



Micael dos Santos Ferreira

Licenciado em Engenharia Civil

Caracterização da construção com terra da região de Leiria. Contributo para a sua conservação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Reabilitação de Edifícios

Orientador: Maria Paulina Faria Rodrigues, Professora Associada,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de
Lisboa

Co-orientador: Maria Teresa Freire, Investigadora, Laboratório
Nacional de Engenharia Civil e CERIS

Júri:

Presidente:	Professor Doutor Fernando M.A. Henriques
Arguente(s):	Professora Doutora Maria Idália Gomes
Vogal:	Professora Doutora Paulina Faria



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Outubro 2017

“Copyright” Micael dos Santos Ferreira, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Concluída mais uma importante fase da minha vida académica gostaria de prestar os meus agradecimentos aos intervenientes que tornaram a sua realização possível.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Professora Doutora Paulina Faria, orientadora desta dissertação de mestrado, pelo excelente acompanhamento, pelos conhecimentos transmitidos, pela exigência e rigor, tornando este período uma experiência enriquecedora.

À minha co-orientadora Doutora Maria Teresa Freire, pelo esforço, pela dedicação, pela paciência e pela disponibilidade manifestados ao longo do trabalho, pela partilha de toda a sua experiência e conhecimento que lhe são reconhecidos.

Quero agradecer ao Engenheiro Vítor Silva pela disponibilidade e acompanhamento durante a realização da campanha experimental, pelos ensinamentos transmitidos e pelo esclarecimento de dúvidas, ao arquitecto José Lima, por toda a ajuda e disponibilidade na elaboração de um artigo científico baseado no tema desta dissertação, ao Doutor Carlos Galhano pelo esclarecimento e análise das cartas geológicas da região de Leiria e Pombal e ao Doutor José Mirão da Universidade de Évora pelo auxílio prestado na análise química-mineralógica das amostras recolhidas na região de Leiria.

À Sr.^a D.^a Rosário e à Sr.^a D.^a Teresa pela ajuda no levantamento de construções com terra na localidade de Casal da Quinta e ao Sr. João Moital do Museu do Casal de Monte Redondo pela ajuda no levantamento de construções com terra na freguesia de Monte Redondo.

Gostaria de agradecer às Câmaras Municipais de Leiria e de Pombal, à união de freguesias de Santa Eufémia e Boa Vista por toda a ajuda que me foi solicitada e ao CEPAE (Centro de Património da Estremadura) pela colaboração prestada e pela oferta de uma das suas publicações.

Aos meus amigos que fiz ao longo da vida, em especial à minha namorada Rita Oliveira por toda a sua paciência, amizade e companheirismo nas alturas de maior dificuldade, ao meu grande amigo Ricardo Pereira pelo apoio e amizade demonstrada ao longