O sistema de proteção solar *brise soleil* do edifício é composto por elementos fixos verticais e horizontais, produzidos em betão armado. As lâminas metálicas giratórias são distanciadas 50cm dos envidraçados, gerando um vazio entre a fachada original e o *brise*, por onde circula o ar.<sup>148</sup>

Desta forma tem um princípio de funcionamento idêntico ao de uma fachada ventilada tradicional.<sup>149</sup>



Fig. 65. Iluminação interior ao anoitecer

Retirado de <https://geniuslociblog.files.wordpress.com/2013/10/lucio-costa-ministc3a9rio-da-educac3a7c3a3o-e-sac3bade-1943-foto-nelson-kon3e1314800143434.jpg>

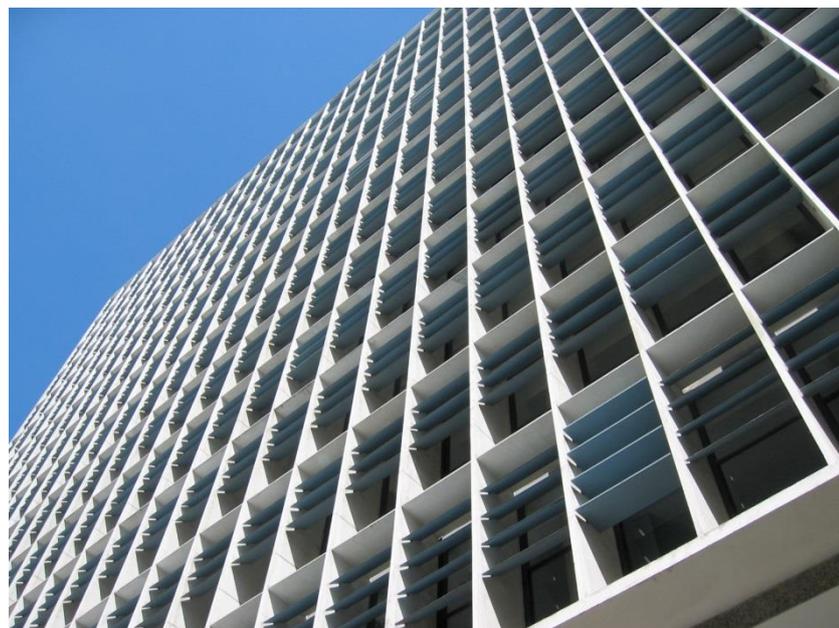


Fig. 66. Fachada *brise soleil* do Edifício Ministério da Educação

Retirado de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/MESP1.JPG>

<sup>147</sup> KAMAL (2013) p21

<sup>148</sup> Idem

<sup>149</sup> Idem

Esta grande quadrícula de betão que se fixa à fachada estrutural do edifício funciona como sombreador, gerando sombra para o interior dos espaços. Devido ao forte fator solar que se faz sentir neste tipo de clima, é necessário um adequado dimensionamento destes elementos para manter uma temperatura interior confortável.

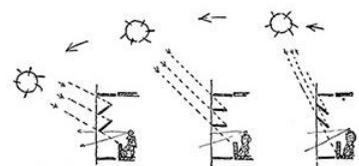


**Fig. 67.** Foto interior das lâminas da fachada  
Adaptado de [http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid\\_9/5545f6e8e693\\_04mesp.jpg](http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid_9/5545f6e8e693_04mesp.jpg)

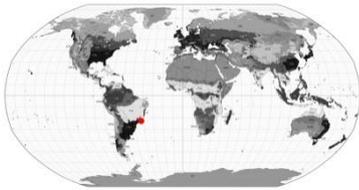
As lâminas metálicas presentes neste *brise* auxiliam a sua estrutura principal, dando a oportunidade de regular manualmente a incidência solar e ventilação no edifício conforme as necessidades. As lâminas encontram-se na zona superior de cada janela, o que se torna vantajoso pois coincide com localização do sol na altura do dia de maior calor.



**Fig. 68.** Esquema de abertura das lâminas da fachada  
Retirado de KAMAL (2013) p21



**Fig. 69.** Esquema de regulação das lâminas conforme a posição do sol  
Retirado de [http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid\\_9/9943\\_arq072-02-12.jpg](http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid_9/9943_arq072-02-12.jpg)



### 3.2.1.1.2 *Ocupação Chiquinha Gonzaga*

- Arquiteto desconhecido (Rio de Janeiro, Brasil), 2007

- Clima (Am)

Trata-se de um edifício de finais dos anos 50 de 12 andares, abandonado e em degradação no centro do Rio de Janeiro. Foi inicialmente destinado a ser um hotel, mas posteriormente funcionou como escritórios. Uma Associação de Habitação de interesse social desenvolveu a sua reabilitação com o objetivo de lhe dar um novo uso e integrá-lo na cidade. O intuito da sua reabilitação foi, para além de criar novas habitações para sem abrigos, um desenvolvimento de espaços comunitários, consistindo num centro de difusão e divulgação de informação. Esta apropriação chamou-se assim *Ocupação Chiquinha Gonzaga*.<sup>150</sup>



Fig. 70. Edifício abandonado  
Adaptado de NOGUEIRA et al. (2011)



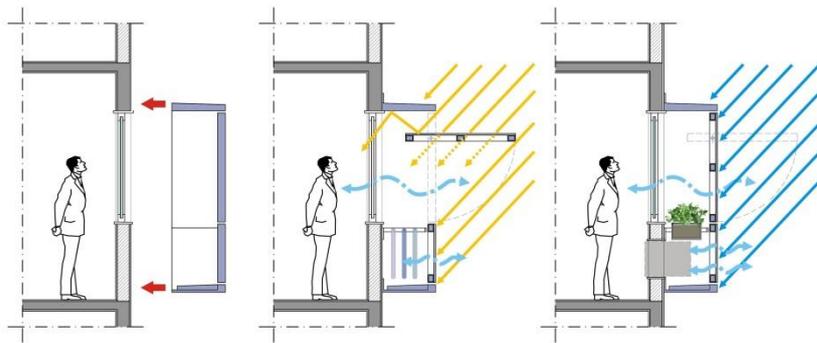
Fig. 71. Fachada da rua com a edifício da Ocupação ao centro  
Retirado de <https://arqlamounier.wordpress.com/ocupacao-chiquinha-gonzaga-02/>

Consiste num edifício que se destaca em altimetria das construções vizinhas da área. No Brasil são vários os edifícios com pouca ou nenhuma preocupação com o conforto ambiental. Como tal, através do estudo das suas necessidades foram projetadas soluções com vista ao seu melhor aproveitamento em todos os aspetos. Um dos parâmetros foi um estudo da fachada principal voltada para sudeste, não só na relação com o exterior mas também com vista ao aproveitamento energético, num âmbito da preocupação com a sustentabilidade ambiental. É uma orientação problemática, dado que recebe forte incidência solar durante grande parte do dia, inclusive de radiação mais horizontal ao final da tarde. Quando a fachada é mal

<sup>150</sup> Informação obtida a partir de aulas de outras unidades curriculares

protegida da incidência solar, os espaços que se abrem para ela são sobreaquecidos, causando desconforto. Desta forma, os conceitos para a criação do novo sistema de fachada foram fortemente influenciados pelo clima tropical quente do país. Era importante manter iluminação e ventilação natural indireta, além da continuidade visual para o exterior.<sup>151</sup>

100 Como é um país quente e o edifício recebia forte incidência solar, a proposta apresentada para melhorar o seu conforto ambiental passou pela criação de um módulo *plug-in* (nome atribuído a partir do conceito do grupo Archigram, no projeto *Plug-in city*). Ou seja, a criação de um dispositivo que é conectado à fachada existente de forma a ser “ativado”.<sup>152</sup>



**Fig. 72.** Esquemas de funcionamento da fachada *plug-in*  
Retirado de NOGUEIRA et al. (2011)



**Fig. 73.** Imagem virtual do dispositivo  
Retirado de NOGUEIRA et al. (2011)



**Fig. 74.** Aspecto do encaixe do dispositivo por pisos

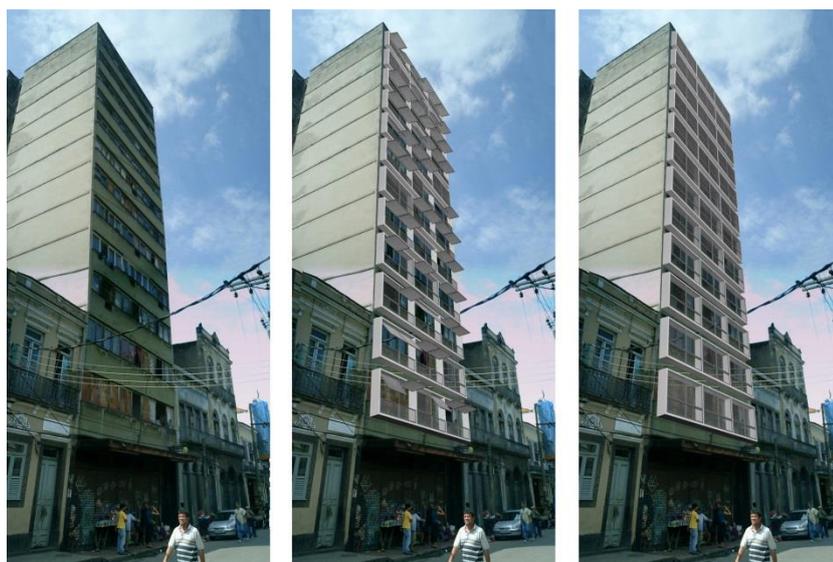
Retirado de [http://www.chiqdasilva.com/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=86:fachada-plugin&catid=1:projetos&Itemid=2](http://www.chiqdasilva.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=86:fachada-plugin&catid=1:projetos&Itemid=2)

<sup>151</sup> NOGUEIRA et al. (2011)

<sup>152</sup> Idem

Trata-se de uma varanda artificial. Um dispositivo que cria um pequeno espaço exterior para cada compartimento da fachada. Consiste numa caixa metálica que liga os vários compartimentos horizontais de cada piso, em que a face voltada para a rua é composta por duas grelhas metálicas. A grelha superior é basculante (nivelada com a janela original do edifício), permitindo ser aberta de forma a funcionar como segunda pala se sombreamento. Este sistema reúne uma série de vantagens. Permite a permanência da entrada de luz solar para o interior dos espaços mas neste caso indiretamente, reduzindo a temperatura interior. O sistema garante uma continuidade visual para o exterior e possibilita uma ventilação natural através das aberturas que compõem o dispositivo.

Este sistema também possui adaptações para conveniências dos habitantes, abrigando um varal para secagem de roupas e suportes para jardineiras. Usos que eram improvisados inadequadamente no interior dos apartamentos. Sendo que se trata de um prédio sem varandas, torna-se importante este tipo de utilidades, ao mesmo tempo que a vegetação ajuda na melhoria do ambiente interior. Configura-se uma nova fachada para o edifício, quebrando-se com a monotonia da fachada anterior.<sup>153</sup>



**Fig. 75.** Fotomontagem da fachada com as alterações  
Adaptado de NOGUEIRA et al. (2011)

<sup>153</sup> REZENDE (2007)

### 3.2.1.2 Clima Árido (B)

**(B) Clima árido** – Climas das regiões áridas e dos desertos das regiões subtropicais e de média latitude.

#### **BS – Clima das estepes**

**BSh** – Clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude

**BSk** – Clima das estepes frias de média latitude e grande altitude

#### **BW – Clima desértico**

**BWh** – Clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude

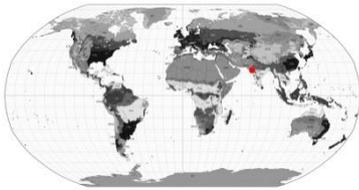
**BWk** – Clima das regiões desérticas frias das latitudes médias ou de grande altitude <sup>154</sup>

É um clima caracterizado por zonas secas desérticas. As temperaturas são elevadas (40-50°C no verão), com variações acentuadas tanto diurnas como sazonais. Possui baixo teor de humidade e grande intensidade de radiação solar. A precipitação é escassa. Consideram-se características idênticas às do clima tropical. Os principais pontos a ter em consideração na arquitetura para fazer face a este clima são os seguintes:

1. Fornecer o máximo de sombreamento de radiação solar direta e refletida na estação quente.
2. Equilibrar os extremos verão e inverno por elementos móveis.
3. Promover ventilação pela circulação de ar regulado e pequenas aberturas.
4. Reduzir a produção interna de calor e ganho de condução na estação quente.
5. Aumentar a circulação de ar nas zonas marítimas húmidas. <sup>155</sup>

---

<sup>154</sup> AA.VV. (2016)



### 3.2.1.2.1 *Mill Owners' Association Building*

- Le Corbusier (Ahmedabad, Índia), 1954

- Clima (BSh)

Em Ahmedabad, cidade indiana marcada pelo comércio têxtil, localiza-se este edifício que representa um manifesto da proposta de Le Corbusier para uma arquitetura indiana moderna. É considerada a primeira das quatro comissões concluídas em Ahmedabad.<sup>156</sup>



**Fig. 76.** Fachada oeste do edifício  
Retirado de [https://anglegrinderdotorg.files.wordpress.com/2015/04/129022\\_cp.jpg](https://anglegrinderdotorg.files.wordpress.com/2015/04/129022_cp.jpg)



**Fig. 77.** Lâminas diagonais do brise da fachada oeste  
Retirado de <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/6d/e4/90/6de490f8b59b5b9852a28132060e4afd.jpg>

Le Corbusier trabalhou predominantemente em climas quentes, desenvolvendo um conjunto de dispositivos arquitetônicos em resposta a contextos climáticos e culturais. Assim, inspirou-se na arquitetura vernácula da Índia. Concebeu um *brise soleil* em betão armado na fachada oeste de forma a evitar que o sol penetre no interior do edifício, com uma estética distintamente moderna. As suas lâminas verticais são orientadas diagonalmente, de forma a ocultar a visibilidade para a *Estrada Ashram*, ao mesmo tempo que permite indiretamente a entrada de luz e ventilação para o interior do edifício.<sup>157</sup>



**Fig. 78.** Entrada de luz indireta a partir das lâminas  
Retirado de <https://ineffablespaceblog.files.wordpress.com/2012/07/milowners1.jpg>

Os elementos horizontais desta estrutura permitem a criação de espaços ajardinados, que por sua vez auxiliam no sombreamento e promovem espaços mais frescos e agradáveis.<sup>158</sup>

<sup>155</sup> GUT; ACKERKNECHT (1993) cap3.2

<sup>156</sup> JONES (2014)

<sup>157</sup> Idem

<sup>158</sup> Idem



**Fig. 79.** Ajardinamentos para vegetação criados no *brise* da fachada oeste  
Retirado de [https://farm6.staticflickr.com/5310/5619784667\\_c8316487aa\\_b.jpg](https://farm6.staticflickr.com/5310/5619784667_c8316487aa_b.jpg)

A vegetação, quando densa, torna a fachada mais porosa, criando micro climas nos espaços interiores. É um elemento sempre que possível a ter em conta neste tipo de clima, uma vez que se caracteriza por zonas desérticas secas, onde a vegetação não é propriamente abundante. O *brise soleil* da fachada este é composto por elementos perpendiculares ao edifício. Le Corbusier projetou as suas aberturas enquadradas com o *Rio Sabarmati*, permitindo que o edifício favoreça da refrigeração através da água.<sup>159</sup>

Os *brise* funcionam igualmente como “filtro” visual. A entrada para o edifício é feita por uma rampa que se estende desde o estacionamento para um vazio de três andares no centro da volumetria do edifício. À medida que se sobe na rampa a visão do observador penetra entre as aberturas do *brise soleil*, abrindo-se a percepção da sua fachada interior.

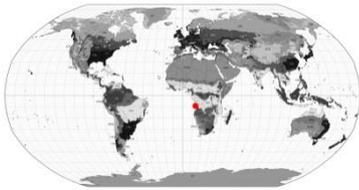


**Fig. 80.** *Brise soleil* da fachada este composto por vegetação  
Retirado de <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-321883/clasicos-de-arquitectura-edificio-de-la-asociacion-de-proprietarios-de-mill-le-corbusier/52b31a8be8e44ec6f600002a>.  
Foto. Thomas Mckenzie



**Fig. 81.** Rampa de acesso à fachada oeste  
Retirado de JONES (2014). Foto. Panovscott

<sup>159</sup> Idem



### 3.2.1.2.2 *Edifício de escritórios do Mutamba*

- Vasco Vieira da Costa (Luanda, África), 1968

- Clima (BSh)

Foi um projeto inicialmente designado para uma companhia de automóveis na Mutamba (para onde se deslocou o centro da cidade nos anos 50). Atualmente é o edifício do Ministério das Obras Públicas, onde está sediada a Câmara Municipal de Luanda. O edifício funciona como pára-vento e biombo, que esconde a modesta cidade histórica. A sua fachada comunica com o exterior através do revestimento em *brise soleil*, que trabalha como elemento de proteção da radiação solar do seu clima quente e seco. Funciona de uma forma autónoma, como uma segunda pele, espaçada 90cm da estrutura do edifício. Este afastamento da fachada interna do edifício oferece o sombreamento e proteção de radiação solar necessários que o clima com forte insolação transmite.<sup>160</sup>



**Fig. 82.** Foto do Edifício de Escritórios do Mutamba  
Adaptado de GRILO (1997)



**Fig. 83.** Fachada *brise soleil* sul composta por palas horizontais  
Retirado de GRILO (1997)

<sup>160</sup> GRILO (1997)

Uma vez que se lida com fortes temperaturas equatoriais, o *brise soleil* apresenta-se como um adequado sistema passivo de climatização, facilitando a refrigeração pela circulação de ar. Neste caso, o sistema favorece de uma benéfica ventilação, pela proximidade do mar.

O *brise* foi concebido segundo uma quadrícula de 50cm de lado com palas horizontais, ocultando a estrutura do edifício. Desta forma, não é percebida a leitura dos espaços interiores, explicitando a uniformidade da fachada.<sup>161</sup>

### 3.2.1.3 Clima Temperado (C)

**(C) Clima oceânico** – Climas das regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais dos continentes

#### **Cf – Clima temperado húmido sem estação seca**

**Cfa** – Clima temperado húmido com verão quente

**Cfb** – Clima temperado húmido com verão temperado

**Cfc** – Clima temperado húmido com verão curto e fresco

#### **Cw – Clima temperado húmido com Inverno seco**

**Cwa** – Clima temperado húmido com inverno seco e verão quente

**Cwb** – Clima temperado húmido com inverno seco e verão temperado

**Cwc** – Clima temperado húmido com inverno seco e verão curto e fresco

#### **Cs – Clima temperado húmido com verão seco (clima mediterrânico)**

**Csa** – Clima temperado húmido com verão seco e quente

**Csb** – Clima temperado húmido com verão seco e temperado

---

<sup>161</sup> Idem

**Csc** – Clima temperado húmido com verão seco, curto e fresco <sup>162</sup>

O clima temperado é caracterizado por uma estação quente e seca, seguida de uma estação chuvosa e quente (monção). No período de inverno as temperaturas podem cair muito abaixo do nível de conforto, especialmente à noite. As temperaturas diurnas são moderadas e a radiação solar intensa. É o clima mais ameno de todos, podendo incorporar uma conjugação entre os sistemas de fachada utilizados pelos restantes climas. Desta forma, possui um mais variável e dinâmico número de sistemas de fachada que pode ser adaptado na sua construção. Os principais aspetos a ter em consideração para a arquitetura deste clima são:

1. Manter o equilíbrio entre o conflito de exigências.
2. Procurar o ganho de radiação solar no inverno e fornecer sombra no verão.
3. Fornecer proteção contra o vento no inverno e adequada ventilação no verão.
4. Capacidade de armazenamento de calor moderado.
5. Utilizar aberturas de tamanho médio.<sup>163</sup>

---

<sup>162</sup> AA.VV. (2016)

<sup>163</sup> GUT; ACKERKNECHT (1993) cap3.4

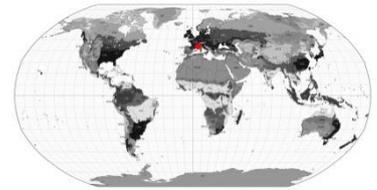
### 3.2.1.3.1 *Unité d'Habitation de Marseille*

- Le Corbusier (Marselha, França), 1947-1952

- Clima (Csa)

Trata-se de um complexo de habitações plurifamiliares localizado em Marselha, em resposta à demanda habitacional no período entre 1947 e 1953.<sup>164</sup>

Foi o primeiro projeto do arquiteto a ser construído depois da Segunda Guerra Mundial.<sup>165</sup>

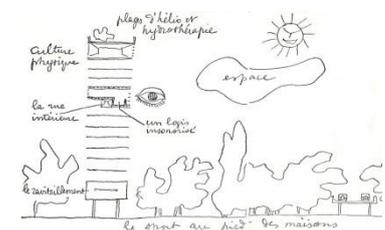


**Fig. 84.** *Unité d'Habitation de Marseille*, fachadas poente e sul  
Retirado de [http://preview.turbosquid.com/Preview/2014/08/19\\_\\_17\\_37\\_17/Unite\\_22Cpia.pngf13987de-3f6d-4be2-bf78-9efeb4f24755Original.jpg](http://preview.turbosquid.com/Preview/2014/08/19__17_37_17/Unite_22Cpia.pngf13987de-3f6d-4be2-bf78-9efeb4f24755Original.jpg)



**Fig. 85.** Fachada poente da *Unité d'Habitation de Marseille*  
Retirado de [http://www.mr-erno.com/2010\\_10\\_01\\_archive.html](http://www.mr-erno.com/2010_10_01_archive.html)

O edifício foi concebido como uma estrutura independente, à qual as várias unidades individuais são encaixadas. Todo o projeto revela grande preocupação quanto ao desenvolvimento de estratégias de promoção de conforto climático. Desde logo com o uso de um sistema de aquecimento de ar forçado, a partir de um difusor, semelhante ao conceito utilizado na mecânica automóvel.<sup>166</sup>

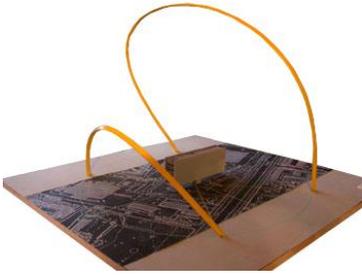


**Fig. 86.** Esquema de Le Corbusier das relações do edifício com a envolvente  
Retirado de [https://eliinbar.files.wordpress.com/2013/06/00\\_11.jpg](https://eliinbar.files.wordpress.com/2013/06/00_11.jpg)

<sup>164</sup> FAGUNDES (2015) p4

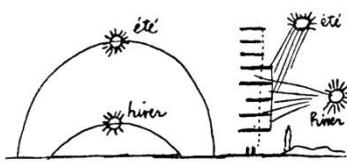
<sup>165</sup> KAMAL (2013) p22

<sup>166</sup> Idem



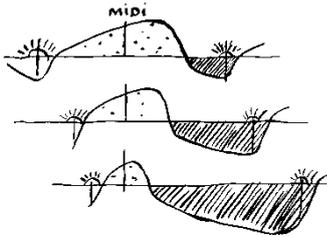
**Fig. 87.** Maqueta esquemática do percurso solar na *Unité* nas duas estações

Adaptado de [http://www.marseille-citeradieuse.org/corcite.php?zotable=tabcrmsv1\\_cms&zotype=accue&zopage=cor-site&zogra=Pr%E9sentation&zogrb=&zogrc=&zopcles=&zohaut=800&zolar=800&zocols=1&zocarti=fffff&zofont=b51a13&zopafond=](http://www.marseille-citeradieuse.org/corcite.php?zotable=tabcrmsv1_cms&zotype=accue&zopage=cor-site&zogra=Pr%E9sentation&zogrb=&zogrc=&zopcles=&zohaut=800&zolar=800&zocols=1&zocarti=fffff&zofont=b51a13&zopafond=)



**Fig. 88.** Esquemas de Corbusier do estudo da incidência solar no verão e inverno

Adaptado de <http://3.bp.blogspot.com/-aaRP5Heh4Qg/T43jn-8IRII/AAAAAAAAAZo/639QUjn4mmg/s1600/Unit%C3%81+d'Habitation+Marseille+and+brise-soleil+principe.png>



**Fig. 89.** Esquema de Le Corbusier do percurso solar durante o dia

Retirado de [http://formpig.com/blog/wp-content/uploads/2010/09/formpig\\_poeme-de-langue-droit-solar-ll\\_corbusier.png](http://formpig.com/blog/wp-content/uploads/2010/09/formpig_poeme-de-langue-droit-solar-ll_corbusier.png)



**Fig. 90.** Adaptação de vegetação

Adaptado de [https://c1.staticflickr.com/5/4132/5192875690\\_d4d4b22dda\\_b.jpg](https://c1.staticflickr.com/5/4132/5192875690_d4d4b22dda_b.jpg)



**Fig. 92.** Vista dos espaços interiores para o exterior

Retirado de <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/88/f8/89/88f8895f85133c331c5593ed68597354.jpg>

Frente aos envidraçados de cada apartamento desta *Unité*, Le Corbusier criou dois tipos de *brise soleil*. O edifício foi pensado a partir do eixo solar, influenciando a sua organização programática. O arquiteto concebeu as fachadas em função do clima, através do traçado do percurso solar em cada estação. A partir de cálculos foram estudadas áreas de sombra para os espaços pretendidos. Os duplos envidraçados proporcionam fluxos de luz que são controlados pelas suas palas horizontais. Na zona inferior de cada apartamento o *brise* possui gelsias, consistindo em faixas perfuradas ao longo da fachada que permitem a circulação de ar entre interior e exterior, ao mesmo tempo que filtra a visibilidade para o exterior.



**Fig. 91.** Grelhas de ventilação no *brise soleil*

Retirado de <http://www.verslecentre.com/wp-content/uploads/2011/10/Cit%C3%A9-joyeuse-du-Corbusier-Marseille-0482.jpg>

Le Corbusier pensou neste dispositivo como equipamento de corte de ruído, uma vez que para ele o silêncio simboliza a privacidade da família e autonomia da célula dentro da unidade.<sup>167</sup>

<sup>167</sup> RAGOT (2014)

### 3.2.1.3.2 *Capitol Complex*

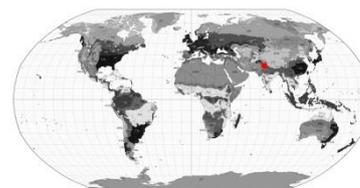
- Le Corbusier (Chandigarh, Índia), 1952-1962

- Clima (Cwa)

Em 1951, Le Corbusier foi convidado para este projeto em Chandigarh, na Índia. O arquiteto incorpora dispositivos *brise soleil* nos três edifícios do Complexo (*Assembly Building*, *Secretariat* e *High Court*), de modo a adaptar-se às características do clima local.<sup>168</sup>

O edifício *Assembly Building* concluído em 1962, é constituído por fachadas de grelhas que filtram a radiação solar para os espaços dos escritórios e salas de comissões antes que penetre os panos de vidro que encerram termicamente os espaços interiores.<sup>169</sup> Isto é conseguido graças ao grande afastamento que o dispositivo apresenta da fachada interna, criando profundas aberturas que dificultam a penetração do sol.

Segundo um estudo de Ali (1998), foi conseguido um adequado conforto interior neste edifício através da filtragem do *brise soleil*, atenuando a radiação solar direta e promovendo uma ajustada luz natural aos escritórios.<sup>170</sup>



**Fig. 93.** Edifício *Assembly Building*  
Retirado de [http://www.greatbuildings.com/gbc/images/cid\\_1251541492\\_20080107-09\\_CHANDIGARH.jpg](http://www.greatbuildings.com/gbc/images/cid_1251541492_20080107-09_CHANDIGARH.jpg)



**Fig. 94.** Ângulo de permeabilidade para o interior do edifício  
Retirado de <http://architecturalmoleskine.blogspot.pt/2012/12/chandigarh-and-le-corbusier-ii.html>



**Fig. 95.** Pormenor do direcionamento das lâminas do *brise soleil*  
Retirado de <https://www.flickr.com/photos/scottnorsworthy/6514497091>

<sup>168</sup> KAMAL (2013) p23

<sup>169</sup> Idem

<sup>170</sup> Idem



**Fig. 96.** Frente do edifício *High Court*  
Retirado de <https://acdn.architizer.com/thumbnails-PRODUCTION/93/b1/93b1e868f5f4bf793e3257619d7a42fa.jpg>.  
Foto. Pierre Joly e Vera Cardot

Na fachada principal do edifício *High Court*, encontra-se um *brise* constituído por uma quadrícula de elementos de betão de diferentes profundidades, criando um padrão diferente em relação à do edifício anterior. A forma desta segunda pele do edifício oculta o conjunto de níveis de pisos, perdendo-se a percepção da sua estrutura interior. Assim, a sua entidade global é entendida como única, em que os elementos são plasticamente interligados.<sup>171</sup>



**Fig. 97.** Permeabilidade frontal para o interior  
Retirado de [http://www.eryngaul.com/wp-content/uploads/2011/01/chandigarh\\_highcourt.jpg](http://www.eryngaul.com/wp-content/uploads/2011/01/chandigarh_highcourt.jpg)



**Fig. 98.** Jogo de cheios e vazios na fachada noroeste  
Retirado de <https://thefunambulistdotnet.files.wordpress.com/2010/12/chandigarh-highcourt3.jpg>



**Fig. 99.** *Brise soleil* entre espaços exteriores  
Adaptado de [https://c1.staticflickr.com/5/4136/4855112716\\_43d065ef79\\_b.jpg](https://c1.staticflickr.com/5/4136/4855112716_43d065ef79_b.jpg)

Através do grande avanço da cobertura e da secção superior do *brise soleil*, obtém-se uma adequada proteção contra intempéries, características do clima. Le Corbusier afirma:

*“Here the brise soleil take the place of the weather-drips on a classical facade, but they cover not only the Windows but the entire facade, and influence the whole structure.”*<sup>172</sup>

Le Corbusier

As janelas das salas de audiência por detrás do *brise soleil* são de vidro fixo. Entre elas existem estreitos espaços verticais onde Corbusier aplicou um sistema de ventilação que desenvolveu

<sup>171</sup> Idem

<sup>172</sup> Idem

particularmente para o clima mediterrânico, ou seja, para zonas próximas do mar. Os dispositivos consistem em obturadores reguláveis que promovem a circulação de ar entre o interior e exterior, assemelhando-se a persianas.<sup>173</sup>

O edifício *Secretariat* é o mais alto do conjunto. Trata-se de um edifício de 254m de comprimento por 42m de altura. É composto por oito níveis de pisos, assemelhando-se na sua morfologia à *Unité d'Habitation de Marseille*.<sup>174</sup>

Esta fachada retalhada contém inúmeros desenhos distintos de *brise soleil*. Consiste num ritmo interminável de varandas e ripados, que formam uma composição deliberadamente assimétrica.<sup>175</sup>



**Fig. 100.** Fachada principal do edifício *Secretariat*

Retirado de <https://bradrockwell.files.wordpress.com/2011/03/551.jpg>



**Fig. 101.** Várias configurações de *brise* na fachada sudeste

Retirado de <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/1e/0e/87/1e0e87d16e74720ddd51e0f3d79d0b28.jpg>



**Fig. 102.** *Brise* em espaços exteriores do edifício

Retirado de <http://larryspeck.com/wp-content/uploads/2011/09/2011-4004.jpg>

<sup>173</sup> Idem

<sup>174</sup> Idem

<sup>175</sup> Ibidem p24

#### 3.2.1.4 Clima Continental (D)

(D) Clima continental ou climas temperados frios – Climas das grandes regiões continentais de média e alta latitude

##### Df – Clima temperado frio sem estação seca

**Dfa** – Clima temperado frio sem estação seca e com verão quente

**Dfb** – Clima temperado frio sem estação seca e com verão temperado

**Dfc** – Clima temperado frio sem estação seca e com verão curto e fresco

**Dfd** – Clima temperado frio sem estação seca e com verão muito frio

##### Dw – Clima temperado frio com inverno seco

**Dwa** – Clima temperado frio com inverno seco e com verão quente

**Dwb** – Clima temperado frio com inverno seco e com verão temperado

**Dwc** – Clima temperado frio com inverno seco e com verão curto e fresco

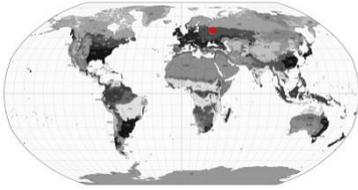
**Dwd** – Clima temperado frio com inverno seco e muito frio <sup>176</sup>

É um tipo de clima com temperaturas geralmente baixas ao longo do ano e com elevado nível de pluviosidade. É característico de terras de grande altitude, onde predominam fortes ventos. Neste tipo de clima de temperaturas vulgarmente frias, o uso de *brise soleil* não é tão eficaz, uma vez que é um dispositivo de sombreamento direccionado para climas com forte e média incidência solar. Por esse motivo, pode-se utiliza-lo mas de forma adaptada ao clima frio. Assim, os aspectos mais importantes a que deve respeitar são:

---

<sup>176</sup> AA.VV. (2016)

1. Proporcionar uma ventilação adequada.
2. Promover o máximo de radiação e iluminação solar direta possível.
3. Minimizar o sombreamento.
4. Utilizar materiais com grande capacidade de armazenamento de calor.
5. Usar cores exteriores escuras de forma a maximizar a absorção de calor.



### 3.2.1.4.1 *Tsentrosoyuz*

- Le Corbusier (Moscou, Rússia), 1933

- Clima (Dfb)

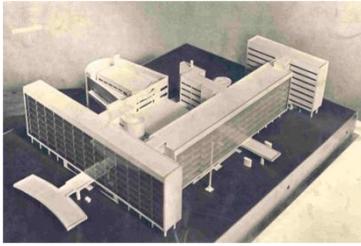


Fig. 103. Maqueta do complexo *Tsentrosoyuz*

Retirado de <http://1.bp.blogspot.com/-Ts0zRIG0cxk/T5BvNZDpL7I/AAAAAAAAAaI/xBHIVZuHwWc/s400/Centrosyuz+model.png>

É um complexo de edifícios pertencente ao governo russo. Na altura em que o edifício *Tsentrosoyuz* foi projetado, Corbusier praticava uma arquitetura muito mecanicista, da “máquina térmica”, a partir da qual obteve alguns fracassos no que toca a sistemas que desenvolveu para controlo térmico. Ou seja, trata-se de um edifício antecedente aos apresentados anteriormente. Por este facto se refere que a sua ideia era “combater a Natureza”, obtendo conforto térmico recorrendo a equipamentos de climatização consumidores de energia. Só posteriormente passou a projetar através de um “pacto com a Natureza”, segundo processos naturais de controlo solar.



Fig. 104. Le Corbusier em frente ao local de construção de *Tsentrosoyuz*, 1931  
Retirado de SOLLA (2012)

Le Corbusier tornou-se o primeiro arquiteto moderno verdadeiramente interessado em misturar métodos passivos e ativos de controlo de energia na sua arquitetura. O arquiteto desenvolveu dois sistemas ativos entre 1926 e 1933, *Mur neutralisant* e *Respiration exacte*, sendo complementares. Corbu tentou implementá-los neste edifício de forma a promover um ambiente interno agradável durante todo o ano e em todos os climas, embora sem sucesso.<sup>177</sup>

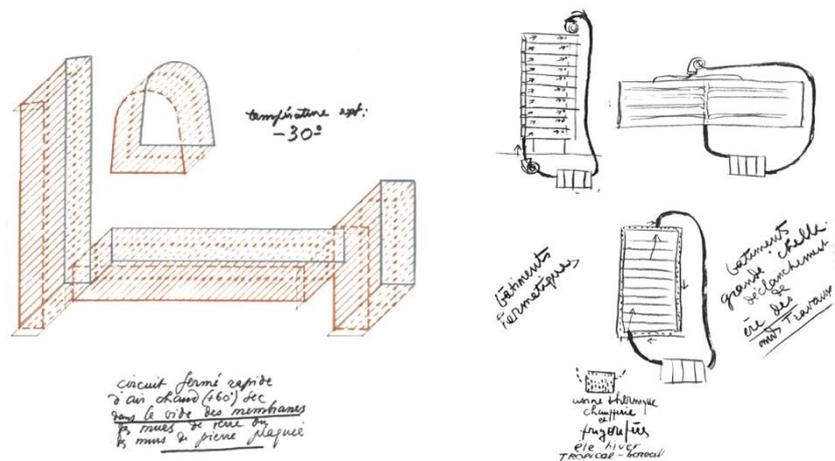
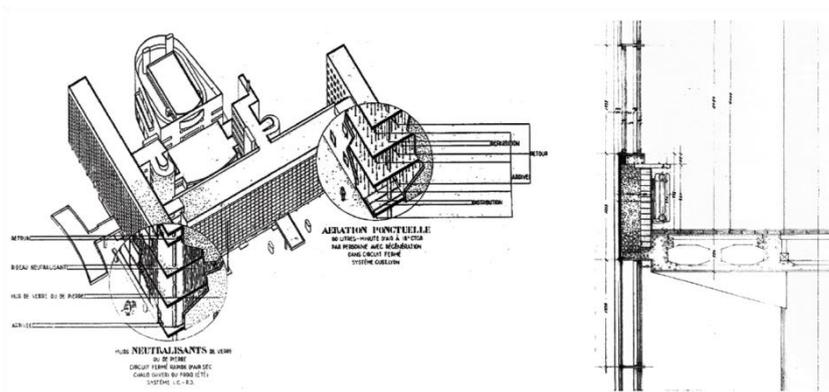


Fig. 105. Sistemas *Mur neutralisant* e *Respiration exacte* previstos para o projeto  
Adaptado de SOLLA (2012)

<sup>177</sup> SOLLA (2012)



**Fig. 106.** Pormenores construtivos do projeto referentes aos sistemas  
Retirado de SOLLA (2012)

Corbusier projetou vidros duplos selados de forma a evitar fluxos de energia entre interior e exterior, fazendo parte do conceito *Mur neutralisant*. Um sistema mecânico de ventilação controlada - *Respiration exacte* - capaz de se adaptar à temperatura e humidade do ar, era colocado entre o duplo vidro e no interior de paredes opacas em pedra porosa do edifício. O cliente russo rejeitou o sistema *Mur neutralisant* pela falta de justificação técnica, porém foi mantida a dupla parede de vidro. Apesar dos desenhos do sistema *Respiration exacte* mostrarem um circuito fechado viável e serem uma boa intenção em termos de conforto ambiental, ao longo do ano obtém enormes consumos de energia. O sistema *Mur neutralisant*, após ser testado por duas empresas especializadas, revelou-se um sistema que requereria uma grande quantidade de energia para fazer diferença na temperatura interna, ou seja, para se tornar eficaz. A falta de controlo de radiação solar afeta diretamente estes sistemas.<sup>178</sup>

Além do fracasso de alguns sistemas adotados por Le Corbusier neste projeto, existem aspetos na sua construção que fazem sentido num clima frio deste tipo. As fachadas do edifício, sendo em pedra porosa escura, funcionam como elemento captador e armazenador de calor, de forma a aquecer o ambiente dos espaços interiores. O grande emprego do vidro, tal como no edifício *Le Corbusier* em Genebra construído em 1932 num clima idêntico,



**Fig. 107.** Fachadas voltadas para norte  
Retirado de  
[http://calvertjournal.com/images/uploads/embeddable\\_slideshows/2015\\_October/le\\_corbusier/\\_large\\_crop/Tsent-5.jpg](http://calvertjournal.com/images/uploads/embeddable_slideshows/2015_October/le_corbusier/_large_crop/Tsent-5.jpg)

<sup>178</sup> Idem

também é benéfico para maximizar a entrada de radiação solar direta para o seu interior.



Fig. 108. Grande superfície envidraçada da fachada sudoeste  
Retirado de [http://farm1.static.flickr.com/747/21466098819\\_5814223cb4.jpg](http://farm1.static.flickr.com/747/21466098819_5814223cb4.jpg)

## Les 24 heures Solaires

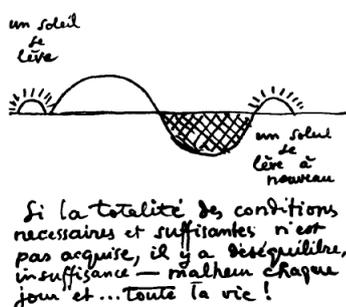


Fig. 109. Esquema de Le Corbusier alusivo  
à importância do ciclo solar diário, 1954  
Retirado de <https://exurbanisnyc.files.wordpress.com/2014/02/the-solar-cycle-lc-1954.png>

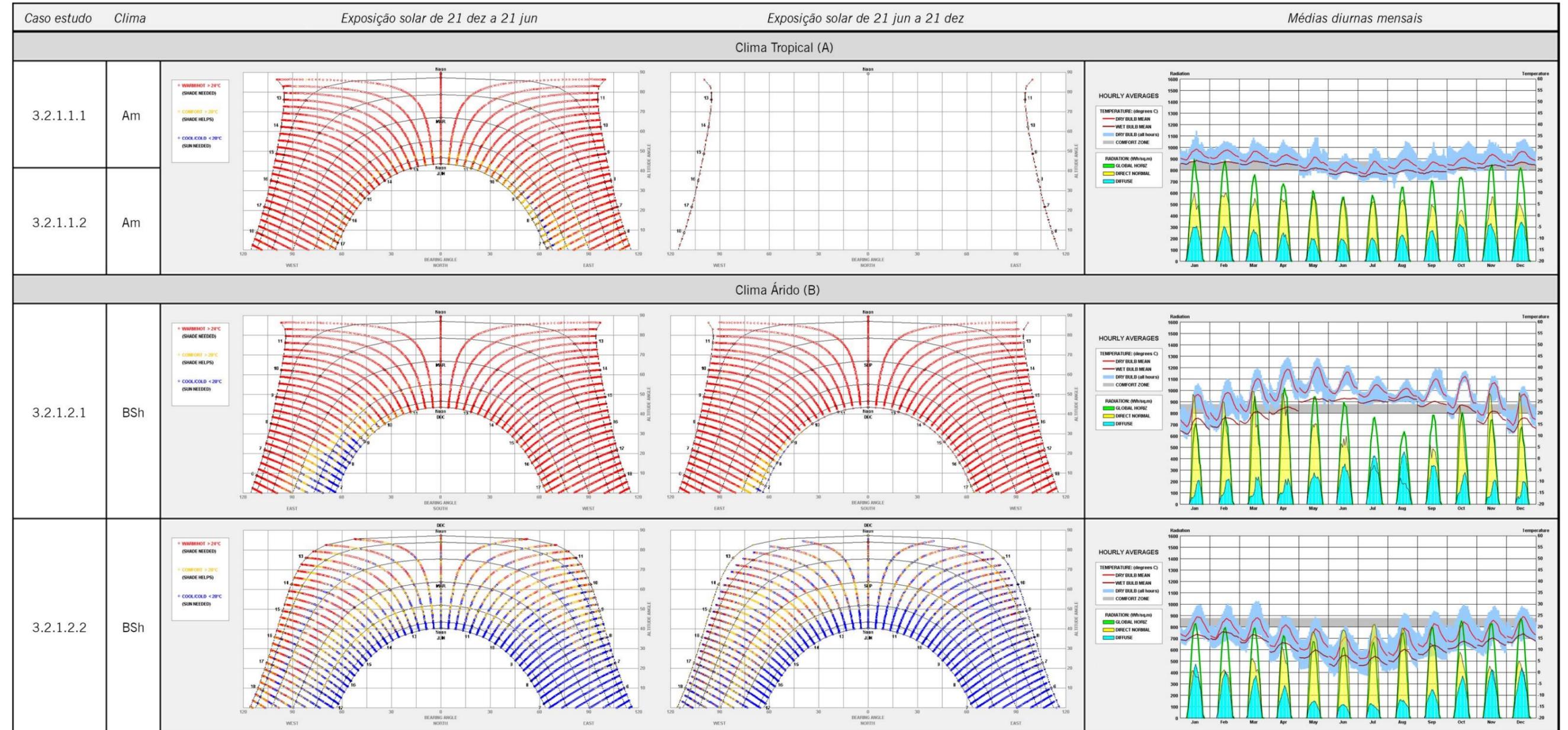
A falta de êxito dos seus sistemas de conforto térmico levaram o arquiteto desde 1935 a abraçar sistemas de controlo passivo de climatização, tornando a sua arquitetura mais maciça e substituindo as paredes de vidro por betão. A arquitetura de Le Corbusier passou a contactar mais com a terra e meio ambiente, bio climatismo, cartas solares, controlo de ventilação e iluminação a fim de criar espaços mais saudáveis e naturais.<sup>179</sup>

### 3.2.1.5 Síntese dos casos de estudo de sistemas de fachada por clima

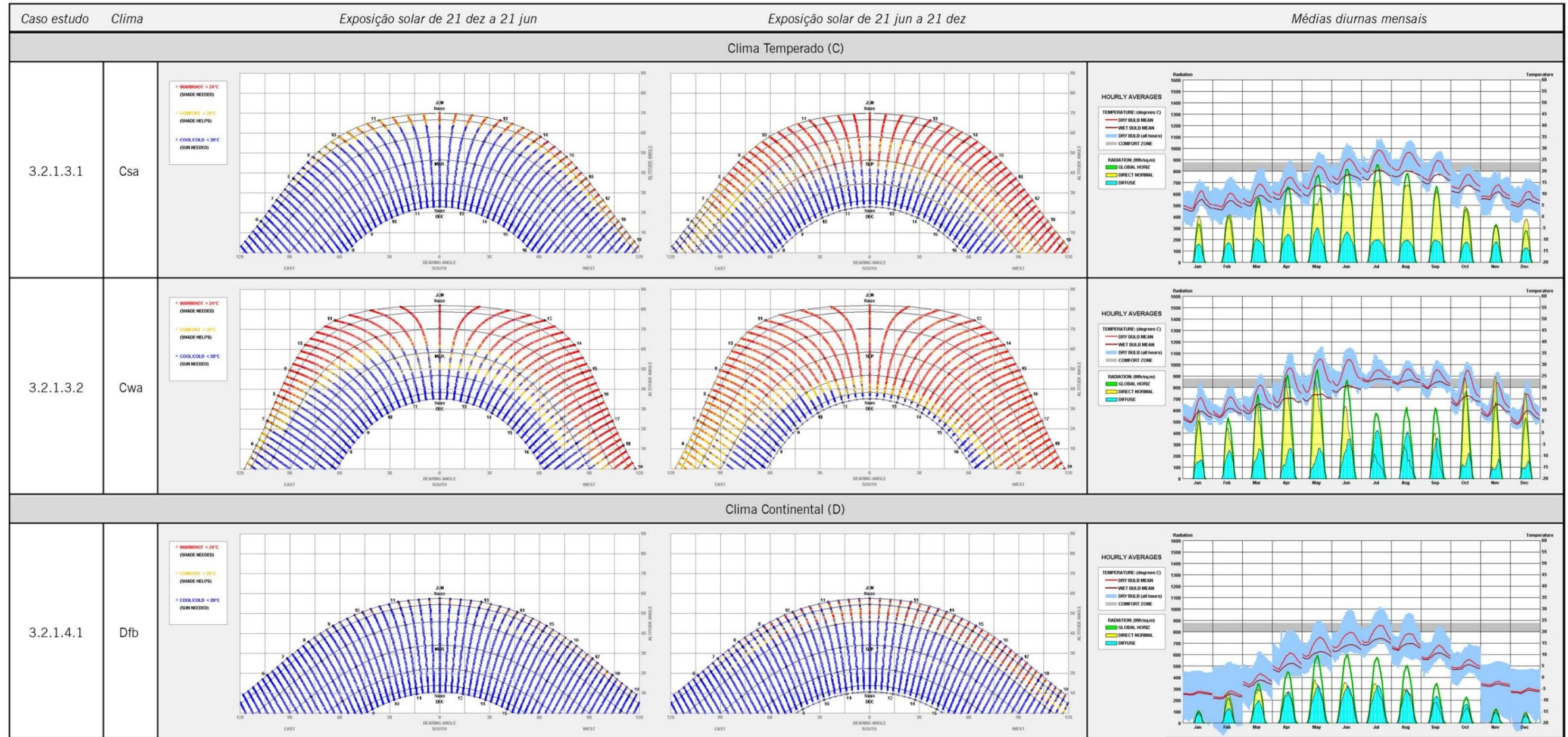
De seguida são apresentados dois quadros onde consta uma análise ao clima de cada caso de estudo, efetuada a partir do programa de *software* de análise climática *Climate Consultant*.

<sup>179</sup> Idem

Quadro 19. Síntese da análise dos casos de estudo para os climas Tropical e Árido



Quadro 20. Síntese da análise dos casos de estudo para os climas Temperado e Continental



Uma vez que o *software* carece de informações do clima de Luanda e de Chandigarh, em alternativa optou-se por Joanesburgo e Sundarnagar respetivamente, por terem o mesmo clima e pela proximidade geográfica aos primeiros.

Foram criados gráficos de exposição solar e de temperaturas aliadas à radiação solar para cada clima. Pode-se observar pelos resultados, que os climas mais quentes como o do Rio de Janeiro registam grande número de horas anuais de calor, necessitando de estratégias de refrigeração de forma a aumentar as horas de conforto. Neste sentido, o *brise soleil* representa um bom método para se dar resposta a esse problema. À medida que os climas se tornam mais frios os resultados invertem-se, como o caso de Moscovo, tendo um grande número de horas com baixas temperaturas durante o ano. Assim, existe uma maior necessidade de captação de radiação solar para aquecer os espaços e consequentemente aumentar as horas de conforto térmico anuais. Posto isso, os dispositivos de fachada devem assumir especial preocupação com estratégias de captação de calor solar durante a estação de inverno.

Com base nos resultados obtidos, de seguida é apresentado um quadro (obtido a partir do mesmo programa), que lista algumas estratégias arquitetónicas a ter em conta em fachadas, de forma a tirar partido das características inerentes a cada clima estudado.

**Quadro 21.** Síntese de estratégias arquitetônicas face ao clima de cada caso de estudo

Caso estudo	Clima	21 dez a 21 jun			21 jun a 21 dez			Estratégias arquitetônicas face ao clima
		horas de calor >24°C	horas de conforto entre 20 e 24°C	horas de frio <20°C	horas de calor >24°C	horas de conforto entre 20 e 24°C	horas de frio <20°C	
Clima Tropical (A)								
3.2.1.1.1	Am	2041	436	75	1376	909	271	Maximizar exposição solar de inverno, criando envidraçados a sul mas com palas para sombrear de verão. Colocar vidro duplo de alto desempenho a norte, este e oeste. Promover o ganho de calor a partir da iluminação, pessoas e equipamentos. Organizar disposição da planta de forma a tirar proveito da orientação solar. Não colocar árvores em frente a envidraçados, mas sim para além dos 45° de cada extremidade. Persianas isolantes ou cortinas espessas ajudam a reduzir perdas de calor durante a noite.
3.2.1.1.2	Am							
Clima Árido (B)								
3.2.1.2.1	BSh	2161	219	154	2417	109	52	Maximizar exposição solar de inverno, criando envidraçados a sul mas com palas para sombrear de verão. Colocar vidro duplo de alto desempenho a norte, este e oeste. Promover o ganho de calor a partir da iluminação, pessoas e equipamentos. Abrir pequenas aberturas. Projetar sombreadores (palas) fixos ou dispositivos móveis. Utilizar cores claras e materiais com alta emissividade para minimizar a condutividade de calor. Promover ventilação natural de verão, sombreando e orientando as janelas para os ventos dominantes. Usar separadores de espaços vazados para promover ventilação cruzada natural.
3.2.1.2.2	BSh	465	711	1376	336	547	1673	Maximizar exposição solar de inverno, criando envidraçados a sul mas com palas para sombrear de verão. Colocar vidro duplo de alto desempenho a norte, este e oeste. Promover o ganho de calor a partir da iluminação, pessoas e equipamentos. Promover ventilação natural de verão, sombreando e orientando as janelas para os ventos dominantes. Projetar sombreadores (palas) fixos ou dispositivos móveis. Não colocar árvores em frente a envidraçados, mas sim para além dos 45° de cada extremidade.
Clima Temperado (C)								
3.2.1.3.1	Csa	242	301	1965	948	514	1136	Maximizar exposição solar de inverno, criando envidraçados a norte mas com palas para sombrear de verão. Colocar vidro duplo de alto desempenho a sul, este e oeste. Promover o ganho de calor a partir da iluminação, pessoas e equipamentos. Promover sombreamento para evitar o sobreaquecimento, criando aberturas para ventilação de verão. Projetar sombreadores (palas) fixos ou dispositivos móveis. Promover ventilação natural de verão, sombreando e orientando as janelas para os ventos dominantes. Utilizar cores claras e materiais com alta emissividade para minimizar a condutividade de calor. Usar separadores de espaços vazados para promover ventilação cruzada natural. Não colocar árvores em frente a envidraçados, mas sim para além dos 45° de cada extremidade.
3.2.1.3.2	Cwa	901	352	1275	1399	577	600	Projetar sombreadores (palas) fixos ou dispositivos móveis. Minimizar ou eliminar envidraçados a oeste para reduzir ganhos de calor no verão. Abrir pequenas aberturas nas paredes para facilitar a ventilação. Colocar vidro de alto desempenho em todas as orientações é rentável de inverno e verão. Promover ventilação natural de verão, sombreando e orientando as janelas para os ventos dominantes. Minimizar sobreaquecimento. Utilizar cores claras e materiais com alta emissividade para minimizar a condutividade de calor. Usar separadores de espaços vazados para promover ventilação cruzada natural. Orientar envidraçados a norte, sombreados com lâminas verticais. Utilizar vegetação e plantas a oeste para minimizar o ganho de calor.
Clima Continental (D)								
3.2.1.4.1	Dfb	48	170	2176	207	332	1965	Promover ventilação natural de verão, sombreando e orientando as janelas para os ventos dominantes. Construções ligeiras acima do solo com paredes vazadas e varandas sombreadas. Pés-direitos altos e janelas altas móveis protegidas por palas profundas. Utilizar vegetação e plantas a oeste para minimizar o ganho de calor. Minimizar ou eliminar envidraçados a oeste para reduzir ganhos de calor no verão. Projetar sombreadores (palas) fixos ou dispositivos móveis. Usar separadores de espaços vazados para promover ventilação cruzada natural. Zonas exteriores direcionadas para ventos dominantes. Orientar envidraçados a sul, sombreados com lâminas verticais.

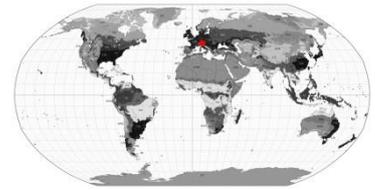
### 3.2.2 Utilização de alvenarias cerâmicas como “filtro”

Tendo em conta as potencialidades do tijolo cerâmico, de seguida são estudadas algumas obras de arquitetura em que são exploradas diferentes fachadas “filtro” em alvenarias de elementos cerâmicos.

### 3.2.2.1 *Gantenbein Winery*

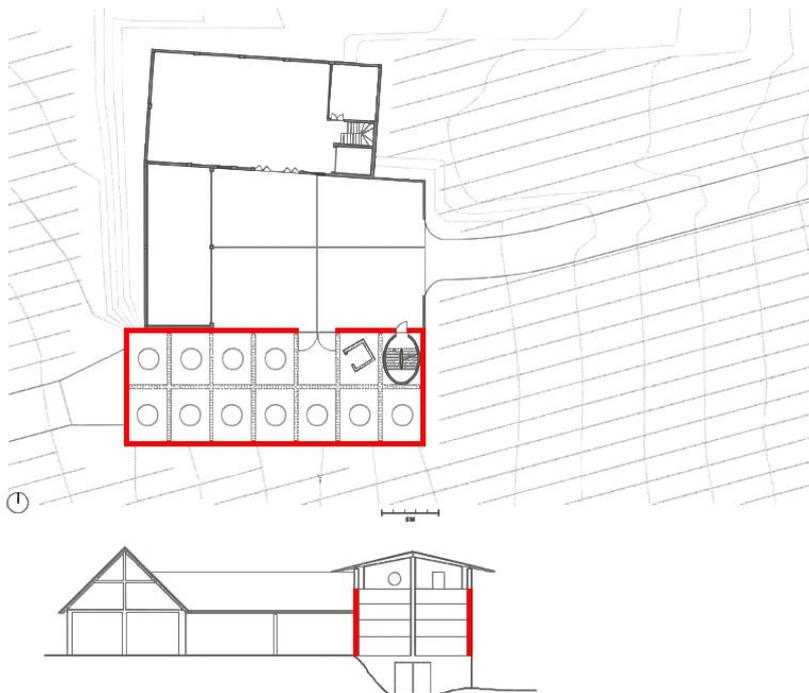
- Tobias Bonwetsch (Flasch, Suíça), 2006

Esta obra do ano 2006 encontra-se numa aldeia vinícola. O edifício adega pode ser visto de longe na paisagem. O fluxo do vinho, as leis da gravidade, o controlo de temperatura e o processo de trabalho ditaram a arquitetura sobretudo das fachadas, consistindo numa construção culturalmente exigente.<sup>180</sup>



**Fig. 110.** Implantação do edifício *Gantenbein Winery*

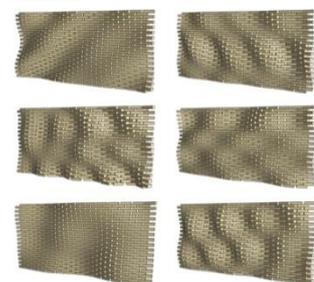
Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner



**Fig. 111.** Planta e corte do projeto com identificação da fachada em estudo  
Adaptado de GRAMAZIO et al. (2012)

As suas fachadas são compostas por um padrão em tijolo maciço que abrange todas as superfícies laterais do bloco principal do edifício. É uma obra desenvolvida pelo estúdio digital da Universidade Técnica de Zurique por Fabio Gramazio e Matthias Kohler com os tijolos da fábrica de Christian Keller. O protótipo da fachada de tijolo foi calculado por computador, sendo posteriormente construído por robô. O projeto foi pensado tanto no *design* exterior como nos efeitos óticos projetados no interior. Através do estudo foi possível criar um “filtro”

```
Grid[Table[BrickPlot[  
  Evaluate[Sum[Sin[2π RandomReal[{-2, 2}, 2].{x/64, y/64}],  
    {7}]], {x, 0, 128}, {y, 0, 64}, BrickSpacing -> 4/3.,  
  BrickStyle -> {EdgeForm[None]}, ImageSize -> 200], {3}, {2}],  
  Spacings -> 0]
```



**Fig. 112.** Estudos virtuais experimentais da fachada

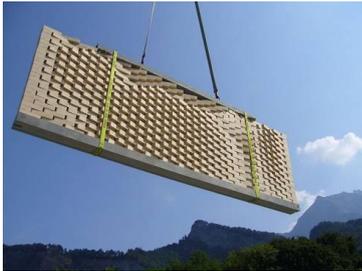
Retirado de [http://cdn.makezine.com/uploads/2009/07/bricks\\_in14.gif](http://cdn.makezine.com/uploads/2009/07/bricks_in14.gif)

<sup>180</sup> GANTENBEIN (2006)



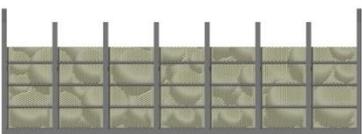
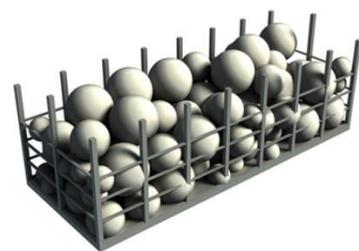
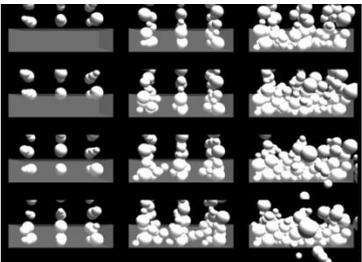
**Fig. 113.** Construção da parede por braço robotizado

Retirado de [https://1mein.files.wordpress.com/2014/03/1324b428cbb644f4a48a7d5200056750\\_940\\_664\\_uk9lihwgughvdg8grvriifp1cmjja\\_92.jpg](https://1mein.files.wordpress.com/2014/03/1324b428cbb644f4a48a7d5200056750_940_664_uk9lihwgughvdg8grvriifp1cmjja_92.jpg)



**Fig. 114.** Módulo pré-fabricado

Retirado de [http://a4.images.architettura-italiana.com/image/upload/c\\_fit,w\\_1440/f\\_auto,q\\_80/v1/project\\_images/4511724/060721\\_036\\_Baustelle\\_FG\\_084\\_PR.jpg](http://a4.images.architettura-italiana.com/image/upload/c_fit,w_1440/f_auto,q_80/v1/project_images/4511724/060721_036_Baustelle_FG_084_PR.jpg)



**Fig. 116.** Representação do conceito da fachada

Adaptado de GRAMAZIO et al. (2012)

de luz que assegura uma constante temperatura e um estável fluxo de luz no interior do espaço onde o vinho repousa.<sup>181</sup>

A fachada funciona desta forma como tampão de temperatura, filtrando a luz solar para o seu interior. A colocação dos tijolos é estrategicamente colocada de forma a impedir a entrada de radiação direta (que teria um efeito negativo sobre a fermentação do vinho e processos relacionados com a sua produção).<sup>182</sup>



**Fig. 115.** Aspeto exterior da fachada

Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner

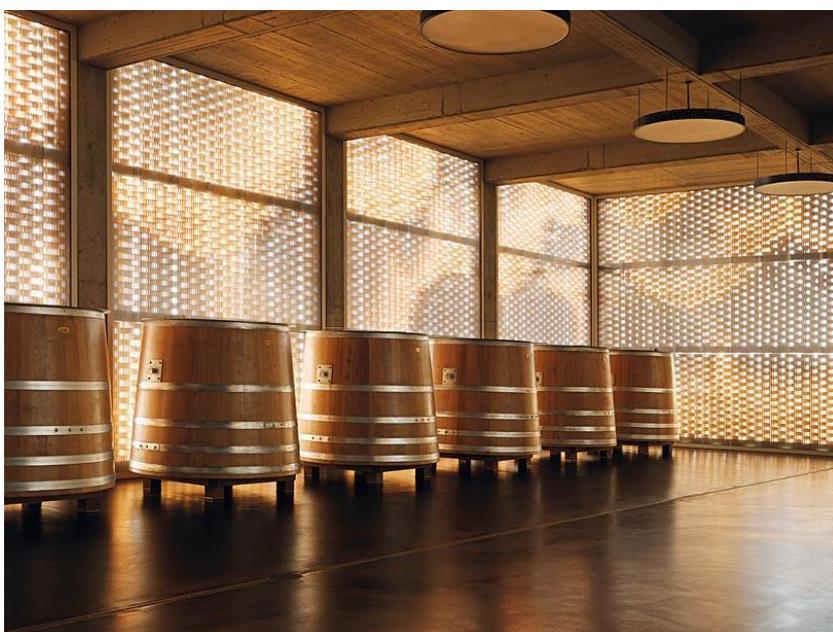
As fachadas são formadas por uma pré-estrutura esqueleto em betão, onde os seus espaços são fechados com painéis de tijolo. O assentamento dos 20.000 tijolos cria um efeito ondulado, remetendo para a representação de um enorme cesto de uvas de vários tamanhos, como ilustra a figura ao lado. Para se obter este efeito os tijolos vão rodando gradualmente a determinadas alturas da fiada. Assim, geram-se zonas opacas e zonas de penetração solar, através

<sup>181</sup> Idem

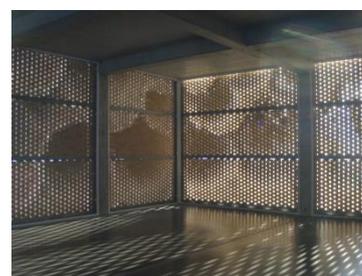
<sup>182</sup> GRAMAZIO et al. (2012)

das aberturas geradas pela sua rotação e das fendas entre as articulações dos tijolos.

O seu assentamento foi de igual forma pensado de acordo com os parâmetros programados como o ângulo, de forma a construir cada parede com a permeabilidade de luz e ar desejadas. Através do ângulo, cada tijolo reflete de diferente forma a luz, assumindo assim diferentes graus de luminosidade. É criado um jogo entre plasticidade e profundidade de cor conforme a posição do observador e ângulo solar.<sup>183</sup>



**Fig. 117.** Aspeto da fachada pelo interior  
Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner



**Fig. 118.** Reflexos luminosos criados no interior

Retirado de [http://images.adsttc.com/media/images/501f/4aa8/28ba/0d02/4200/005d/large\\_jpg/stringio.jpg?1414257283](http://images.adsttc.com/media/images/501f/4aa8/28ba/0d02/4200/005d/large_jpg/stringio.jpg?1414257283). Foto. Gramazio e Kohler



**Fig. 119.** Visão ampla do espaço  
Retirado de GRAMAZIO et al. (2012). Foto. Ralph Feiner

O assentamento é realizado sem a utilização de argamassas, vindo estes módulos pré-montados para a obra. Justaposto à fachada de tijolo encontra-se um pano de policarbonato que impede a entrada de ventilação e água, sem comprometer a entrada de luz.

Os tijolos formam uma balaustrada no terraço do último piso, permitindo que o espaço respire livremente.<sup>184</sup>



**Fig. 120.** Pormenor do assentamento dos tijolos em fase de obra

Retirado de GRAMAZIO et al. (2012). Foto. Ralph Feiner

<sup>183</sup> Idem

<sup>184</sup> Idem



**Fig. 121.** Edifício na paisagem  
Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner



**Fig. 122.** Edifício na estação mais fria do ano  
Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner

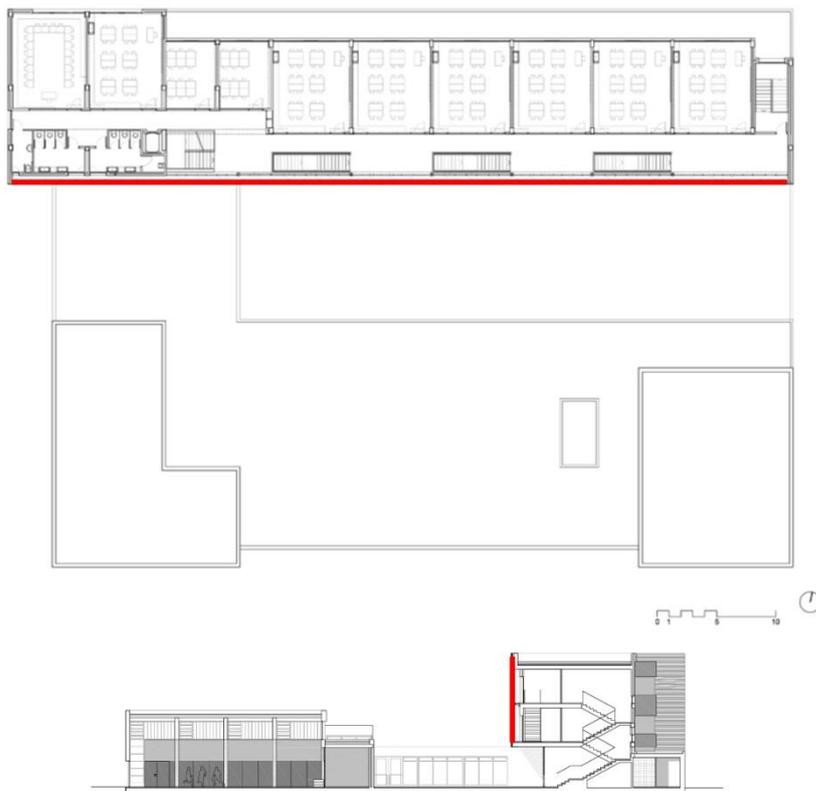
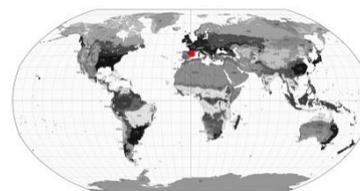


**Fig. 123.** Pano em policarbonato pelo interior  
Retirado de GANTENBEIN (2006). Foto. Ralph Feiner

### 3.2.2.2 *Escuela Martinet*

- Mestura Arquitectes (Cornellà de Llobregat, Barcelona), 2007

O presente projeto consiste numa escola primária, localizada no centro da Alameda de Cornellà de Llobregat, perto de Barcelona.<sup>185</sup>



**Fig. 124.** Localização em planta e corte da fachada em estudo  
Adaptado de PEGENAUTE (2012)

A escola implanta-se numa pequena parcela da cidade. O edifício possui uma forma em “U”, criando um pátio central para as crianças e libertando o restante espaço para o parque infantil primário. O programa comum está alojado no primeiro bloco no piso térreo e na continuidade do parque principal. O volume das salas de aula foi concebido como um bloco único de 3 andares. A face sul deste bloco, objeto de estudo deste projeto, é composta por duas fachadas. Entre a fachada interior envidraçada e a fachada exterior vazada, são gerados estreitos corredores que dão acesso a diferentes espaços interiores entre pisos.<sup>186</sup>



**Fig. 125.** Fachada em estudo do projeto da escola CEIP  
Retirado de PEGENAUTE (2012). Foto. Pedro Pegenaute



**Fig. 126.** Relação entre as fachadas e o espaço de circulação interior  
Retirado de GERBER (2012)

<sup>185</sup> PEGENAUTE (2012)

<sup>186</sup> GERBER (2012)

A fachada exterior, orientada a sul, é formada por gelsias cerâmicas e atua como dispositivo sombreador. A sua função é filtrar a radiação solar direta para o interior do edifício, atenuando a sua passagem. Não obstante, permite uma quase total visibilidade do interior para o pátio exterior.



Fig. 127. Corredor de circulação criado entre as duas fachadas  
Retirado de LUTYENS (2013)

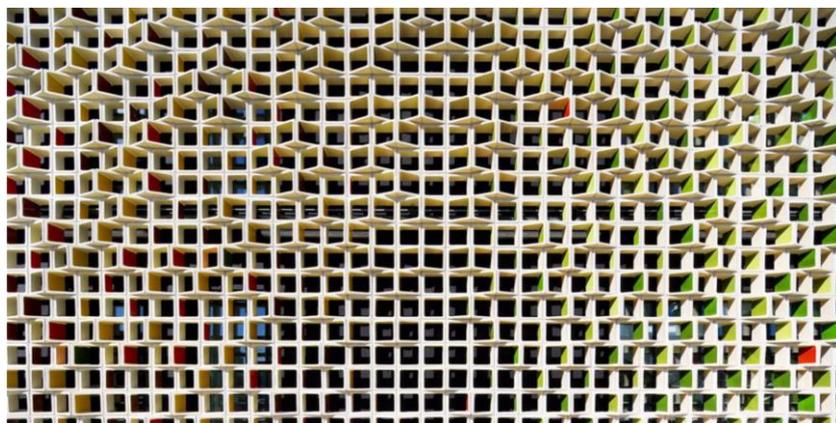


Fig. 128. Visão frontal da fachada  
Retirado de GERBER (2012)

Ao longo do dia e durante o ano, o sol penetrante na fachada vai criando jogos e ritmos de luz e sombra no interior da escola, controlando a sua incidência.<sup>187</sup>

A presença do envidraçado que limita o espaço interior impede a passagem da ventilação que esta fachada deixa passar, transformando este espaço intermédio numa espécie de grande caixa-de-ar.

As peças foram criadas pelo ceramista Toni Cumella. Este artista já ajudou, entre 1989 e 1992, a restaurar importantes obras como a *Casa Batlló* de Gaudi. O seu trabalho tem também intervenções vanguardistas em Barcelona, através da colaboração em projetos de arquitetos como Enric Miralles, desenhando o telhado ondulado do mercado de *Santa Catarina*.<sup>188</sup>

A fachada, criada a partir de elementos cerâmicos de grés, proporciona uma proteção passiva da radiação solar direta provinda de sul aos corredores que ligam às salas de aula.<sup>189</sup>



Fig. 129. Relação da fachada com o interior  
Retirado de GERBER (2012)

<sup>187</sup> PEGENAUTE (2012)

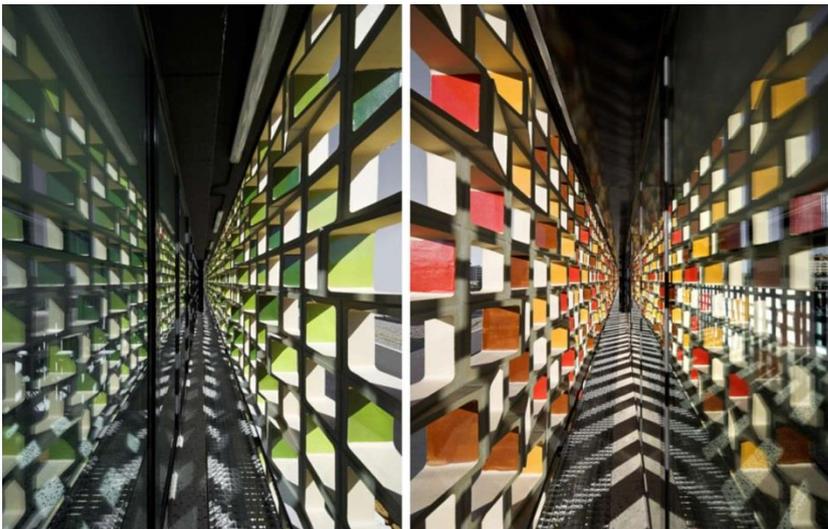
<sup>188</sup> LUTYENS (2013)

<sup>189</sup> GERBER (2012)

As peças cerâmicas têm como dimensões 30x30 por 20/10cm de perfil e são vazadas ao centro, possuindo 22mm de espessura na sua envolvente. São assentes em ângulo reto umas sobre as outras, sendo algumas salientes em 10cm tanto para o exterior como para o interior. As juntas de 20mm entre as peças são armadas com elementos em aço inoxidável. São preenchidas com argamassa de cal com aditivos de características plásticas, de forma a permitir adaptar-se a possíveis contrações de forças. As suas faces internas laterais (mais expostas ao sol), foram vidradas em dois intervalos de três cores. As faces orientadas a oeste são coloridas com 3 tons “verde primavera”, enquanto as faces voltadas a este possuem 3 tons “terra outono” como o castanho, amarelo e vermelho. Desta forma são gerados diferentes cromatismos conforme a perspetiva do observador.<sup>190</sup>



**Fig. 130.** Peças cerâmicas da fachada  
Retirado de GERBER (2012)



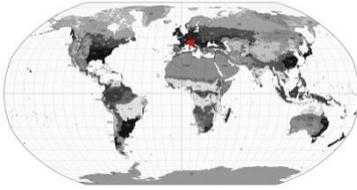
**Fig. 131.** Efeitos obtidos pela reflexão do vidro  
Retirado de GERBER (2012). Fotos. Pedro Pegenaute

A utilização desta temática de cores ajuda na integração do edifício na paisagem envolvente.

Os critérios de construção desta solução garantem estabilidade estrutural e durabilidade dos materiais adotados.<sup>191</sup>

<sup>190</sup> Idem

<sup>191</sup> Idem



### 3.2.2.3 *Biblioteca Centro Cultura di Nembro*

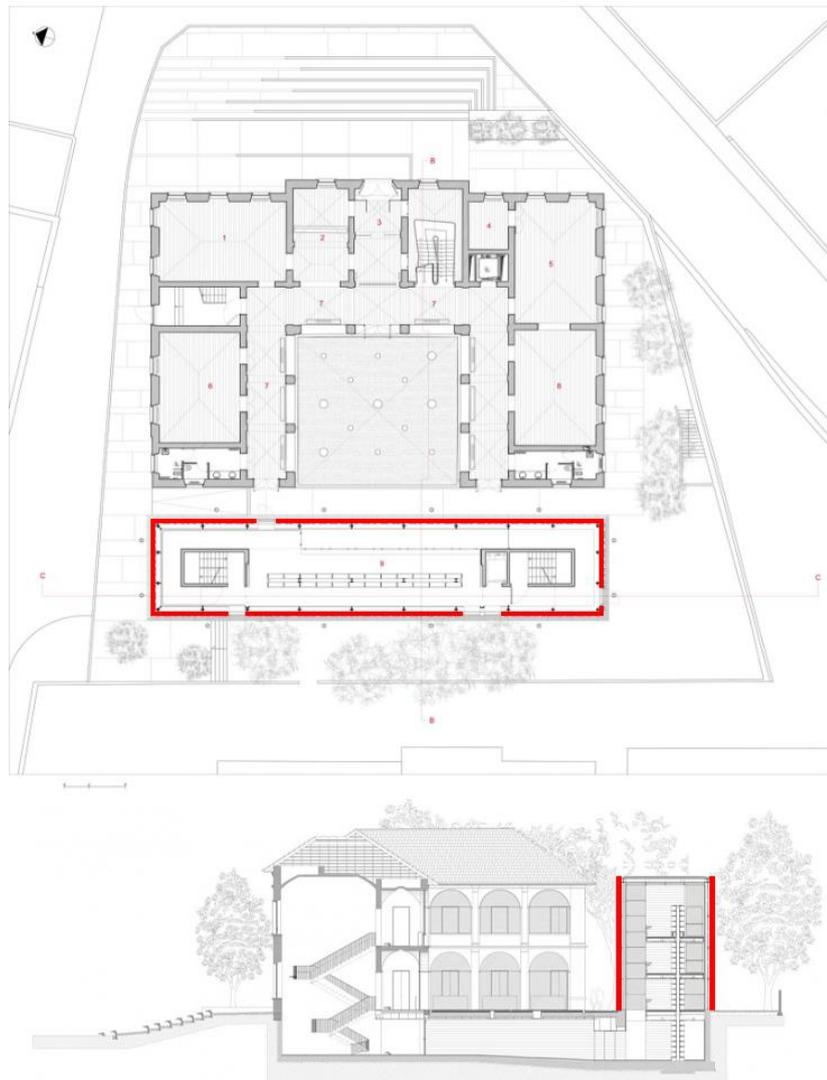
- Archea Associati (Bergamo, Itália), 2002

Este projeto trata-se de uma biblioteca municipal, situada na província de Bergamo. A obra é construída com o intuito de renovar e ampliar um edifício de finais do século XIX, que passa a funcionar como um centro cultural. O seu projeto foi concebido pelo estúdio italiano de arquitetura Archea Associati entre 2002 e 2007.<sup>192</sup>



**Fig. 132.** Visão geral do conjunto dos edifícios

Retirado de [http://www.ceramicarchitectures.com/wp-content/uploads/2014/10/0\\_Archea-2007-F03\\_Archea\\_Savorelli.jpg](http://www.ceramicarchitectures.com/wp-content/uploads/2014/10/0_Archea-2007-F03_Archea_Savorelli.jpg). Foto. Alessandro Ciampi; Valentina Muscedra e Pietro Savorelli

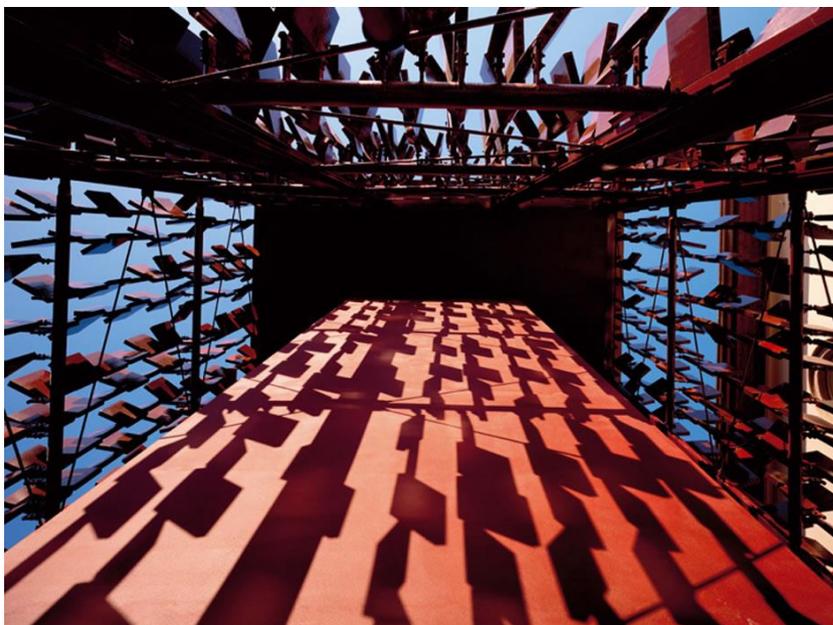


**Fig. 133.** Planta e corte do conjunto de edifícios com a identificação da fachada em estudo

Adaptado de <http://www.arqhys.com/wp-content/fotos/2013/06/Biblioteca-Nembro-corte.png> e [https://i0.wp.com/ad009cddb.archdaily.net/wp-content/uploads/2013/06/51af6aa3b3fc4b225b00013f\\_nembro-library-archea\\_ground\\_floor\\_plan-1000x835.png](https://i0.wp.com/ad009cddb.archdaily.net/wp-content/uploads/2013/06/51af6aa3b3fc4b225b00013f_nembro-library-archea_ground_floor_plan-1000x835.png)

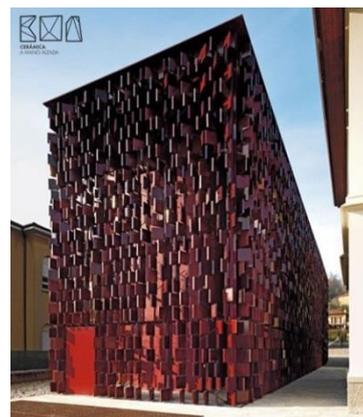
<sup>192</sup> BARTOLOME (2014)

O objeto de estudo e a atração desta obra é a sua permeável fachada móvel em elementos cerâmicos que traz para o conceito a temática dos livros.



**Fig. 135.** Visão do pé-direito total  
Retirado de ANDREINI (2015)

O edifício é apresentado como uma caixa de vidro e aço e a sua fachada cerâmica atua como uma segunda pele que protege o interior da radiação solar e dos agentes atmosféricos. O revestimento que cobre a biblioteca são peças cerâmicas quadradas de 36cm de lado e 12mm de espessura que se assemelham a livros, enquadrando-se na temática biblioteca. Estas peças cerâmicas são revestidas de esmalte, o que lhes confere elevada durabilidade e mínima manutenção. Uma importante função desta fachada é a possibilidade da regulação de entrada de luz para o interior através da orientação das peças. Esta regulação possibilita um controlo da orientação pretendida. De forma a impedir movimentos de forças como a do vento e a suportar todo o peso das peças (13 Kg cada unidade), conta com sistemas de encaixe.<sup>193</sup>



**Fig. 134.** Edifício da biblioteca  
Retirado de BARTOLOME (2014). Foto. Alessandro Ciampi;  
Valentina Muscedra e Pietro Savorelli



**Fig. 136.** Peças cerâmicas que formam a fachada  
Retirado de BARTOLOME (2014). Foto. Alessandro Ciampi;  
Valentina Muscedra e Pietro Savorelli

<sup>193</sup> Idem

A eleição do material cerâmico para este projeto deve-se à sua grande durabilidade, propriedades técnicas e estéticas e facilidade de manutenção e limpeza. Todos estes fatores foram preponderantes na sua escolha para este projeto, encarado como um material económico.<sup>194</sup>

O sistema foi projetado pela *Archea Associati* em colaboração com a *Favero & Milan Engenharia* e as peças em terracota foram produzidas pelo produtor *Sannini Project S.r.l.* em Impruneta.<sup>195</sup>

Foram produzidas segundo o processo de extrusão. Através desta técnica de conformação possibilitou-se uma melhor personalização das peças. Graças aos seus encaixes e morfologia obtidos a partir do processo de conformação, conseguiu-se um método de fixação à estrutura mais simples.<sup>196</sup>

A estrutura suporte em aço é constituída por pilares cruciformes, obtidos a partir da montagem de quatro perfis L. Estes pilares encontram-se ligados horizontalmente por tubulares de secção circular.<sup>197</sup>



**Fig. 137.** Aspeto da estrutura metálica pelo interior

Retirado de <https://lucarota.wordpress.com/2013/04/19/vorrei-sapere-cosa-ne-pensate-dellarte-contemporanea-diffusa-in-contesti-urbani/>

---

<sup>194</sup> Idem

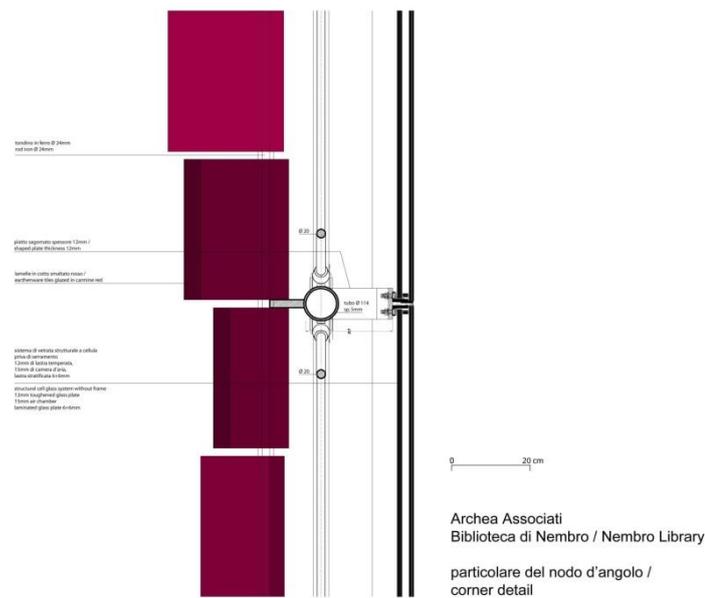
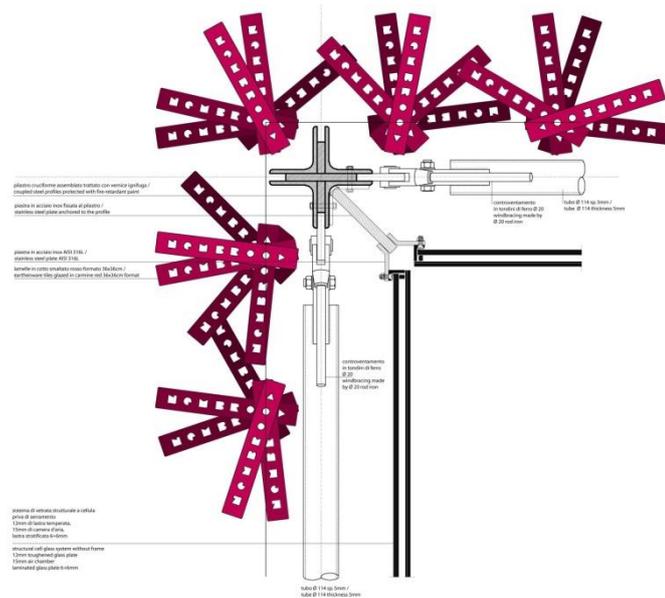
<sup>195</sup> ANDREINI (2015)

<sup>196</sup> BARTOLOME (2014)

<sup>197</sup> ANDREINI (2015)

Os painéis de ladrilhos de cerâmica são fixos através de hastes circulares metálicas verticais, distantes entre si. A partir da secção da peça é visível a extrusão dos orifícios sob a forma de letras que formam a palavra *Nembro*. Estas cavidades estelares servem para se fazer passar as barras metálicas roscadas de fixação.<sup>198</sup>

O seu bloqueio de posição é feito por casquilhos de plástico com parafusos de fixação, que também servem como separadores entre peças.<sup>199</sup>



**Fig. 139.** Pormenores construtivos da fachada  
Retirado de [http://images.adsttc.com/media/images/51af/6988/b3fc/4bbb/7a00/0138/large\\_jpg/Fa%C3%A7ade\\_Details.jpg?1417005495](http://images.adsttc.com/media/images/51af/6988/b3fc/4bbb/7a00/0138/large_jpg/Fa%C3%A7ade_Details.jpg?1417005495)

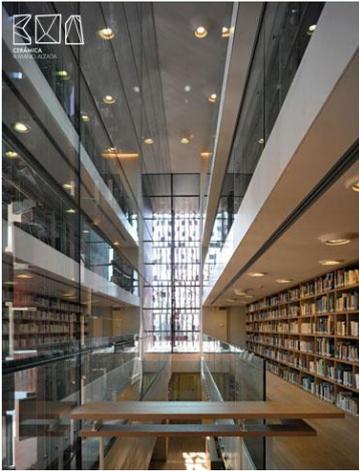


**Fig. 138.** Pormenor das secções dos ladrilhos  
Retirado de BARTOLOME (2014). Foto. Alessandro Ciampi; Valentina Muscedra e Pietro Savorelli



**Fig. 140.** Fase de construção da obra  
Retirado de [http://www.formaezioni.it/img/prodotti/foto/foto\\_34\\_13423.jpg](http://www.formaezioni.it/img/prodotti/foto/foto_34_13423.jpg)

<sup>198</sup> Idem  
<sup>199</sup> BARTOLOME (2014)



**Fig. 141.** Aspeto interior da biblioteca  
Retirado de BARTOLOME (2014). Foto. Alessandro Ciampi, Valentina Muscedra e Pietro Savorelli



**Fig. 142.** Aspeto exterior ao anoitecer através da iluminação interior  
Retirado de [http://lebibliotechepiubelledelmondo.weebly.com/uploads/2/0/3/4/20342421/5955195\\_orig.jpg](http://lebibliotechepiubelledelmondo.weebly.com/uploads/2/0/3/4/20342421/5955195_orig.jpg)

A disposição destes elementos revela-se eficaz na filtragem de luz incidente na fachada da biblioteca. Geram interiormente efeitos de luz e sombra, proporcionando espaços de leitura confortáveis. O efeito vidrado das peças cerâmicas promove também uma reflexão luminosa, realçando a beleza global do edifício, quer interior como exteriormente.<sup>200</sup>



**Fig. 143.** Efeitos luminosos na zona de leitura  
Retirado de BARTOLOME (2014). Foto. Alessandro Ciampi, Valentina Muscedra e Pietro Savorelli

<sup>200</sup> Idem

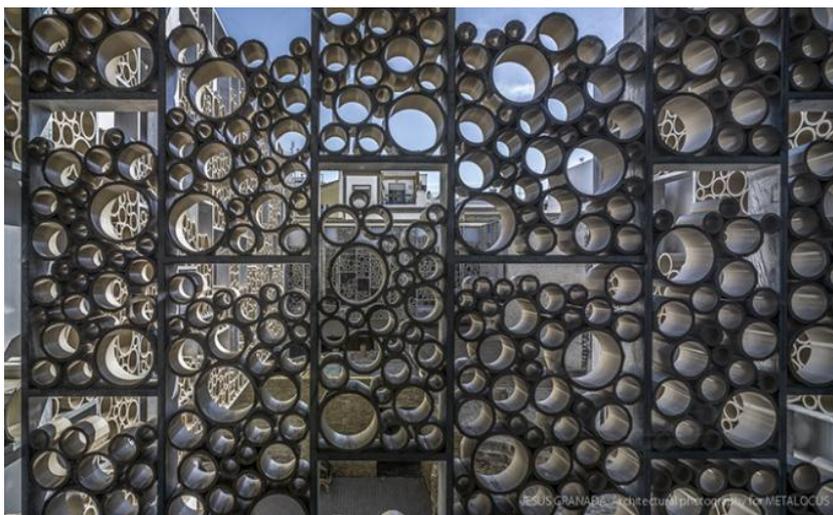
### 3.2.2.4 Centro Cerâmica Triana

- AF6 Arquitetos (Sevilha, Espanha), 2010

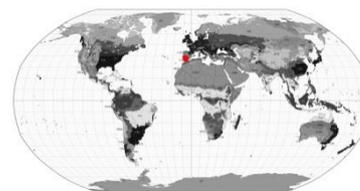
Este projeto consistiu na recuperação da antiga fábrica de cerâmica Santa Ana, convertendo-a no Museu de Cerâmica de Triana. Apesar da transformação em museu, mantiveram-se certos espaços da antiga fábrica.<sup>201</sup>

O museu oferece um conjunto de factos acerca da sua história. Além de apresentar a rota turística no distrito de Triana, apresenta diferentes áreas de atividades comerciais e produtivas exercidas na antiga fábrica. O edifício é composto por duas parcelas interligadas, em que três edifícios são unidos com diferentes fachadas voltadas para a rua.<sup>202</sup>

O primeiro edifício é a entrada do museu de Triana, em que são expostos azulejos publicitários originais produzidos na antiga fábrica *Santa Ana*. O segundo edifício, de menor cota, possui um aspeto mais industrial e austero e o terceiro edifício era uma construção de três pisos com acesso independente. O seu espaço interior resultou das necessidades que foram surgindo, constituindo um projeto que é concebido como um processo e a partir de um olhar contemporâneo, explicando a coexistência presente.<sup>203</sup>



**Fig. 147.** Nova fachada em elementos cerâmicos do conjunto  
Retirado de LALUETA et al. (2013). Foto. Jesus Granada



**Fig. 144.** Maqueta geral do conjunto  
Retirado de LALUETA et al. (2013). Maq. AF6 Arquitetos



**Fig. 145.** Entrada para o museu  
Retirado de Archdaily (2014). Foto. Jesus Granada

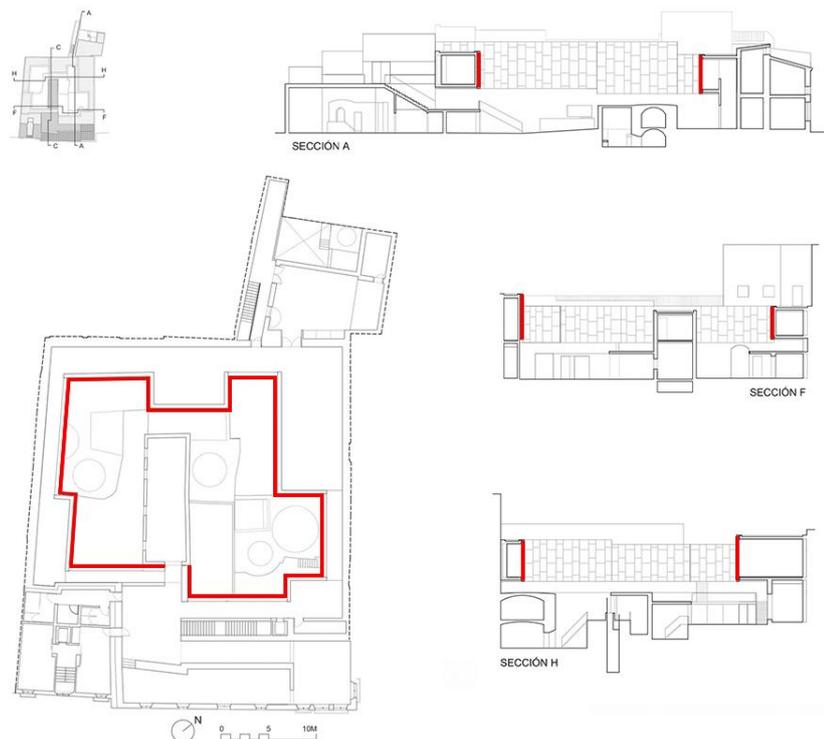


**Fig. 146.** Terceiro edifício do conjunto  
Retirado de Archdaily (2014). Foto. Jesus Granada

<sup>201</sup> LALUETA et al. (2013)

<sup>202</sup> Idem

<sup>203</sup> Archdaily (2014)



**Fig. 148.** Planta e seções do museu com indicação das fachadas em estudo  
Adaptado de Archdaily (2014)

O Centro de Cerâmica de Triana infiltra-se na complexa trama do subúrbio de Triana, criando uma rica paisagem urbana no seu interior. As novas construções adaptam-se às construções já existentes no conjunto. O projeto não pretende consistir uma referência visual de Triana, mas sim ser descoberto quando se entra nele.<sup>204</sup>



**Fig. 149.** Corredor do piso térreo  
Retirado de Archdaily (2014). Foto. Jesus Granada



**Fig. 150.** Espaços de circulação do primeiro piso  
Retirado de LALUETA et al. (2013). Foto. Jesus Granada

O piso térreo do conjunto é percorrido por um caminho contínuo labiríntico, onde se exploram as zonas da loja, nova oficina de cerâmica e antiga fábrica que consistem espaços de exposição. O primeiro piso possui uma lógica de organização distinta e independente do anterior, consistindo num espaço suspenso em redor do espaço central que oferece a nova zona de exposições. No centro do conjunto está erguido o antigo edifício em tijolo onde os pintores trabalhavam, convertendo-se numa sala de exposições temporária.<sup>205</sup>

As novas fachadas do primeiro piso voltadas para o interior do conjunto, reforçam a ideia de processo de acumulação no qual o projeto se desenvolveu.<sup>206</sup>

<sup>204</sup> Idem

<sup>205</sup> Idem

<sup>206</sup> Archdaily (2014)

A subestrutura desta fachada é composta por uma estrutura em aço galvanizado, em que as plataformas horizontais, a diferentes alturas, são usadas como prateleiras. Nestas prateleiras são empilhadas desordenadamente peças cerâmicas vazadas com forma cilíndrica de quatro tamanhos diferentes. A sua função é atuar como sombreador, protegendo o espaço interior da radiação solar direta, criando nas suas superfícies interiores efeitos luminosos que vão mudando ao longo do dia.



**Fig. 151.** Aspeto geral das fachadas no conjunto  
Retirado de <http://www.condisa.es/uploads/CONDISA%20WEB/fotos%20de%20contenido/cer%C3%A1mica%20triana%2007.jpg>



**Fig. 152.** Efeitos luminosos da fachada sobre a paredes interiores  
Retirado de LALUETA et al. (2013). Foto. Jesus Granada



**Fig. 153.** Pormenor da disposição das peças na estrutura de apoio  
Retirado de GARCÍA et al. (2012)

Os reflexos interiores são diretamente afetados pelas diferentes dimensões das peças, uma vez que quanto menor for o diâmetro do seu orifício, menor intensidade de luz irá incidir no interior dos espaços. A conjugação entre a desordem da disposição das peças e os diferentes tamanhos que possuem, permite um melhor controlo de luminosidade em diferentes zonas. Apesar da estrutura de apoio da fachada ser fixa, considera-se um sistema móvel, uma vez que as peças são simplesmente pousadas umas sobre as outras, permitindo adicionar, retirar ou substituir peças sempre que se pretender de forma a regular a entrada de luz. Esta fachada é instalada pelo exterior, encontrando-se justaposta à fachada envidraçada original que encerra o interior.



**Fig. 154.** Desenho da luz através da fachada  
Retirado de [http://www.af6.es/wp-content/uploads/CCT-BLANCO-305X369\\_B.jpg](http://www.af6.es/wp-content/uploads/CCT-BLANCO-305X369_B.jpg)



**Fig. 155.** Efeito da luz interior nos elementos cerâmicos  
Retirado de <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/19/b2/29/19b22934a9ded1e31be15b2e2eb439ff.jpg>



**Fig. 156.** Aspecto da fachada pelo exterior ao anoitecer  
Retirado de <http://solucionesycontrol.es/wp-content/uploads/2015/10/Museo-Cer%C3%A1mica-Triana-1024x768.jpg>



**Fig. 157.** Peças preparadas para a fase da cozedura  
Retirado de GARCÍA et al. (2012)



**Fig. 159.** Aspecto das peças após a cozedura  
Retirado de GARCÍA et al. (2012)



**Fig. 160.** Processo de esmaltagem por imersão  
Retirado de GARCÍA et al. (2012)



**Fig. 158.** Foto do exterior  
Retirado de LALUETA et al. (2013). Foto. Jesus Granada

Os elementos cerâmicos da fachada, estando em contacto com a chuva e outros agentes atmosféricos do exterior, requerem uma maior resistência para dar resposta a estas características. Como tal, procedeu-se à vidragem das peças, de forma a aplicar um revestimento de esmalte para melhoria das suas propriedades de impermeabilização e dureza. A vidragem foi realizada pelo processo de imersão.<sup>207</sup>

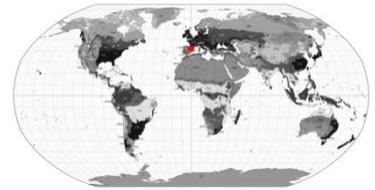
<sup>207</sup> GARCÍA et al. (2012)

### 3.2.2.5 *Spanish Pavilion in Expo Zaragoza*

- Francisco Mangado (Zaragoza, Espanha), 2008

Este pavilhão espanhol foi construído para a Expo 2008 que se realizou em Zaragoza. Atraiu arquitetos de todo o mundo, focando a arquitetura para o tema em torno da água e do desenvolvimento sustentável. Existe uma forte preocupação neste tipo de projetos com sistemas passivos de climatização, de forma a tirar o maior partido dos recursos renováveis.<sup>208</sup>

O que marca este edifício são os múltiplos pilares em peças cerâmicas que sustentam a sua cobertura, funcionando como um “filtro”.

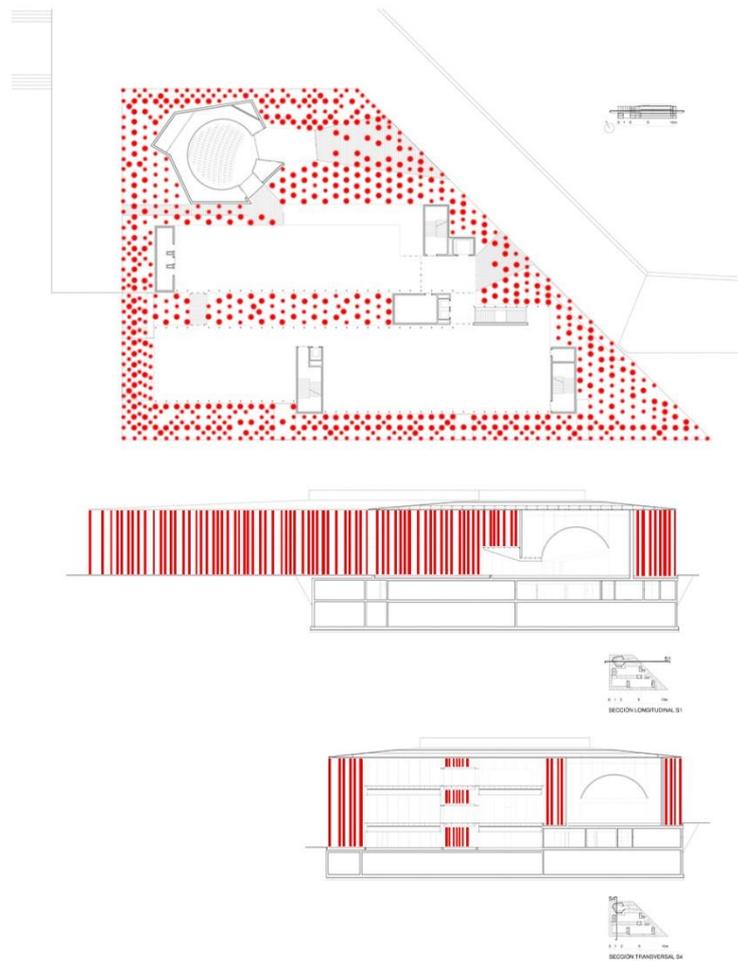


**Fig. 161.** Pavilhão de Espanha, Expo Zaragoza 2008  
Retirado de CHINO (2014)



**Fig. 162.** Noção de verticalidade dos pilares das fachadas  
Retirado de [http://img.archilovers.com/projects/b\\_730\\_a2d2fe9b-21c1-46db-bd07-a0f380a67965.JPG](http://img.archilovers.com/projects/b_730_a2d2fe9b-21c1-46db-bd07-a0f380a67965.JPG)

<sup>208</sup> CHINO (2014)



**Fig. 163.** Planta e cortes com localização dos elementos de fachada em análise

Adaptado de [http://images.adsttc.com/media/images/5306/80f6/c07a/80c4/5f00/003c/large\\_jpg/04.EXPO\\_PlantaBaja.jpg?1392935144](http://images.adsttc.com/media/images/5306/80f6/c07a/80c4/5f00/003c/large_jpg/04.EXPO_PlantaBaja.jpg?1392935144), [http://images.adsttc.com/media/images/5306/812d/c07a/806b/0600/003d/large\\_jpg/16.EXPO\\_Secci%C2%A2n4.jpg?1392935200](http://images.adsttc.com/media/images/5306/812d/c07a/806b/0600/003d/large_jpg/16.EXPO_Secci%C2%A2n4.jpg?1392935200) e [http://images.adsttc.com/media/images/5306/80fc/c07a/806b/0600/003c/large\\_jpg/13.EXPO\\_Secci%C2%A2n1.jpg?1392935153](http://images.adsttc.com/media/images/5306/80fc/c07a/806b/0600/003c/large_jpg/13.EXPO_Secci%C2%A2n1.jpg?1392935153)

Os elementos cerâmicos, especialmente concebidos para esta obra, funcionam como uma proteção ao intenso sol de Espanha. A escolha do material recaiu para a cerâmica pelo facto de não haver na zona madeira suficiente disponível para construção e a pedra local ter fracas características de durabilidade. Esta realidade justifica o facto de muitas estruturas da região circundante de Zaragoza serem construídas em tijolo. A escolha do material por parte do arquiteto também se deveu por ser um material durável e de origem local, não se deteriorando ou mudando de cor quando expostos à luz solar.<sup>209</sup>

<sup>209</sup> CHINO (2014)



**Fig. 164.** Foto da fachada sul  
Retirado de MANGADO (2008). Foto. Pedro Pegenaute



**Fig. 165.** Foto dos pilares cerâmicos  
Retirado de CHINO (2014)

O intuito era construir um edifício que representasse Espanha, focando-se na questão da água e implicações ambientais. Então a ideia passou por criar a representação de um bosque, mais concretamente um conjunto de bambus sobre um espelho de água. Cabia ao projeto aliar a ideia de uma lógica energética e compromisso ambiental a um dos espaços mais atrativos morfologicamente e em relação a matéria de luz.<sup>210</sup>



**Fig. 166.** Pilares de cerâmica sob o espelho de água  
Retirado de DELAQUA (2014). Foto. Pedro Pegenaute



**Fig. 167.** Efeito de iluminação do pavilhão durante a noite  
Retirado de MANGADO (2008)

<sup>210</sup> DELAQUA (2014)

Os bosques são espaços em constante mutação onde as noções de profundidade e verticalidade são fundamentais. Foi necessário transportar para o projeto estes conceitos.<sup>211</sup>



**Fig. 168.** Madeira, aço e vidro nos espaços interiores  
Retirado de CHINO (2014)

Os materiais adotados permitem uma construção a seco, com elementos que permitem uma fácil e rápida montagem. Podem ser montados e movidos para um determinado lugar, garantindo uma maior independência e consistindo um trunfo neste tipo de concursos como a Expo.<sup>212</sup>

A densidade dos pilares pode ser regulada conforme a necessidade de incidência solar pretendida. Na orientação oeste pretende-se um maior sombreamento devido ao excesso de incidência solar direta para o interior, tendo-se aumentado a densidade de pilares nessa fachada. A luz é distribuída pela reflexão dos raios solares na água. Apesar dos inúmeros pilares a ventilação não é condicionada, existindo janelas motorizadas dispostas em lados opostos do edifício que permitem a ventilação cruzada. Assim, existe uma melhor gestão da temperatura do edifício.<sup>213</sup>



**Fig. 169.** Foto exterior  
Retirado de MANGADO (2008)

As colunas cerâmicas ajudam no resfriamento evaporativo. É um fenómeno usado há séculos em climas mediterrânicos caracterizados por verões secos, de forma a reduzir a temperatura ambiente. O processo consiste em forçar o movimento de ar a água no interior de alguns pilares situados nas áreas de acesso de visitantes, pulverizando o espaço e gerando microclimas em torno da estrutura do pavilhão. Estas gigantes “canas de bambu” são formadas por um núcleo metálico, em que os ladrilhos semicirculares estriados isolantes em cerâmica constituem o seu revestimento.<sup>214</sup>

<sup>211</sup> Idem

<sup>212</sup> MANGADO (2008)

<sup>213</sup> Idem

<sup>214</sup> DELAQUA (2014)



**Fig. 170.** Pilares metálicos antes da colocação do revestimento em cerâmica  
Retirado de MANGADO (2008). Foto. Pedro Pegenaute

Estes elementos cerâmicos encontram-se sem qualquer revestimento aplicado, estando no seu estado natural pós-cozedura. As peças são aparafusadas à estrutura por meio de encaixes metálicos, que atuam também como espaçadores entre as mesmas. São encaixadas duas a duas, formando um perfil circular e montadas verticalmente, perfazendo colunas. Além da função estrutural, auxiliam noutras funções o edifício, sendo portanto estruturas fixas.

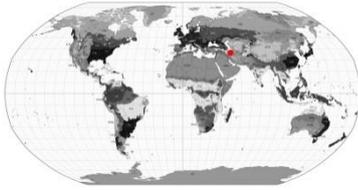
Alguns dos pilares funcionam também como tubos de queda, recolhendo as águas pluviais da cobertura e conduzindo-as para reservatórios.<sup>215</sup>



**Fig. 171.** Pormenor dos encaixes nas peças cerâmicas  
Retirado de CHINO (2014)

---

<sup>215</sup> Idem



### 3.2.2.6 *Brick Pattern House*

- Alireza Mashhadimirza (Teerão, Irão), 2011

Este projeto do arquiteto Alireza Mashhadimirza consiste numa habitação coletiva localizada num dos bairros mais pobres de Teerão. Foi selecionado na categoria de habitação para o *World Architecture Festival 2012* e concedido pela *Memar* (revista iraniana de arquitetura), como um dos melhores projetos de arquitetura do ano.<sup>216</sup>



Fig. 172. Arquiteto Alireza Mashhadimirza  
Retirado de Brownbook (2014)

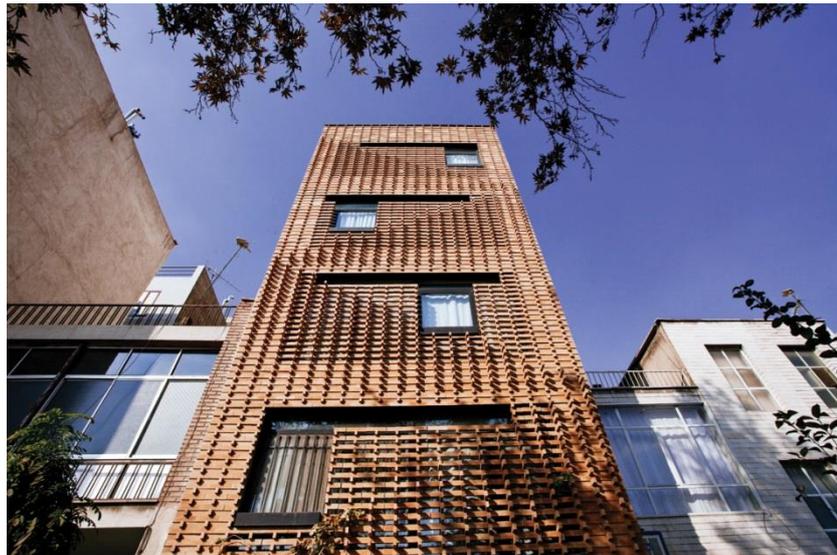


Fig. 173. Foto do edifício  
Retirado de Brownbook (2014)

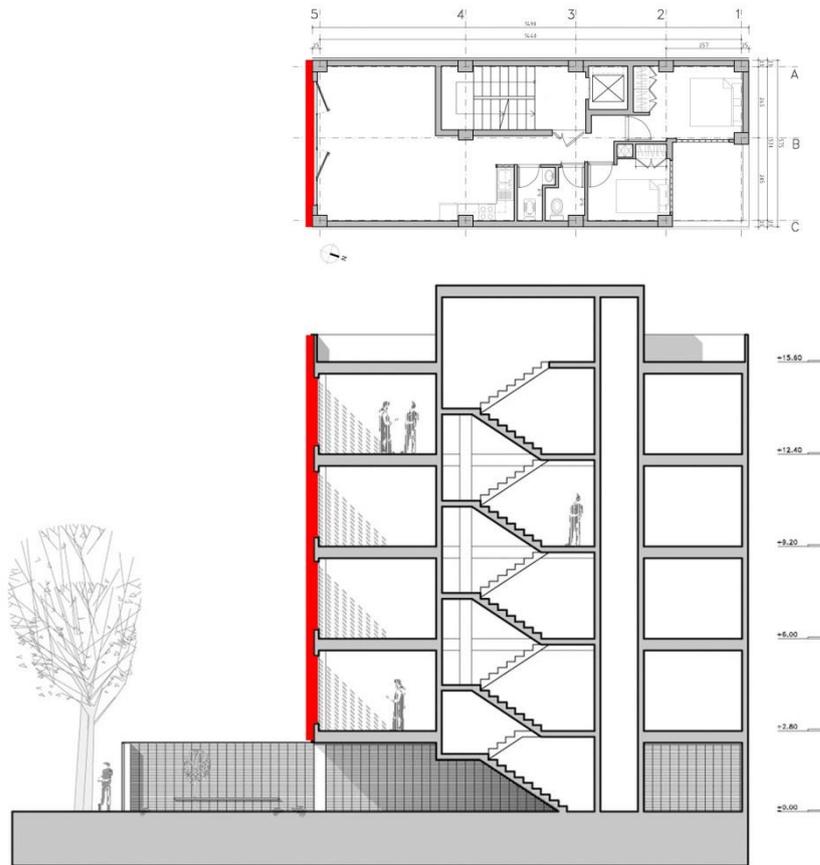


Fig. 174. Foto da zona onde se localiza  
Retirado de Brownbook (2014)

Trata-se de um país onde a arquitetura é vista como um luxo e é difícil encontrar edifícios com aspetos inovadores. O projeto foi um desafio para o arquiteto. Este relatou que mesmo não tendo oportunidade de ganhar dinheiro com ele, estava determinado a mostrar que era possível realizar arquitetura inovadora mesmo em lugares económica e culturalmente pobres. Na área onde se realizou o projeto seria difícil fazer uma construção que não fosse uma caixa quadrada e a fachada é a única parte visível onde arquiteto pode trabalhar a inovação. O custo desta construção foi de 180 dólares americanos por m<sup>2</sup>, num terreno que possui 130m<sup>2</sup>.<sup>217</sup>

<sup>216</sup> ALVES (2012)

<sup>217</sup> Idem



**Fig. 175.** Planta e corte do edifício com indicação da fachada em análise  
Adaptado de ALVES (2012)

O valor que o proprietário podia pagar pelo projeto era demasiado reduzido e os trabalhadores da obra eram tão pouco qualificados que não podiam ser deixados sós face a desenhos executivos complexos. Como tal, a solução foi a criação de um método que não fosse tão dependente do projeto em papel, projetando detalhes complicados de forma muito simples.<sup>218</sup>

O arquiteto teria de entregar ao cliente um edifício de cidade com alguns requisitos tais como: resistência a terremotos; paredes que poupem energia com isolamento acústico aceitável; segurança contra incêndios e serviços técnicos funcionais. Alireza tentou mostrar como uma fachada em tijolo poderia ter tanta potencialidade num projeto deste tipo, dando asas à criatividade.<sup>219</sup>

Tendo como oposição as limitações económicas à vontade de deixar uma mensagem clara de arquitetura a este povo, o arquiteto



**Fig. 176.** Aspeto exterior tridimensional da fachada  
Retirado de MASHHADIMIRZA (2012). Foto. Alireza Mashhadimirza

<sup>218</sup> Idem

<sup>219</sup> MASHHADIMIRZA (2012)



**Fig. 177.** Interior da habitação  
Retirado de Brownbook (2014)



**Fig. 178.** Iluminação interior do edifício durante a noite  
Adaptado de MASHHADIMIRZA (2012). Foto. Alireza Mashhadimirza



**Fig. 179.** Pormenor das juntas abertas  
Retirado de Brownbook (2014)

concentrou acima de tudo a sua atenção na fachada do edifício, deixando o espaço interior apenas funcional e relacionado com a fachada. Utilizou o tijolo de forma a memorar a arquitetura tradicional, construindo uma espécie de gelosia contemporânea que reveste completamente a fachada. Possui também a função de atenuar a forte luz solar de Teerão, não comprometendo a passagem de ventilação para refresco dos espaços interiores. O intuito da criação de uma fachada em tijolo tridimensional foi também cultural. No país existe muito a preocupação com a privacidade em casa, usando-se cortinas de forma a ocultar o seu interior mas fazendo com que se perca a visibilidade para o exterior. Através deste novo projeto é criada uma fachada semitransparente, não havendo necessidade de colocar cortinas e não comprometendo a visibilidade do interior para o exterior.<sup>220</sup>



**Fig. 180.** Transparência da fachada do interior para o exterior  
Retirado de MASHHADIMIRZA (2012). Foto. Alireza Mashhadimirza

<sup>220</sup> Idem



Fig. 181. Esquemas da composição da fachada por camadas  
Retrado de [http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009\\_02](http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009_02)

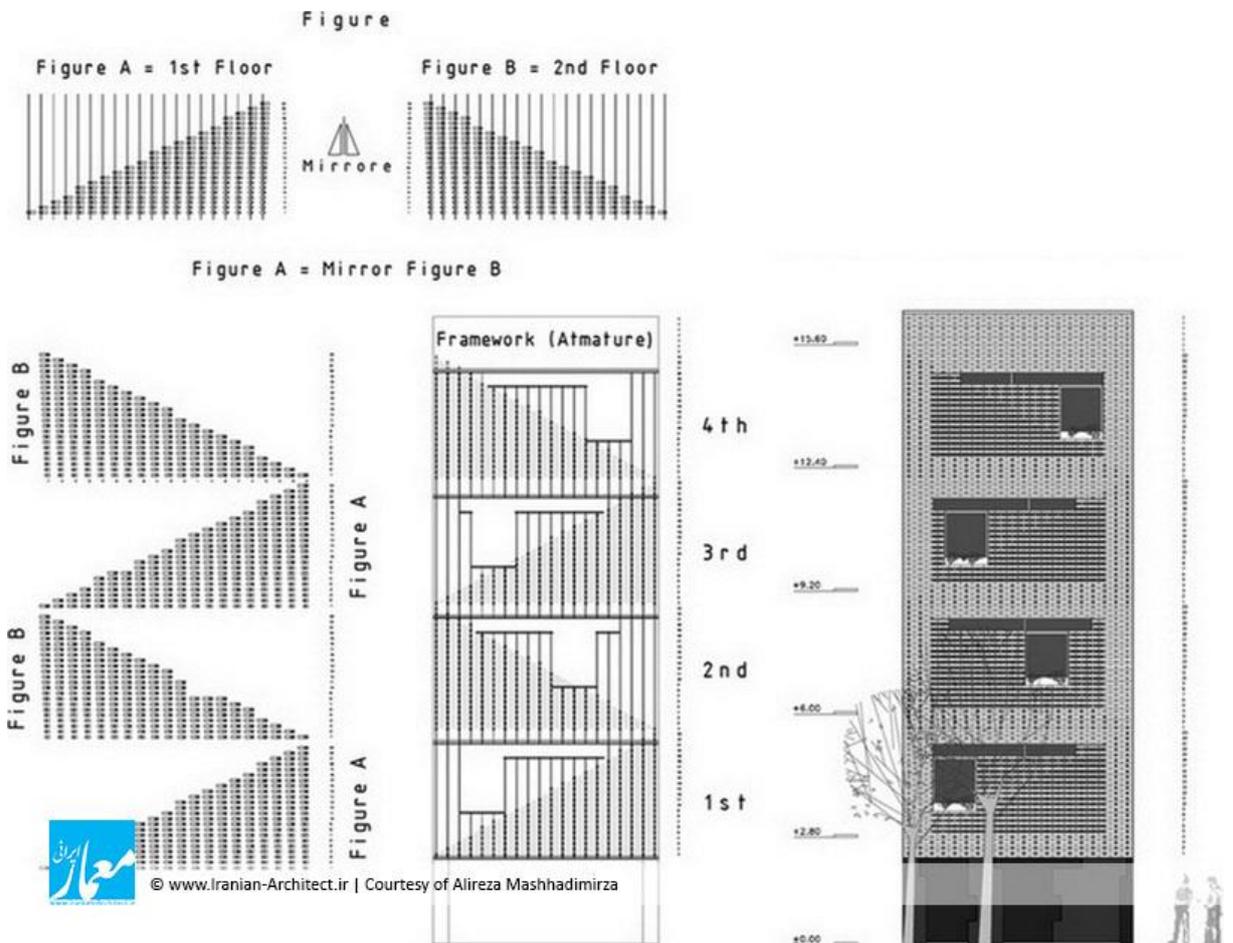


Fig. 182. Desenhos técnicos da disposição dos tijolos na fachada  
Retrado de [http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009\\_20](http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009_20)

Uma vez que o orçamento para a obra era reduzido e era necessário arranjar uma solução que não dependesse de muitos desenhos projetuais, criou-se um método fácil de comunicação entre intervenientes na obra. O método consistiu na criação de um simples diagrama numa página A4 distribuída a todos os trabalhadores com as

informações necessárias para a construção da fachada. Trata-se de uma instrução de fácil interpretação e percepção que se designou *método de 23*. Foi a designação atribuída uma vez que tudo foi associado ao número 23: 23 linhas de tijolos; 23 tijolos cortados; 23 caixas de tijolos e 23 colunas de suportes estruturais.

Através deste sistema a sua construção foi como um quebra-cabeças simples. Cada tijolo foi identificado com um código de forma a identificar a sua localização e orientação. Uma vez entendido pelos trabalhadores, o processo da sua construção tornou-se um simples jogo.<sup>221</sup>

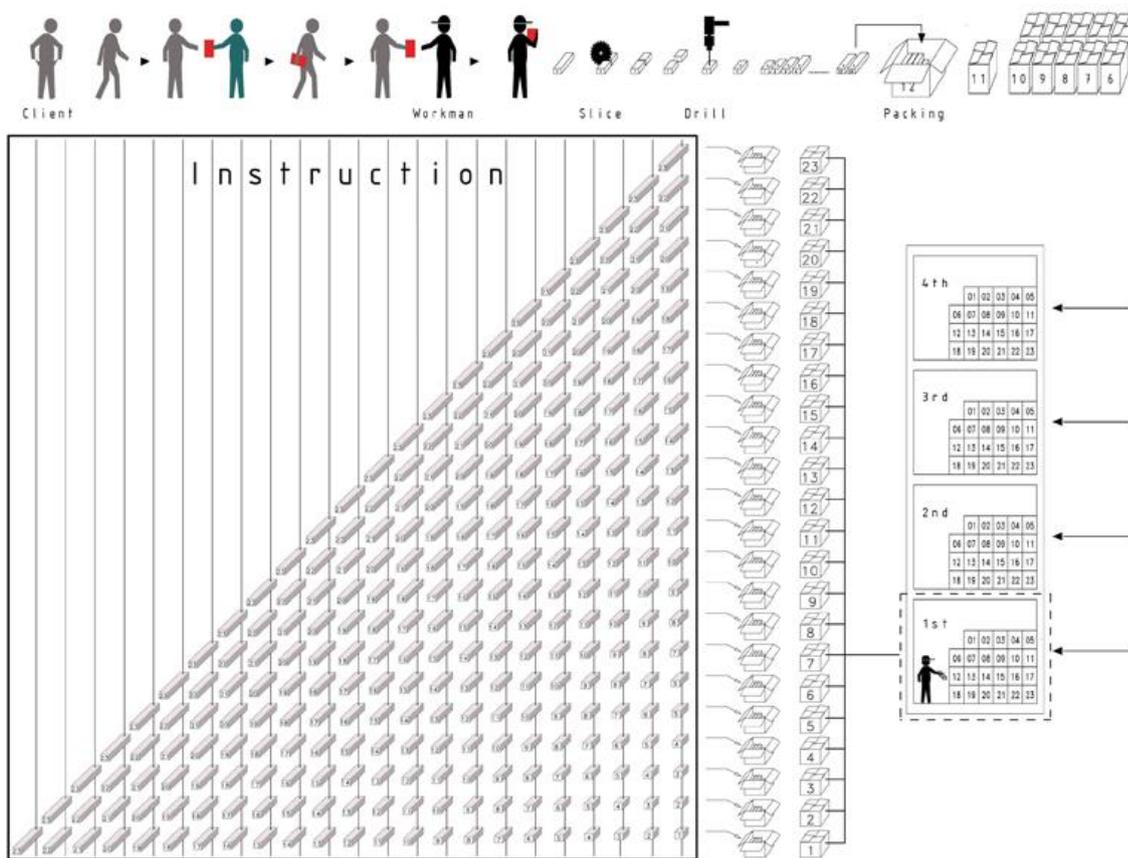
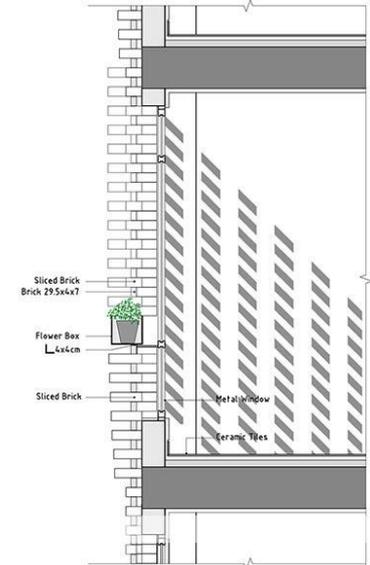


Fig. 183. Diagrama de instrução para os trabalhadores  
Retirado de MASHHADIMIRZA (2012)

<sup>221</sup> Brownbook (2014)

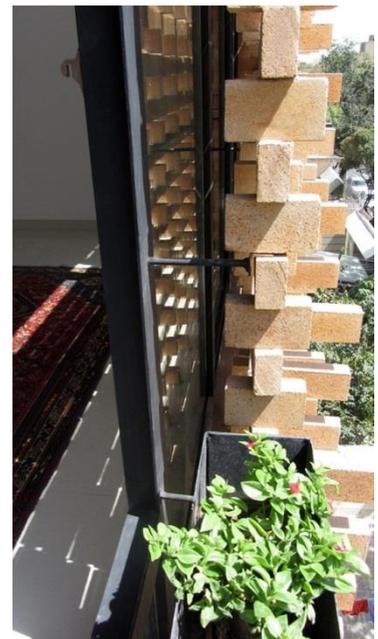


**Fig. 184.** Encaixe entre tijolos e montagem da fachada durante a obra  
Retirado de MASHHADIMIRZA (2012)

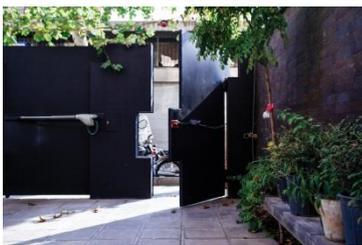


**Fig. 185.** Pormenores construtivos da fachada  
Adaptado de [http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009\\_22](http://iranian-architect.ir/project-0009/project-0009_22)

A fachada foi construída exteriormente ao edifício, não ocupando área interior. Os tijolos são empilhados e encaixados entre si por meio de pinos metálicos, colocados em furos por medida realizados em todas as peças. De seguida são fixos à estrutura do edifício por perfis L. Como é um trabalho de junta seca, os elementos são capazes de se mover livremente a pequenas vibrações causadas por terremotos, sem causar danos à fachada.



**Fig. 186.** Encaixe da fachada com o suporte da parede  
Retirado de ALVES (2012). Foto. Alireza Mashhadimirza



**Fig. 187.** Portão exterior de acesso ao edifício  
Retirado de Brownbook (2014)

No pátio de entrada encontram-se plantas trepadeiras que, alcançando a fachada, protegem-lha e proporcionam mais frescura aos espaços interiores.

*“I think that we’ve found a new way of construction that can be expanded to other projects: using the least to reach the highest.”<sup>222</sup>*

Alireza Mashhadimirza

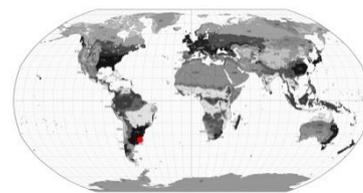
---

<sup>222</sup> Idem

### 3.2.2.7 *Iglesia del Cristo Obrero*

- Eladio Dieste (Atlántida, Uruguai), 1958

Esta investigação, tendo o tijolo como material de estudo, tem de fazer referência a um dos seus mestres - Eladio Dieste. Trata-se de uma obra com referências temporais e estilo arquitetónico distintos dos restantes casos de estudo. Esta igreja, construída em 1958, leva ao limite a construção em tijolo à vista. É uma obra de engenharia digna de ser considerada uma das melhores do século XX, declarada Monumento Histórico Nacional<sup>223</sup> em 1998.<sup>224</sup>



**Fig. 188.** Fachada frontal da obra  
Retirado de KREBS (2010). Foto. d\_dodero



**Fig. 189.** Maqueta virtual da igreja  
Retirado de <http://www.docomomo.org.br/ivdocomomosul/pdfs/24%20Leonardo%20Fitz.pdf>. 3D Leonardo Fitz

A segunda metade do século XX, período no qual a obra foi construída, foi um momento particularmente importante na arquitetura da América Latina, dando-se a difusão do Movimento Moderno e consequentemente da tecnologia do betão armado.<sup>225</sup>

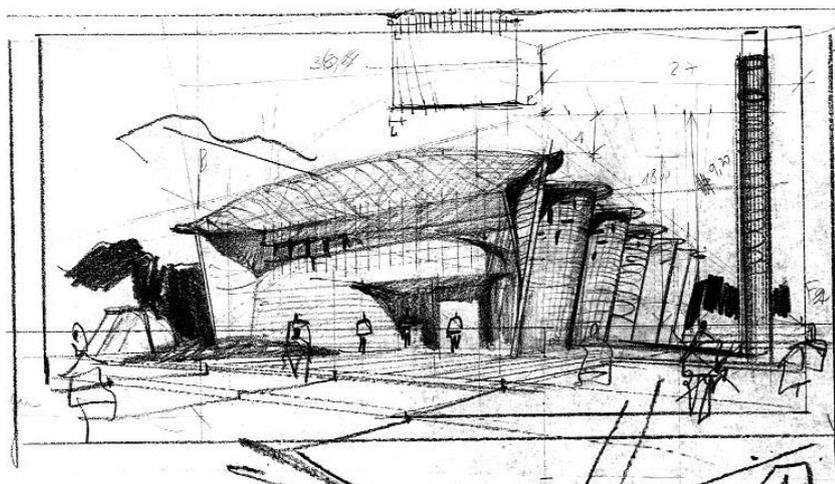
Nesses anos Dieste desenvolveu o seu sistema de lâminas curvadas de tijolo reforçado, de forma a adquirir maior resistência na sua aplicação em naves industriais.<sup>226</sup>

<sup>223</sup> AA.VV. (2004-2006)

<sup>224</sup> MAR FER (2007)

<sup>225</sup> LINO (2008)

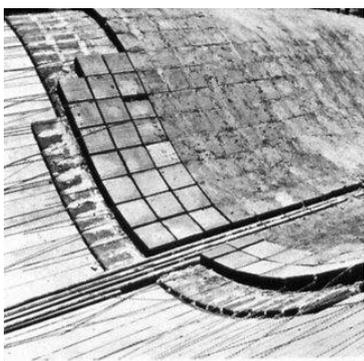
<sup>226</sup> KREBS (2010)



**Fig. 190.** Esboço do projeto  
Retrado de AA.VV. (2015)



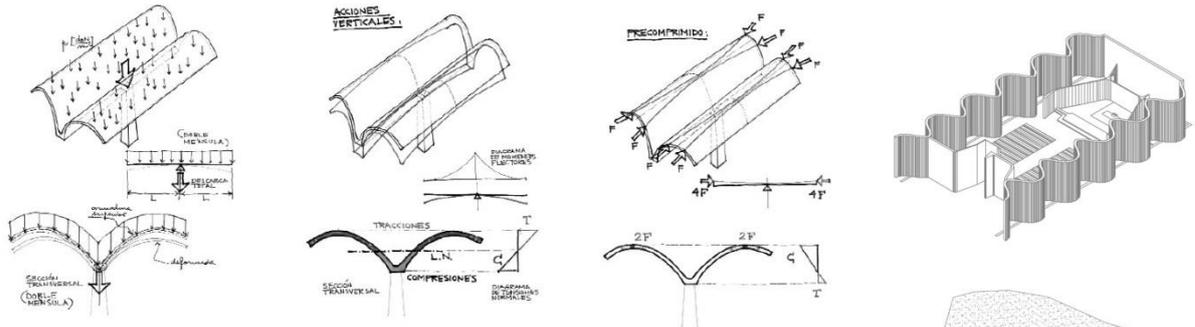
**Fig. 191.** Parede lateral onde são visíveis as  
perfurações  
Retrado de KREBS (2010). Foto. Nina Ines



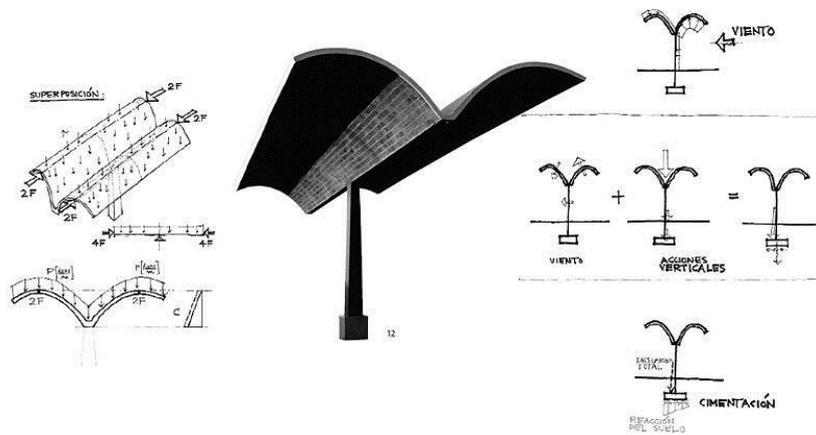
**Fig. 192.** Pormenor das camadas  
constituintes da cobertura  
Retrado de AA.VV. (2015)

A obra é concebida por uma carapaça de dupla curvatura sob uma nave retangular de 16x33m de dimensão em planta. As paredes laterais armadas com 7m de altura e 30cm de espessura, erguem-se através de uma série de conóides de directriz ao nível do chão onduladas na sua parte superior. De forma a não interromper a continuidade plástica, não foram abertos vãos nas suas superfícies mas sim pequenas perfurações em cada onda, fechadas com vidros de várias cores, dando uma maior transparência e serenidade ao espaço. A cobertura ondulada é constituída por duas camadas, uma aparente de ladrilhos de cerâmica e outra de tijolo coberta de argamassa de betão. Possui 11cm de espessura, mais o elemento impermeabilizante e o revestimento isolante em ladrilho.<sup>227</sup>

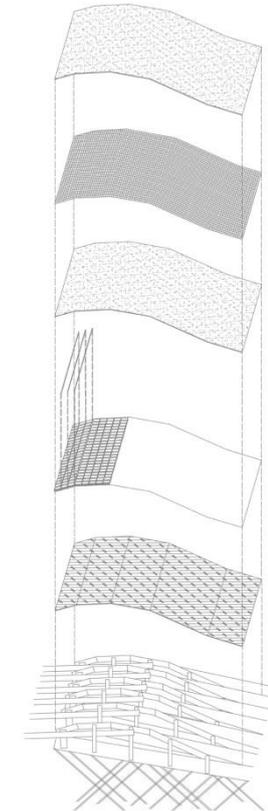
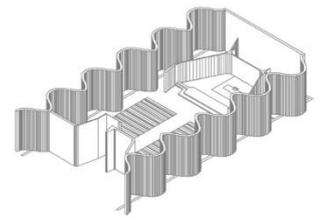
<sup>227</sup> AA.VV. (2015)



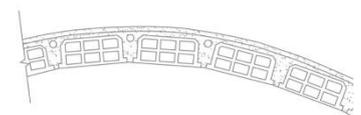
**Fig. 193.** Esquemas de forças realizados para a cobertura (1)  
Retirado de AA.VV. (2015)



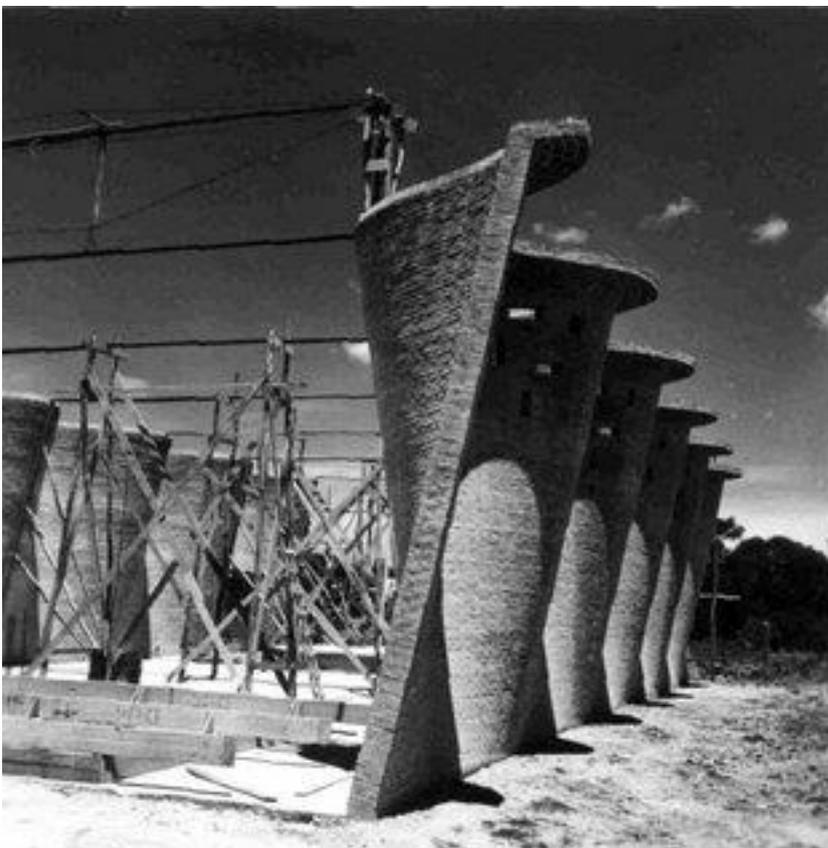
**Fig. 194.** Esquemas de forças realizados para a cobertura (2)  
Retirado de KREBS (2010)



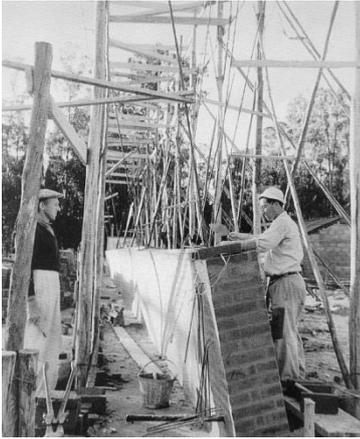
EXPLODED AXON OF ROOF CONSTRUCTION



**Fig. 195.** Axonometria explodida e pormenor construtivo da cobertura  
Adaptado de AA.VV. (2015)



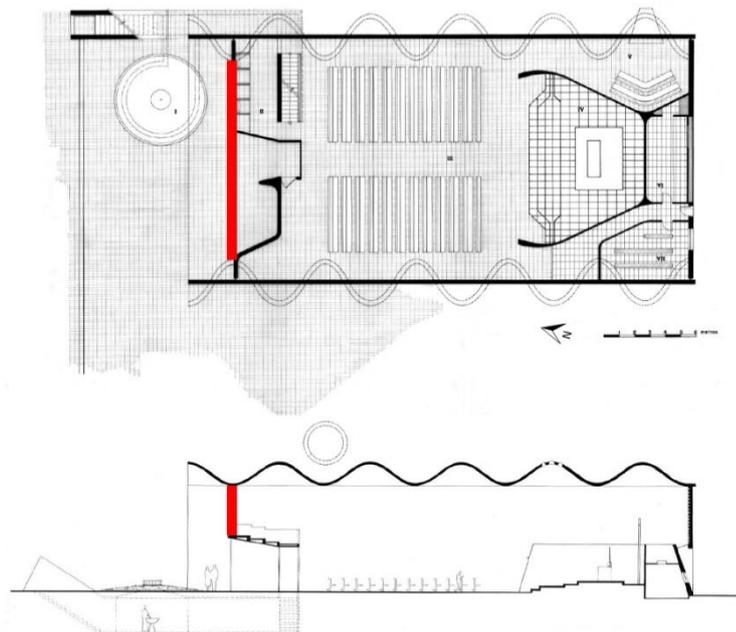
**Fig. 196.** Preparação para a construção da cobertura na obra  
Retirado de AA.VV. (2015)



**Fig. 197.** Operários na construção das paredes laterais  
Retirado de AA.VV. (2015)

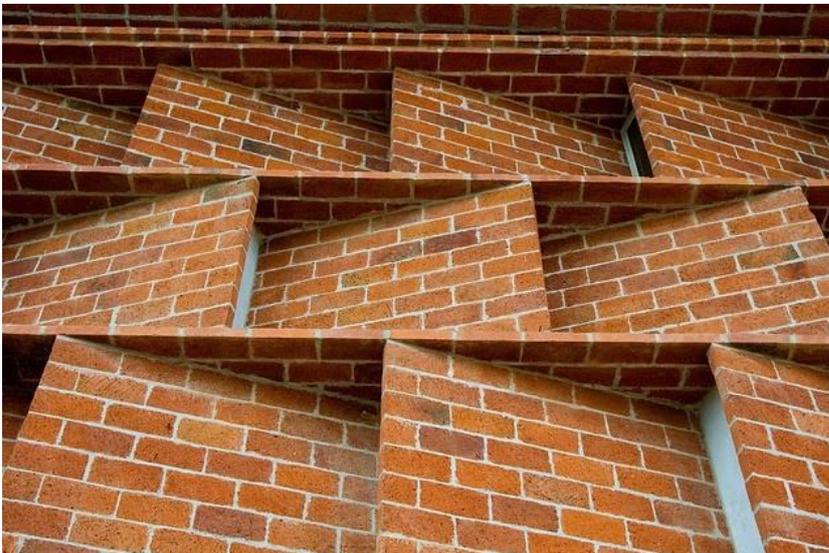


**Fig. 198.** Construção da fachada frontal  
Retirado de AA.VV. (2015)



**Fig. 199.** Planta e corte da igreja com a localização da fachada em estudo  
Adaptado de AA.VV. (2015)

Na sua totalidade, a obra revela uma preocupação quanto à filtragem da luz solar para o seu interior. O coro da igreja é situado num entrespaço sobre a fachada principal orientada a norte. A parede que encerra este espaço é constituída por três fiadas de lâminas de tijolo direcionadas opostamente. Os espaços resquícios entre estas lâminas são fechados por membranas de pedra ónix translúcido, que possibilitam a entrada de luz para o interior.<sup>228</sup> Este sistema impede a entrada de iluminação solar direta no interior da igreja, fazendo com que a luz penetre no interior indiretamente através da reflexão nas paredes e com que haja uma iluminação mais agradável e suave para o culto.

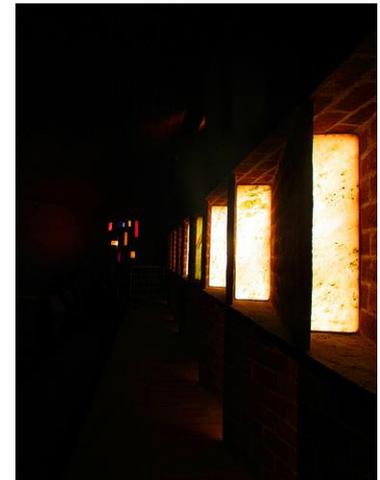


**Fig. 202.** Paredes de estudo vista do exterior  
Retirado de [http://images.adsttc.com/media/images/547f/588e/e58e/ce4f/8000/004a/large\\_jpg/%C2%A9\\_Marcelo\\_Donadussi\\_\(06\).jpg?1417631883](http://images.adsttc.com/media/images/547f/588e/e58e/ce4f/8000/004a/large_jpg/%C2%A9_Marcelo_Donadussi_(06).jpg?1417631883)

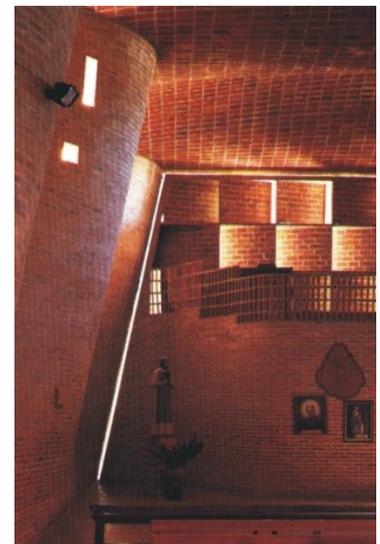
Toda esta fachada diafragma não chega a tocar nas paredes laterais da igreja, possuindo uma junta de 10cm fechada também com uma lâmina de ónix translúcido. Esta técnica transmite uma maior leveza ao edifício.<sup>229</sup>



**Fig. 200.** Paredes que encerra o espaço do coro  
Retirado de [http://images.adsttc.com/media/images/547f/588b5/e58e/ce8a/0e00/0039/large\\_jpg/%C2%A9\\_Marcelo\\_Donadussi\\_\(15\).jpg?1417631922](http://images.adsttc.com/media/images/547f/588b5/e58e/ce8a/0e00/0039/large_jpg/%C2%A9_Marcelo_Donadussi_(15).jpg?1417631922)



**Fig. 201.** Pormenor da entrada de luz pelas lâminas de ónix  
Retirado de [http://farm4.static.flickr.com/3722/123\\_27831565\\_e934538ceb.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3722/123_27831565_e934538ceb.jpg)



**Fig. 203.** Junta entre a fachada, a parede e a cobertura  
Retirado de <http://www.viveruruguay.com/2013/11/destino-costa-de-oro-atlantida.html>

<sup>228</sup> AA.VV (2004-2006)

<sup>229</sup> MAR FER (2007)



**Fig. 204.** Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (1)  
Adaptado de AA.VV. (2015)



**Fig. 205.** Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (2)  
Retirado de KREBS (2010). Foto. Nina Ines



**Fig. 206.** Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (3)  
Retirado de AA.VV. (2015)



**Fig. 207.** Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (4)  
Retirado de <http://www.viveruruguay.com/2013/11/destino-costa-de-oro-atlantida.html>

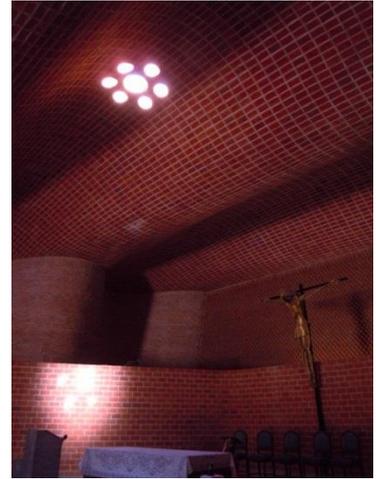


**Fig. 208.** Entradas de luz pelas aberturas nas paredes (5)  
Retirado de [http://c1038.r38.cf3.rackcdn.com/group5/building41935/media/vfu\\_atlantida7.jpg](http://c1038.r38.cf3.rackcdn.com/group5/building41935/media/vfu_atlantida7.jpg)

O batistério apresenta uma cripta circular e recebe luz zenital através de um lucernário constituído por lâminas de ónix translúcido presente na cobertura abobadada.<sup>230</sup> Todo o edifício se desenvolve aliando uma inovadora obra de engenharia ao tema da luz natural.

*“La iglesia fue pensada de modo que todos se sintieran comunitariamente actores de la liturgia: el espacio único, los muros del presbiterio, el uso de la luz expresan esa unidad comunitaria.”<sup>231</sup>*

Eladio Dieste

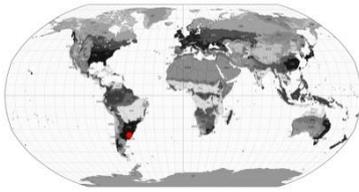


**Fig. 209.** Lucernário que ilumina a cripta da igreja  
Retirado de KREBS (2010). Foto. Diezgo

---

<sup>230</sup> AA.VV (2004-2006)

<sup>231</sup> MAR FER (2007)



### 3.2.2.8 *Las Cuatro Casas com Patio al Frente*

- Francisco Cadau (Campana, Argentina), 2007-2008

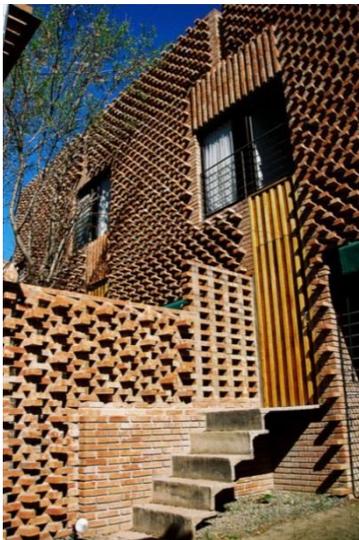
Este caso de estudo consiste numa banda de 4 casas geminadas com pátio frontal, projetadas por Francisco Cadau em Campana, na Argentina. O pátio de cada casa é fechado a toda a volta por paredes construídas por diferentes tramas de tijolo, incluindo as fachadas frontais das casas.<sup>232</sup>



**Fig. 210.** Visão aérea do pátio frontal  
Retirado de Divisare (2009). Foto. Francisco Cadau



**Fig. 211.** Visão global das quatro casas do projeto  
Retirado de Taller AVB (2011)



**Fig. 212.** Entrada para a casa  
Retirado de Divisare (2009). Foto. Francisco Cadau



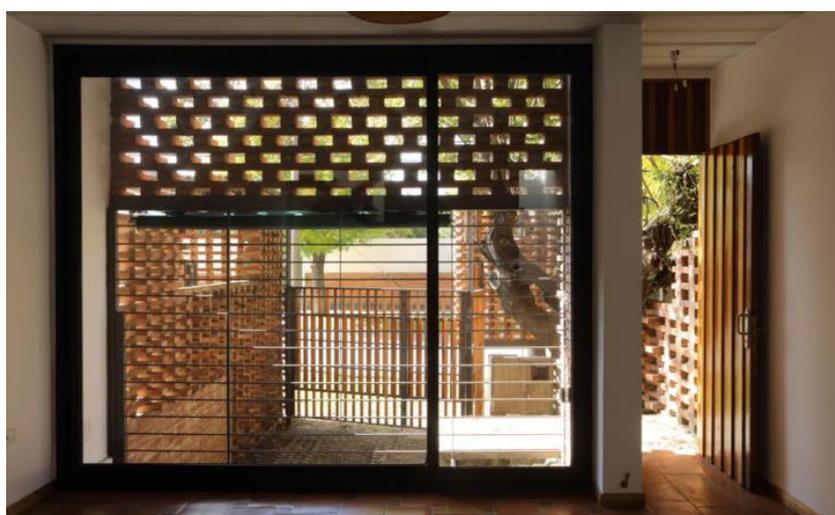
**Fig. 213.** Planta e corte de uma das casas com indicação das fachadas em estudo  
Adaptado de Divisare (2009)

<sup>232</sup> Taller AVB (2011)

A fachada principal das casas, suspensa por meio de vigas metálicas, é definida como uma cortina contínua de tijolos que possuem diferentes densidades conforme o local. Esta cortina vazada de tijolos cobre parcialmente a zona da sala, atuando como dispositivo de sombreamento da radiação solar, ao mesmo tempo que confere mais privacidade ao interior. As paredes do pátio exterior apresentam da mesma forma diferentes aparelhos, sendo também concebidas de forma a gerar aberturas que permitam a comunicação visual entre interior/externo do loteamento.<sup>233</sup>



**Fig. 214.** Entrada da rua para o pátio  
Retirado de Divisare (2009). Foto. Gustavo Pinilla

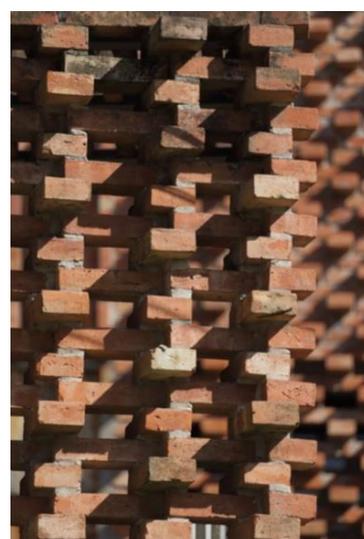


**Fig. 215.** Visibilidade da sala para o pátio e rua  
Retirado de Divisare (2009). Foto. Gustavo Pinilla

Os tijolos utilizados são maciços, sendo fixos uns aos outros por argamassa de areia e cimento, alternando a sua posição perpendicularmente uns em relação aos outros.

As portas em ripas de madeira, as janelas do piso térreo e a trama de ladrilhos do pavimento exterior interrompem a continuidade do plano e reforçam o reconhecimento entre as partes. Os portões em ripas de madeira que encerram os pátios, ajudam também a manter a permeabilidade visual e contactar com o espaço público.<sup>234</sup>

De seguida são mostradas plantas e alçados das diferentes estereotomias e aparelhos de tijolo do conjunto.



**Fig. 216.** Pormenor do assentamento entre tijolos  
Retirado de Divisare (2009). Foto. Gustavo Pinilla



**Fig. 217.** Aspetto tridimensional da parede  
Retirado de Taller AVB (2011)

<sup>233</sup> Idem

<sup>234</sup> Divisare (2009)

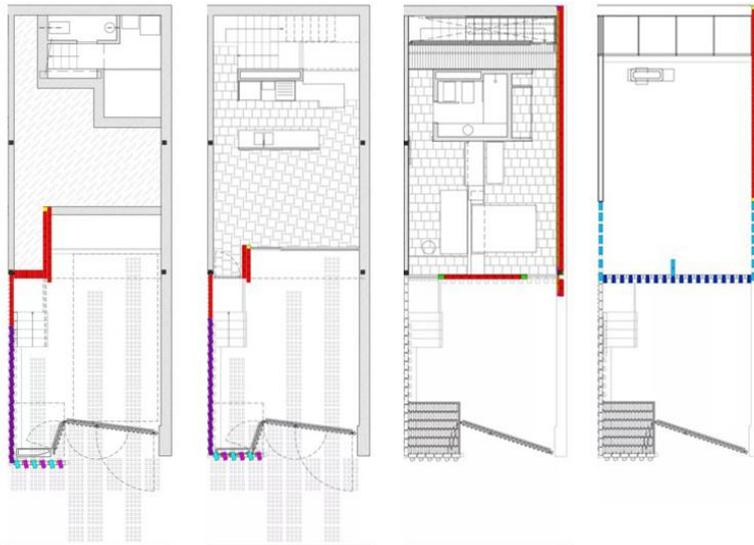


Fig. 218. Plantas com a localização das diferentes estereotomias de tijolo  
Adaptado de Divisare (2009)

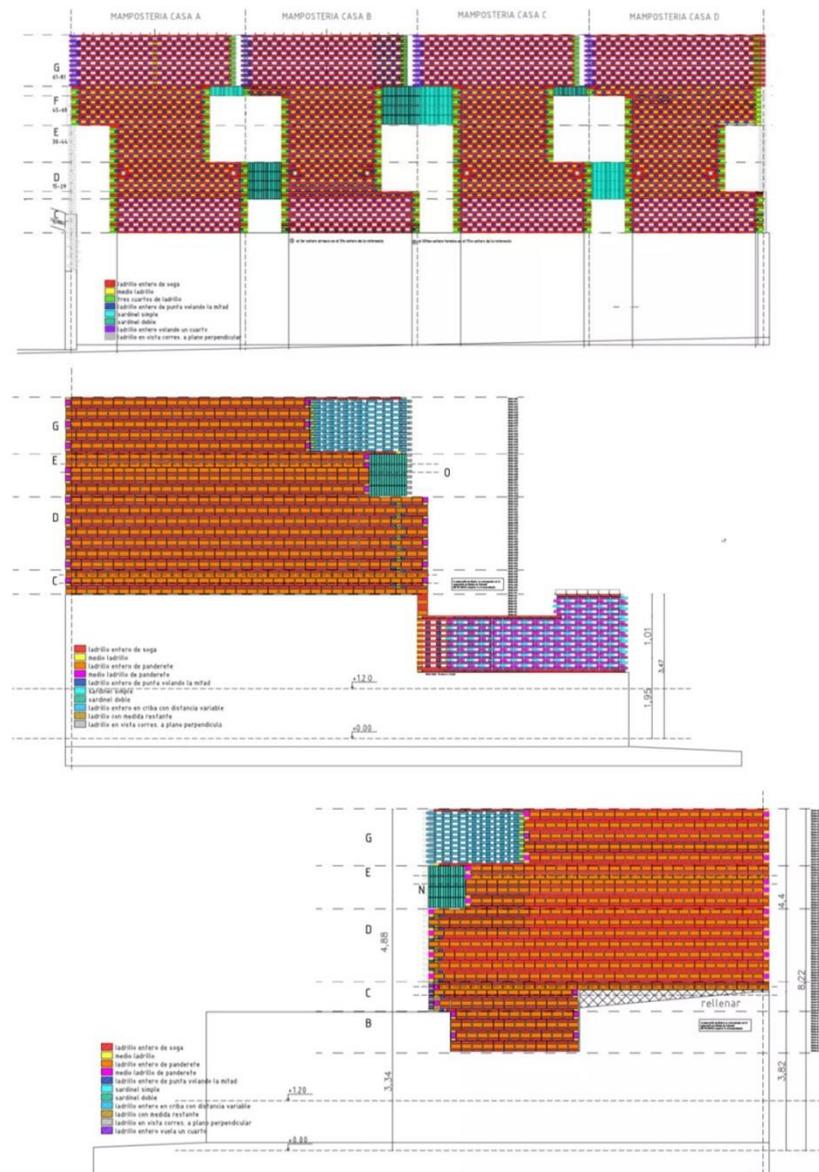


Fig. 219. Alçados com a localização das diferentes estereotomias de tijolo  
Adaptado de Divisare (2009)

### 3.2.2.9 Chapilla de las Capuchinas

- Luis Barragan (Tlalpan, México), 1954-1960

Esta obra situada no México e a sua ampliação tem a autoria do arquiteto mexicano Luís Barragan. Trata-se da Capela e Convento das Capuchinas Sacramentais. Barragan, para além de aceitar a realização do projeto sem custos, ajudou a financiar a sua construção que decorreu entre 1954 e 1960. A execução da obra demorou 7 anos, os quais Barragan passou a definir grande parte de pormenores que a constituem. A obra, que faz parte do Património Mundial da Unesco<sup>235</sup>, é enriquecida pelo carácter tectónico expressivo dos materiais.<sup>236</sup>

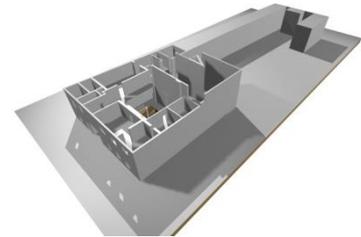
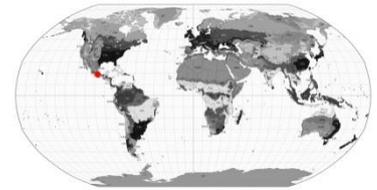


Fig. 220. Maqueta virtual do conjunto  
Adaptado de ZEBALLOS (2011)

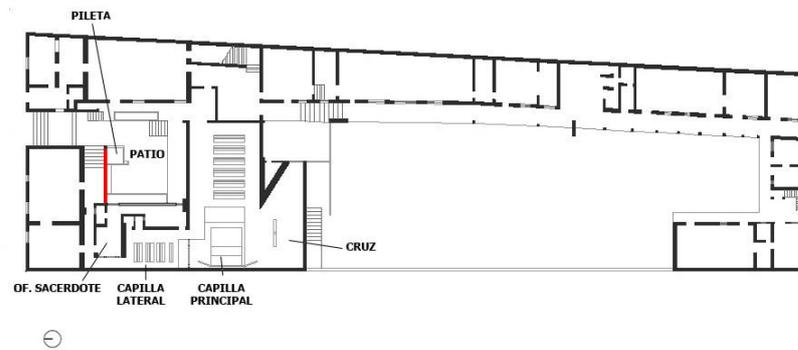


Fig. 221. Planta com indicação do local onde se encontra a parede em estudo  
Adaptado de ZEBALLOS (2011)



Fig. 222. Efeitos de luz num dos espaços da capela

Retirado de [http://images.adsttc.com/media/images/5319/ea44/c07a/802c/2700/0237/newsletter/Cortes%C3%ADa\\_de\\_Mi\\_Moleskine\\_Arquitect%C3%B3nico.jpg?1394207288](http://images.adsttc.com/media/images/5319/ea44/c07a/802c/2700/0237/newsletter/Cortes%C3%ADa_de_Mi_Moleskine_Arquitect%C3%B3nico.jpg?1394207288)

Um aspeto importante da obra é a manipulação e estudo da luz no tratamento do espaço. O projeto é rico em detalhes, patente nos jogos de cores, luz e sombra a partir do momento em que se acede à capela. Prima por uma iluminação natural de carácter simbólico, um tratamento cromático característico e uma simplicidade e pureza volumétrica, conferindo ao projeto um carácter austero.



Fig. 223. Tanque e gelosia do pátio principal

Retirado de PADILLA (2010). Foto. Ignacio Padilla

<sup>235</sup> PADILLA (2010)

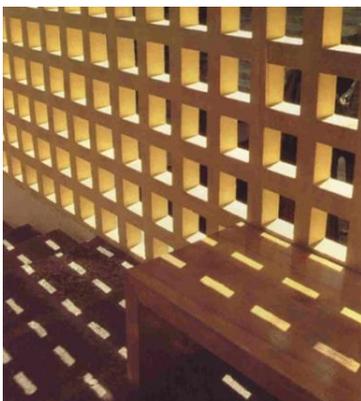
<sup>236</sup> DUQUE (2012)

O primeiro espaço de recepção é um pequeno pátio escavado rodeado por paredes brancas, no qual se encontra um tanque. À sua direita encontra-se uma gelosia de cor amarela que se reflete no espelho de água do tanque de pedra preta, criando um contraste de cores. Este “filtro” visual amarelo é acompanhado por uma escada que conduz à uma capela secundária do conjunto.<sup>237</sup>



**Fig. 224.** Traseira da parede que dá acesso à capela secundária

Retirado de PADILLA (2010). Foto. Ignacio Padilla



**Fig. 225.** Efeitos da luz solar projetados no chão pela parede vazada

Retirado de <http://www.origindesignstudio.co.uk/blog/tag/mexico>



**Fig. 226.** Banco estrategicamente adaptado à gelosia

Retirado de ZEBALLOS (2011)

Trata-se de uma gelosia em blocos vazados de forma quadrada. Os seus elementos têm cerca de 15cm de lado, com uma borda de aproximadamente 15mm. São unidos por uma argamassa,

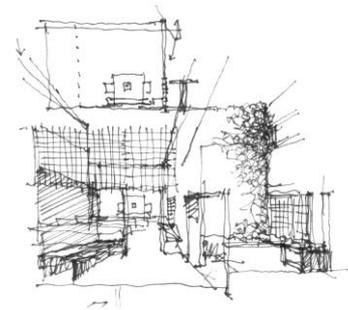
---

<sup>237</sup> ZEBALLOS (2011)

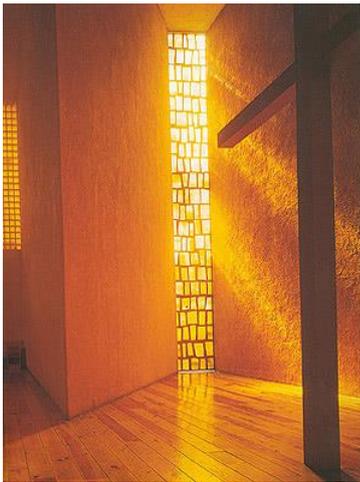
formando juntas de aproximadamente 10mm que, estando pintadas da mesma cor que os elementos, tornam-se imperceptíveis. Esta gelosia funciona sobretudo como um “filtro” que pretende ser visto, ou seja, dá-se imediatamente pela sua presença devido à sua cor. Ao mesmo tempo que trabalha como “filtro” visual, transmitindo uma certa privacidade à entrada da capela secundária, marca presença no local e enriquece o jogo de luz e cores no projeto. Esta parede “filtro” permite da mesma forma um abrandamento da luz solar para o espaço, decorando em paralelo as superfícies das suas paredes com efeitos de luz e sombra associados à temática da capela.



**Fig. 227.** Aspeto geral da zona traseira da parede em estudo  
Retirado de PERRETTA (2014)



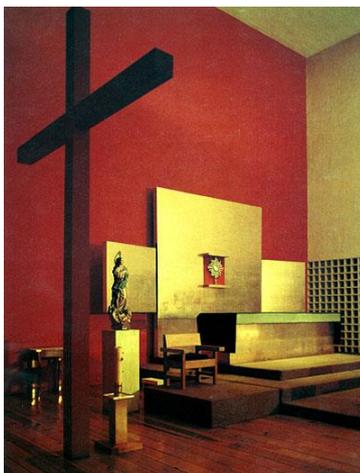
**Fig. 228.** Esboços de espaços da capela  
Retirado de DUQUE (2012)



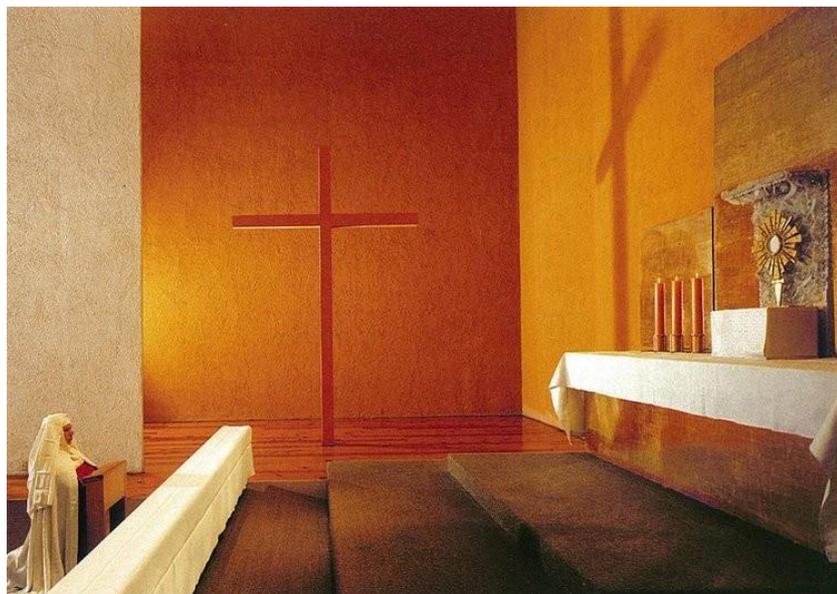
**Fig. 229.** Janela alongada que ilumina a cruz  
Retirado de PERRETTA (2014)

No extremo oposto do tanque encontra-se o acesso à capela principal. No seu interior foi colocado um vidro rosado que ilumina o ambiente e lhe confere uma luz de tonalidade distinta.<sup>238</sup>

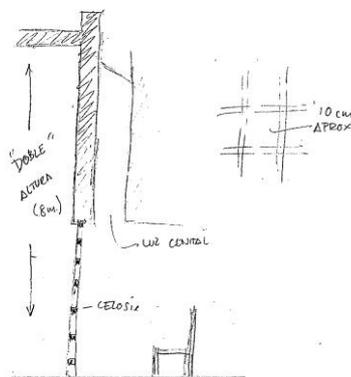
No espaço do coro encontra-se um envidraçado de cor amarela que o ilumina com uma cor “caramelo”, dando um aspeto austero com paredes de textura áspera e cores ocre brilhantes. À esquerda do altar está presente uma cruz de madeira, indiretamente iluminada a partir de uma janela alongada. Do lado direito é observada uma gelosia branca em madeira, que separa este espaço de uma capela lateral, frequentemente utilizada pela família das freiras. Do cimo, uma fenda de luz ilumina a tripla altura das paredes, dando monumentalidade à capela.<sup>239</sup>



**Fig. 230.** Altar da capela onde é visível a grade de treliças à sua direita  
Retirado de ZEBALLOS (2011)



**Fig. 231.** Altar da capela com a cruz refletida pela luz ao fundo  
Retirado de DUQUE (2012)



**Fig. 232.** Desenhos de estudo de pormenores  
Retirado de ZEBALLOS (2011)

*“Basta con entender que el espácio no es nada sin sus limites, los muros; y estos no son nada sin la luz, que define los contornos y las texturas, pero a su vez la luz no es nada sin su cromatismo, sin el color, en definitiva.”<sup>240</sup>*

Perretta

<sup>238</sup> DUQUE (2012)  
<sup>239</sup> ZEBALLOS (2011)  
<sup>240</sup> PERRETTA (2014)

### 3.2.2.10 Síntese dos casos de estudo de alvenarias cerâmicas

Como síntese e tendo como base os casos de estudo, é possível catalogar as diferentes organizações espaciais de parede “filtro”. Como tal, foram realizados esquemas das tipologias espaciais mais vulgares neste tipo de parede.

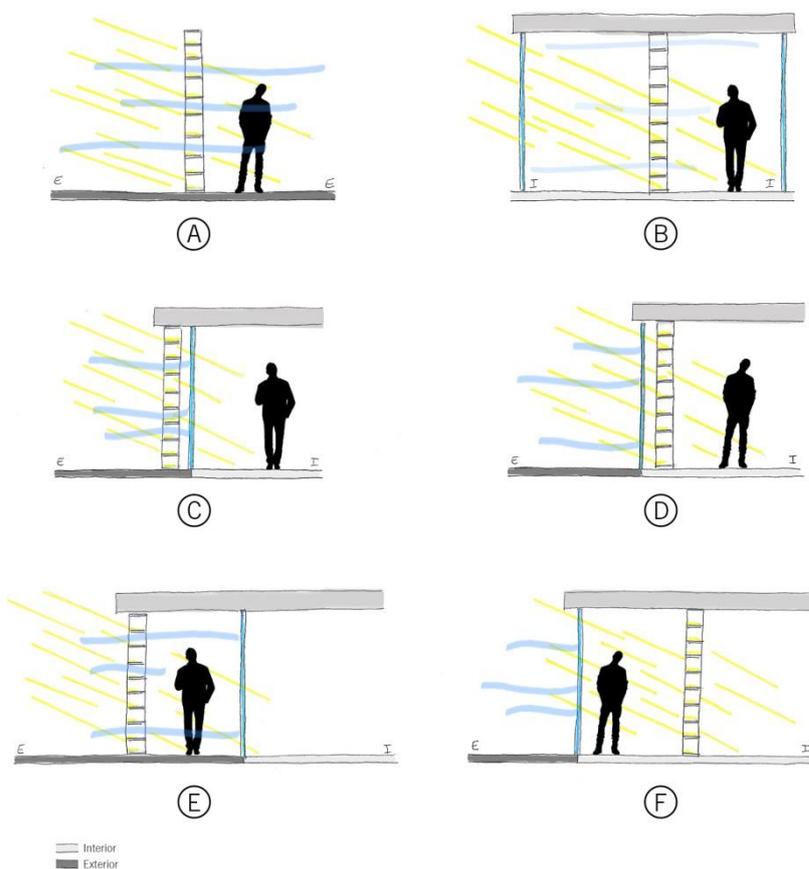


Fig. 233. Tipologias de organização espacial de fachada “filtro”

De forma a tirar proveito da potencialidade de uma parede “filtro”, é necessário que a mesma esteja exposta, de forma a permitir relações entre os seus espaços contíguos através dela. De seguida é apresentada cada tipologia anteriormente ilustrada.

Na tipologia A, a parede “filtro” é simplesmente colocada no exterior entre espaços não climatizados, permitindo a permeabilidade visual, a circulação de ar e filtrando os raios solares.

Na tipologia B, a parede situa-se no interior do edifício, permitindo a normal circulação de ar no interior dos espaços e a sua

comunicação visual, contribuindo da mesma forma para filtrar a luz solar se for o caso.

Na tipologia C, a parede atua como fachada, tendo imediatamente junto um pano de vidro que estanca o espaço interior. Como o elemento de proteção solar (“filtro”) se encontra pelo exterior, impede a entrada de radiação direta para o interior antes que penetre no vidro, evitando assim o designado *efeito estufa*. Explora a passagem de iluminação solar para o interior, mas não de ventilação por ser obstruída pelo vidro. Esta tipologia encontra-se presente na maioria dos casos de estudo.

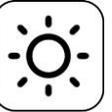
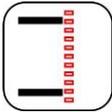
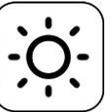
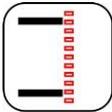
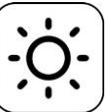
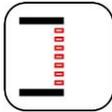
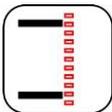
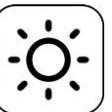
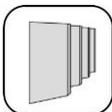
Na tipologia D, a parede e o pano de vidro invertem as suas posições, estando a parede “filtro” pelo interior. O funcionamento é semelhante ao da tipologia anterior, mas como o vidro se encontra agora pelo exterior permite a entrada direta da radiação solar para o interior do espaço climatizado antes que seja filtrada pelo dispositivo sombreador.

Na tipologia E, a parede “filtro” é colocada pelo exterior do edifício, mas desta vez gerando um espaço de circulação exterior entre si e o vidro. Todo o espaço à direita da parede “filtro” no esquema recebe a filtragem de luz e radiação, sendo que a ventilação que nela penetra só ventila o corredor.

Na tipologia F, a parede “filtro” encontra-se pelo interior, gerando-se da mesma forma um espaço corredor intermédio entre esta e o elemento estanque do espaço (vidro). A diferença em relação à tipologia anterior é que esta torna este espaço corredor interior, pelo facto do vidro que encerra o espaço climatizado impedir a entrada de ventilação. O modo de funcionamento é semelhante ao da tipologia D.

Posto isto, é apresentado de seguida um quadro que sintetiza o tipo de “filtro” de cada caso de estudo segundo vários parâmetros.

**Quadro 22.** Síntese da análise dos casos de estudo

Caso estudo	Morfologia	Posição	Movimento	Tipo de filtragem pretendida			Tipologia	Clima
3.2.2.1	 Grelha	 Encastrado	 Fixo		 Luz		Ⓒ	Temperado (Cfb)
3.2.2.2	 Grelha	 Encastrado	 Fixo	 Visual	 Luz	 Ventilação	Ⓔ	Temperado (Csa)
3.2.2.3	 Elementos verticais	 Pelo exterior	 Rotação	 Visual	 Luz		Ⓒ	Temperado (Cfa)
3.2.2.4	 Grelha	 Pelo exterior	 Aleatório	 Visual	 Luz		Ⓒ	Temperado (Csa)
3.2.2.5	 Elementos verticais	 Encastrado	 Fixo	 Visual	 Luz	 Ventilação	Ⓐ	Árido (BSk)
3.2.2.6	 Grelha	 Pelo exterior	 Fixo	 Visual	 Luz		Ⓒ	Árido (BSk)
3.2.2.7	 Painéis	 Integrado	 Fixo		 Luz		Ⓒ Ⓓ	Temperado (Cfa)
3.2.2.8	 Grelha	 Pelo exterior	 Fixo	 Visual	 Luz	 Ventilação	Ⓐ Ⓒ	Temperado (Cfa)
3.2.2.9	 Grelha	 Encastrado	 Fixo	 Visual	 Luz	 Ventilação	Ⓐ Ⓑ	Temperado (Cwb)



#### IV. PROJETO

#### 4.1 Especificações do clima de Portugal

O objetivo do desenvolvimento deste tópico é descrever as características climáticas médias do território nacional. Para introduzir o seu estudo, é analisada uma aproximação a Portugal com base na classificação climática de Köppen. Como já foi referido anteriormente, a sua classificação divide a Terra em 5 climas principais: tropical; árido; temperado; continental e glacial.

O clima de Portugal Continental, segundo Köppen, é dividido em duas regiões: uma de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente (Csb).<sup>241</sup>

Conhecer a incidência solar nas diferentes zonas do país torna-se preponderante para este trabalho porque permite adaptar as fachadas dos edifícios às diferentes disponibilidades de insolação. Deste modo, é mostrado ao lado um mapa relativo à insolação anual no território português.

Observa-se pela leitura do mapa, que à medida que se desce para o sul a insolação vai aumentando. O número de horas de incidência solar durante o ano no país é maior quanto mais próximo do Equador. Os mapas a seguir apresentam os dados relativos à radiação solar entre as alturas mais fria e quente do ano, janeiro e julho respetivamente.

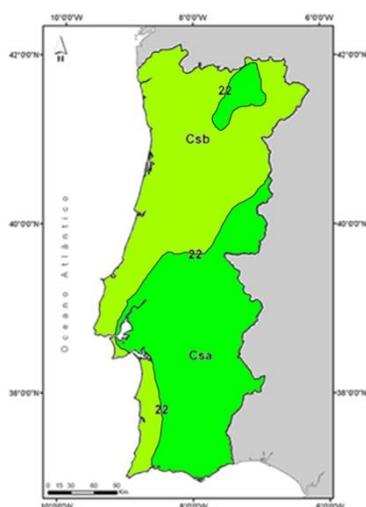


Fig. 234. Climas de Portugal segundo a classificação de Köppen  
Adaptado de Ipma (2016)

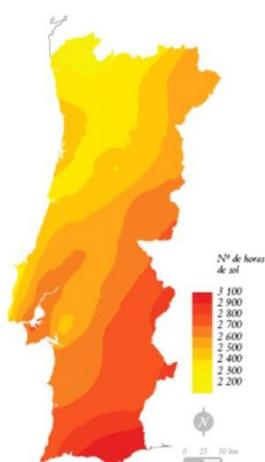


Fig. 235. Insolação anual em Portugal  
Retirado de BRITO (2016)

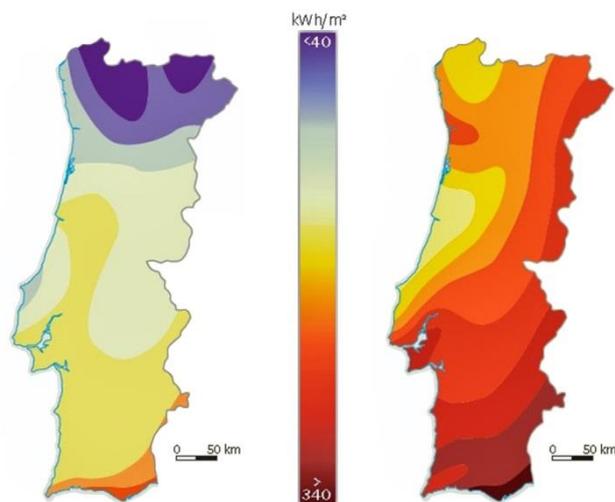
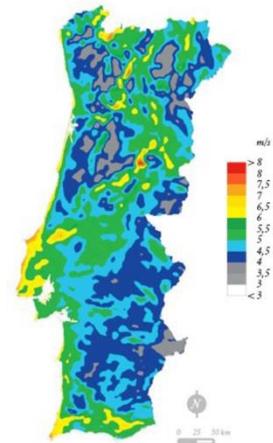


Fig. 236. Variação da radiação solar anual entre janeiro e julho  
Adaptado de Atlas do Ambiente, APA (2007) apud [http://planetageo10.blogspot.pt/2014\\_02\\_01\\_archive.html](http://planetageo10.blogspot.pt/2014_02_01_archive.html)

<sup>241</sup> Ipma (2016)

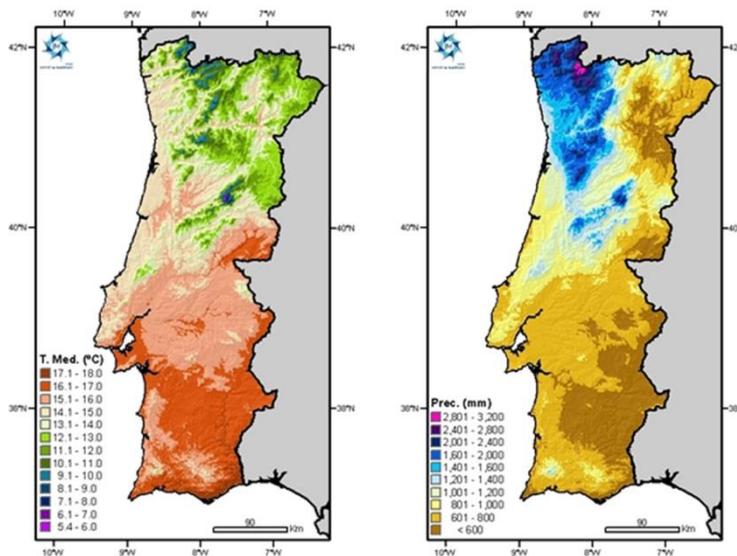
A sua análise comprova que não apenas o número de horas de sol anuais aumenta à medida que nos dirigimos para sul, aumentando a radiação solar. O extremo norte, na estação fria, representa a região com menor duração de incidência solar durante o ano, sendo portanto a mais fria do país como se pode constatar no mapa de temperaturas anuais.

A irregularidade da pluviosidade ou da temperatura é uma característica do clima no continente. Tanto podem ocorrer anos de secas (afetando apenas algumas regiões ou por todo o território), como elevada percentagem de precipitação (com muita frequência no outono), provocadas pela passagem de frentes de vento frias.<sup>242</sup> Deste modo, a intensidade do vento pode, de ano para ano, apresentar grandes alterações, sendo que as mais significativas tendem a localizar-se nas zonas de maior altitude como as serras e zona litoral pelo contacto com o mar. O mapa ao lado é relativo à intensidade do vento no país.



**Fig. 237.** Média anual de intensidade do vento em Portugal, altitude de 80m  
Retirado de BRITO (2016)

Para finalizar, nos mapas seguintes são mostradas as temperaturas e precipitação acumulada anuais.



**Fig. 238.** Temperatura e precipitação acumulada médias anuais no país  
Adaptado de Ipma (2016)

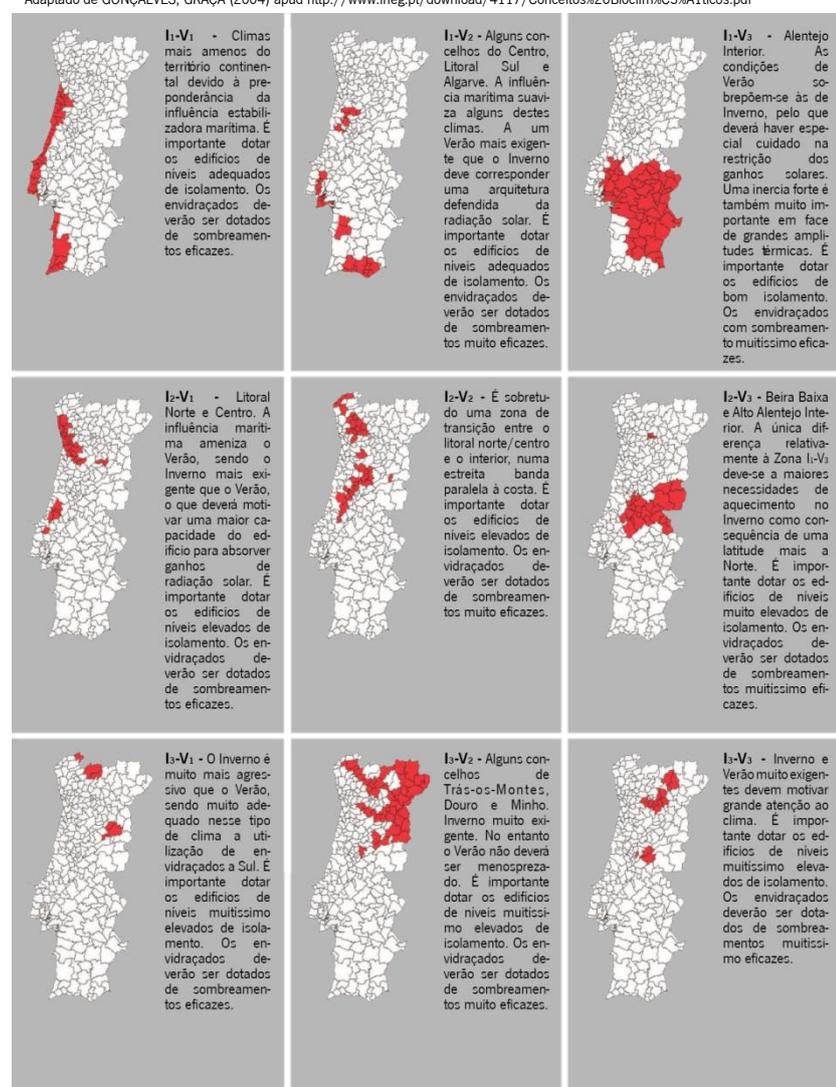
<sup>242</sup> BRITO (2016)

Com base nos mapas, pode-se observar que a temperatura média anual varia aproximadamente entre 7°C nas terras de maior altitude do Interior Norte e Centro e 18°C no Litoral Sul. Em relação à precipitação média anual, conclui-se que se acumula maioritariamente no Minho e Douro Litoral, sendo mais baixa no interior do Baixo Alentejo.<sup>243</sup>

De seguida é apresentado um quadro relativo às diferentes zonas climáticas dentro do território de Portugal Continental.

**Quadro 23.** Climas de Portugal por zonas

Adaptado de GONÇALVES; GRAÇA (2004) apud <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>



<sup>243</sup> Ipma (2016)

## 4.2 Projeto

O intuito do presente tópico é sintetizar a partir da investigação realizada os aspetos relevantes para a elaboração de um projeto de parede “filtro” em tijolo cerâmico.

### 4.2.1 Definição da solução

O projeto surge da necessidade de intervenção em espaços sobreaquecidos, na estação quente do ano, pela forte exposição solar de grandes envidraçados orientados para os quadrantes este, sul e oeste. De forma a resolver esta questão, a investigação tem como objetivo a criação de uma parede “filtro” não estrutural pensada para a incidência solar média em Portugal Continental, consistindo num sistema solar passivo. Tem como intuito equilibrar a incidência de radiação solar entre a estação mais quente e fria do ano para o interior dos edifícios. Ou seja, atenuar a radiação de verão e permitir a sua passagem de inverno, tornando esses espaços mais confortáveis termicamente e luminicamente. Desta forma é reduzido o gasto em equipamentos ativos de climatização e melhorado o seu aproveitamento energético. Como material amplamente caracterizado na indústria da construção e a custos relativamente reduzidos, o tijolo cerâmico tem um grande potencial para cumprir a função de “filtro”.

*“A qualidade e a necessidade de inovar aparecem hoje como os elementos determinantes para o futuro do setor da cerâmica.”<sup>244</sup>*

Descolonges

A partir da citação compreende-se a necessidade de inovar e qualificar este setor, dando consistência à realização da presente investigação. Trata-se de um setor afirmado na indústria da construção e, como tal, assume um papel notório na arquitetura mundial.

---

<sup>244</sup> DESCOLONGES [et. al.] (1999) apud SILVA (2004)

De seguida é apresentada uma série de requisitos a que o projeto deve dar resposta para se tornar uma solução de fácil implementação no mercado:

- **Um produto normalizado:** Devidamente testado e estandardizado;
- **Facilmente encontrado em comercialização:** Deverá encontrar-se disponível nos principalmente em espaços de venda de materiais para construção;
- **Acoplado/Desacoplado:** Deverá ser montável e desmontável com relativa facilidade, sem que as peças tenham de ser danificadas. Desta forma poderão sempre ser reutilizáveis, minimizando a produção de resíduos e contribuindo para a sustentabilidade da solução;
- **Personalizável:** As peças devem poder ser personalizáveis de acordo com as preferências ou necessidades dos utilizadores, adaptando-se mais facilmente às características da construção, quer em termos funcionais, quer estéticos;
- **Reduzida manutenção:** Os custos económicos de manutenção da solução devem ser facilmente suportáveis;
- **Simples substituição:** A partir do momento que alguma peça se encontre danificada, deve ser de relativamente fácil substituição;
- **Simples montagem:** A montagem deve estar ao alcance de qualquer profissional no ramo, ou qualquer pessoa que possua o mínimo conhecimento para tal;
- **Sem necessidade de estruturas de fixação:** O sistema, uma vez produzido, deve ser fixo e amovível, de forma a dispensar o uso de estruturas e/ou elementos de fixação que tornariam a sua construção mais dispendiosa com mão-de-obra qualificada.

Tendo em atenção os anteriores requisitos, no tópico seguinte são estudadas diferentes configurações de parede “filtro” com base nos tijolos mais correntes no mercado no país.

Deve-se salientar que a solução apresentada pode ser integrada tanto num projeto de raiz, como adaptada a uma construção existente.

Além de levar em conta o estudo da incidência solar, o projeto deve permitir transparência visual de forma a possibilitar a comunicação entre espaços, não descurando a privacidade.

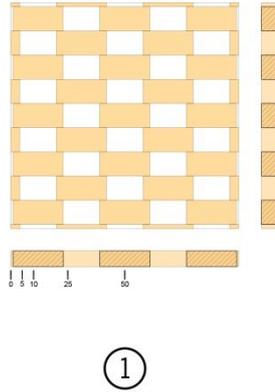
#### **4.2.1 Simulação de soluções de parede “filtro”**

Estabeleceu-se à partida que se devia evitar o corte nos elementos, de modo a aproveitar a sua totalidade e evitar desperdícios. Dado que a orientação ideal dos vãos em Portugal Continental é a sul, foi a orientação predefinida para esta experimentação. Parte-se do princípio que para orientações desfavoráveis como a este e oeste, este tipo de solução traria vantagens ainda mais significativas. Uma vez que a possibilidade de configurações e combinações é infinitamente possível, criaram-se algumas variações dentro de cada tipo de tijolo mais corrente na indústria do país de forma a dar resposta aos requisitos do tópico anterior.

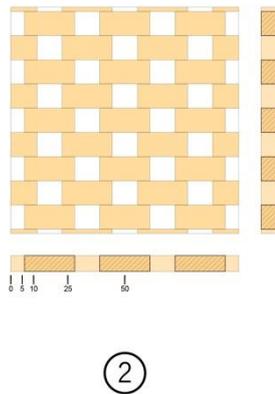
Como forma de testar o sombreamento para cada modelo, foram elaborados ensaios a partir do *software Sustainable by Design*. O programa calculou o ganho de luz por radiação solar a partir da configuração da abertura de cada parede. Os resultados são apresentados em forma de quadros, que estimam em percentagem o sombreamento obtido ao longo do ano para esta orientação. Para cada amostra de parede é apresentado um quadro que aponta os resultados de sombreamento da radiação solar direta.

De seguida são mostrados os estudos de algumas variantes de parede “filtro”, segundo amostras de 1m<sup>2</sup>.

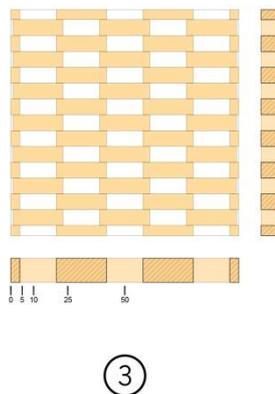
Quadro 24. Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 1, 2, 3 e 4



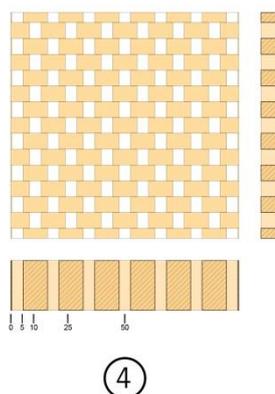
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	73%	74%	74%	74%	73%
fev	78%	80%	80%	80%	79%
mar	88%	89%	89%	89%	88%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	96%	95%	95%	95%	95%
out	82%	83%	83%	83%	82%
nov	74%	76%	76%	76%	74%
dez	72%	73%	73%	73%	72%
<i>Ano</i>					
	89%	89%	89%	89%	89%



	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	78%	79%	79%	79%	78%
fev	82%	83%	84%	83%	83%
mar	90%	91%	91%	91%	90%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	96%	96%	96%	96%	96%
out	85%	86%	86%	86%	85%
nov	79%	80%	80%	80%	79%
dez	77%	78%	78%	78%	77%
<i>Ano</i>					
	91%	91%	91%	91%	91%



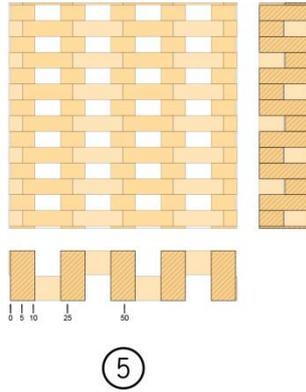
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	89%	93%	93%	93%	89%
fev	100%	100%	100%	100%	100%
mar	100%	100%	100%	100%	100%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	100%	100%	100%	100%	100%
out	100%	100%	100%	100%	100%
nov	94%	97%	98%	97%	93%
dez	86%	90%	91%	90%	86%
<i>Ano</i>					
	97%	98%	98%	98%	97%



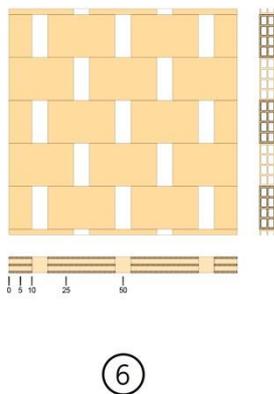
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	100%	100%	100%	100%	100%
fev	100%	100%	100%	100%	100%
mar	100%	100%	100%	100%	100%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	100%	100%	100%	100%	100%
out	100%	100%	100%	100%	100%
nov	100%	100%	100%	100%	100%
dez	100%	100%	100%	100%	100%
<i>Ano</i>					
	100%	100%	100%	100%	100%

Fig. 239. Paredes de estudo 1,2, 3 e 4

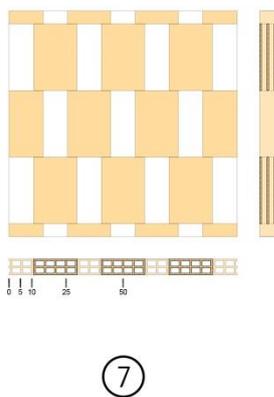
Quadro 25. Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 5, 6, 7 e 8



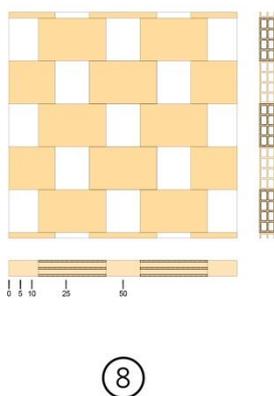
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	93%	95%	96%	95%	93%
fev	100%	100%	100%	100%	100%
mar	100%	100%	100%	100%	100%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	100%	100%	100%	100%	100%
out	100%	100%	100%	100%	100%
nov	96%	98%	98%	98%	96%
dez	91%	94%	94%	94%	91%
Ano					
	98%	99%	99%	99%	98%



	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	85%	86%	86%	86%	85%
fev	87%	87%	87%	87%	87%
mar	89%	89%	89%	89%	89%
abr	94%	94%	93%	94%	94%
mai	100%	100%	99%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	97%	96%	96%	96%	97%
set	91%	91%	91%	91%	91%
out	88%	88%	88%	88%	88%
nov	86%	86%	86%	86%	86%
dez	85%	85%	85%	85%	85%
Ano					
	92%	92%	92%	92%	92%



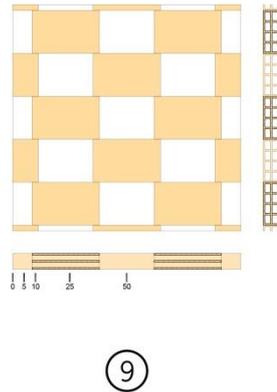
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	68%	69%	69%	69%	68%
fev	70%	70%	70%	70%	70%
mar	73%	73%	73%	73%	73%
abr	79%	79%	79%	79%	79%
mai	90%	87%	86%	87%	90%
jun	99%	94%	92%	94%	99%
jul	95%	91%	90%	91%	95%
Ago	83%	82%	82%	82%	83%
set	76%	76%	76%	76%	76%
out	71%	72%	72%	72%	71%
nov	69%	69%	69%	69%	69%
dez	68%	68%	68%	68%	68%
Ano					
	78%	77%	77%	77%	78%



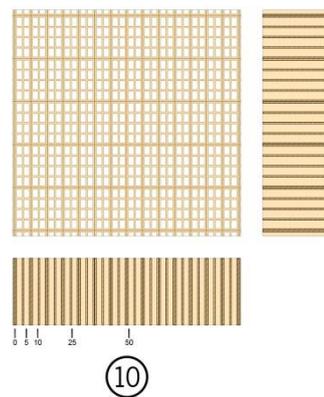
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	74%	74%	74%	74%	74%
fev	76%	77%	77%	77%	76%
mar	81%	81%	81%	81%	81%
abr	89%	88%	88%	88%	89%
mai	100%	99%	98%	99%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	95%	93%	92%	93%	95%
set	84%	84%	84%	84%	84%
out	78%	78%	79%	78%	78%
nov	74%	75%	75%	75%	74%
dez	73%	74%	74%	74%	73%
Ano					
	85%	85%	85%	85%	85%

Fig. 240. Paredes de estudo 5,6, 7 e 8

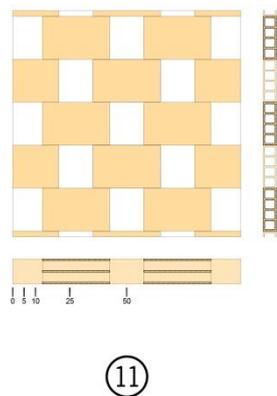
**Quadro 26.** Percentagens de sombreamento para a parede de estudo 9, 10, 11 e 12



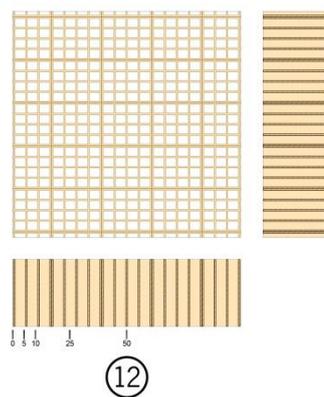
	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	63%	64%	64%	64%	63%
fev	67%	68%	68%	68%	67%
mar	73%	73%	73%	73%	73%
abr	85%	84%	83%	84%	85%
mai	100%	99%	98%	99%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	92%	90%	89%	90%	92%
set	78%	77%	77%	77%	78%
out	69%	69%	70%	69%	69%
nov	64%	65%	65%	65%	64%
dez	62%	63%	64%	63%	62%
	<i>Ano</i>				
	79%	79%	79%	79%	79%



	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	100%	100%	100%	100%	100%
fev	100%	100%	100%	100%	100%
mar	100%	100%	100%	100%	100%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	100%	100%	100%	100%	100%
out	100%	100%	100%	100%	100%
nov	100%	100%	100%	100%	100%
dez	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Ano</i>				
	100%	100%	100%	100%	100%



	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	77%	78%	78%	78%	77%
fev	81%	82%	82%	82%	81%
mar	88%	88%	88%	88%	88%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	93%	93%	93%	93%	93%
out	84%	84%	84%	84%	84%
nov	78%	79%	80%	79%	78%
dez	76%	77%	77%	77%	76%
	<i>Ano</i>				
	90%	90%	90%	90%	90%



	Manhã			Tarde	
	10h00	11h00	12h00	13h00	14h00
jan	100%	100%	100%	100%	100%
fev	100%	100%	100%	100%	100%
mar	100%	100%	100%	100%	100%
abr	100%	100%	100%	100%	100%
mai	100%	100%	100%	100%	100%
jun	100%	100%	100%	100%	100%
jul	100%	100%	100%	100%	100%
Ago	100%	100%	100%	100%	100%
set	100%	100%	100%	100%	100%
out	100%	100%	100%	100%	100%
nov	100%	100%	100%	100%	100%
dez	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Ano</i>				
	100%	100%	100%	100%	100%

**Fig. 241.** Paredes de estudo 9, 10, 11 e 12

#### 4.2.2 Análise das soluções simuladas

Uma vez que os resultados apresentados são relativos à filtragem de radiação visível em corte vertical, realizou-se o cálculo das áreas de cheios e vazios das amostras, pois são as essas áreas que ditam as quantidades totais de radiação penetrante. De seguida é apresentado um quadro que mostra esses dados, bem como tipos de tijolo utilizados, quantidades e preços para cada m<sup>2</sup> de parede.

**Quadro 27.** Especificações para cada proposta de parede "filtro"

Solução	Tijolo	Área (m <sup>2</sup> )		N <sup>o</sup> tijolos (m <sup>2</sup> )	Preço médio (un)	Preço tijolo (m <sup>2</sup> )
		Cheios	Vazios			
1	22x7x11 (maciço)	0,60	0,40	25,34	0,370 €	9,38 €
2	22x7x11 (maciço)	0,67	0,33	28,47	0,370 €	10,53 €
3	22x7x11 (maciço)	0,59	0,41	38,22	0,370 €	14,14 €
4	22x7x11 (maciço)	0,68	0,32	91,29	0,370 €	33,78 €
5	22x7x11 (maciço)	0,74	0,26	65,82	0,370 €	24,35 €
6	30x20x7	0,82	0,18	14,62	0,094 €	1,37 €
7	30x20x7	0,64	0,36	11,41	0,094 €	1,07 €
8	30x20x7	0,68	0,32	12,10	0,094 €	1,14 €
9	30x20x7	0,55	0,45	9,81	0,094 €	0,92 €
10	30x20x7	0,46	0,54	75,46	0,094 €	7,09 €
11	30x20x11	0,68	0,32	12,10	0,113 €	1,37 €
12	30x20x22	0,31	0,69	24,10	0,236 €	5,69 €

Assim, as soluções mais adequadas são as que apresentam melhores combinações entre intensidade/quantidade de radiação que cada parede ameniza.

Analisando os resultados, pode-se concluir que as paredes número 3, 4, 5, 10 e 12 não obtêm bons resultados pois proporcionam demasiado sombreamento ou mesmo total durante praticamente todo o ano, gerando espaços com excessivamente baixa luminosidade. Os casos número 1, 2, 6 e 11, apesar de registarem alguma captação de radiação visível na estação fria, ainda é insuficiente, pois o sombreamento total revelado pode ser excessivo. Desta forma, os casos 7, 8 e 9 são os que apresentam melhores resultados. Através dos dados pode-se observar que são as soluções que alcançam mais radiação direta no inverno e proporcionam um sombreamento adequado no verão. Sendo que os tijolos destes casos são os que possuem perfil mais reduzido em corte, levam a concluir

que entre configurações iguais com tijolos de diferentes espessuras, os de menor espessura apresentam melhores resultados, por permitirem maior entrada de radiação na estação fria. Entre as melhores soluções, a número 8 é a solução mais cara por utilizar maior número de tijolos, apesar de a diferença não ser considerável. Neste sentido, a solução 9 mantém uma melhor relação função/custo.

Foram também realizados estudos de intensidade de radiação para alguns casos de estudo de paredes “filtro”, nomeadamente para o caso da escola (2), do prédio (6) e da capela (9). Entre os três casos, os dados revelam um sombreamento total obtido de verão, sendo que, no caso do prédio e da capela, a entrada de radiação visível é muito reduzida na estação fria. A fachada “filtro” que apresenta resultados mais equilibrados é a da escola, mostrando bons resultados no inverno.

**Quadro 28.** Percentagens de sombreamento das paredes dos casos de estudo da escola, do prédio e da capela



**Fig. 242.** Análise dos casos de estudo da escola, do prédio e da capela

### 4.2.3 Solução 9

A parede “filtro” número 9 é considerada uma das melhores soluções, com uma boa combinação entre as variáveis analisadas. Entre elas, um adequado equilíbrio de radiação solar ao longo do ano e um custo reduzido.

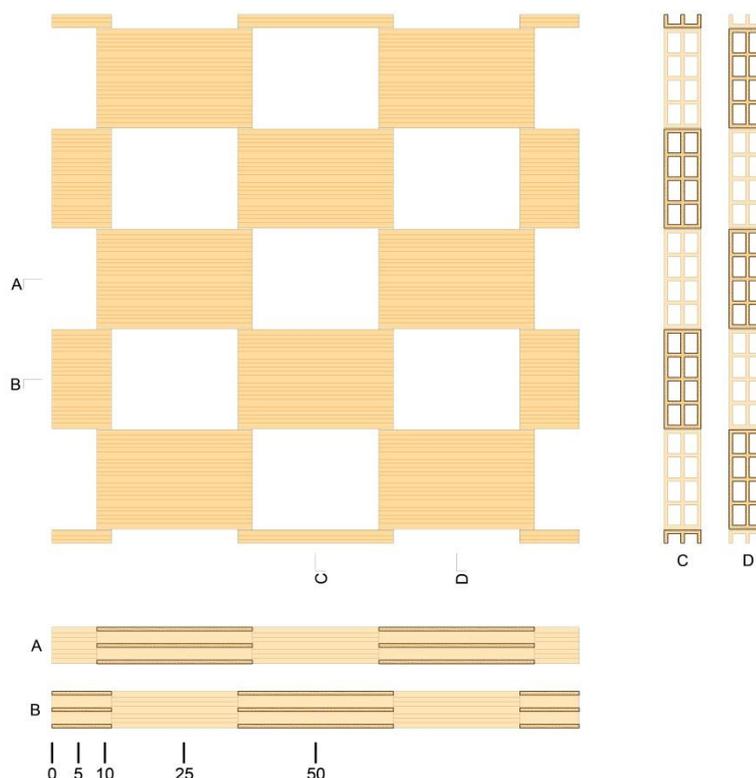


Fig. 243. Alçado e cortes da solução 9

Quadro 29. Especificações da solução 9

Solução	Tijolo	Área (m <sup>2</sup> )		Nº tijolos (m <sup>2</sup> )	Preço médio (un)	Preço tijolo (m <sup>2</sup> )
		Cheios	Vazios			
9	30x20x7	0,55	0,45	9,81	0,094 €	0,92 €

A solução consiste numa parede em tijolos de 30x20x7 com 45% de vazios por m<sup>2</sup> que permitem uma adequada filtragem de energia solar e ventilação através deles. Tendo como objetivo a utilização dos tijolos íntegros, os vãos necessários daí resultantes requerem afastamentos entre peças que reduzem a sua área de contacto para fixação. Desta forma, este é um aspeto menos positivo. A parede pode ser extensível, alargando ou encolhendo o espaçamento entre tijolos de forma a adaptar-se a diferentes larguras de vãos e evitar o corte e desperdícios de material. Como são assentes com a

totalidade de área de cada face possuem a maior estabilidade possível. A união entre as peças é feita com a utilização de silicone cola para exterior com características adequadas. A resistência final da parede depende diretamente da qualidade e quantidade<sup>245</sup> do produto a aplicar. A eleição do silicone como material de fixação deve-se ao facto de poder ser removido com um fio de corte sem danificar as peças, em caso de substituição de alguma danificada. Trata-se também de um produto de aplicação direta, não necessitando de confeccionar argamassas que tornariam a sua construção mais trabalhosa. Este tipo de método torna assim a sua elaboração mais rápida.

De forma a reduzir a manutenção da parede e tornar os elementos mais resistentes a agentes atmosféricos, a vidragem é uma mais-valia que se pode considerar, com a agravante dos custos. Com esta personalização, a sua limpeza torna-se muito mais simples, para além de maximizar o reflexo de radiação visível através do vidro. Na eventualidade de ser vidrada, facilita o escoamento da água. Uma coloração de esmalte a considerar é o branco, por ser uma cor neutra e transmitir mais luminosidade. De forma a minimizar os custos de execução de uma vidragem, a mesma cor em todas as peças torna o processo mais direto e simples, logo, com custos mais reduzidos.

A multiplicidade de adaptações do dispositivo torna-se uma vantagem. Este pode-se adaptar a qualquer tipologia anteriormente estudada, sendo que, para cada uma são exploradas diferentes características funcionais<sup>246</sup>. A tipologia a reproduzir dependerá das necessidades e/ou características de cada edifício ao qual é adaptado.

De forma a ensaiar a solução, foi criada uma célula de teste com a fachada orientada para sul. De seguida é apresentada uma série de imagens virtuais através do seu interior, onde é perceptível a filtragem de luz solar que a parede gera ao longo do ano. A sequência de imagens da primeira figura são relativas à estação fria e quente, respetivamente, nas horas mais relevantes para a orientação sul. A

---

<sup>245</sup> ver no ANEXO 15 o rendimento do silicone

<sup>246</sup> ver no tópico 3.2.2.10 as sínteses de tipologias espaciais de parede "filtro"

segunda série de imagens é referente ao pico de radiação (12h00) ao longo dos diferentes meses do ano.



Fig. 244. Imagem virtual da célula de teste da parede 9

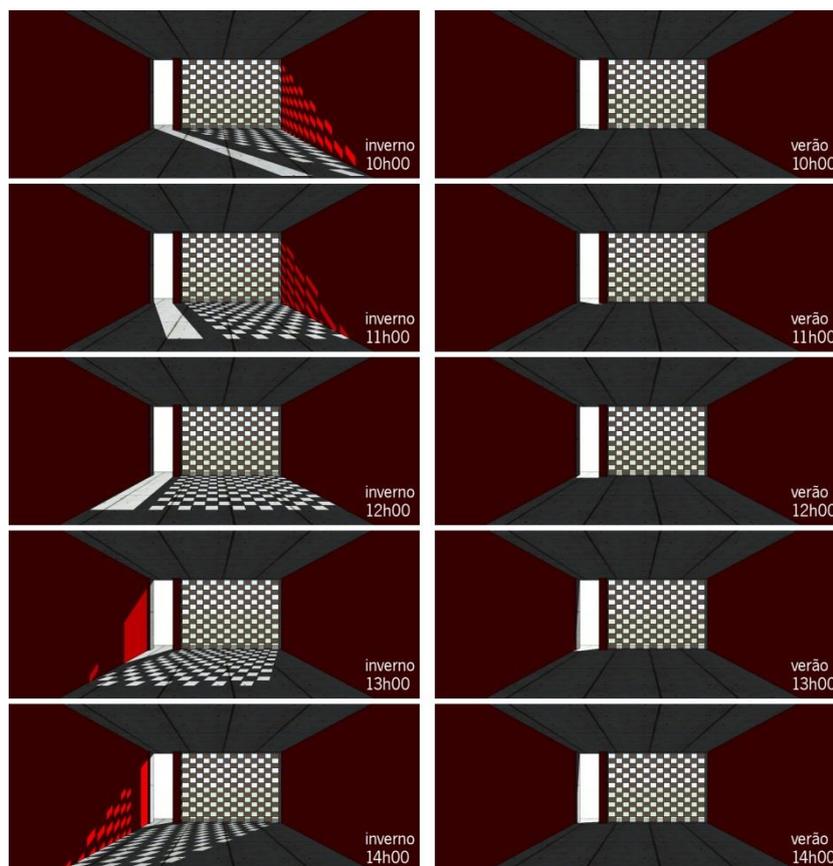
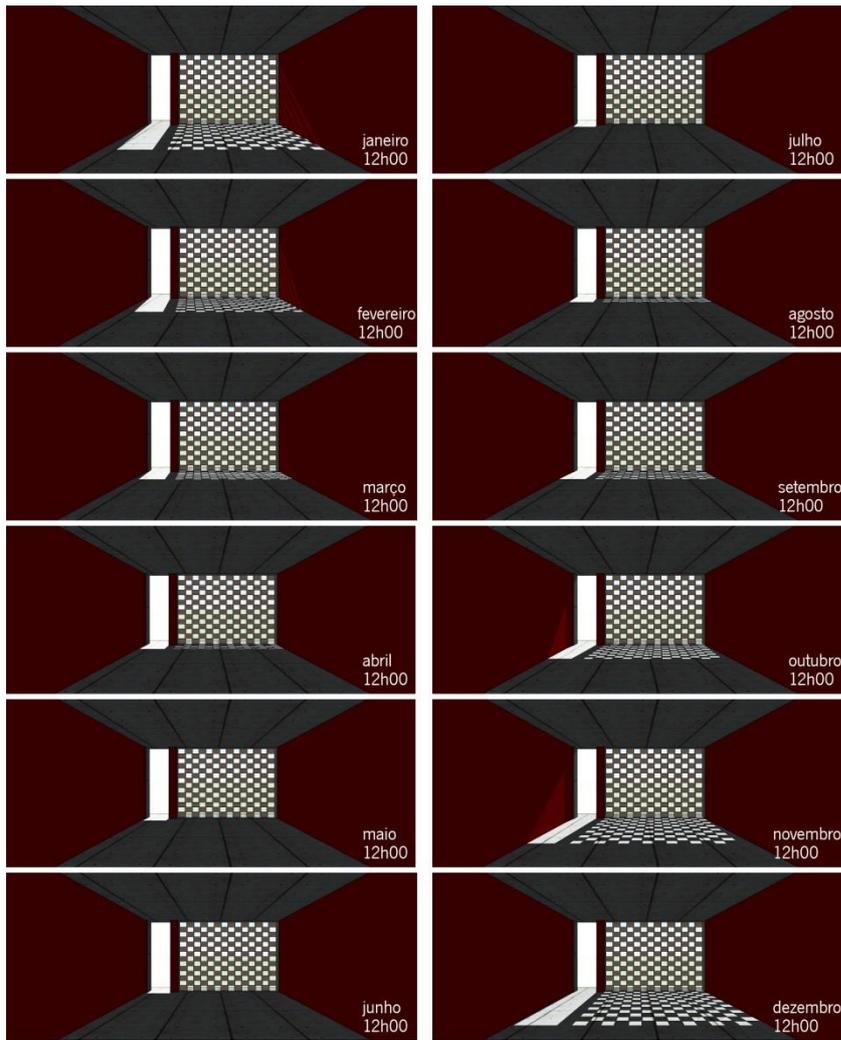


Fig. 245. Sequência de imagens virtuais dentro da célula que mostra a passagem de luz solar ao longo do inverno e do verão entre as 10h00 e as 14h00



**Fig. 246.** Sequência de imagens virtuais dentro da célula que mostra a passagem de luz solar ao longo do ano às 12h00

Pode-se notar pelas imagens virtuais que a parede permite a entrada de luz nas alturas mais frias do dia e do ano conforme comprovam os resultados dos quadros dos tópicos anteriores. Nas alturas mais quentes também se pode observar que a parede “filtro” atenua a radiação pelo facto de o sol se encontrar mais alto e por isso o ângulo de penetração para o interior dos espaços através da parede é menor. Desta forma são gerados espaços interiores mais sombreados.

De seguida são mostrados alguns *renders* do aspeto final do dispositivo.

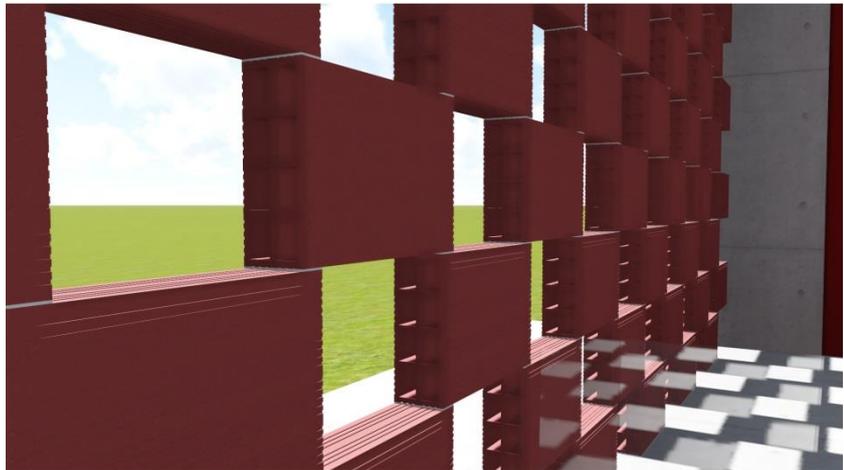
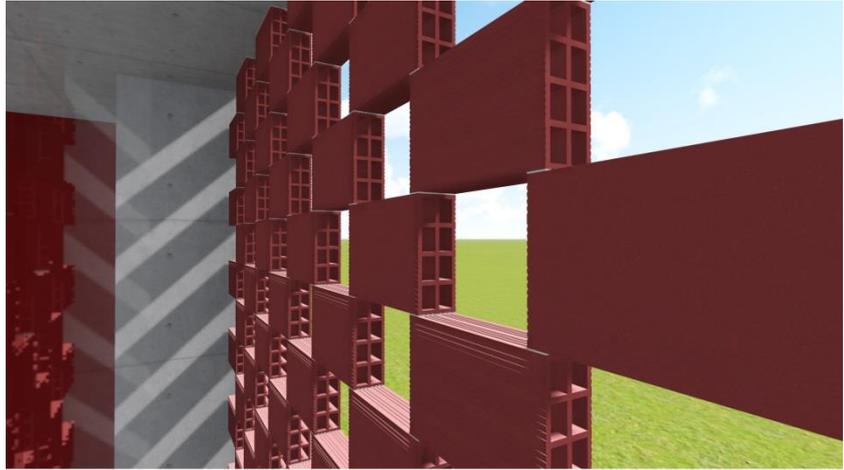


Fig. 247. *Renders* finais que mostram os pormenores da parede "filtro" 9

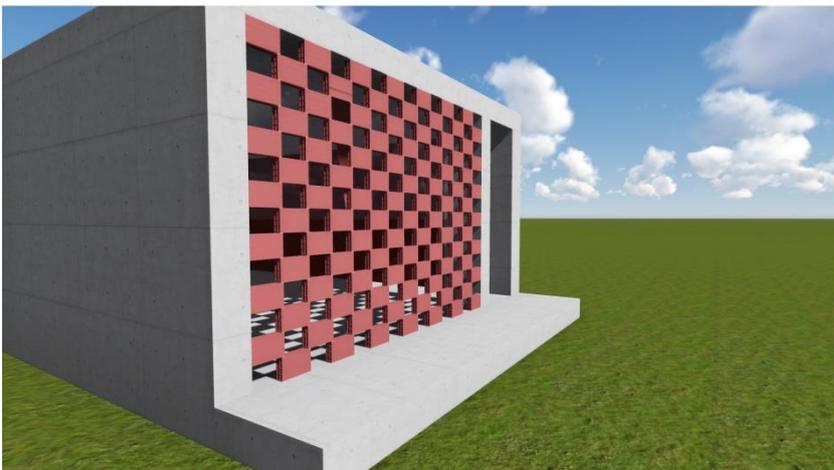
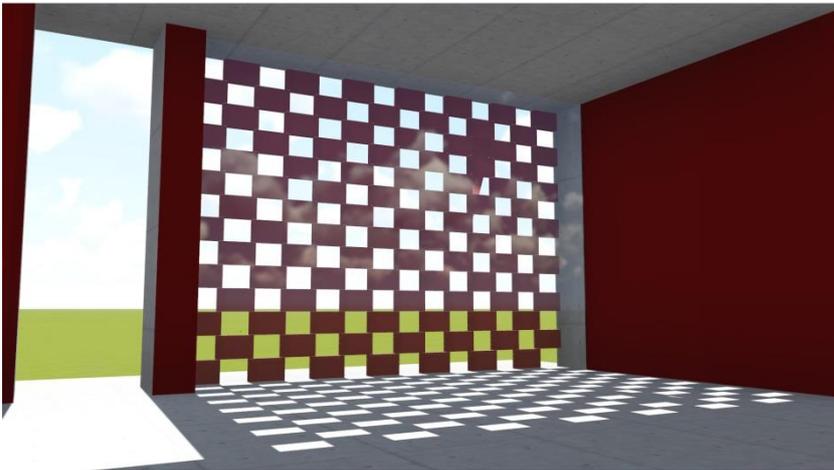
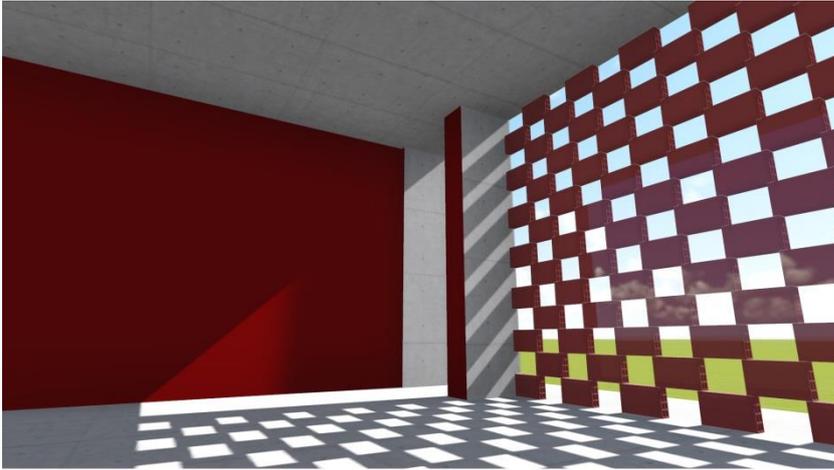


Fig. 248. *Renders* finais que mostram a filtragem de luz da parede "filtro" 9



## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

## 5.1 Conclusões

A eleição da cerâmica para investigação proveio da escolha de um material facilmente disponível, mas com uma aplicação não convencional. O trabalho focou-se em aspetos que permitiram, conforme as circunstâncias, ser aprofundados no âmbito da investigação. Como tal, a ideia passou por dar um contributo para a sua valorização na arquitetura, tal como promover usos mais racionais com vista a minimizar desperdícios em obra e maximizar a sua reutilização. Trata-se de um material amplamente caracterizado na construção, para além dos custos reduzidos. Deste modo é um material utilizado desde as primeiras construções primitivas, embora com diferentes métodos de produção e construção. Por ser um material que é produzido a partir de processos térmicos de altas temperaturas, tem a particularidade (face a outros materiais) de poder integrar revestimentos vidrados que lhe confere maior longevidade com mínima manutenção. Tirou-se partido do contacto com uma das poucas escolas artesanais de cerâmica abertas ao público no Norte do país, de forma a aliar os seus conhecimentos práticos à investigação. O trabalho tem também como objetivo ser um meio de divulgação para as potencialidades não convencionais da cerâmica. Através da visita a várias empresas de venda de materiais de construção (dentro do distrito de Braga e do Porto), constatou-se que a cerâmica, em especial o tijolo, é um produto quase sempre presente ao dispor da população. É um material que cumpre as suas exigências funcionais na construção. As mais-valias que foi registando no que diz respeito ao conforto térmico nos edifícios permitiram uma enorme expansão da alvenaria de tijolo cerâmico. Além disso é caracterizado pela sua facilidade de conformação de geometrias face às propriedades de resistência mecânica que adquire. O futuro do setor passa pela inovação.

Atualmente, a necessidade de redução dos consumos energéticos para a climatização dos edifícios é um tema na ordem do

dia. Devido ao sobreaquecimento de espaços na estação quente do ano, a ideia foi estudar vários tipos de dispositivos de sombreamento por clima, de forma a resolver o problema através do emprego do tijolo convencional. Objetivou-se a criação de uma parede que filtrasse a radiação solar vinda de sul (onde incide diretamente o sol) e que, em simultâneo, fosse polivalente, ou seja, que fosse adaptável a várias tipologias espaciais. O trabalho deu resposta ao problema concebendo e testando uma série de propostas de parede “filtro” em tipos de tijolo corrente em Portugal, concluindo que algumas delas funcionam adequadamente e podem ser reproduzidas. Sendo que o número de configurações de parede é interminável, foram testadas algumas soluções de parede “filtro” que permitem uma redução do consumo energético na climatização. Assim, é melhorado o equilíbrio das temperaturas ao longo do ano, maximizando os ganhos de radiação solar na estação fria e minimizando-os na estação quente, além de assegurar conforto lumínico. As soluções propostas são facilmente exequíveis.

Com a investigação criou-se um contributo para a redução dos consumos energéticos nestes espaços através de sistemas solares passivos, valorizando, além do material, a arquitetura do edifício.

Apesar das restritas dimensões que os tijolos correntes em Portugal apresentam, conclui-se que podem funcionar como elemento “filtro” de espaços na arquitetura.

Devido a limitações dos programas de cálculo utilizados, não foi possível explorar geometrias em diferentes ângulos nem furações a não ser de forma quadrangular e retangular, deixando como possíveis investigações futuras do tema. A investigação deixa também para possível estudo futuro o desenvolvimento de outro tipo de análises às soluções propostas, pois no trabalho desenvolvido apenas o tema da permeabilidade visual, da luz e da radiação solar foram explorados.



## VI. MATERIAL DE APOIO

## 6.1 Bibliografia

**BOCH**, Philippe; **NIÈPCE**, Jean-Claude - *Ceramic Materials: Processes, Properties and Applications*. SPCI; University of Bourgogne: ISTE, 2007. ISBN 978-1-905209-23-1

**CARTER**, C. Barry; **NORTON**, M. Grant - *Ceramic Materials: Science and Engineering*. 2ª ed. New York: Springer, 2007. ISBN 978-1-4614-3522-8

**DIAS**, Baio et al. - *Manual de Alvenaria de Tijolo*. 2ª ed. Coimbra: Apicer, 2009. ISBN 978-972-99478-58

**GÜETO**, Juan Morales - *Tecnología de los Materiales Cerámicos*. Comunidad de Madrid: Diaz de Santos, 2005. ISBN 9788479787226

**GUT**, Paul; **ACKERKNECHT**, Dieter - *Climate responsive buildings: appropriate building construction in tropical and subtropical regions*. St. Gallen: SKAT Foundation, 1993. ISBN 3-908001-39-0

**LECHNER**, Norbert - *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. 4ª ed. New Jersey: Wiley, 2014. ISBN 978-1-118-58242-8

**MENDES**, Pávo Jorge - *A influência do RCCTE na arquitetura e as perspectivas para o futuro*. Guimarães: Universidade do Minho, 2013. Dissertação de Mestrado

**MENDONÇA**, Paulo - *Habitar sob uma segunda pele: Estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*. Guimarães: Universidade do Minho, 2005. Dissertação de Doutoramento

**RICHERSON**, David W. - *Modern Ceramic Engineering: Properties, Processing and Use in Design*. 3ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. ISBN 1-57444-693-2

## 6.2 Webgrafia

**AA.VV.** - *Classificação climática de Köppen-Geiger* [Em linha]. [S.l.], atual. 25 janeiro 2016. [Consult. 21 abril 2016]. Disponível na internet: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_clim%C3%A1tica\\_de\\_K%C3%B6ppen-Geiger](https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_clim%C3%A1tica_de_K%C3%B6ppen-Geiger)

**AA.VV.** - *Dicionário Informal* [Em linha]. [S.l.], 2006-2016. [Consult. 25 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.dicionarioinformal.com.br/>

**AA.VV.** - *Iglesia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes* [Em linha]. [S.l.], 2004-2006. [Consult. 18 março 2016]. Disponível na internet: <https://www.imcanelones.gub.uy/?q=node/3577>

**AA.VV.** - *Iglesia de Atlantida* [Em linha]. [S.l.], atual. 11 abril 2015. [Consult. 21 março 2016]. Disponível na internet: [https://es.wikiarquitectura.com/index.php?title=Iglesia\\_de\\_Atlantida](https://es.wikiarquitectura.com/index.php?title=Iglesia_de_Atlantida)

**AA.VV.** - *Wikipédia* [Em linha]. [S.l.], 2001-2016. [Consult. 25 abril 2016]. Disponível na internet: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:P%C3%A1gina\\_principal](https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:P%C3%A1gina_principal)

**ALMEIDA**, Ana João - *Notas Sobre Cerâmica* [Em linha]. [S.l.], 2013. [Consult. 18 janeiro 2015]. Disponível na internet: <https://actoartístico.files.wordpress.com/2015/09/notas-sobre-cerc3a2mica.pdf>

**ALVES**, Jorge - *Casa padrão de tijolos / Alireza Mashhadmirza* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 17 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archdaily.com.br/br/01-88489/casa-padrao-de-tijolos-slash-alireza-mashhadmirza>

**ANDREINI**, Laura et al. - *Revestimento Externo em Cerâmica para a Biblioteca de Nembro* [Em linha]. Firenze, 2015. [Consult. 13 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archdaily.com/pt-br/revestimento-externo-em-ceramica-para-a-biblioteca-de-nembro/>

**Apicer ; CTCV** - *Caracterização do Subsector da Indústria Cerâmica Estrutural em Portugal: Para uma Perspectiva de Futuro* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 19 fevereiro 2015]. Disponível na internet: [http://www.pofc.qren.pt/ResourcesUser/2012/Estudo\\_Ceromica\\_Estrutural.pdf](http://www.pofc.qren.pt/ResourcesUser/2012/Estudo_Ceromica_Estrutural.pdf)

**Apicer** – *Promoção do Empreendedorismo e da Criação de Empresas com maior Valor Acrescentado* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 18 fevereiro 2015]. Disponível na internet: [http://www.apicer.pt/apicer/admin/EXPLORER/ficheiros/pdf/estudos/Estudo\\_Promocao\\_Empreendedorismo.pdf](http://www.apicer.pt/apicer/admin/EXPLORER/ficheiros/pdf/estudos/Estudo_Promocao_Empreendedorismo.pdf)

**Archdaily** - *Centro Cerâmico de Triana / AF6 Arquitectos* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 14 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/757925/centro-ceramica-triana-af6-arquitectos>

**BARTOLOME**, Miguel - *Libros cerâmicos como filtros solares en la fachada de la Biblioteca de Nembro* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 13 março 2016]. Disponível na internet: <http://ceramicaamanoalzada.com/libros-ceramicos-como-filtros-solares-en-la-fachada-de-la-biblioteca-de-nembro/>

**BOGAS**, José Alexandre - *Materiais de Construção; Materiais Cerâmicos* [Em linha]. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2013. [Consult. 10 fevereiro 2015]. Disponível na internet: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1970943312271185/Ceramicos\\_Bogas.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1970943312271185/Ceramicos_Bogas.pdf)

**BRITO**, Raquel Soeiro - *Clima e suas influências: A irregularidade do tempo no Continente* [Em linha]. Lisboa, 2016. [Consult. 22 março 2016]. Disponível na internet: [http://dev.igeo.pt/atlas/Cap1/Cap1d\\_2.html](http://dev.igeo.pt/atlas/Cap1/Cap1d_2.html)

**Brownbook** - *Brick by Brick* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 18 março 2016]. Disponível na internet: [http://brownbook2.rssing.com/chan-8918655/all\\_p8.html](http://brownbook2.rssing.com/chan-8918655/all_p8.html)

**CHINO**, Mike - *Architect Francisco Mangad; Spanish Pavilion in Expo Zaragoza* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 15 março 2016]. Disponível na internet: <http://cargocollective.com/klink/Architect-Francisco-Mangad-Spanish-Pavilion-in-Expo-Zaragoza>

**COELHO**, Glaucci; **BACELLAR**, Isabela - *História e Teoria da Arquitetura I; Arte e Arquitetura mesopotâmia* [Em linha]. Aula 7. Rio de Janeiro (etc.): Universidade Unigranrio, 2013. atual. 12 dezembro 2013. [Consult. 16 março 2015]. Disponível na internet: <http://pt.slideshare.net/GlaucciCoelho/aula-7-arte-e-arquitetura-mesopotmia-revisado-em-121013>

**DELAQUA**, Victor - *Pavilhão Espanhol na Expo Zaragoza 2008 / Francisco Mangado* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 16 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archdaily.com.br/br/758647/pavilhao-espanhol-na-expo-zaragoza-2008-francisco-mangado>

**Divisare** - *4 Casas con patio al frente* [Em linha]. Roma, 2009. [Consult. 21 março 2016]. Disponível na internet: <http://divisare.com/projects/290409-francisco-cadau-4-casas-con-patio-al-frente>

**DUQUE**, Karina - *Clásicos de Arquitectura: Capilla de las Capuchinas / Luis Barragán* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 21 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-207404/clasicos-de-arquitectura-capilla-de-las-capuchinas-luis-barragan>

**FAGUNDES**, Carolina - *Uso de fachadas móveis na arquitetura contemporânea* [Em linha]. Curitiba; Universidade Federal do Paraná, 2015. Relatório final de pesquisa. [Consult. 20 dezembro 2015]. Disponível na internet: [http://grupothac.weebly.com/uploads/6/8/3/8/6838251/ufpr2015\\_relfinal\\_carolina.pdf](http://grupothac.weebly.com/uploads/6/8/3/8/6838251/ufpr2015_relfinal_carolina.pdf)

**GANTENBEIN**, Köbi - *Architecture of the Gantenbein Winery* [Em linha]. Fläsch, 2006. [Consult. 1 março 2016]. Disponível na internet: <https://gantenbeinwine.com/>

**GARCÍA**, Maria Dolores et al. - *Proceso de realización de piezas cerámicas para el Centro de Interpretación de la Cerámica de Triana, Sevilla* [Em linha]. Sevilla, 2012. [Consult. 14 março 2016]. Disponível na internet: <http://metisrestaura.com/proceso-de-realizacion-del-revestimiento-ceramico-del-patio-interior-del-museo-de-la-ceramica-de-triana-sevilla/>

**GERBER**, Peter et al. - *Martinet Primary School* [Em linha]. New York, (2012). [Consult. 12 março 2016]. Disponível na internet: <http://architizer.com/projects/martinet-primary-school/>

**GOUVEA**, Irajá - *Dicionário de Arquitetura* [Em linha]. [S.l.], 2009. [Consult. 9 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://arquitetando.xpg.uol.com.br/dicionario%20de%20arquitetura.htm>

**GRAMAZIO**, Fabio et al. - *Winery Gantenbein / Gramazio & Kohler + Bearth & Deplazes Architekten* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 3 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archdaily.com/260612/winery-gantenbein-gramazio-kohler-bearth-deplazes-architekten>

**GRILO**, Maria João Teles - *Vasco Vieira da Costa; Os caminhos sombreados do sol* [Em linha]. [S.l.], 1997. [Consult. 27 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://cargocollective.com/arquiteturamoderna/anda/Texto-6>

**HISTÓRIA** del Art: El Nacimiento de la Arquitectura [Em linha]. [S.n.t.]. [Consult. 13 abril 2015]. Disponível na internet: <http://www.historiadelarte.us/arte-mesopotamico-primitivo/el-nacimiento-de-la-arquitectura/>

**Infopédia** - *Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico* [Em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2016. [Consult. 11 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa>

**ipma** - *Clima de Portugal Continental* [Em linha]. Lisboa: Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2016. [Consult. 22 março 2016]. Disponível na internet: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>

**JONES**, Rennie - *AD Classics: Mill Owners' Association Building* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 26 fevereiro 2016]. Disponível na internet: [http://www.archdaily.com/464142/ad-classics-mill-owners-association-building-le-corbusier/?utm\\_source=feedburner&utm\\_medium=feed&utm\\_campaign=Feed%3A+ArchDaily+%28ArchDaily%29](http://www.archdaily.com/464142/ad-classics-mill-owners-association-building-le-corbusier/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+ArchDaily+%28ArchDaily%29)

**KAMAL**, Mohammad Arif - *Le Corbusier's Solar Shading Strategy for Tropical Environment: A Sustainable Approach* [Em linha]. Dhahram; King Fahd University of Petroleum and Minerals, 2013. [Consult. 21 dezembro 2015]. Disponível na internet: <http://www.tds.tu.ac.th/jars/download/jars/v10-1/02%20Muhammad.pdf>

**KREBS**, Agustín Infante - *Iglesia de Atlántida; Eladio Dieste* [Em linha]. [S.l.], 2010. [Consult. 20 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-37873/iglesia-de-atlantida-eladio-dieste>

**LALUETA**, Inés et al. - *Centro Cerámico de Triana por AF6 Arquitectos* [Em linha]. Canarias; Madrid, 2013. [Consult. 13 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.metalocus.es/es/noticias/centro-cer%C3%A1mico-de-triana-por-af6-arquitectos>

**LEITÃO**, Elenara - *Quando o ciúme se encontra com a Arquitetura; Gelasias* [Em linha]. Porto Alegre, 2014. [Consult. 26 novembro 2015]. Disponível na internet: <http://www.elenaraleitao.com.br/2014/08/quando-o-ciume-se-encontra-com.html>

**LINO**, Sulamita Fonseca - *flexibilidade e autonomia na produção arquitetônica* [Em linha]. [S.l.], 2008. [Consult. 19 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.096/142>

**LUTYENS**, Dominic - *Out on the tiles: Ceramic Architectural facades* [Em linha]. London, 2013. [Consult. 12 março 2016]. Disponível na internet: <https://www.architonic.com/en/story/dominic-lutyens-out-on-the-tiles-ceramic-architectural-facades/7000794>

**MALDONADO**, Eduardo - *Sistemas Solares Passivos* [Em linha]. Vol. 8, Fasc. 8 (1985), p. 99-108. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto. [Consult. 30 setembro 2015]. Disponível na internet: [http://nautilus.fis.uc.pt/gazeta/revistas/8\\_3/099-108.300.pdf](http://nautilus.fis.uc.pt/gazeta/revistas/8_3/099-108.300.pdf)

**MANGADO**, Francisco - *Spanish Pavilion for Expo Zaragoza 2008* [Em linha]. [S.l.], 2018. [Consult. 16 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archilovers.com/projects/7587/spanish-pavilion-for-expo-zaragoza-2008.html#info>

**MAR FER** - *Parroquia Cristo Obrero y Nuestra Señora de Lourdes* [Em linha]. [S.l.], 2007. [Consult. 19 março 2016]. Disponível na internet: [http://es.trekearth.com/gallery/South\\_America/Uruguay/photo/636888.htm](http://es.trekearth.com/gallery/South_America/Uruguay/photo/636888.htm)

**MASHHADIMIRZA**, Alireza - *brick pattern house by alireza mashhadmirza* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 18 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.designboom.com/readers/brick-pattern-house-by-alireza-mashhadimirza/>

**MATOS**, Filipe et al. - *Revista de História* [Em linha]. Itajai, 2013. [Consult. 26 março 2015]. Disponível na internet: [http://pt.slideshare.net/LipeeMatos/revista-de-histria-filipe-matos?qid=ceca8e84-3de3-4b0c967a-a1ed8e4a720c&v=&b=&from\\_search=9](http://pt.slideshare.net/LipeeMatos/revista-de-histria-filipe-matos?qid=ceca8e84-3de3-4b0c967a-a1ed8e4a720c&v=&b=&from_search=9)

**MENDES**, Alex - *Cobogó* [Em linha]. [S.l.], 2011. [Consult. 6 dezembro 2015]. Disponível na internet: <http://portalarquitetonico.com.br/cobogo/>

**MENDONÇA**, Paulo; **MARTINS**, Bruno - *International Journal of Environmental Science and Development* [Em linha]. Vol. 6, n.º11 (2015), pp. 833-837. [Consult. 15 dezembro 2015]. Disponível na internet: <http://www.ijesd.org/vol6/708-E0005.pdf>. ISSN 2010-0264

**NOGUEIRA**, Regina et al. - *Chiqdasilva, bioclimática plugin* [Em linha]. São Paulo, 2011. [Consult. 22 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://www.bioclimaticarquitectura.com.br/2011/09/chiqdasilva-bioclimatica-plugin.html>

**NUNES**, Cristiane - *O uso do cobogó na arquitetura bioclimática* [Em linha]. Rio de Janeiro, 2015. [Consult. 5 dezembro 2015]. Disponível na internet: <http://sustentarqui.com.br/dicas/o-uso-do-cobogo-na-arquitetura-bioclimatica/>

**PADILLA**, Ignacio J. - *Capilla de las Capuchinas Sacramentarias, 1952-55* [Em linha]. California, 2010. [Consult. 21 março 2016]. Disponível na internet: <http://arquitecturadepaisaje.blogspot.pt/2010/06/capilla-de-las-capuchinas.html>

**PEGENAUTE**, Pedro - *Ceip Martinet / Mestura Arquitectes* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 10 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.archdaily.com/270964/ceip-martinet-mestura-arquitectes>

**PERRETTA**, Julio Gómez - *Luis Barragan, en Nombre de la Luz* [Em linha]. Valencia, 2014. [Consult. 22 março 2016]. Disponível na internet: <http://www.arquitecturayempresa.es/noticia/luis-barragan-en-nombre-de-la-luz>

**PINHO**, Rui - *Engenharia de Metais: Cerâmicos* [Em linha]. [S.l.], 2011. [Consult. 5 janeiro 2015]. Disponível na internet: <http://emateriais.blogspot.pt/>

**Point da Arte** - *História das Artes Visuais; A História da Arquitetura* [Em linha]. [S.l.], 2011. [Consult. 27 março 2015]. Disponível na internet: <http://pointdaarte.webnode.com.br/news/a-historia-da-arquitetura/>

**Portal da Construção Sustentável** - *Energia: Energias Passivas* [Em linha]. [S.l.], 2013 [Consult. 12 outubro 2015]. Disponível na internet: [http://www.csustentavel.com/wp-content/uploads/2013/10/ENERGIA\\_energia-passiva.pdf](http://www.csustentavel.com/wp-content/uploads/2013/10/ENERGIA_energia-passiva.pdf)

**RAGOT**, Gilles - *Unité d'habitation de Marseille* [Em linha]. [S.l.], 2014. [Consult. 27 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://www.sites-le-corbusier.org/fr/unite-habitation>

**REZENDE**, Carol - *Tecnologia e Sustentabilidade: Chiq da Silva* [Em linha]. [S.l.], 2007. [Consult. 24 fevereiro 2016]. Disponível na internet: [http://www.ignezferraz.com.br/mainportfolio4.asp?pagina=Artigos&cod\\_item=1855](http://www.ignezferraz.com.br/mainportfolio4.asp?pagina=Artigos&cod_item=1855)

**SANTOS**, Mário - *Gelosia na: arte, música, amor, política* [Em linha]. [S.l.], 2012. [Consult. 30 novembro 2015]. Disponível na internet: <http://passodeacerto.blogspot.pt/2012/05/persianaveneziana-gelosia-ciume-jealous.html>

**SCHNIDER**, Lukas Guy - *Brise Soleil study* [Em linha]. Zürich (etc.), 2012. [Consult. 5 janeiro 2015]. Disponível na internet: <http://urbanalyse.com/research/brise-soleil-study-2/>

**SILVA**, Flora et al. - *Arquitetura do Barro, Fluidez estética e ecológica nas construções malianas* [Em linha]. Mali, 2015. [Consult. 6 janeiro 2016]. Disponível na internet: <http://www.afreaka.com.br/arquitura-do-barro/>

**SILVA**, José Luis de Almeida - *O Futuro da Indústria Cerâmica: Retrospectiva, Diagnóstico e Cenários por Subsector* [Em linha]. Cap. IX. [S.l.], 2004. [Consult. 9 março 2015]. Disponível na internet: [http://www.crcvirtual.org/vfs/old\\_crcv/biblioteca/e\\_mpresa/IX.html](http://www.crcvirtual.org/vfs/old_crcv/biblioteca/e_mpresa/IX.html). ISBN 972-97575-1-8

**SOLLA**, Ignacio Fernández - *Le Corbusier: a French lesson on "Murs neutralisants"* [Em linha]. Madrid, 2012. [Consult. 28 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://facadesconfidential.blogspot.pt/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html>

**Taller AVB** - *Viaje 1: Campana 4 casas con patio* [Em linha]. [S.l.], 2011. [Consult. 20 março 2016]. Disponível na internet: <http://talleravb.blogspot.pt/2011/04/viaje-1-campana-4-casas-con-patio.html>

**The Free Dictionary** - *Dictionary, Encyclopedia and Thesaurus* [Em linha]. [S.l.], 2009. [Consult. 17 janeiro 2015]. Disponível na internet: <http://es.thefreedictionary.com/cer%C3%A1mica>

**Torreense** - *Telhas e Telhados cerâmicos* [Em linha]. Torres Vedras, 2010-2016. [Consult. 12 outubro 2015]. Disponível na internet: <http://www.ceramicatorreense.pt/pt/telhados/>

**ZEBALLOS**, Carlos – *Luis Barragan: Chapel of the Capuchinas* [Em linha]. [S.l.], 2011. [Consult. 21 março 2016]. Disponível na internet: <http://architecturalmoleskine.blogspot.pt/2011/09/luis-barragan-chapel-of-capuchinas.html>

## 6.3 Videografia

**BERGAMO**, André et al. - *História do Cobogó; Arquitetura Brasileira* [Em linha]. Brasília: Brasilidade, 2013. Video (7min05). [Consult. 11 dezembro 2015]. Disponível na internet: <https://www.youtube.com/watch?v=VenOeu7Jiww>

## 6.4 Programas

**GRONBECK**, Christopher - *Sustainable by Design* [Em linha]. Seattle, 1995 [Consult. 23 março 2016]. Disponível na internet: [http://susdesign.com/overhang\\_annual\\_beta/](http://susdesign.com/overhang_annual_beta/)

**LIGGETT**, Robin; **MILNE**, Murray - *Climate Consultant 6.0* [Em linha]. United States, 2016 [Consult. 29 fevereiro 2016]. Disponível na internet: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>



## VII. ANEXOS

## ANEXO 1. Definição de cerâmica

“**Cerámica** (del gr. *Keramikós*, arcilla)

*f. Arte de fabricar vasijas y otros objetos de barro, loza y porcelana de todas clases y calidades.*

*Estos mismos objetos considerados en conjunto.*

*Conocimiento científico de ellos, desde el punto de vista técnico y arqueológico. La alfarería se remonta a la época prehistórica, y desde las más remotas épocas históricas (Egipto, Caldea, Asiria, Fenicia) aparecen pastas cerâmicas com esmalte de rara perfección técnica. El componente básico de la cerâmica es la arcilla. Se dividen en dos categorías: a) de pasta porosa, permeables a los fluidos. Se obtiene por cocción a una temperatura tal que unicamente se produce la deshidratación total de la arcilla, b) de pasta compacta, impermeable. En su obtención debe provocarse un principio de fusión que favorezca la soldadura de la pasta. Es necesaria, además, la adición de fundentes. Se cuece a temperatura más elevada. Son cerâmicas compactas las porcelanas y el gres.”<sup>247</sup>*

The Free Dictionary

Na sua formação, a palavra *cerâmica* provém do grego *Keramike*, derivada de *Kéramos*, que significa *arte dos vasos cozidos*. Define produtos aquecidos, com argila na sua constituição.<sup>248</sup>

Segundo Boch e Niépce (2007), o termo *cerâmica* não tem um significado específico, já que cada um pode ter uma diferente definição, sem que haja um consenso. Podem ser adotadas várias definições, dependendo do ponto de vista de cada um. Portanto, torna-se uma definição relativa, à qual podemos tomar como base o trabalho de investigadores no assunto:<sup>249</sup>

---

<sup>247</sup> The Free Dictionary (2009)

<sup>248</sup> CARTER; NORTON (2007) apud BOGAS (2013) p4

<sup>249</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) p4

*“No domínio da ciência dos materiais, a maioria dos materiais de engenharia são divididos por conveniência, em três grandes classes: metais; polímeros; cerâmicos.”*<sup>250</sup>

Bogas

Dentro do domínio da engenharia, além da distinção entre classes de materiais, é plausível considerar os mesmos segundo classes de grupos, os quais, grupos dos materiais compósitos e eletrônicos. As propriedades elétricas, físicas e mecânicas são as características que servem de base a esta posterior separação em grupos.<sup>251</sup>

Como objeto de estudo da presente investigação, a classe ou grupo dos materiais cerâmicos é o foco de pesquisa.

Como definição, os materiais de base cerâmicos são dotados de determinadas propriedades. Na sua gênese, podem ser considerados inorgânicos de origem não-metálica. Na sua estrutura estão presentes elementos metálicos ou não-metálicos, unidos quimicamente entre si em ligações iônicas e/ou covalentes.<sup>252</sup>

Diferentes teses são defendidas por autores em relação à definição e caracterização do material. Segundo Richerson (2006):

*“[...] most solid materials that aren't metal, plastic, or derived from plants or animals are ceramics.”*<sup>253</sup>

Richerson

Segundo Kingery, Bowen e Uhlmann (1976):

*“[...] a ceramic is a nonmetallic, inorganic solid.”*<sup>254</sup>

Kingery e Bowen

---

<sup>250</sup> BOGAS (2013) p3

<sup>251</sup> Idem

<sup>252</sup> Idem

<sup>253</sup> RICHERSON (2006) apud CARTER; NORTON (2007) p4

<sup>254</sup> KINGERY; BOWEN; UHLMANN (1976) apud CARTER; NORTON (2007) p4

Entre as definições seguidas por distintos autores que abordam este tema, a que gera mais consenso é a de Kingery, Bowen e Uhlmann (1976). Carter e Norton (2007) mostram-se solidários com esta tese, e ainda defendem:

*“We thus define ceramics in terms of what they are not. It is also not possible to define ceramics, or indeed any class of material, in terms of specific properties.”*<sup>255</sup>

Carter e Norton

### **Cerâmicos técnicos**

Os cerâmicos técnicos são mais utilizados e encontrados em tecnologia de ponta, na inovação e desenvolvimento de cerâmicos com características mais específicas e novas exigências. Com maior desenvolvimento apenas a partir do último século, este grupo de cerâmicos é constituído vulgarmente por compostos puros ou quase puros. Novos materiais além dos tradicionais são encontrados na sua constituição:<sup>256</sup>

*“[...] cerâmicas piezoeléctricas, fibras ópticas, capacitadores, combustíveis nucleares, biomateriais (próteses), produtos de alta resistência (abrasivos, ferramentas de corte – SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, carboneto de tungsténio), de alta temperatura (refractários para indústria cimentícia, metalúrgica, e vidro), de alta resistência e temperatura (compósitos termoestruturais).”*<sup>257</sup>

Bogas

---

<sup>255</sup> CARTER; NORTON (2007) p4

<sup>256</sup> BOGAS (2013) p7

<sup>257</sup> Idem

## ANEXO 2. Aparecimento da cerâmica

A litosfera, camada externa sólida do planeta, é constituída por rochas. Na pré-história, defende-se que a pedra e a cerâmica estavam intimamente relacionadas, uma vez que ambas são geradas de forma idêntica na Natureza.

Para procurar as origens deste material, temos que recuar cerca de 2,5 milhões de anos, período do início da Idade da Pedra. O Paleolítico, o mais antigo período desta época, foi um período da história em que a cerâmica se tornou manifestamente relevante. O Homem passou a desenvolver técnicas de caça e defesa para a sua sobrevivência, construindo armas com rochas específicas e até usando as rochas como base de abrigo e refúgio.<sup>258</sup>

O Homem aprendeu que, misturando água ou óleos de origem animal com solos de cor provenientes de argilas, podiam-se obter pigmentos que permitiam decorar o seu corpo. Estima-se que os mesmos pigmentos foram utilizados para decorar paredes de cavernas. Um destes exemplos é encontrado na *Caverna de Chauvet*, descoberta em França em 1994, onde são retratadas 420 imagens de animais, há cerca de 35 mil anos atrás. Outro importante exemplo de caverna com estas descrições, também situada na França, é a *Caverna Lascaux*, em que as pinturas datam cerca de 20 mil anos atrás. Nestas gravuras, além de serem encontrados pigmentos vermelhos e amarelos da argila, são vistos outros materiais como carvão vegetal.<sup>259</sup>

A cerâmica consiste num material frágil e quebrável e uma vez fraturado não pode ser reutilizado ou reciclado. Além do mais, este não é um material facilmente deteriorado com o tempo. Este facto explica o porquê de serem encontrados frequentemente vestígios de elementos cerâmicos dos nossos antepassados. Representam autênticos fósseis e ajudam-nos desde sempre a construir a lógica da evolução, auxiliando por vezes a desvendar e perceber novas civilizações. Foram sobretudo as cavernas que permitiram preservar



**Fig. 249.** Figuras na *Caverna de Chauvet*, França  
Retirado de <http://www.arte-coa.pt/Ficheiros/Imagem/618/618.pt.jpg>

<sup>258</sup> CARTER; NORTON (2007) p17

<sup>259</sup> RICHERSON (2006) p9

essas evidências. Após a descoberta da argila em bruto, o Homem primitivo rápido aprendeu a tirar partido da sua plasticidade, o que apontava para a posterior descoberta da cerâmica tradicional conhecida na atualidade. As primeiras ocorrências de cerâmica surgiram por volta de 26.000 a.C., aquando o fim do período Paleolítico. Foram encontrados, nomeadamente em 1920, fragmentos de estatuetas antropomórficas e artefactos em Dolni Vestonice, antiga Checoslováquia, atual República Checa.<sup>260</sup>



**Fig. 250.** Estatueta *Vénus de Vestonice* encontrada na República Checa, 26.000 a.C.  
Retirado de [http://www.world-archaeology.com/wp-content/uploads/2013/02/01172519\\_001.jpg](http://www.world-archaeology.com/wp-content/uploads/2013/02/01172519_001.jpg)

Estas estatuetas incluem mais de 10 mil fragmentos e retratam lobos, raposas, cavalos, pássaros, gatos, ursos e mulheres. Nas mesmas esculturas é incluída uma conhecida estatueta com 25.000 anos da figura feminina nomeada *Venus de Vestonice* quase intacta, que se pensa ter simbolizado a beleza e a fertilidade.<sup>261</sup>

Diferentes teses especulam a ideia de que as estatuetas foram incendiadas em rituais, de forma a garantir caças bem-sucedidas e fertilidade.<sup>262</sup>

A inexistência de atributos faciais desta e outras estatuetas de representações de Vénus, levam antropólogos a equacionar o papel que estes valores desempenharam nas sociedades pré-históricas.<sup>263</sup>

Estas estatuetas cerâmicas foram produzidas num processo rudimentar. Utilizavam-se sedimentos férteis locais de coloração amarelada como matéria-prima e a queima era feita de forma aberta - em ferradura - cozidos a temperaturas inferiores a 900°C.<sup>264</sup>

Não é sabido concretamente quando o artesão pré-histórico começa a trabalhar a forma tridimensional a partir da argila nem quando a expôs ao fogo para secar e transformar em cerâmica, mas tratou-se de um grande passo para a humanidade. Trata-se da primeira vez em que é criado um novo material pelo Homem a partir do fogo, pela transformação dum material natural. Foi precisamente

---

<sup>260</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) p30

<sup>261</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

<sup>262</sup> RICHERSON (2006) p9

<sup>263</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

<sup>264</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) p30

na atual República Checa que foi encontrado um local que aparenta consistir numa fogueira planeada para queimar cerâmica, que data entre 24.000 e 26.000 anos atrás. Trata-se da mais antiga evidência encontrada que comprova a utilização do fogo para cozer o barro.<sup>265</sup>

Quando a argila é misturada com água torna-se maleável devido à sua viscosidade, mas a partir do momento que começa a secar passa a endurecer. Permanecendo ao ar livre, uma escultura provavelmente deteriorar-se-ia com a chuva ou qualquer contacto com a água. No entanto, se for protegida num local seco e resguardado pode ser preservada. Na *Caverna Tuc d'Audobert* na França encontra-se um desses casos, onde foram encontradas estatuetas de dois bisontes em argila seca e moldada praticamente nas condições de quando foram esculpidos, datado cerca de 14.000 anos atrás. A primeira cerâmica produzida pelo Homem pré-histórico possuía melhores características comparadas com a da argila seca antecedente, pelo facto de resistir à água. Esta cerâmica equiparava-se um pouco à pedra mole, ou seja, fácil de esculpir, apesar de poder ser moldada de forma mais complexa, ao invés do processo fatigante de golpear a pedra. Esta argila cozida de baixas a moderadas temperaturas pode ser considerada barro pelas suas características.<sup>266</sup>

Na fase final do período da Idade da Pedra, estas manifestações de cerâmica subsistiram aparentemente isoladas e só milhares de anos depois viria a aparecer a cerâmica que perdurou até aos dias de hoje.<sup>267</sup>

Nas cavernas de Fukui, localizadas nas mediações de Nagasaki no Japão, nasceu a mais evidente produção arqueológica de vasos de cerâmica. Os vasos *Jomon*, provindos do período Jomon do Antigo Japão, são uma antiga produção de cerâmica que remonta a 10.000 a.C.. O seu nome significa “desenho de corda” em japonês e o mesmo é expresso na sua forma de decoração, que era realizado



**Fig. 251.** Bisontes cerâmicos, *Caverna Tuc d'Audobert*, França  
Retirado de <http://www.atlasobscura.com/places/tuc-d-audobert>

<sup>265</sup> RICHERSON (2006) p9

<sup>266</sup> Idem

<sup>267</sup> HARRIS (1997) apud BOCH; NIÉPCE (2007) p31



**Fig. 252.** Vaso cerâmico do período *Jomon*, Japão, 10.000 a.C.

Retirado de [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Middle\\_Jomon\\_Period\\_rope\\_pottery\\_5000-4000BC.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Middle_Jomon_Period_rope_pottery_5000-4000BC.jpg)

através de padrões característicos na superfície dos objetos argilosos. Estas ornamentações eram feitas através de utensílios como paus, ossos ou com as próprias unhas. À semelhança dos cerâmicos produzidos há cerca de 10.000 anos atrás no Médio Oriente, estes vasos eram cozidos a baixas temperaturas, comparativamente com a presente produção de cerâmica.<sup>268</sup>

Neste período presenciava-se uma seleção mais criteriosa de terra argilosa, em que, à mesma amálgama, eram acrescentadas fibras orgânicas e mica. Estatuetas construídas em terracota, neste período, são encontradas em locais como Sibéria acerca de 12.000 a.C., seguido da China, aproximadamente 13.000 a.C., na província de Jiangxi. Ainda no Médio Oriente, especificamente em Mureybet na Mesopotâmia, foram encontrados artefactos rudemente modelados que, apesar de pontuais aparições, comprovam o aparecimento precoce de terracota, por volta de 8.000 a.C.. Estas cerâmicas são referidas como intermitentes, pertencendo a uma fase do Neolítico. Podem ser designadas de *pré-cerâmica*.<sup>269</sup>

Além do Próximo e Médio Oriente, a explosão do uso da cerâmica teve início na Ásia e na Europa, entre 7.000 a.C. e 6.000 a.C.. Esta tomada foi resultado de transformações ocorridas no Homem, nomeadamente nas crenças dos vestígios da sedentarização, nas necessidades, estilos de vida, cultivo e criação de gado. Acredita-se que as cerâmicas deste período representaram sobretudo um papel mais simbólico do que utilitário. Este processo é vulgarmente referenciado de *neolitização*.<sup>270</sup>

Por volta de 6.000 a.C., a cerâmica era um ofício já bem desenvolvido.<sup>271</sup>

<sup>268</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

<sup>269</sup> MARGUERON (1991) apud BOCH; NIÉPCE (2007) p31

<sup>270</sup> PERLES; VITELLI (1994) apud BOCH; NIÉPCE (2007) p31

<sup>271</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

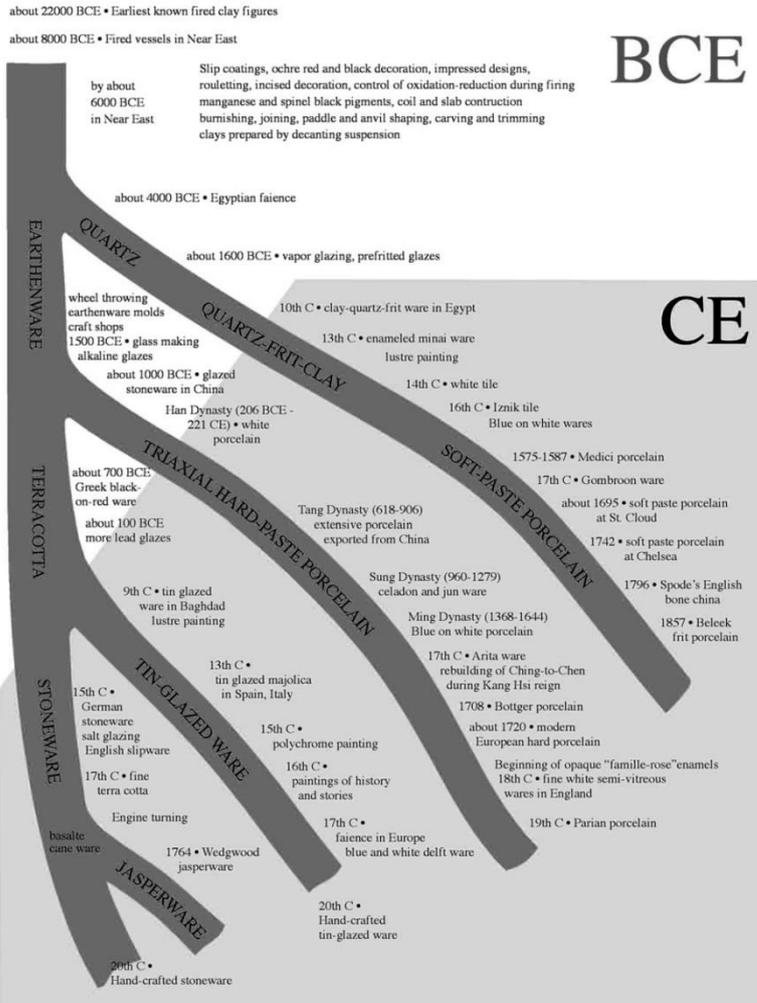


Fig. 253. Marcos importantes na evolução da porcelana  
 Adaptado de CARTER; NORTON (2007) p20

**Quadro 30.** Evolução histórica de cerâmicas com principais marcos de desenvolvimento

Retirado de RICHERSON (2006) p8

<i>Approximate time</i>	<i>Description of milestone</i>
24000 BC	Clay mixed with water, molded into a shape, dried, and fired to produce the first man-made ceramic "earthenware"
10000 BC	Early use of earthenware for useful articles such as containers
7000-6000 BC	Lime mortar used for filling spaces between stones in construction and also for making thick-walled containers
7000-5000 BC	Widespread use of earthenware for food storage and cooling
7000-5000 BC	Widespread use of paster-like cementitious ceramics in floor construction and as decorated interior wall coatings
4500 BC	Ceramics used to line crude kilns to smelt copper from its ores and make possible the Chalcolithic, Bronze, and Iron Ages
4500-3500 BC	Fired brick shown to be more durable than dried mud bricks
4500-3500 BC	Development of early faience to produce white ceramics with bright blue glassy coatings; precursor to development of glass and glazes
3500-2800 BC	Evolution of first writing consisting of pictographs and "cuneiform" symbols inscribed in clay tablets
3300 BC	Potter's wheel invented, making earthenware pottery available and affordable for just about everyone
2500-1600 BC	From early isolated examples of glass to well-established craft
1750-1150 BC	Variety of glazes developed including lead glazes and colored glazes
1025-750 BC	Early developments in China of stoneware, which was lighter in color, stronger, and less porous than earthenware
500-100 BC	High-strength concrete developed by Greeks and Romans and used widely in construction specially by the Romans
100-50 BC	Glass blowing invented, making glass items available to other than royalty and aristocrats
600-800 AD	Evolution of high-quality porcelain in China
800-900 AD	Islamic refinements of the use of white tin-based glazes and lustrous overglazes
1740s	"Transfer printing" invented to greatly increase the rate of production of tiles
1840s	"Dust pressing" invented to further dramatically increase rate of production of tiles and eventually become the uniaxial pressing process and workhorse of modern high-volume production of polycrystalline ceramics
Late 1800s	Demonstration of successful laboratory synthesis of single crystals of ruby and sapphire
Early 1900s	Increase in temperature capability of production kilns to greater than 1400°C and later to above 1600°C
Mid-1900s	Establishment of alumina-based ceramics and introduction of a wide range of new engineered ceramics
Late 1900s	Development of ultra-high-temperature, high-strength, and high-toughness ceramics and ceramic matrix composites

### ANEXO 3. Constituintes da cerâmica

Em relação a aspetos considerados mais técnicos, refere-se que matérias-primas com diferentes características podem ter implicação na microestrutura, faseamento da produção e nas propriedades da cerâmica após a sinterização, ou seja, o processo térmico.<sup>272</sup>

Além da composição e das proporções da matéria-prima, a qualidade da cerâmica também é influenciada pelas características físicas da matéria. Dentre as características físicas, é de frisar a dimensão das partículas, forma, estado de aglomeração, densidade, área superficial e compacidade de toda a amálgama. Desta forma, é de evitar aglomerados, dado que geram heterogeneidades durante a sua conformação, originando a formação de poros e retração diferencial durante a cozedura.<sup>273</sup>

Num âmbito mais físico, pode-se acrescentar a este assunto que, no que toca a materiais utilizados na construção:

*“[...] a dimensão das partículas pode variar entre o micron e algumas dezenas de microns, sendo que as partículas mais alongadas reduzem a compacidade da mistura. O aumento da área superficial das partículas aumenta a reactividade na sinterização mas facilita os fenómenos de aglomeração. A optimização da compacidade granular determina a microestrutura do cerâmico. As misturas menos compactas apresentam maiores variações dimensionais durante a sinterização e a porosidade do produto final tende a ser mais elevada.”<sup>274</sup>*

Bogas

No corte esquemático seguinte pode-se entender as quatro camadas em que se divide a parte superficial da crosta terrestre, onde são encontrados os constituintes da cerâmica:

---

<sup>272</sup> BOGAS (2013) p11

<sup>273</sup> Ibidem p12

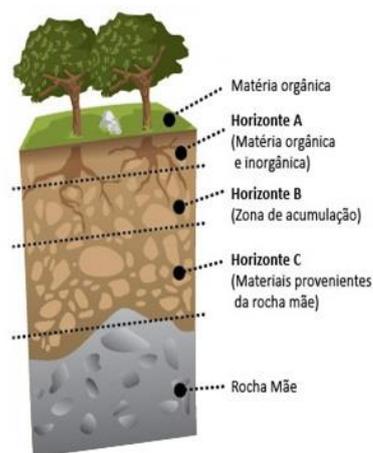
<sup>274</sup> Idem

**Primeira camada:** Consiste na camada fértil do solo, rica em húmus e resíduos de origem orgânica. É a camada terrestre onde se encontra água e alguns sais minerais, essenciais para o desenvolvimento das plantas.<sup>275</sup>

**Segunda camada:** É a camada dos sais minerais, repartida segundo três divisões: Calcário (10%); argila (30%), constituída genericamente por caulinita, caulino e sedimentos de feldspato; areia (60%), permite a permeabilidade e circulação de água e ar.<sup>276</sup>

**Terceira camada:** Constitui-se por rochas parcialmente em decomposição. Depois de concluírem este processo graças à erosão e a agentes geológicos, são conduzidas para a camada superior, onde se tornam sedimentos.<sup>277</sup>

**Quarta camada:** Camada ocupada por rochas-mãe, no início da sua deterioração.<sup>278</sup>



**Fig. 254.** Corte das camadas do Solo terrestre

Retirado de ALCANTARA (2013) apud <http://pt.slideshare.net/CamillaGoncalvesAlcantara/solos-16929517>

As matérias-primas utilizadas na confecção da cerâmica são as seguintes:

**Argila:** Como matéria-prima natural essencial na composição da cerâmica, a argila torna-se o ingrediente base.

Além da argila, na cerâmica tradicional atual podem ser adicionados outros componentes tais como a sílica, o quartzo e o feldspato.<sup>279</sup>

Estes minerais são considerados os mais importantes na constituição de cerâmicos tradicionais, apesar de poder ser encontrados outros componentes na sua composição.

Esta matéria-prima, podendo ser designada também de barro, gera-se a partir da decomposição de rochas-mãe, ao longo de milhões de anos por reações e ataques químicos ou físicos. Estas metamorfoses permitem a sua fragmentação em partículas



**Fig. 255.** Argila

Adaptado de <http://www.gayatriestetica.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Efeitos-de-cada-argila.jpg>

<sup>275</sup> ALMEIDA (2013) p6

<sup>276</sup> Idem

<sup>277</sup> Idem

<sup>278</sup> Idem

<sup>279</sup> BOGAS (2013) p7

minúsculas, que acabam por ser transportadas por correntes de água até serem depositadas em locais onde já não é possível serem movidas. As partículas mais leves depositam-se mais à superfície, em locais designados jazidas. Existem argilas secundárias ou sedimentares e argilas primárias ou residuais. As primeiras possuem esta designação por serem movidas para longe da rocha-mãe por agentes como a água ou o vento, misturando-se com matérias orgânicas no seu percurso. As argilas primárias formam-se no mesmo local da rocha-mãe. Sendo mais resguardadas no mesmo local, não são contaminadas por agentes atmosféricos.<sup>280</sup>



**Fig. 256.** Sedimentação de partículas de argila, Santa Cruz, Torres Vedras  
Retrato de ALMEIDA (2013)



**Fig. 257.** Sílica  
Retirado de [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/01/White\\_silica\\_gel.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/01/White_silica_gel.jpg)

**Sílica:** Os silicatos minerais (constituintes da sílica), são elementos abundantes na crosta terrestre, formando a maioria da sua superfície.<sup>281</sup>

Trata-se de um material polimorfo encontrado na Natureza sob a forma amorfa como a pedra opala, ou cristalina como o quartzo, o cristobalite e o tridimite. A areia de sílica possui cerca de 95% a 100% de quartzo em massa<sup>282</sup>. Esta areia funciona como estrutura do material cerâmico, além de facilitar a secagem e controlar de melhor forma a retração.<sup>283</sup>

<sup>280</sup> ALMEIDA (2013) p5/6

<sup>281</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

<sup>282</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p19

<sup>283</sup> Idem

Além da sua elevada resistência é de baixo custo, por isso torna-se o elemento fulcral e de alto volume na produção de cerâmicas tradicionais na indústria. O barro encontra-se praticamente em qualquer parte do mundo devido à sua abundância no globo terrestre.<sup>284</sup>

**Quartzo:** Este material pode ser sujeito a uma expansão de volume a temperaturas de cerca de 573°C, quando a sua transformação de quartzo  $\alpha$  em quartzo  $\beta$ . Esta transformação deve ser tida em conta durante o processamento térmico. Depois desta alteração a sua expansão é reduzida.<sup>285</sup>



**Fig. 258.** Quartzo  
Retirado de <http://thumbs.dreamstime.com/x/quartzo-branco-14774214.jpg>

**Feldspato:** Encontrado em cerca de 60% da crosta terrestre, o feldspato é um material abundante. Existem sobretudo 4 espécies de feldspato nas cerâmicas silicatadas. Entre eles estão ortoclase, albite, anortite e petalite. A sua função é atuar como fundentes, ou seja, são utilizados para diminuir o ponto de fusão em contacto com outros componentes. Os feldspatos potássicos, em reação com a sílica, formam um líquido bastante viscoso que diminui com o aumento da temperatura.<sup>286</sup>



**Fig. 259.** Feldspato  
Retirado de <http://portuguese.alibaba.com/product-gs-img/feldspato-113352380.html>

Além da argila, da sílica, do quartzo e do feldspato, são encontrados na confecção da cerâmica outras matérias-primas. Podem ser enumeradas algumas delas, tal como o exemplo dos óxidos de ferro, que baixam o ponto de fusão da pasta cerâmica e reduzem o nível refratário. Os alcalis ajudam a secagem e atuam como fundentes durante a cozedura, ao mesmo tempo que diminuem o ponto de fusão. A alumina diminui as deformações mas em contra partida tira plasticidade e resistência mecânica. Tais matérias-primas trazem inconvenientes à argila pois retiram-lhe plasticidade. O cálcio é outra matéria-prima que funciona como fundente e confere branquidade à

<sup>284</sup> CARTER; NORTON (2007) p19

<sup>285</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p19

<sup>286</sup> Idem

cerâmica e os sais solúveis atribuem eflorescências. A matéria orgânica é sempre responsável por originar porosidade na cerâmica, embora lhe transfira plasticidade.<sup>287</sup>

Como já foi dito, os minerais argilosos constituintes da argila estão na base da produção dos cerâmicos tradicionais. Esta, quando exposta à água humedece, adquirindo a plasticidade necessária à moldagem de uma peça para a fase de conformação. Após a sua secagem, perde a maleabilidade e ganha rigidez. É precisamente este processo térmico físico-químico que confere à argila transformações irreversíveis, obtendo-se um novo material que perde de vez a sua plasticidade. Desta forma torna-se impossível uma reidratação que volte a restituir-lhe as propriedades iniciais. É justamente por estas características que a cerâmica adquire um carácter singular na indústria.<sup>288</sup>

Dentre os minerais encontrados no globo terrestre, são encontrados os minerais argilosos, constituintes da argila, que são considerados filosilicatos supergênicos, quimicamente silicatos de alumínio hidratados. Os mesmos são criados no decurso da metamorfose das rochas, a partir da evolução dos solos. Entre estes minerais, os mais comuns são a caulinite, a illite, a montmorilonite, a atapulgita e a sepiolite<sup>289</sup>. Este mineral apresenta características tais como:<sup>290</sup>

*“[...] estrutura lamelar de forma aproximadamente hexagonal, para dimensões médias de 0,7µm de espessura. Estas lâminas são formadas por várias camadas paralelas ligadas entre si por ligações secundárias fracas.”<sup>291</sup>*

Bogas

---

<sup>287</sup> BOGAS (2013) p20

<sup>288</sup> Ibidem p12

<sup>289</sup> CARVALHO (1978) apud BOGAS (2013) p12

<sup>290</sup> BOGAS (2013) p12

<sup>291</sup> Idem

Os minerais argilosos são resultado da decomposição de rochas silicatadas, principalmente da alteração de minerais como o feldspato e a mica. No seguimento desta ideia, pode-se concluir que poderão existir tantos minerais argilosos como os mesmos que estão na sua origem. Devido ao facto de cada mineral argiloso possuir distintas propriedades, deve ser tido em conta a sua aplicação no processamento dos cerâmicos, no que toca à interação com o meio líquido, plasticidade, retração e comportamento térmico.<sup>292</sup>

As argilas podem ser classificadas segundo residuais ou sedimentares, tendo em conta o tipo de extração. As residuais, tem esta designação quando são encontradas à superfície ou quando habitadas em fendas ou veios de rochas que lhes deram origem após decomposição superficial. De diferente forma, são consideradas sedimentares quando o seu local de jazida se encontra afastado da rocha proveniente que lhe deu origem (rocha-mãe)<sup>293</sup>. Dentro das argilas sedimentares pode ainda haver uma classificação entre estratificadas ou porosas, em que são designadas estratificadas se o processo de erosão e deslocação for efetuado por água e porosas se transportadas por vento. Outro critério de classificação das argilas refere-se à sua pureza, em que as mais puras estão associadas à cor branca do cozimento com mínimas quantidades de impurezas. A este grupo pertencem os caulinos, constituídos por caulinite, designação do mineral da argila de maior pureza. Numa classificação segundo a pureza, também entram as argilas refratárias que apresentam níveis próximos dos 94%. Estas ínfimas impurezas agem como fundentes, reduzindo o ponto de fusão da pasta. As argilas refratárias são destacadas por resistirem até temperaturas de cerca de 1520°C.<sup>294</sup>

No seguinte quadro são mostrados os tipos de argilas de acordo com esta classificação usual:

---

<sup>292</sup> Ibidem p14

<sup>293</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p13

<sup>294</sup> BOGAS (2013) p13

**Quadro 31.** Classificação de cerâmicas segundo critério de pureza  
Retirado de BOGAS (2013) p13

<i>Argilas puras (cor de cozimento branca)</i>	<i>Argilas impuras</i>
Caulinos e argilas plásticas	Argilas fusíveis ou terracota (produtos de barro vermelho)
Argilas refratárias (caulino, argilas refratárias e altamente aluminosas)	Argilas vitrificáveis para produtos de grés

Por sua vez, as argilas impuras, devido ao facto de conterem normalmente óxidos de ferro, possuem cores de vermelho ao amarelo após a cozedura características dos produtos de barro vermelho. Estas argilas são também conhecidas por fusíveis ou terracota. De igual forma, as argilas vitrificáveis também se definem como impuras apesar de conter uma maior percentagem de sílica livre. Durante o cozimento, vão gerar-se aglutinações de vidro a partir do seu grão, reduzindo expressivamente o nível de porosidade da cerâmica final. A sílica livre proporciona melhores características refratárias à cerâmica produzida.<sup>295</sup>

As argilas também podem ser classificadas segundo gordas ou magras. Sendo a argila uma matéria-prima extraída diretamente da Natureza, as suas características podem variar ao longo do tempo, tendo influência no faseamento de fabrico do tijolo cerâmico tradicional em particular;<sup>296</sup>

*“[...] são normalmente utilizadas no fabrico dos tijolos, dois tipos de argilas, com características diferentes, uma mais plástica ou “gorda” e uma menos plástica ou “magra” que são doseadas de modo a se obter uma mistura ou “pasta” com características constantes e equilibradas.”<sup>297</sup>*

Dias et al.

<sup>295</sup> Idem

<sup>296</sup> DIAS et al. (2009) p19

<sup>297</sup> Idem

As argilas gordas, possuindo maior quantidade de colóides, são mais plásticas e sujeitam-se a maiores deformações durante o processo de cozimento. As magras, que possuem mais sílica, têm menos plasticidade e maior porosidade que as argilas gordas.<sup>298</sup>

---

<sup>298</sup> BOGAS (2013) p13

## ANEXO 4. Técnicas de moldagem da cerâmica

A composição das pastas cerâmicas varia conforme o local. O mesmo acontece com as técnicas utilizadas na moldagem do barro. Estas técnicas primitivas são usadas ainda nos dias de hoje:

*"[...] besides simple modeling, primitive traditional methods include coiling (wads of clay are shaped then placed on a base depending on the desired shape), assembly by juxtaposition of clay plates shaped beforehand and the forming by mining or digging – by pinching or drawing a ball or a thick plate or clay."*<sup>299</sup>

Boch e Niépce

O maior revolucionamento no domínio da produção de vasos cerâmicos deveu-se ao emprego e uso da roda. Para tal, a cerâmica é aplicada no centro de uma plataforma giratória de 50 a 150 rotações por minuto provocadas pelo próprio artesão. A plataforma deve ser girada com regularidade, de forma a diluir homogeneamente as paredes do objeto ao mesmo tempo que é modelado com as mãos constantemente molhadas para manter a argila húmida e hidratada. A produção desta cerâmica apareceu possivelmente na Ásia por volta de 4.000 a.C.. Esta técnica, que alterou consideravelmente a forma de conceber artefactos cerâmicos, implica grande experiência e um domínio que só é adquirido após um longo período de formação.<sup>300</sup>

As cerâmicas produzidas através deste método caracterizam-se por possuir formas mais regulares e mais elaboradas, que levam menos tempo a serem criadas com a experiência possuída pelo artesão. Este nível de desenvolvimento das técnicas de produção de cerâmica era propício ao aumento de produção em massa do ofício. Não é propriamente fácil distinguir o método produtivo de cada cerâmica. Contudo, quando a cerâmica é produzida através da roda, o seu aspeto final é característico. Muitas vezes, tanto a argila modelada

---

<sup>299</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) p34

<sup>300</sup> Idem

por plataforma giratória como a moldada manualmente, eram utilizadas em paralelo nos mesmos locais. Deste modo, é evidente que o antecessor da roda trabalhou com a plataforma giratória.<sup>301</sup>

Ainda anteriormente ao século XIX, foram desenvolvidos novos métodos que vieram melhorar a antiga tecnologia de terracota. Assim, a moldagem de barro e a utilização de moldes de gesso tornou-se frequente. Exemplos deste tipo de método podem ser vistos em figuras produzidas no Império galo-romano.<sup>302</sup>

---

<sup>301</sup> Idem

<sup>302</sup> Idem

## ANEXO 5. Fases de processamento da cerâmica

Dias et al. (2009) descreve uma fase de pré-preparação, anterior à fase de preparação, consistindo no corte vertical dos montes de argila extraídos, de forma a alcançar as suas diferentes camadas.



**Fig. 260.** Laminador de argila  
Retirado de <http://img.olx.com.br/images/39/398514031959613.jpg>

Na fase de pré-preparação, o barro é levado para máquinas laminadoras, que levam a argila a passar por dois cilindros metálicos rotativos, formando assim pequenas barras de pasta. Todas as matérias sólidas de maior dimensão são destruídas nesta fase, de forma a reduzir a sua granulometria. Findo este processo, a pasta produzida é armazenada em local resguardado, de forma a ser protegida das condições atmosféricas. Seguidamente, a fase de preparação é descrita como um segundo processo de moagem da matéria, para posterior amassadura com água. Desta forma garante-se as características de homogeneidade de humidade e plasticidade.<sup>303</sup>

Bogas (2013) refere apenas uma fase de preparação da matéria-prima, em que ocorre a moagem dos componentes considerados duros como a areia e o feldspato e o acrescento dos materiais chamados “plásticos”, constituindo diferentes tipos de argila. A mistura destes materiais pode ser realizada por via húmida ou semi-húmida consistindo, respectivamente, na suspensão das matérias-primas em água ou na mistura dos ingredientes com água de maneira a formar uma pasta. De seguida ocorre o processo de dispersão das partículas em água, que envolve a molhagem, desaglomeração e estabilização da mistura. É nesta altura que é formada a barbotina. No processamento de cerâmicas técnicas, apenas são adicionados ligantes ou aditivos às matérias-primas, descartando o uso de água.<sup>304</sup>



**Fig. 261.** Feira  
Retirado de [http://4.bp.blogspot.com/\\_SjxYcQaRJ\\_M/SERHUROQnhI/AAAAAAAAAUg/RWTrqUQaUHo/s320/1.JPG](http://4.bp.blogspot.com/_SjxYcQaRJ_M/SERHUROQnhI/AAAAAAAAAUg/RWTrqUQaUHo/s320/1.JPG)

Concluído o processo de preparação, passa-se para a conformação, em que a pasta é introduzida em feiras. Consiste em máquinas que forçam a passagem da pasta argilosa por moldes negativos da peça a produzir, de forma a obter a sua morfologia. De forma a melhorar as qualidades do produto, este pode ser sujeito a processos de vácuo, de forma a excluir volumes ou bolhas de ar

<sup>303</sup> DIAS et al. (2009) p19

<sup>304</sup> BOGAS (2013) p20

incorporados. Depois da extrusão realizada, o material é cortado nas dimensões desejadas e guardado em estantes.<sup>305</sup>

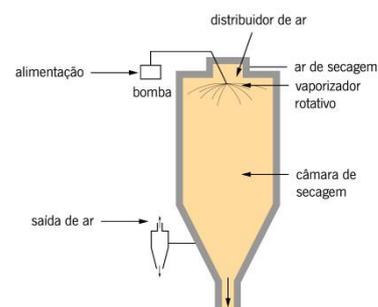
Além deste processo descrito por Dias et al. (2009), existem outros métodos de conformação no processamento dos cerâmicos. Antes de se sujeitar a esta fase, as pastas argilosas requerem diferentes preparações:

*“ Nas misturas destinadas à conformação por prensagem a seco, procede-se inicialmente à secagem da barbotina até se obterem pós desagregados com percentagens reduzidas de humidade. A atomização é um dos processos mais correntemente utilizados, consistindo na centrifugação das misturas por pulverização das partículas sujeitas a circulação de ar quente.”<sup>306</sup>*

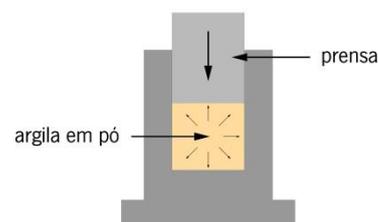
Bogas

A conformação neste método pode ser realizada por meio húmido, semi-húmido ou seco, conforme o fim para o qual é produzido. Nas cerâmicas tradicionais são normalmente usados no processo de conformação os métodos de prensagem, vazamento e extrusão. Ainda que seja comum neste tipo de cerâmicas a conformação a frio, podem ser realizados processos a quente nalguns casos.<sup>307</sup>

Um método de prensagem consiste no prensar das matérias-primas sob a forma de partículas no interior de uma matriz, obtendo as características de textura e forma pretendidas. Outro tipo de prensagem é a unidirecional a seco, em que uma mistura de pós com uma reduzida percentagem de água (<5%) é sujeita a uma compressão uniaxial à temperatura ambiente. Este tipo de prensagem é a mais corrente na conformação de cerâmicas tradicionais e reduz os problemas inerentes à fase de secagem. Além do mais, permite obter



**Fig. 262.** Atomização de pós para conformação por prensagem a seco  
Adaptado de BOGAS (2013) p21



**Fig. 263.** Prensagem a seco  
Adaptado de BOGAS (2013) p21

<sup>305</sup> DIAS et al. (2009) p20

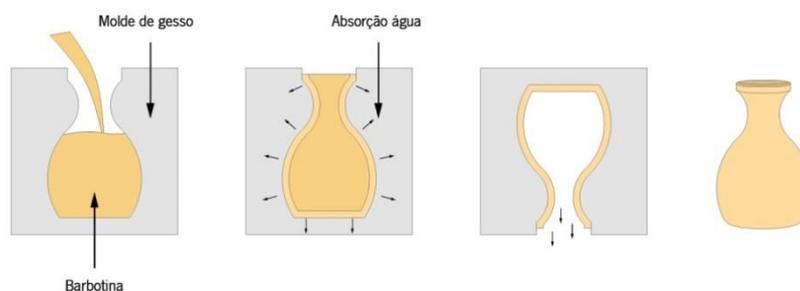
<sup>306</sup> BOGAS (2013) p20

<sup>307</sup> Idem

de forma rápida diferentes produtos de diversas formas, com tolerâncias apertadas de uniformidade nas características do produto final.<sup>308</sup>

O método por vazamento de barbotina consiste numa suspensão argilosa que é usada para enchimento de moldes. Este método é compreendido essencialmente em 5 etapas:

1. Preparação da barbotina (argila suspensa em água), de forma a obter uma mistura estável e consistente, podendo por vezes ser utilizados desfloculantes.
2. Vazamento da suspensão para o interior de um molde poroso (vulgarmente de gesso). Este molde irá absorver grande parte da água da suspensão vazada. À medida que o líquido é extraído da suspensão, vai-se formando na parede interna do molde um material semi-duro. Este procedimento é utilizado em cerâmicos tradicionais.
3. Depois de se obter uma espessura de parede desejada, o processo é interrompido e o excesso de lambugem é removido do interior do molde. Esta técnica é chamada de *vazado drenado*. A técnica do vazado maciço consiste na criação de objetos compactos, deixando que a parede do objeto aumente até preencher a totalidade do interior do molde.
4. De seguida a peça é deixada a secar no interior do molde, até que passe a adquirir a rigidez necessária para que seja manipulada.
5. Por fim a peça final é sujeita à cozedura para que adquira as propriedades exigidas de uma cerâmica.<sup>309</sup>



**Fig. 264.** Conformação por vazamento de barbotina  
Adaptado de BOGAS (2013) p22

<sup>308</sup> Ibidem p21

<sup>309</sup> Ibidem p21/22

Neste método de conformação por vazamento deve-se ter em conta que:

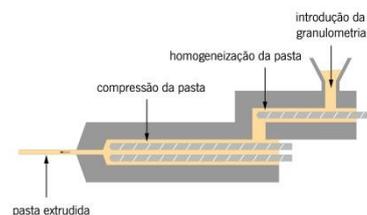
*“[...] a presença de poros largos dificulta a desgaseificação da suspensão; a orientação preferencial de partículas anisotrópicas numa pequena espessura da peça (mica e partículas lamelares) conduz a retrações diferenciais; a sedimentação de partículas mais grossas conduz ao aparecimento de heterogeneidades.”<sup>310</sup>*

Boch e Nièpce

Ainda no que se refere ao vazamento de suspensão, existem variantes do processo tradicional. Tal é caso do vazamento sob pressão que é utilizado na execução de louça sanitária, revelando-se mais rápido no que toca à produção. Contudo, com maiores custos associados. Outra variante usual do vazamento de suspensão tradicional é o vazamento em vácuo.<sup>311</sup>

No fabrico de peças de secção fina e geometria complexa (como o caso da louça sanitária), a conformação por vazamento revela-se um método vantajoso. Num sistema de molde aberto, a espessura da parede do objeto a produzir é uniforme, enquanto num sistema de molde fechado é possível obter uma espessura variável.<sup>312</sup>

O método da conformação por extrusão é empregue no fabrico contínuo de objetos de secção constante. É utilizado sobretudo no fabrico do tijolo refratário, peças de esgoto, telhas canudo, entre outros. O mecanismo mais utilizado neste método é a máquina de extrusão do tipo fuso. O seu processo de conformação consiste em forçar a passagem do material em estado plástico através de matrizes de extrusão feitas em aço ou duma liga de elevada dureza.<sup>313</sup>



**Fig. 265.** Conformação por extrusão do tipo fuso  
Adaptado de BOGAS (2013) p23

<sup>310</sup> BOCH; NIÈPCE (2007) apud BOGAS (2013) p22

<sup>311</sup> BOGAS (2013) p22

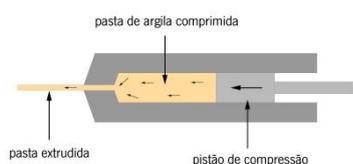
<sup>312</sup> BOCH; NIÈPCE (2007) apud BOGAS (2013) p22

<sup>313</sup> BOGAS (2013) p22

Este tipo de extrusão funciona em modo contínuo, atingindo 100 ton/hora. O mecanismo de funcionamento desta máquina começa por introduzir a pasta no alimentador (sob a forma de grânulos), sendo mexida e purgada. Posteriormente a mistura é guiada e comprimida pelo fuso até ocorrer a sua extrusão dada pela matriz. Durante este processo, o ar contido na pasta e no interior da máquina pode originar o aparecimento de grandes poros nos produtos cerâmicos se não for eliminado.<sup>314</sup>

Imperfeições durante a conformação por extrusão podem advir na presença de aglomerados na mistura, levando ao surgimento de tensões residuais e à geração de diferentes retrações.<sup>315</sup>

Pode ocorrer outra falha neste processo, quando o molde da máquina não permite o fluxo constante da pasta em qualquer ponto, levando a deformações no produto final.<sup>316</sup>



**Fig. 266.** Conformação por extrusão por pistão  
Adaptado de BOGAS (2013) p23

Para além do método de extrusão por fuso, também existe a extrusão por pistão, que é mais direcionado para a produção de cerâmicos técnicos. Este método funciona com a aplicação de elevadas pressões, em que o contacto entre a máquina e a mistura é reduzido. Desta forma, são minimizadas as deformidades daí resultantes.<sup>317</sup>

O filtro-prensa, apesar de ser menos utilizado como processo de conformação, revela-se outro método que pode ser empregue na produção de elementos cerâmicos. Este método produz uma pasta plástica final com teor de humidade residual. No seu processo, as pastas outrora húmidas são sujeitas a uma filtragem sobre pressão a cerca de 0,5 MPa a partir de filtros alinhados, a fim de extrair a maior parte da água da mistura.<sup>318</sup>

Terminado o processo de conformação dos cerâmicos, os elementos daí resultantes são sujeitos ao processamento térmico de

<sup>314</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p22/23

<sup>315</sup> Ibidem p23

<sup>316</sup> BOGAS (2013) p23

<sup>317</sup> Idem

<sup>318</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p23

secagem, onde são secos em câmaras a temperaturas entre os 30°C e 70°C. Esta etapa obrigatória no processamento da cerâmica tradicional envolve vulgarmente as fases de secagem, sinterização e vitrificação. Por ser bastante minuciosa deve ser monitorizada. Devido à natureza coloidal da matéria-prima, uma mistura relativamente pura tem pouca matéria sólida. Assim, para que o produto final seja de qualidade, os problemas devem ser minimizados, controlando a remoção da água residual do corpo cerâmico e as fissuras que possam ocorrer. A duração da secagem do produto pode variar, oscilando à volta de 16 horas.<sup>319</sup>

O estágio seguinte no processamento dos cerâmicos tradicionais é a cozedura. É realizado em fornos industriais contínuos ou descontínuos a temperaturas oscilando entre os 800°C e os 1000°C, onde ocorrem as etapas de sinterização e vitrificação.<sup>320</sup>

*“É com a cozedura ao fogo, acima de 700°C, que a cerâmica passa a adquirir uma estrutura cristalina e uma elevada resistência mecânica, à compressão, ao desgaste e baixa porosidade.”<sup>321</sup>*

Dias et al.

O ciclo de duração da cozedura pode variar em torno das 24 horas. Durante este processo é fundamental o controlo e a adequação dos padrões de cozedura às características da matéria-prima e do produto final pretendido. Todo este controlo é fundamental para a obtenção de um produto de qualidade.<sup>322</sup>

Acabada a fase da cozedura, os objetos cerâmicos estão concluídos. O produto é colocado em paletes e embalado com filme plástico para facilidade de transporte.<sup>323</sup>



**Fig. 267.** Forno de cozedura industrial  
Retirado de <http://www.metalcertima.pt/galeria/12092610180950.jpg>

<sup>319</sup> DIAS et al. (2009) p20

<sup>320</sup> BOGAS (2013) p23

<sup>321</sup> DIAS et al. (2009) p29

<sup>322</sup> Ibidem p21

<sup>323</sup> Idem

## ANEXO 6. Revestimentos cerâmicos

## Revestimento

A pintura na cerâmica é realizada através da aplicação de um revestimento, que pode ser terroso ou vítreo. Designa-se por revestimento um complemento exterior adicionado ao objeto cerâmico como reforço estético e técnico, que lhe confere melhores propriedades de resistência e impermeabilidade.<sup>324</sup>

Para obtenção da coloração podem ser adicionados pigmentos (substâncias corantes) ao revestimento ou então incorporados na própria pasta. Os pigmentos podem ser encontrados em óxidos ou em corantes e tintas. São geralmente utilizados em pó em estado seco e formados por óxidos metálicos em estado natural, misturados com outras matérias inorgânicas como caulino, vidro transparente, fundentes, feldspato, entre outros.<sup>325</sup>

Existem três tipos de pigmento: o fusível, o infusível e o fritado: o pigmento fusível é aquele cujo óxido corante necessita de um óxido fundente para se revelar. Apresenta-se com uma cor escura e seca enquanto cru. A sua cor e aspeto mantêm-se caso não exista um agente fundente que a torne mais “viva”. O pigmento infusível não apresenta quaisquer alterações na cor que o seu corante apresenta após a cozedura. O pigmento fritado exige a mistura do óxido com o fundente de uma forma insolúvel, como o exemplo dos corantes e das tintas.<sup>326</sup>

Um revestimento cerâmico pode variar conforme as condições de cozedura. Geralmente os mais utilizados são os seguintes:

**1. Engobe:** O engobe trata-se de um revestimento terroso constituído por materiais argilosos, tal como a própria argila. Consiste essencialmente em argila em estado líquido.<sup>327</sup>



**Fig. 268.** Engobes naturais  
Retirado de ALMEIDA (2013) p37

---

<sup>324</sup> ALMEIDA (2013) p33

<sup>325</sup> Idem

<sup>326</sup> Idem

<sup>327</sup> Idem

O engobe pode ser tratado por outros termos tais como: *Engalba, revoque, baño, barbotina, lechada, cola de arcilla, papilla, crema de arcilla, etc.*<sup>328</sup>

A uma qualquer argila pode ser adicionada água a fim de se obter um engobe com a cor e propriedades dessa argila. A sua aplicação deve ser feita com a peça ainda na fase de secagem, para que seque como um todo.<sup>329</sup>

Ainda que a sua utilização devida seja com o suporte húmido, a sua composição permite que seja aplicada também em superfícies secas.<sup>330</sup>

Geralmente são classificados três tipos de engobe: o engobe natural, o engobe elaborado e o engobe vitroso. O engobe natural é elaborado simplesmente a partir de uma argila que oferece a cor desejada por si só. O engobe elaborado é constituído por argila e outros componentes como óxidos, tintas ou corantes, de modo a obter a cor pretendida. Por fim, o engobe vitroso é o que possui um fundente na sua constituição com o objetivo de gerar uma textura vidrada após a cozedura. As condições de ocorrência de vidrado neste engobe podem variar de acordo com as temperaturas de cozedura.<sup>331</sup>

Os engobes geralmente aplicam-se como: recobrimento do suporte, alcançando uma nova tonalidade e textura e proporcionando a aplicação do esmalte; encobrimento de defeitos do suporte; nova decoração e melhoria das propriedades da cerâmica, tais como a dureza, a resistência, etc.<sup>332</sup>



**Fig. 269.** Tintas utilizadas em cerâmicas artesanais

**2. Tintas:** As tintas contêm agentes que fundem por si só. A sua concentração de pigmentos não é tão densa, sendo portanto necessário usar uma maior percentagem de tinta (em torno dos 20%), tanto nos engobes como nos vidrados.<sup>333</sup>

<sup>328</sup> GÜETO (2005) p181

<sup>329</sup> ALMEIDA (2013) p33-36

<sup>330</sup> GÜETO (2005) p182

<sup>331</sup> ALMEIDA (2013) p36/37

<sup>332</sup> GÜETO (2005) p181/182

<sup>333</sup> ALMEIDA (2013) p34

**3. Vidrado:** Um revestimento constituído por materiais vitrificantes passa a ser vítreo.

O vidrado define-se como um composto sólido irregular e instável de constituição inorgânica, obtido pela fusão através de aquecimento e posterior arrefecimento e solidificação. O esmaltado não possui um ponto de fusão definido, fundindo num intervalo muito amplo de temperatura.<sup>334</sup>



**Fig. 270.** Telhas cerâmicas vidradas  
Retirado de <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/72402/telha-curva-e-plana-para-cobertura-em-terracota-c-50-coppo-ceipo-ceramiche.html>

*“La exacta representación de este concepto de la naturaleza vítrea es, por definición, “líquido subenfriado”.”*<sup>335</sup>

Güeto

*“Um vidrado é um preparado à base de vidro em pó misturado com óxidos e outras substâncias que funde total ou parcialmente acima dos 650°C e devido a esta vitrificação une-se intimamente com o suporte cerâmico.”*<sup>336</sup>

Almeida

O processo de vidragem primordial envolvia o revestimento dos objetos cozidos com uma suspensão aquosa de grão fino de areia de quartzo, à qual eram adicionados sais de sódio ou cinzas de plantas. De seguida a peça era novamente cozida, geralmente a baixas temperaturas. Durante o processo as partículas fundiam-se e gerava-se uma camada de vidro na peça.<sup>337</sup>

Atualmente o processo de vidragem é realizado a partir de uma mistura rica em sílica. Esta mistura durante o processamento térmico transforma-se em vidrado com a ajuda de outros constituintes como óxidos alcalinos e alcalino-terrosos que auxiliam no ajuste da temperatura de fusão. Além da temperatura de fusão, ajudam a ajustar



**Fig. 271.** Solução de vidrado

<sup>334</sup> GÜETO (2005) p123

<sup>335</sup> Ibidem p124

<sup>336</sup> ALMEIDA (2013) p38

<sup>337</sup> CARTER; NORTON (2007) apud BOGAS (2013) p25

o coeficiente de expansão térmica, a viscosidade do esmalte e a adesão do vidrado à peça cerâmica.<sup>338</sup>

A composição do vidrado varia de acordo com a sua aplicação e função, portanto as suas características devem ser adequadas à sua utilização final. Na sua constituição são adicionados fundentes, que atuam de forma a diminuir o ponto de fusão da mistura aquando a cozedura. O vidrado pode ser considerado: plumbífero, se o fundente em causa for o chumbo, dado que funde rapidamente; borácico, se for constituído por agentes fundentes de boro ou alcalino, se possuir fundentes de óxidos alcalinos, de sódio ou de potássio, favorecendo uma vitrificação mais lenta.<sup>339</sup>

O vidrado é sempre transparente e brilhante. É com a adição de matérias como opacificantes que o torna opaco ou lhe confere um brilho mate.<sup>340</sup>

Em relação à preparação existem dois tipos de vidrado: o vidrado cru e o vidrado fritado.<sup>341</sup> Para produzir um vidrado cru é necessário um certo conhecimento da interação entre componentes, dado que pode resultar um vidrado pouco homogêneo e inconstante. Antes de ser levado para a cozedura este vidrado apresenta uma coloração laranja e alto nível de toxicidade devido às altas quantidades de chumbo que possui. Existem várias receitas para a sua confeção e uma das formas de experimentar as cores neste vidrado é adicionar corantes óxidos num vidro transparente.<sup>342</sup> O vidrado fritado é mais comum que o cru e possui melhores resultados. A sua preparação consiste em misturar bem sílica e um composto de chumbo depois de aquecidos, até alcançarem o estado líquido. De seguida são entornados em água fria, estilhaçando com a súbita mudança de temperatura. Depois de serem triturados obtém-se um pó, resultado da



**Fig. 272.** Estudo de escorrimento de vidrados

Retrado de ALMEIDA (2013) p22

<sup>338</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p25

<sup>339</sup> ALMEIDA (2013) p38

<sup>340</sup> Informação recolhida a partir do contacto com a escola de cerâmica

<sup>341</sup> ALMEIDA (2013) p38

<sup>342</sup> Ibidem p38/39

sua fundição. Este tipo de vidrado é mais utilizado industrialmente, apresentando resultados mais estáveis e previsíveis.<sup>343</sup>

A vidragem é aplicada a um objeto após a primeira cozedura, estando sujeito a uma segunda. Para melhores resultados deve aplicar-se com a peça ainda quente da primeira cozedura, pois o vidrado irá aderir melhor. Esta forma de revestimento pode ser aplicada em qualquer objeto cerâmico.<sup>344</sup>

A aplicação da vidragem pode ser realizada segundo diferentes métodos:

**Imersão:** A imersão pode ser total ou parcial. Nesta técnica mergulha-se a peça num recipiente com solução de vidrado. Em primeiro lugar é banhado o interior e de seguida o exterior.<sup>345</sup>

**Derrame:** Este tipo de aplicação consiste em verter solução de vidrado sobre a peça. Para melhores resultados deve-se movimentar constantemente a peça para que a superfície seja preenchida uniformemente.<sup>346</sup>

**Pulverização:** Este método de aplicação de vidrado é realizado à pistola, em que a peça é colocada numa câmara de pistolagem. Este dispositivo possui no seu interior um suporte giratório onde é colocada a peça a rodar. Garante uma distribuição homogênea do vidrado mas pouco eficiente no seu interior. É geralmente empregue em peças mais delicadas.<sup>347</sup>



**Fig. 273.** Aplicação do vidrado por pulverização

**Pincel:** Trata-se de uma aplicação local, em que se propicia uma fraca homogeneidade do vidrado pela superfície da peça.<sup>348</sup>

---

<sup>343</sup> Ibidem p40

<sup>344</sup> Informação recolhida a partir do contacto com a escola de cerâmica

<sup>345</sup> Informação recolhida a partir do contacto com a escola de cerâmica

<sup>346</sup> ALMEIDA (2013) p42

<sup>347</sup> Informação recolhida a partir do contacto com a escola de cerâmica

<sup>348</sup> ALMEIDA (2013) p43



Fig. 274. Forno industrial de pequenas dimensões

Para concluir a peça, esta é levada a uma segunda cozedura a uma temperatura de 1160°C através de fornos elétricos especializados. Neste processo o vidro aplicado funde-se e obtém-se esmalte, ativando e fixando as cores.<sup>349</sup>

As cores provindas dos corantes constituintes dos óxidos, depois de aplicadas podem sofrer alterações. Estas alterações dependem de fatores como: o elemento químico constituinte do óxido (ferro, cobre, etc.); a natureza do composto usado (percentagem de valência do óxido, do carbonato, etc.); a natureza da base de um vidro (plumbífero, alcalino ou borácico); a temperatura alcançada na cozedura e quais as condições da mesma. Os corantes necessitam de um agente fundente que os fixe ao corpo cerâmico, como vidro ou a própria pasta. Estes corantes apresentam-se segundo códigos, em que cada número desse código representa uma cor.<sup>350</sup>



Fig. 275. Ensaio de cores de vidrados com óxidos  
Adaptado de ALMEIDA (2013) p39

Geralmente são incorporados em vidrados transparentes ou engobes, numa percentagem de 6% a 12%. Com 12% o vidro/engobe encontra-se saturado, resultando numa cor mais forte e opaca. Tratando-se de um vidro branco opaco, a percentagem de corante necessária é somente de 8%, obtendo-se cores aproximadamente em tons pastel.<sup>351</sup>

No quadro a seguir constam os principais óxidos utilizados em vidrados cerâmicos, bem como as cores associadas. São também apresentadas as principais propriedades inerentes a cada um, tal como as cores resultantes da interação entre eles.

<sup>349</sup> Informação recolhida a partir do contacto com a escola de cerâmica

<sup>350</sup> ALMEIDA (2013) p33

<sup>351</sup> Ibidem p34

**Quadro 32.** Principais óxidos utilizados na vidragem de cerâmica

Elaborado a partir de ALMEIDA (2013)

Óxido	Principal agente	Propriedades
Cobalto	Corante muito activo	Produz tons de azul Em grandes quantidades pode funcionar como fundente Misturado com óxido de Zinco obtém-se azuis intensos Misturado com óxido de Magnésio obtém-se tons púrpula Misturado com óxidos de Ferro, Cobre e Níquel obtém-se diferentes tons azuis
Cobre	Corante	Produz tons de verde Sobre vidrados alcalinos produz tons azuis Sobre vidrados de Chumbo, em cozedura oxidante, produz verdes e quando fundido em atmosfera redutora, uma gama de vermelhos Misturado com óxido de Cobalto obtém-se tons verdes azulados Misturado com óxido de Ferro, Urânio, Vanádio, Níquel e Rútulo obtém-se verdes amarelados e verde musgo
Crómio	Corante Refratário	A sua cor não se altera nem em atmosfera redutora nem oxidante A cor obtida altera-se com o componente adicionado Misturado com óxido de Zinco obtém-se rosa acastanhado Misturado com óxido de Chumbo obtém-se verde amarelado Misturado com óxido de Estanho e Chumbo obtém-se esmaltes rosas e vermelhos Sobre vidrados alcalinos produz tons escuros Com maiores percentagens de Chumbo obtém-se laranja avermelhado
Ferro	Corante muito activo	Aparece sob duas formas: óxido de Ferro vermelho que é sulfato ferroso calcinado e óxido de Ferro negro Responsável pela coloração avermelhada da argila Considerado uma impureza nas argilas claras Em cozedura com atmosfera redutora origina uma gama de verdes Combinado com outros óxidos origina azuis
Manganês	Corante	Apresenta-se sob a forma de bióxido de Manganês A sua cor natural é castanho arroxeado Produz tons violáceos, ou seja, castanhos ou azuis Sobre vidrados alcalinos produz tons azul violáceo Misturado com óxido de Ferro e Crómio obtém-se preto Misturado com óxido de Cobalto obtém-se violeta
Níquel	Corante Refratário	Origina tons acastanhados, amarelados, esverdeados e acinzentados Aparece sob duas formas: óxido de Níquel negro e óxido de Níquel verde Em vidrados com alto teor de Zinco e atmosfera redutora obtém-se amarelos brilhantes, púrpulas e azuis Isolado origina cinzentos, verdes e azuis Óxido muito instável
Urânio	Corante	Principalmente usado em pintura sobre porcelana que surge sob duas formas: bióxido de Urânio e óxido de Urânio O bióxido de Urânio a baixas temperaturas e vidrados de Chumbo origina vermelho alaranjado O óxido de Urânio salino produz amarelos pálidos em vidrados alcalinos e amarelos alaranjados nos vidrados de Chumbo A alta temperatura e atmosfera oxidante e em combinação com vidrados calcários origina amarelo limão Em atmosfera redutora obtém-se negro
Vanádio	Corante	Obtido pela calcinação do anidrido de Vanádio, metal muito duro que funde a 1750 °C Obtém-se cores amarelas Em atmosfera redutora obtém-se cinzentos
Antimónio	Opacificante	Opacificante de vidro que pode substituir o óxido de Estanho ou de Zircónio A baixa temperatura e combinado com Chumbo e Estanho obtém-se amarelo
Estanho	Opacificante	Cozido a baixas temperaturas confere um branco cremoso Em certos vidrados confere um tom rosado com acabamento lustroso É usado para o rosa de Crómio
Titânio	Opacificante muito ativo	Produz o melhor branqueamento de todos Pode originar texturas, criar cristais nos vidrados e alterar certas cores Confere tons amarelados e azulados
Zinco	Fundente	Fundente para altas temperaturas que misturado com Cobre dá turquesa e com o Crómio dá tons de terra queimada Em quantidades excessivas torna o vidro demasiado refratário e viscoso Tende a opacificar os vidrados e o branco é rosado Aumenta a dureza e durabilidade dos vidrados, produzindo texturas cristalinas quando usado em alto grau de saturação
Sódio	Fundente muito ativo	Aumenta a fluidez do vidro durante a fusão Utilizado sob a forma de carbonado, fosfato ou silicato. Combina muito bem com outros óxidos corantes, sobretudo azuis e turquesa Possui coeficiente de dilatação muito elevado, diminuindo a elasticidade e resistência à tensão, provocando fendas no vidro
Metálico	—	Metal combinado com oxigénio, sob a forma de pó moído O óxido de silício é essencial para qualquer vidro, podendo todos os outros integrar ou não a sua composição Confere propriedades transparentes, alcalinas, opacas ou matizadas
Zircónio	Opacificante	O seu emprego como opacificante é relativamente recente Usado na indústria sobre outros opacificantes Diminui o coeficiente de expansão Em esmaltes alcalinos são obtidos bons resultados acima de 10% O Cálcio e o Zinco melhoram o seu efeito
Arsénio	Opacificante	Embora funcione como opacificante, possui alta toxicidade, por isso o seu emprego em cerâmicos é limitado
Fósforo	Opacificante	Os fosfatos geralmente são bons opacificantes Aumentam o índice de refração

Como síntese, no quadro seguinte são apresentadas a maioria das técnicas utilizadas na decoração de objetos cerâmicos por Almeida (2013), elaborados a partir de um curso de escultura em cerâmica. No quadro consta o tipo de técnica bem como a altura da sua execução, podendo ser realizada em estado cru da peça (após a primeira cozedura (chacota)) ou depois de uma segunda cozedura (normalmente para aplicação de vidrado). Estas técnicas podem ter pequenas alterações.

**Quadro 33. Técnicas de decoração de cerâmica segundo Almeida (2014)**

Elaborado a partir de ALMEIDA (2013)

Técnica (nome atribuído)	Descrição	Cru	Cozimento		Revestimento /Pintura	Alterações morfologia	Adição de materiais	Outras técnicas
			1º	2º				
Engobe	Consiste em pintar o objeto com argila líquida que pode ser corada com óxidos ou pigmentos, aplicada sobre o corpo cerâmico cru, de preferência fresco ou em estado de couro.	X			X			
Aerografia	Através de um jato com grande pressão de ar, aplicam-se camadas de vidrado ou pigmentos sobre a chacota.		X		X			
Banho	Imersão ou derrame de vidrado sobre o objeto em chacota.		X		X			
Brunidura	Polimento de superfícies do objeto com uma pedra dura ou um pano pouco húmido, criando contrastes entre superfícies mate e brilhantes. Ajuda também a impermeabilizar a peça.	X	X		X	X		
Corda-seca	Sobre a peça cozida são inscritos motivos ornamentais com uma mistura de óleo de linho ou outra gordura e aplica-se de seguida o vidrado. Estas linhas separam o vidrado, evitando que se misturem durante a sua fusão na cozedura. Com o esgrafitado obtém-se um efeito semelhante.		X		X	X	X	
Cromolitografia	Consiste numa técnica industrial, na impressão litográfica dos motivos sobre papel de decalque e de seguida transpostos para a superfície e decorar, fixando-se com a fusão dos vidrados.		X		X			
Decalcomania	Nesta técnica os motivos decorativos são aplicados sobre uma camada de vidro já cozido.			X	X			
Esgrafitado	Escavam-se motivos decorativos no vidrado ou engobe da peça com uma ferramenta pontiaguda, deixando visível a chacota.		X	X		X		
Esponjado	Aplicação de pintura e cores com o auxílio de uma esponja ou trapo.	X	X	X	X			
Grão de arroz	Pressionam-se grãos de arroz na superfície da peça, ainda em estado cru antes da cozedura, deixando os seus negativos na peça.	X				X		
Incisão	Com o auxílio de um instrumento pontiagudo são escavados na peça em cru os motivos decorativos.	X				X		
Incrustação	Consiste na técnica anterior, mas com o posterior preenchimento das incisões com engobes. Depois de secar raspa-se levemente a superfície da peça, resultando numa definição nítida dos motivos inscritos.	X	X		X	X		
Pasta-sobre-pasta	Aplicação de sucessivos níveis de pastas coloridas por diferentes óxidos, geralmente em porcelana.	X	X	X	X			
Manchado	Consiste na aplicação de uma ou várias camadas de engobe de diferentes tonalidades na peça. Depois da secagem lixa-se com uma lixa fina a sua superfície, de forma a deixar visível em certas partes as diferentes camadas de engobe.	X	X		X			
Reflexo metálico	Consiste em dar brilho metálico ao vidrado. Através da cozedura em atmosfera redutora são realçados os elementos metálicos dos óxidos com que se aplicaram os motivos decorativos.			X	X			
Relevo	Marcação do motivo decorativo por meio de moldes de madeira, gesso ou metal na peça ainda húmida.	X				X		
Serigrafia	Os motivos decorativos são transferidos para a chacota ou vidrado através de bastidores de seda, onde foram previamente desenhados.		X	X	X			
Tubagem	Separadores lineares de engobe engrossado com areias são aplicados na chacota ainda em estado cru, desenhando os contornos dos motivos decorativo. Funcionam posteriormente como limite entre os esmaltes.	X			X	X		
Vidragem	Consiste em cobrir uma peça cerâmica com vidrado.		X		X			
Raku	Técnica japonesa de decoração que consiste no arrefecimento brusco da temperatura da cozedura. As peças são conformadas em pastas refratárias, cozidas a baixa temperatura e decoradas, sendo submetidas a uma segunda cozedura também a baixas temperaturas. As peças vidradas são retiradas do forno em estado incandescente e colocadas sobre serradura, tapando-as de imediato com mais serradura ou mergulhando-as em água, provocando uma brusca redução do oxigénio e temperatura. São produzidas zonas enegrecidas, interagindo o fumo com a superfície da peça pela falta de oxigénio.		X	X				X
Raku pelado	Numa peça em chacota pode ser aplicado qualquer desenho com fita-cola ou lápis de cera. Seguidamente é aplicada uma grossa camada de caulino, em banho ou pincel e deixa-se secar bem. Posteriormente dá-se um banho de qualquer vidrado, ajudando o caulino a descascar. Como a peça já encolheu na chacota e o caulino não, este irá encolher, rachar e descolar-se bastante. Saindo do forno e deparando-se com uma súbita redução de oxigénio causada pela serradura, as fissuras e partes de caulino descoladas irão ficar pretas e com linhas esbatidas. Os desenhos aplicados inicialmente vão ficar realçados a negro. Finalmente a peça deve ser imediatamente raspada após a passagem pela serradura e pela água, pois só deste modo o caulino irá mais facilmente descascar, deixando à vista <i>craquelés</i> e desenhos escurecidos pela redução.		X					X

## ANEXO 7. Entrevista com D.<sup>a</sup> Olga Pereira

### **D.<sup>a</sup> Olga Pereira**

- Coordenadora da escola artesanal de cerâmica da Fundação Castro Alves. Bairro: Vila Nova de Famalicão.

#### **Que objetos cerâmicos produzem nesta escola?**

**D.<sup>a</sup> Olga Pereira** - Na nossa oficina trabalha-se olaria, com o fabrico de peças provenientes da roda de oleiro. São produzidos artefactos como jarras, canecas, pratos, malgas ou qualquer tipo de objeto com forma circular. Além disso temos as peças figurativas como esculturas que são modeladas somente à mão sem o auxílio de qualquer máquina, apenas com a manipulação de teques próprios ou improvisados.

#### **Como é o processo de fabrico de cerâmica artesanal?**

**D.<sup>a</sup> Olga Pereira** - Começando pela matéria-prima, temos um barro provindo de Aguada de Cima, concelho de Águeda, distrito de Aveiro. Trabalhamos com duas qualidades de barro que são misturadas. Um barro de cor acinzentada que é “gordo”, com um barro amarelado que é mais fraco ou “magro”, com menos gordura. A mistura é feita segundo remessas, em que cada remessa de barro contém 200 Kg, com a proporção de 120Kg de barro amarelo para 80Kg de cinzento. A preparação do barro inicia-se com o transporte da mistura para um tanque com água para desfazer e diluir a argila, passando de seguida por um peneiro onde são filtradas as impurezas. A mistura é depositada num estado diluído (barbotina) e puxada por uma bomba para um filtro prensa. Este aparelho é composto por telas que excluem a maioria da água da mistura por prensagem, resultando na obtenção duma pasta em forma de disco. De seguida, estes discos circulares de pasta entram numa máquina elétrica chamada fieira onde é misturada e amassada a pasta obtida. A pasta resultante do filtro prensa é colocada num orifício reservatório da máquina e através da pressão manual de uma alavanca a pasta é comprimida, saindo em rolo. Nesta

altura encontra-se já praticamente em condições de ser trabalhada à mão. Todos os restos e desperdícios de barro resultantes da sua posterior manipulação são reaproveitados, sendo depositados em recipientes. Desta forma são novamente encaminhados para o início do processo, ou seja, para o tanque de água para se desagregar.

Posteriormente passa-se para o trabalho de oleiro. Atualmente as rodas são elétricas, embora todo o trabalho seja manual. Anteriormente as rodas eram em madeira e a sua rotação obtinha-se dando ao pé, enquanto nas atuais o seu pedal funciona como acelerador de rotação. O trabalho manual na roda começa pegando numa certa quantidade de barro, consoante o objeto pretendido. Essa quantidade de pasta é amassada com as mãos em forma de esfera aproximadamente e colocada no centro do disco rotatório da máquina, para que se possa iniciar a criação a peça. Quando se inicia a rotação da máquina, a primeira coisa a fazer é centrar perfeitamente a pasta no disco, tornando a superfície lateral da pasta lisa. Posteriormente é nivelada e alisada a zona de cima, numa altura que já se encontra com uma forma aproximadamente cilíndrica. De seguida, através duma pressão com as mãos nas laterais e abrindo com os polegares um orifício no cimo da peça, esta acaba por subir e começa-se a desenhar o artefacto, neste caso uma jarra. Todo este processo é feito molhando constantemente as mãos numa pequena bacia com água, de forma a manter a peça húmida e hidratada e se torne fácil de moldar, havendo um melhor contacto entre as mãos e a objeto. Além disso impede que tanto as mãos como a peça sequem. Por fim, o objeto é separado do disco rotatório com o auxílio de um fio ou cordão que descola a peça pelo seu pé.

A peça deve repousar uns dias para que se evapore toda a humidade incorporada e ganhe rigidez. Finda esta fase, o objeto é colocado novamente numa roda, encaixado numa peça que o firma e evita que se mova ou caia. Esta fase serve para conferir o acabamento final ao objeto, através do alisamento e polimento de toda a sua

superfície pela eliminação de pequenas irregularidades. Para tal, são utilizados teques ou outros objetos mais convenientes.

Depois do processo de acabamento final e evaporação de toda a humidade da peça, encontra-se em condições de passar para os fornos onde é realizada a cozedura. As máquinas utilizadas são fornos elétricos industriais de alta potência capazes de debitar altas temperaturas. São compostos por cerâmicas refractárias no seu interior e nos suportes que seguram as peças para cozimento.

Após a cozedura pode-se notar a diferença de tonalidade das peças. Enquanto as peças antes do cozimento possuem uma cor acinzentada “pálida”, depois do processo térmico passam para uma cor alaranjada mais “luminosa”. Esta cor é atingida logo após a primeira cozedura, realizada a 850°C. Posteriormente, depois da decoração aplicada, o objeto pode ser mergulhado numa solução líquida de esmalte, sendo levado ao forno a uma temperatura de 1160°C para fundir e se transformar em vidrado. Só depois deste cozimento as cores vão ser ativadas e fixadas tornando-se mais escuras e o vidrado irá tornar-se realmente transparente.

**Que tipos de alterações fazem num objeto cerâmico? Existe algum desses métodos que possa ser feito em casa ao alcance de qualquer pessoa?**

**D.ª Olga Pereira** - Na nossa escola podemos decorar objetos com pinturas a pincel, através de tintas próprias de alta temperatura, chamadas tintas de fogo. Outra técnica que usamos é o vidrado. O vidrado pode ser feito depois da pintura designando-se transparente, ou anteriormente à pintura designando-se de vidrado opaco. Além disso pode ser de cor, consoante os corantes que sejam adicionados. São feitas esculturas com a ajuda de teques, em que as diferentes peças isoladas são coladas com barbotina produzida na fase inicial da preparação do barro. Outras alterações no barro que podem ser consideradas são o corte e os relevos que são esculpados, baseando-se

em escavados. Em conjunto com a cerâmica podem ser aplicados outros materiais para decoração como metais, pedras, entre outros. Dependendo do tipo de material, são normalmente aplicados posteriormente à cozedura.

Qualquer pessoa pode realizar estas pinturas ou decorações em casa, desde que tenham os materiais indicados e os fornos para que a sua cozedura seja feita às temperaturas indicadas. Se falarmos em pequenos trabalhos manuais de entretenimento podem ser utilizadas pastas de argila pré concebidas à venda que curam a baixas temperaturas ou até mesmo à temperatura ambiente, mas não será um produto final com a qualidade de uma cerâmica industrial ou até artesanal como a da nossa escola.

**Como é feita a vidragem? Em que condições pode ser realizada?**

**D.ª Olga Pereira** - A vidragem é aplicada na peça depois da primeira cozedura. Pode ser realizada por imersão direta num recipiente ou por pulverização à pistola numa câmara de pistolagem que contém um suporte giratório para que a peça seja pistolada em toda a superfície. Este método é utilizado geralmente em peças mais delicadas. O vidrado pode ser transparente e feito depois da pintura ou opaco, sendo aplicada a pintura por cima. Tal como foi explicado na primeira questão, de seguida o objeto é sujeito a uma segunda cozedura à temperatura de 1160°C de forma a fundir-se e obter vidrado. É durante este cozimento que as cores vão ser ativadas e fixadas.

Esta técnica por ser perfeitamente realizada em qualquer elemento cerâmico concluído, até mesmo elementos correntes na construção.

**É vantajoso atrair mais público para este tipo de eventos/escolas cerâmicas? Qual é o estado da procura?**

**D.ª Olga Pereira** - Para tudo é vantajoso atrair pessoas. É sempre muito bom o público reconhecer o nosso trabalho e ganhar mais divulgação. Em relação à procura pode-se dizer que se a escola se localizasse num ponto de passagem turística tinha muitos mais visitantes, mas mesmo assim temos alguma massa de visitantes. Se falarmos em visitas de estudo, pode-se dizer que há anos atrás houve muito mais, devido a outros fatores como disponibilidade de transportes e burocracias, mas já chegámos a ser muito visitados de Norte a Sul do país, também por ser uma das poucas escolas deste tipo abertas ao público. Tanto recebemos jovens como pessoas mais velhas para fazer estágios, além de colocar-mos público em contacto com *work-shops*. Em geral, penso que as pessoas cada vez mais são incentivadas a vir aqui, seja para trabalhar ou para visitar.

**O que acha do material cerâmico?**

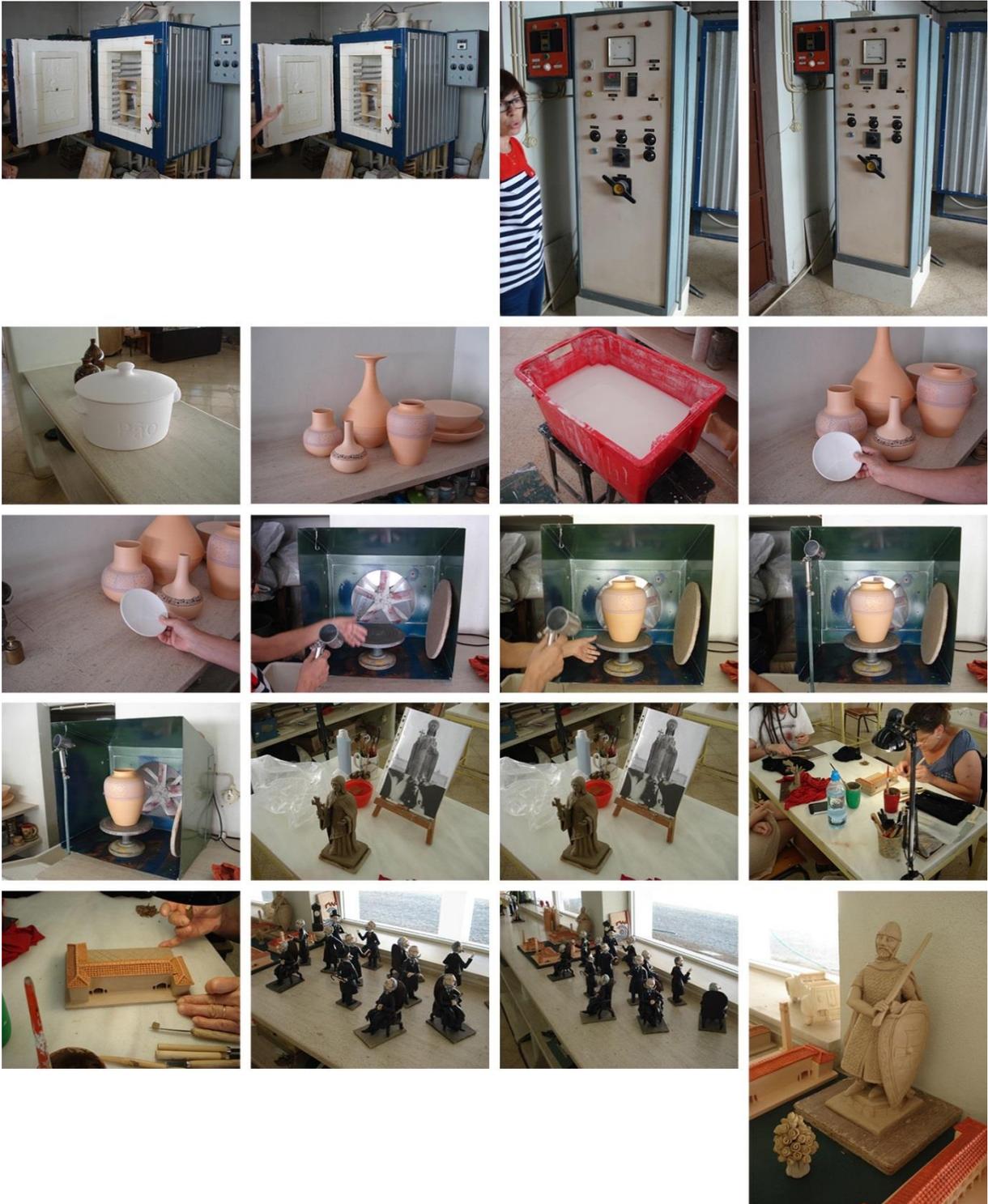
**D.ª Olga Pereira** - Hoje em dia existem muitas qualidades de cerâmica, desde as mais tradicionais até às consideradas mais técnicas. Em termos de constituição pode-se dizer que a qualidade de uma cerâmica depende muito das matérias-primas usadas, sendo fundamentais para a obtenção de um bom produto final. Em todas as áreas e materiais há sempre algo a explorar e aperfeiçoar, como tal o mesmo se aplica à cerâmica.

De seguida são apresentadas fotos capturadas durante a entrevista.











## ANEXO 8. Diferenciação de cerâmicas

A seguinte classificação reúne os materiais geralmente caracterizados como pertencentes ao grupo dos cerâmicos silicatos.



**Fig. 276.** Várias amostras de cerâmica a partir de diferentes argilas  
Retirado de ALMEIDA (2013) p12

Segundo Boch e Niépce (2007), uma característica genérica presente nas cerâmicas silicatadas é a sua composição por matérias-primas naturais. Constituem-se pelo menos por um mineral argiloso, sílica e frequentemente óxidos alcalinos combinados. Em geral, o aspeto dos diferentes tipos de cerâmicas varia em termos de: cor, porosidade, quantidade de fase vítrea, natureza das fases cristalinas e presença ou não de vidrado.<sup>352</sup>

Outra tese, como a de Carter e Norton (2007), defende que para além da cor, as cerâmicas podem-se distinguir pela plasticidade, características técnicas e composição.<sup>353</sup>

Em termos funcionais, as cerâmicas classificam-se consoante as características, aliadas ao fim a que se destina.<sup>354</sup>

<sup>352</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p23

<sup>353</sup> CARTER; NORTON (2007) apud BOGAS (2013) p13

<sup>354</sup> DIAS et al. (2009) p18

## ANEXO 9. Propriedades da cerâmica

Os materiais que integram o grupo dos cerâmicos contêm geralmente propriedades específicas. No entanto existem exceções, pelo que, dentro da mesma classe, diferentes materiais que se consideram constituir numa cerâmica podem conter propriedades distintas ou até opostas.<sup>355</sup>

Assim, a caracterização adoptada neste tópico é realizada tendo em conta as propriedades geralmente associadas às cerâmicas tradicionais, de acordo com os objetivos da investigação. Em primeiro lugar importa compreender, de grosso modo, as características intrínsecas dos constituintes das matérias-primas da cerâmica.

As matérias-primas, na sua essência, possuem características próprias que na sua interação vão originar a cerâmica: a argila, macia e deformável, possui as propriedades plásticas necessárias à moldagem da pasta anterior à cozedura; a sílica representa a estrutura esqueleto não deformável da cerâmica e o feldspato possui o importante papel de reduzir a temperatura de fusão da pasta.<sup>356</sup>

De seguida são indicadas as propriedades geralmente apresentadas pela cerâmica tradicional, tendo em conta os parâmetros mecânico e químico:

- **Elevado grau de dureza:** As ligações iónicas e covalentes tornam a cerâmica um material rijo. Devido a esta particularidade torna-se difícil a sua manufatura. Não obstante, a dureza torna-se útil em alguns materiais cerâmicos, funcionando como abrasivos para corte, desbaste e polimento de materiais com menor índice de dureza.<sup>357</sup>

Sem a utilização de compósitos na sua constituição, a cerâmica pode considerar-se como possuir baixo grau de dureza.<sup>358</sup>

- **Comportamento frágil:** Possui uma baixa resistência ao impacto, tornando-se frágil e quebradiça.<sup>359</sup>

---

<sup>355</sup> CARTER; NORTON (2007) p4

<sup>356</sup> BOGAS (2013) p7

<sup>357</sup> Ibidem p10

<sup>358</sup> CARTER; NORTON (2007) p5

Esta característica é clara. Basta deixar cair um objeto cerâmico ao chão como um copo de vidro ou um tijolo para o comprovar.

Pode-se concluir que a maioria das cerâmicas são frágeis à temperatura ambiente.<sup>360</sup>

- **Reduzida ductilidade:** A falta de plasticidade e a impossibilidade de deformação plástica dos cerâmicos cristalinos deve-se às ligações iônicas e covalentes.<sup>361</sup>

- **Resistência ao desgaste:** É durante a cozedura, que a cerâmica adquire uma estrutura cristalina e uma elevada resistência, nomeadamente ao desgaste e à compressão.<sup>362</sup>

### Características isolantes

- **Bom isolante térmico:** Os cerâmicos são vulgarmente usados como refratários devido à sua grande resistência mecânica a altas temperaturas, tanto em ambientes quentes líquidos como gasosos. São utilizados em revestimentos de fornos devido à sua elevada resistência ao calor e ao desgaste, aliada à boa capacidade isolante.<sup>363</sup>

A sua má condutividade de calor deve-se às ligações iônicas e covalentes entre átomos.<sup>364</sup>

- **Mau condutor eléctrico:** Apesar de maus condutores de calor, são considerados bons isolantes eléctricos.

### Características de resistência mecânica

- **Resistência à compressão:** A cerâmica possui maior resistência à compressão do que à tração.<sup>365</sup>

---

<sup>359</sup> BOGAS (2013) p10

<sup>360</sup> CARTER; NORTON (2007) p4

<sup>361</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p11

<sup>362</sup> DIAS et al. (2009) p19

<sup>363</sup> BOGAS (2013) p3

<sup>364</sup> Ibidem p11

De um modo geral, a resistência à compressão de um material cerâmico é cerca de 5 a 10 vezes maior do que a resistência à tração.<sup>366</sup>

Esta característica importa quando se utiliza componentes cerâmicos para aplicações de suporte de cargas, sendo relevante considerar a distribuição de tensões na cerâmica de forma a garantir a sua estável compressão.<sup>367</sup>

Pode ainda acrescentar-se que a ação do fogo sobre a cerâmica, à parte da cerâmica não-refratária, reduz a resistência à compressão, uma vez que as peças não se dilatam uniformemente, originando tendencialmente a desagregação.<sup>368</sup>

No quadro seguinte são mostrados valores da resistência à compressão dos tipos de tijolo cerâmico mais correntes na construção.

**Quadro 34.** Valores da resistência mecânica à compressão de tijolos cerâmicos  
Retirado de DIAS et al. (2009) p22

<i>Característica</i>	<i>Resistência mecânica por compressão (MPa)</i>	<i>Massa (Kg)</i>
22x7x11 (maciço)	17 - 48	2,5 - 3,5
30x20x7	3,7 - 7,0	3 - 5
30x20x9	3,0 - 5,7	3,5 - 5,5
30x20x11	2,8 - 5,2	4 - 6
30x22x15	2,5 - 4,9	5 - 7
30x22x20	1,9 - 3,9	7 - 11

- **Resistência à tração:** Este tipo de resistência varia de acordo com o material cerâmico em causa. Em termos de números, pode divergir entre valores inferiores a cerca de 0,7 MPa até cerca de 7 GPa. De uma forma geral, poucos são os cerâmicos que resistem a forças de tração superiores a 170 MPa, estando estes geralmente associados a cerâmicos técnicos.<sup>369</sup>

<sup>365</sup> CARTER; NORTON (2007) p5

<sup>366</sup> BOGAS (2013) p10

<sup>367</sup> CARTER; NORTON (2007) p5

<sup>368</sup> BOGAS (2013) p11

<sup>369</sup> Ibidem p10

*“A resistência mecânica dos materiais cerâmicos é afetada por vários fatores incluindo a composição química, a microestrutura e as condições de superfície. A temperatura, o tipo de tensão e o modo como é aplicada também são fatores importantes.”*<sup>370</sup>

Bogas

Os defeitos e problemas existentes na estrutura dos materiais cerâmicos condicionam a sua resistência. Esses defeitos, como poros, inclusões, impurezas e grandes grãos gerados aquando o processamento térmico são fatores que possibilitam a formação de fraturas sob a forma de fendas originadas na superfície das peças. As fendas concentram tensões que quando ultrapassam certos valores críticos são propagadas e vão crescendo até ocorrer a rotura. Os poros são inconvenientes pois influenciam a área de distribuição de tensões no corpo cerâmico, pelo que, afetam a sua resistência.<sup>371</sup>

Quando há ausência de porosidade em cerâmicos, o tamanho do grão é outro fator que condiciona a sua resistência. Os cerâmicos de menor grão apresentam fendas menores nos seus limites, por isso são mais resistentes. A fratura dos cerâmicos é mais comum em fendas de maior dimensão.<sup>372</sup>

*“A rotura ocorre para uma deformação inferior a 1%, de forma abrupta e sem desenvolvimento significativo de deformação plástica.”*<sup>373</sup>

Boch e Niépce

**Insensibilidade química:** No seguinte quadro são mostradas outras propriedades e aplicações da cerâmica, embora não estejam diretamente relacionadas com a construção.

---

<sup>370</sup> Idem

<sup>371</sup> Idem

<sup>372</sup> BOCH; NIÉPCE (2007) apud BOGAS (2013) p11

<sup>373</sup> Idem

**Quadro 35.** Outras propriedades e aplicações de cerâmicas  
Adaptado de CARTER; NORTON (2007) p6

<i>Property</i>	<i>Application</i>
Electrical	Conductive component in thick-film resistors Electrolyte in solid-oxide fuel cells Transparent electrode Furnace elements for resistive heating Superconducting quantum interference devices (SQUIDs) Electrodes for electric glass melting furnaces
Dielectric	Spark plug insulator Micropumps Furnace bricks Dynamic random access memories (DRAMs) Chip capacitors
Magnetic	Recording tapes Transformer cores in touch tone telephones Permanent magnets in loudspeakers Radar phase shifters
Optical	Optical fibers Transparent envelopes in street lamps Ceramics colors Fluorescent screens for electron microscopes Thin-film optical switches Solid-state lasers
Mechanical	Wear-resistant coatings Abrasives for polishing Cutting tools Engine components Hip implants
Thermal	Space shuttle insulation tiles Packages for integrated circuits Supports for telescope mirrors Laboratory glassware and cookware

Todas estas particularidades advêm da elevada estabilidade das fortes ligações químicas da cerâmica, tornando a cerâmica estável em ambientes quimicamente e termicamente agressivos.<sup>374</sup>

Quando se trata de produtos cerâmicos vidrados, ou seja, com revestimento esmaltado, o produto adquire melhores e por vezes novas propriedades, principalmente no que toca à capacidade de impermeabilização.

<sup>374</sup> BOGAS (2013) p11-13

O esmalte, podendo ou não conter coloração, confere superfícies lisas e brilhantes ao material, podendo melhorar a sua dureza e resistência química.<sup>375</sup>

*“Quando o coeficiente de expansão de base é menor do que o do esmalte, o último é sujeito a tensões de tração quando as peças arrefecem. Isto é tanto mais importante, quanto maior a diferença dos coeficientes de expansão e maior o módulo de elasticidade do vidro. Por outro lado, a retração do cerâmico é maior no arrefecimento, o vidro é colocado em compressão e a sua resistência mecânica é reforçada.”<sup>376</sup>*

Boch e Nièpce

Ainda que seja sempre possível encontrar um tipo de cerâmica que mostre comportamentos anómalos em relação à generalidade dos materiais do mesmo grupo, as propriedades acima listadas são na maioria das vezes distintas daquelas apresentadas por metais e polímeros.<sup>377</sup>

Para finalizar o tópico, no quadro seguinte constam dados técnicos referentes ao material cerâmico.

**Quadro 36.** Alguns dados técnicos do material cerâmico  
Retirado de DIAS et al. (2009) p21

<i>Características do material cerâmico</i>	<i>Valores</i>
Massa volúmica aparente	1800 - 2000 Kg/m <sup>3</sup>
Porosidade aberta	20 - 30%
Absorção de água por imersão a frio	9 - 13%
Coefficiente de saturação	0,6 - 0,8
Absorção de água por capilaridade (1 min.)	11g/dm <sup>2</sup> .min <sup>0,5</sup>
Condutibilidade térmica	0,5 - 0,7 W/m <sup>2</sup> K
Coefficiente de absorção da radiação solar	0,65 - 0,80
Dilatação térmica linear	3,5 - 5,8 x 10 <sup>-6</sup> m/m.°C
Expansão por humidade	0,9 - 1,7 mm/m
Humidade em equilíbrio (20°C e 80% HR)	0,11%
Módulo de elasticidade longitudinal	8300 MPa
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0,2

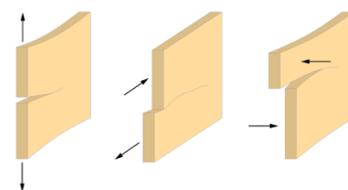
<sup>375</sup> BOCH; NIÈPCE (2007) apud BOGAS (2013) p25

<sup>376</sup> Idem

<sup>377</sup> CARTER; NORTON (2007) p5

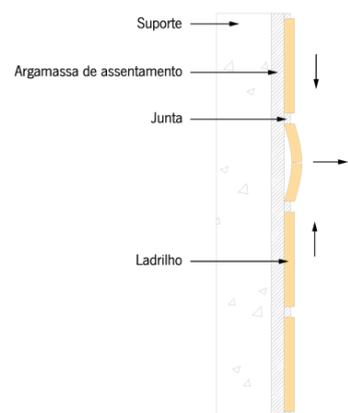
## ANEXO 10. Defeitos na cerâmica

Durante o processo de fabrico da cerâmica, podem ocorrer defeitos estruturais que vão condicionar a sua resistência. Os principais problemas que levam à sua fratura são fendas superficiais originadas durante a fase final de processamento. Estas anomalias geram tensões concentradas que resultam em fendas quando excedem determinados valores de força. As fendas, uma vez criadas condições para tal, propagam-se até ao ponto de ocorrer a rotura.<sup>378</sup>



**Fig. 277.** Modos de geração de fissuras num ladrilho cerâmico  
Adaptado de SANTOS; SOUSA; BITTENCOURT (2003)  
apud <http://www.scielo.br/img/revistas/ac/v11n1/a03fig3.jpg>

No que toca à fissuração, é pertinente distinguir sempre que possível, os casos em que apenas é afetado o revestimento da alvenaria, dos casos em que atinge o núcleo da parede, ou seja, o suporte. Em paredes sem função estrutural, a fissuração ocorrida no seu suporte é geralmente associada a fenómenos como: ação de cargas externas, ação do gelo, ataques químicos, deformação do suporte da parede, movimentos da fundação, variações de humidade e variações de temperatura.<sup>379</sup>



**Fig. 278.** Esquema de fissuração numa fachada por retração dos materiais  
Adaptado de [http://construiironline.dashofer.pt/library/e4da3b7fbce2345d7772b0674a318d55/images/chap\\_1\\_029.jpg](http://construiironline.dashofer.pt/library/e4da3b7fbce2345d7772b0674a318d55/images/chap_1_029.jpg)

No quadro seguinte é mostrada uma síntese das razões de fissuração dos rebocos em aparelhos de tijolo.

**Quadro 37.** Principais razões de fissuração dos rebocos em aparelhos de tijolo  
Retirado de DIAS et al. (2009) p210

<i>Origem da fissuração</i>	<i>Tipo de fissuração</i>
Reboco propriamente dito	Fissuração por retração Fissuração devida a deficiente adaptação ao suporte Fissuração devida ao gelo
Deficiente concepção e aplicação	Fissuração devida a misturas cimento-gesso Fissuração devida a concentração de tensões junto a aberturas Fissuração devida à corrosão de elementos metálicos
Suporte	Fissuração devida a deslocamentos do suporte Fissuração devida a reações com sais existentes no suporte
Reboco e suporte	Fissuração devida a comportamentos diferenciais de suportes heterogéneos Fissuração devida a absorção excessiva do suporte Fissuração devida a variações dimensionais entre o reboco e o suporte Fissuração devida à retração do suporte

<sup>378</sup> BOGAS (2013) p10/11

<sup>379</sup> DIAS et al. (2009) p210

## ANEXO 11. Diretório de empresas de cerâmica em Portugal

**Quadro 38.** Diretório de empresas de cerâmica estrutural em Portugal

Elaborado a partir de <http://www.ceramica.pt/>

Empresa	Localização	Contacto	Nº trabalhadores	Exportadora	Certificada
BARBOSA COIMBRA, SA	Estrela d'Alva 3360-223 S. Paio de Mondego Coimbra	T. 239 450 130   F. 239 450 131 E. geral@estreladalva.com   Site: <a href="http://www.estreladalva.com">http://www.estreladalva.com</a>	33	sim	não
CELTICERÁMICA - INDÚSTRIA CERÁMICA PORTUGUESA, SA	Estrada de Barriolo, 838 -Vale do Grou - ZIEN1 Sul 3750-353 Aguada de Baixo Aveiro	T. 234 666 271   F. 234 666 520 E. geral@celticceramica.com   Site: <a href="http://www.celticceramica.com">http://www.celticceramica.com</a>	31	sim	não
CERÁMICA CASTROS, SA	Miragaia - Apartado 17 3754-908 Aguada de Cima Aveiro	T. 234 660 670   F. 234 660 671 E. ceramicacastros@mail.telepac.pt   Site: <a href="http://www.ceramicacastros.pt">http://www.ceramicacastros.pt</a>	25	não	não
CERÁMICA DA FLORESTA, LDA	Quinta da Floresta - Outeiro da Cabeça 2550-479 Pero Moniz Lisboa	T. 261 920 100   F. 261 920 109 E. ceramicadafloresta@gmail.com	20	não	não
CERÁMICA DE QUINTÁS, LDA	Quintás - Costa do Valado 3810-025 Oliveirinha Aveiro	T. 234 941 104   F. 234 942 276 E. geral@ceramicaquintas.pt   Site: <a href="http://www.ceramicaquintas.pt">http://www.ceramicaquintas.pt</a>	30	sim	não
CERÁMICA DO CENTRO, LDA	Apartado 24 3105-235 Meirinhas Leiria	T. 244 619 070   F. 244 619 075 E. ceramica.centro@gesmot.pt   Site: <a href="http://www.ceramicacentro.pt">http://www.ceramicacentro.pt</a>	15	não	não
CETIPAL - CERÁMICA DE TUILOS E PAVIMENTOS, SA	Apartado 10 3754-906 Aguada de Baixo Aveiro	T. 234 666 476   F. 234 667 814 E. geral@cetipal.mail.pt	23	não	não
CONSTRUCER - CERÁMICA DE CONSTRUÇÃO, SA	Apartado 12 3781-901 Avelãs de Caminho Aveiro	T. 234 743 140   F. 234 743 045 E. construcer@mail.telepac.pt   Site: <a href="http://www.construcer.com">http://www.construcer.com</a>	19	sim	não
CS - COELHO DA SILVA, SA	Albergaria - Apartado 5 2480-071 Juncal Leiria	T. 244 479 200   F. 244 479 201 E. info@coelhodasilva.com   Site: <a href="http://www.coelhodasilva.com">www.coelhodasilva.com</a>	245	sim	sim
CT - COBERT TELHAS, SA	Estrada Nacional 361 - 1 2565-594 Outeiro da Cabeça Lisboa	T. 261 920 000   F. 261 920 001 E. cobert-telhas@urailta.com   Site: <a href="http://www.cobert-telhas.com">http://www.cobert-telhas.com</a>	186	sim	sim
F.S. E CERÁMICA AMARO DE MACEDO, SA	Lugar do Cruto 4730-100 Cervães Braga	T. 253 921 089   F. 253 921 113 E. fscam.ceramica@gmail.com	36	sim	não
FELICIANO LOPES BATISTA, LDA	Coutado - Amiais de Cima 2025-012 Abrã Santarém	T. 243 408 190   F. 243 408 109 E. fb.costa@sapo.pt	9	não	não
ICERCAL - INDÚSTRIA CERÁMICA ALBERGARIENSE, LDA	Vidoeira 3100-097 Albergaria dos Doze Leiria	T. 236 931 176   F. 236 931 035 E. geral@icercal.pt   Site: <a href="http://www.icercal.pt">http://www.icercal.pt</a>	20	não	não
INACER - INDÚSTRIA NACIONAL DE CERÁMICA, LDA	Rua Alto Vale do Grou 3750-064 Aguada de Cima Aveiro	T. 234 601 922   F. 234 624 361 E. geral@inacer.pt	20	não	não
M. A. LOPES DAVÓ, LDA	Rua Dr. Carlos Nunes Ferreira - Amiais de Cima 2025-012 Abrã Santarém	T. 249 870 520   F. 249 879 433 E. lopesdavo@gmail.com	12	não	não
PRELIS CERÁMICA, LDA	Estrada Nacional 356-1, nº 40 - Alcogulhe de Cima 2405-003 Maceira Leiria	T. 244870210   F. 244871626 E. prelis@prelis.pt   Site: <a href="http://www.prelis.pt">www.prelis.pt</a>		sim	não
SULCERAM - CERÁMICA DO SUL, SA	Sito dos Vales - Apartado 41 8365-907 Algoz Faro	T. 282 574 669   F. 282 574 635 E. geral@sulceram.pt   Site: <a href="http://www.sulceram.pt">http://www.sulceram.pt</a>	26	não	não
TIJOLÁGUEDA - CERÁMICA DE ÁGUEDA, LDA	Baixa da Neta - Alagôa - Apartado 3094 3754-901 Águeda Aveiro	T. 234 648 497   F. 234 648 498 E. tijolagueda.geral@gmail.com	15	não	não
TIJOLAR - CERÁMICA DO OLIVAL, SA	Rua da Paz, 20 2435-424 Olival Santarém	T. 249 585 927   F. 249 581 245 E. geral.tjolar@jular.pt	13	não	não
UCHERÁMICA - CERÁMICA DA UCHA, LDA	Lugar do Rego 4750-765 Ucha Braga	T. 253 849 150   F. 253 849 159 E. ucheramica@net.novis.pt	26	não	não
UMBELINO MONTEIRO, SA	Rua do Arieiro 3105-218 Meirinhas Leiria	T. 236 949 022   F. 236 948 519 E. geral@umbelino.pt   Site: <a href="http://www.umbelino.pt">http://www.umbelino.pt</a>	138	sim	sim

**Quadro 39.** Diretório de empresas de cerâmica de pavimentos e revestimentos em Portugal

Elaborado a partir de <http://www.ceramica.pt/>

Empresa	Localização	Contacto	N.º trabalhadores	Exportadora	Certificada
ALELUIA - CERÁMICAS, SA	Quinta Simão - Esgueira - Apartado 3024 3801-101 Taboira Aveiro	T. 234 305 600   F. 234 305 609 E. geral@aleluia.pt   Site: <a href="http://www.aleluia.pt">http://www.aleluia.pt</a>	430	sim	sim
CERÁMICA DE SÃO PAULO, SA	IC2, Km 32 - Carregado - Apartado 7 2584-909 Alenquer Lisboa	T. 263 850 180   F. 263 855 688 E. cer.saopaulo@mail.telepac.pt   Site: <a href="http://www.ceramicasaopaulo.pt">http://www.ceramicasaopaulo.pt</a>	76	sim	sim
CERDOMUS - INDÚSTRIAS CERÁMICAS, SA	Apartado 23 3781-901 Avelãs de Caminho Aveiro	T. 231 516210   F. 231 515 564 E. cerdomus@hotmail.com   Site: <a href="http://www.certeca.pt">http://www.certeca.pt</a>	105	sim	não
CINCA - COMPANHIA INDUSTRIAL DE CERÁMICA, SA	Rua Principal, 39 - Apartado 12 4509-908 Fiães Aveiro	T. 227 476 400   F. 227 476 435 E. msh@cinca.pt   Site: <a href="http://www.cinca.pt">http://www.cinca.pt</a>	578	sim	sim
CLIPER CERÁMICA, SA	Rua das Oleais, 119 - Z. Ind. Figueira da Foz - S. Pedro 3080-380 Serra da Boa Viagem Coimbra	T. 233 402 200   F. 233 402 209 E. geral@cliper.pt   Site: <a href="http://www.cliper.pt">http://www.cliper.pt</a>	80	sim	sim
DOMINO - INDÚSTRIAS CERÁMICAS, SA	Apartado 27 3150-194 Condeixa-a-Nova Coimbra	T. 239 949 800   F. 239 949 809 E. domino@domino.pt   Site: <a href="http://www.domino.pt">http://www.domino.pt</a>	197	sim	não
GOLDCER - INDÚSTRIA CERÁMICA, SA	Malaposta, E.N. 1 - Apartado 198 3781-909 Anadia Aveiro	T. 231 510 700   F. 231 510 701 E. goldcer@goldcer.pt   Site: <a href="http://www.goldcer.pt">http://www.goldcer.pt</a>	155	sim	não
GRES PAINARIA PORTUGAL, SA - DIVISÃO LOVE TILES	Zona Industrial de Aveiro - Apartado 3002 3801-101 Aveiro Aveiro	T. 234 303 030   F. 234 303 031 E. novagres@novagres.pt   Site: <a href="http://www.grespania.com">http://www.grespania.com</a>	440	sim	sim
GRES PAINARIA PORTUGAL, SA - DIVISÃO MARGRES	Chousa Nova 3830-133 lhavo Aveiro	T. 234 329 700   F. 264 329 768 E. margres@margres.com		sim	sim
GRESART - CERÁMICA INDUSTRIAL, SA	Apartado 39 3770-954 Oliveira do Bairro Aveiro	T. 234 740 200   F. 234 747 462 E. gresart@gresart.pt   Site: <a href="http://www.gresart.pt">http://www.gresart.pt</a>	154	sim	sim
GRESTEJO-INDÚSTRIAS CERÁMICAS, SA	Zona Industrial de Torres Novas 2350-483 Torres Novas Santarém	T. 249 819 040   F. 249 819 049 E. administracao@grestejo.com   Site: <a href="http://www.grestejo.com">http://www.grestejo.com</a>	51	sim	sim
KERION - INDÚSTRIA DE CERÁMICA TÉCNICA, LDA	Rua do Chão Velho, Z. Ind. Póvoa do Valado - ap. 50 3811-501 Aveiro Aveiro	T. 234 946 020   F. 234 946 021 E. kerion@kerion.pt   Site: <a href="http://www.kerion.pt">http://www.kerion.pt</a>	28	sim	sim
LABICER-LABORATÓRIO INDUSTRIAL CERÁMICO, SA	Zona Industrial - Apartado 31 3770-904 Bustos Aveiro	T. 234 750 280   F. 234 750 281 E. labicer@labicer.com   Site: <a href="http://www.labicer.com">http://www.labicer.com</a>	138	sim	não
PAVIGRES CERÁMICAS, SA	Zona Industrial Almas Domingas - Apartado 42 3781-909 Anadia Aveiro	T. 231 510 600   F. 231 504 143 E. geral@pavigres.com   Site: <a href="http://www.pavigres.com">http://www.pavigres.com</a>	466	sim	sim
PRIMUS VITÓRIA - AZULEJOS, SA	Aradas - Apartado 2 3811-801 Aveiro Aveiro	T. 234 400 500   F. 234 400 509 E. geral@primusvitoria.com   Site: <a href="http://www.primusvitoria.com">http://www.primusvitoria.com</a>	96	sim	sim
RECER - INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS CERÁMICOS, SA	Apartado 20 3771-953 Oliveira do Bairro Aveiro	T. 234 730 500   F. 234 730 502 E. recer@recer.pt   Site: <a href="http://www.recer.pt">http://www.recer.pt</a>	254	sim	sim
REVIGRES - INDÚSTRIA DE REVESTIMENTOS DE GRÉS, LDA	Apartado 1 3754-001 Barró Aveiro	T. 234 660 100   F. 234 666 555 E. revigres@revigres.pt   Site: <a href="http://www.revigres.com">http://www.revigres.com</a>	283	sim	sim
SOLADRILHO - SOCIEDADE CERÁMICA DE LADRILHOS, SA	Estrada da Barroca - Apartado 54 2334-909 Entroncamento Santarém	T. 249 720 090   F. 249 719 847 E. comercial@soladrilho.pt   Site: <a href="http://www.soladrilho.pt">http://www.soladrilho.pt</a>	68	sim	não
TOP CER - INDÚSTRIA DE CERÁMICA, LDA	Zona Industrial de Oia 3770-908 Oia Aveiro	T. 234 722 395   F. 234 722 397 E. av@topcer.com   Site: <a href="http://www.topcer.com">http://www.topcer.com</a>	80	sim	sim

## ANEXO 12. Disposições regulamentares do tijolo cerâmico

Como material de construção, o tijolo possui como enquadramento regulamentar a Diretiva 89/106/CE – *Produtos de Construção* e norma de especificação NP EN 771-1, norma harmonizada que estabelece os requisitos para a marcação CE.<sup>380</sup>

A norma de produto europeia NP EN 771-1 que define as características aplicáveis ao tijolo cerâmico (embora não estabeleça valores limite), substituiu as antigas normas nacionais NP 80 de especificação das características de ensaios e a NP 834 de especificação das dimensões e tolerâncias dimensionais. Cabe aos fabricantes a emissão de fichas técnicas com a declaração dos valores referentes a cada produto, no que toca à colocação dos produtos no mercado, no âmbito da marcação CE. Mesmo após a retirada da norma NP 834, muitos tijolos cerâmicos continuam a seguir as dimensões e tolerâncias anteriormente normalizadas.<sup>381</sup>

Como a norma de produto estabelece as características aplicáveis ao tijolo cerâmico NP EN 771-1, a novas normas de série NP EN 772 definem os métodos de ensaio. Em complemento foram criadas, como exemplo, normas para especificação de ensaios de argamassas de reboco e assentamento (série EN 998 e EN 1015), normas de ensaios de alvenaria (série EN 1052), normas de projeto de alvenaria (série EN 1991 e EN 1998), entre outras. Estas normas são também conhecidas por eurocódigos da construção.<sup>382</sup>

A atual multiplicidade de aspetos avaliados e a quantidade de normas e ensaios aplicáveis dão força o facto de os tijolos serem cada vez mais considerados como produtos técnicos.<sup>383</sup>

---

<sup>380</sup> DIAS et al. (2009) p17

<sup>381</sup> Ibidem p26

<sup>382</sup> Ibidem p27

<sup>383</sup> Idem

## ANEXO 13. Outros sistemas de climatização passiva

Geralmente quando se fala num edifício sustentável, tende-se imediatamente a pensar em coletores solares como os usados para aquecimento de água ou painéis fotovoltaicos energéticos. No entanto, em alguns países começa-se a ter outra perspetiva acerca desta temática. Trata-se de um edifício sustentável quando se refere um edifício concebido por forma a possuir no seu interior condições ambientais mais confortáveis, quer na estação fria quer na quente do ano, sem a necessidade de recorrer a fontes convencionais de energia. Também designados por edifícios solares passivos, são edifícios caracterizados por possuir grandes áreas de envidraçados orientados a sul de forma a captar mais energia solar. A definição de *passivo* deve-se ao facto de poder obter uma situação de conforto higrotérmico no inverno e no verão sem o auxílio de meios exteriores consumidores de energia convencional como eletricidade. Pelo contrário, um sistema ativo necessita de transformar energia para funcionar.<sup>384</sup> No entanto, há casos em que, de igual forma, pode funcionar com energias renováveis, como um painel solar.

Na atualidade ainda se consideram formas de obtenção de conforto térmico recorrendo a equipamentos que consomem energia, sem levar em consideração a hipótese da integração de sistemas de climatização passiva no projeto de arquitetura. Através deste gesto poder-se-ia promover um melhor conforto térmico utilizando apenas simples técnicas de captação de energia renovável.<sup>385</sup>

### **Outros sistemas passivos diretos de aquecimento**

Além da captação de energia através do sol também se pode considerar a captação de calor através do solo. As construções enterradas podem desta forma transmitir calor ao pavimento da habitação no seu contacto que, pela sua enérgia térmica, o transmitirá para o seu interior.<sup>386</sup>

---

<sup>384</sup> MALDONADO (1985) p99

<sup>385</sup> Portal da Construção Sustentável (2013) p1

<sup>386</sup> Ibidem p10

## Outros sistemas passivos indiretos de aquecimento

O isolamento pelo exterior em edifícios constitui também um método indireto de armazenamento de energia. Ajuda em grande medida a conservar a temperatura interior, não deixando escapar calor para o exterior.<sup>387</sup>

## Outros sistemas passivos diretos de refrigeração

A água é outro bom refrigerador de espaços. O processo evaporativo da água proporciona uma boa refrigeração a construções próximas. Este método é fortemente utilizado em climas áridos sempre que a água se encontra disponível, de forma a promover conforto em climas muito quentes. As construções enterradas também funcionam como técnica passiva de arrefecimento através do chão. Este método é usado para arrefecer no verão e aquecer no inverno.<sup>388</sup>

*“Sendo a temperatura à superfície quente nos dias de verão, ela permanece a uma temperatura constante de aproximadamente 14°C a uma profundidade de 2m, sendo mais baixa no Verão que a do exterior e por sua vez mais quente do que a temperatura exterior no inverno.”<sup>389</sup>*

Portal da Construção Sustentável

Existe também o sistema de sombreamento passivo direto através do uso de vegetação. Se a vegetação for de folha caduca é uma vantagem na estação fria do ano pois permite a passagem de radiação solar pela queda da folhagem. Além de proporcionar ambientes mais saudáveis por ter um papel relevante no que toca ao sombreamento e arrefecimento do ambiente. Deste modo deve ser uma solução sempre que possível a ter em conta.<sup>390</sup>

---

<sup>387</sup> Idem

<sup>388</sup> Ibidem p11

<sup>389</sup> Ibidem p10

<sup>390</sup> Ibidem p9

### **Outros sistemas passivos indiretos de refrigeração**

Destaca-se também o isolamento (no interior de uma parede dupla ou pelo exterior por todo o edifício). Tal como nos sistemas passivos de aquecimento, o isolamento promove uma “estanquicidade” entre o interior e exterior, minimizando perdas de ar frio interior e impedindo a entrada de calor do exterior.<sup>391</sup>

---

<sup>391</sup> Ibidem p10

**ANEXO 14. Outro projeto estudo de parede “filtro”**

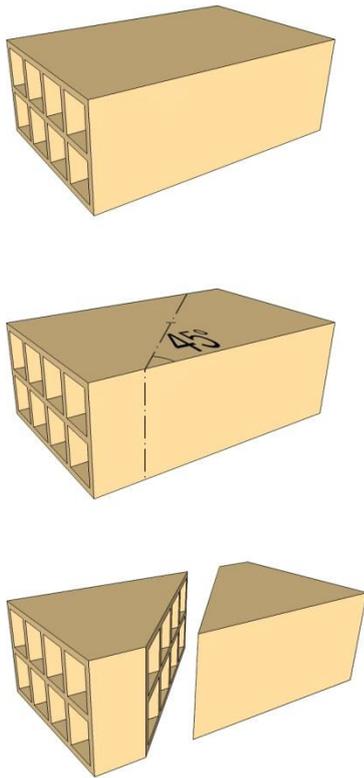


Fig. 279. Secção tijolo 30x20x11

Concebeu-se uma parede “filtro” em tijolo como estudo anexo à investigação. Apenas se explorou o aspeto textural da parede. A ideia foi seccionar um tijolo de 30x20x11 na posição horizontal por um plano vertical, de forma a dividi-lo em duas partes iguais. O seu corte é feito a 45° passando pelo centro, de forma a poder realizar entre metades um maior número de combinações de encaixe possível em ângulos retos. O seu corte foi também idealizado de forma a simplificar a sua execução, tornando-a mais rápida e de fácil compreensão se solicitar a realização por profissionais. A secção é realizada com o auxílio de um instrumento de corte (tipo rebarbadora com disco de diamante ou serra elétrica).

A sua montagem é feita combinando as metades, numa tentativa de fazer passar incidência solar e ventilação pelas suas furações. Pretende-se da mesma forma a transparência visual entre elas. Como hipótese de captar luz natural e ventilação multidirecional durante o maior número de horas do dia, foi conseguida uma disposição de tijolos que, entre si, alternam entre duas direções em relação ao plano geral da parede (45° e 135°). Ou seja, os seus veios estão sempre direcionados a 45° tanto para a esquerda como para a direita. A posição destas metades é sempre colocada na horizontal, de forma a possuir um melhor assentamento da base (a totalidade da sua superfície assente, 28cm<sup>2</sup>) e conseqüentemente uma maior estabilidade. De forma a aumentar a resistência da parede, os elementos superiores assentam na mesma posição dos inferiores e assim sucessivamente, apoiando-se na base uns dos outros.

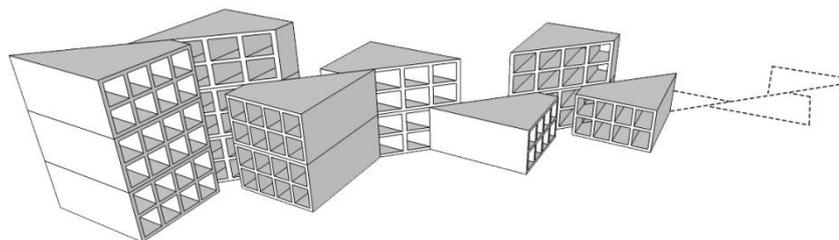
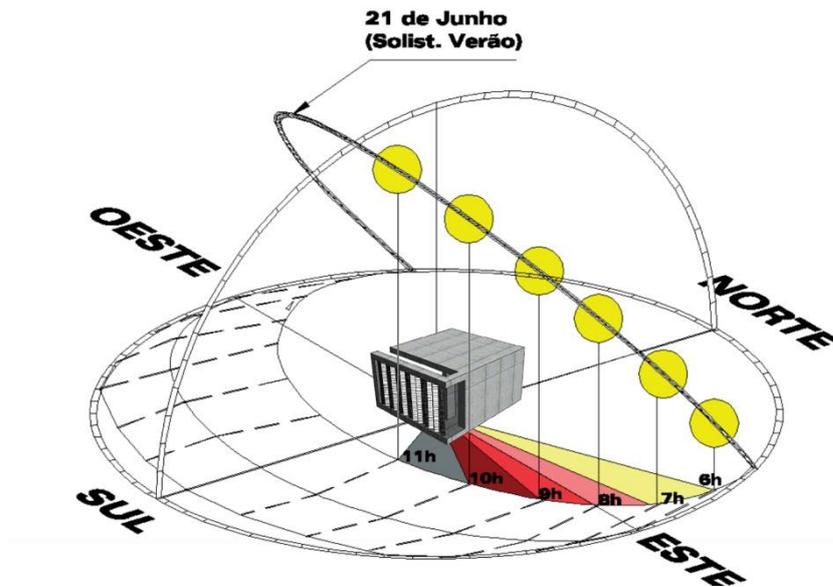
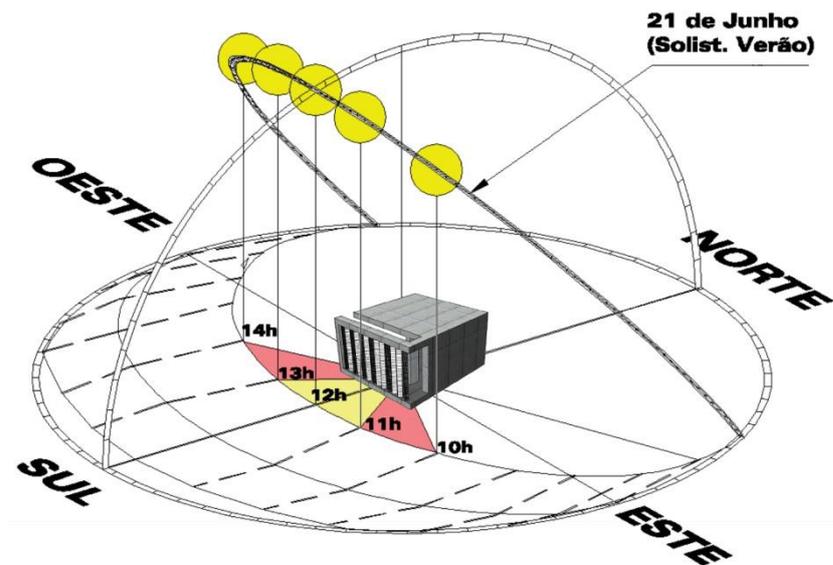


Fig. 280. Montagem da parede

A união dos tijolos é feita com silicone de aplicação para exterior. Além de assegurarem uma boa fixação entre peças, podem ser facilmente separados (cortados) por um fio de forte para remover a peça caso seja necessária a sua substituição. De seguida são mostrados esquemas que ilustram o percurso solar em Portugal sob a célula de teste onde é adaptada a parede “filtro”.



**Fig. 281.** Exposição solar da fachada a nascente de verão  
 Adaptado de GONÇALVES; GRAÇA (2004) apud <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>



**Fig. 282.** Exposição solar da fachada a sul de verão  
 Adaptado de GONÇALVES; GRAÇA (2004) apud <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

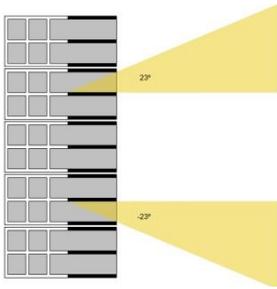


Fig. 283. Limite de amplitude de captação solar direta nas furações de menor dimensão

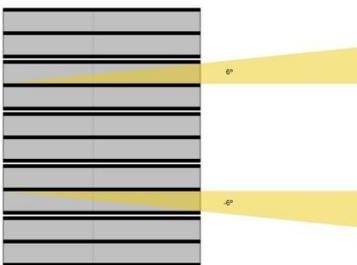


Fig. 284. Limite de amplitude de captação solar direta nas furações de maior dimensão

Os vazamentos da parede “filtro” são direcionados a 45° tanto para a sudeste como para a sudoeste. Os vazamentos horizontais da parede captam iluminação solar direta entre os -23° e os 23° de amplitude nos pontos de menor profundidade.

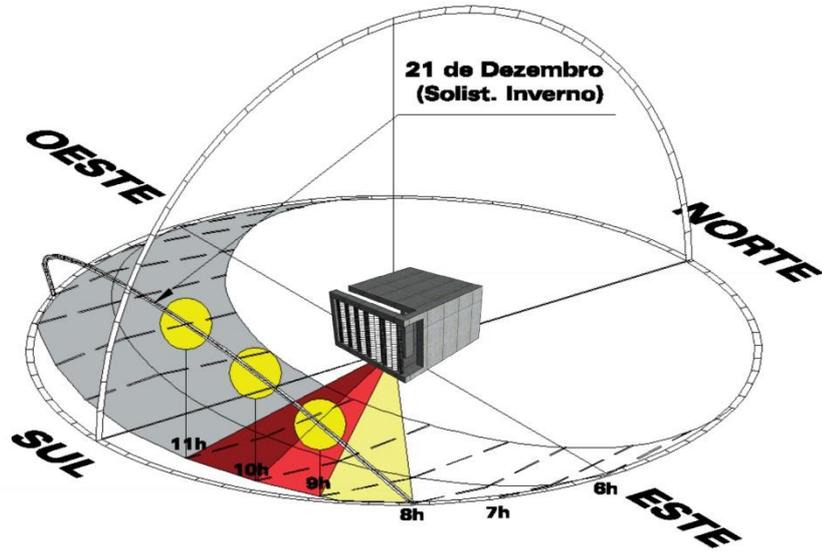


Fig. 285. Exposição solar da fachada a nascente de inverno  
Adaptado de GONÇALVES; GRACA (2004) apud <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

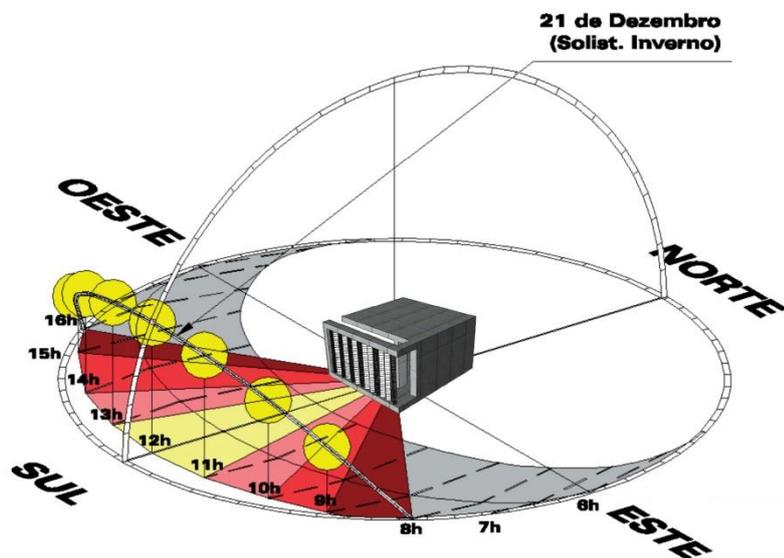


Fig. 286. Exposição solar da fachada a sul de inverno  
Adaptado de GONÇALVES; GRACA (2004) apud <http://www.Ineg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>

A disposição dos elementos da parede gera determinadas furações que se encaixam em L, de forma a permitir a reflexão de luz e ventilação vindas de direções opostas à do observador. As dimensões reduzidas e as diferentes orientações dos veios da parede “filtro” podem também proporcionar uma filtragem de ventilação.



**Fig. 287.** Permeabilidade visual para sudeste



**Fig. 288.** Permeabilidade visual para sudoeste



Fig. 289. Filtragem de radiação solar a sudeste

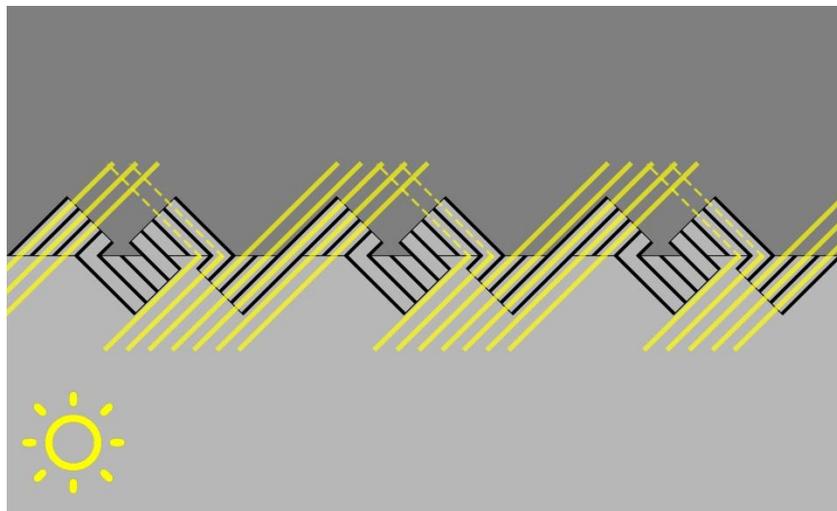
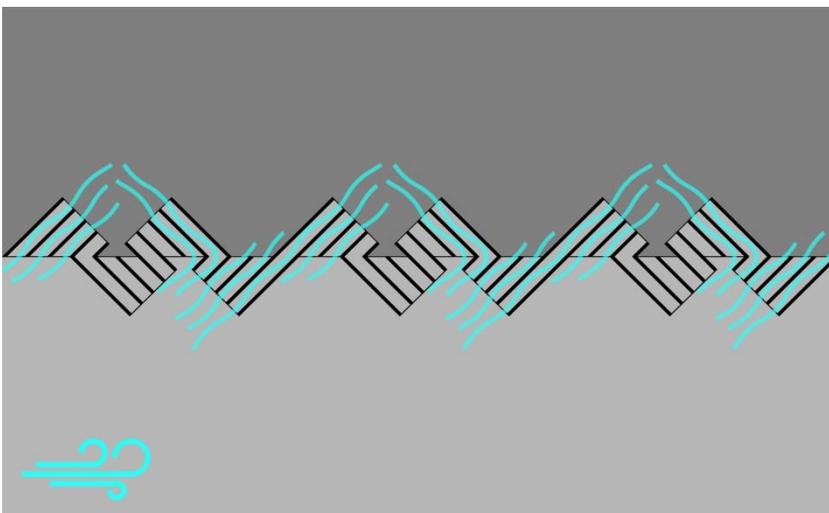


Fig. 290. Filtragem de radiação solar a sudoeste



**Fig. 291.** Filtragem de ventilação vinda sobretudo de sudeste



**Fig. 292.** Filtragem de ventilação vinda sobretudo de sudoeste

A multiplicidade de adaptações a diferentes tipologias espaciais da ideia torna-se uma vantagem. Esta pode-se adaptar a qualquer tipologia anteriormente apresentada, sendo que, para que tire o máximo partido das suas potencialidades, as tipologias mais indicadas de reproduzir são a A, B e E, uma vez que favorecem da circulação de ar entre espaços. No entanto, conforme as necessidades e/ou características de cada edifício ao qual é adaptado, a parede “filtro” pode funcionar em todas elas.

## ANEXO 15. Rendimento de materiais

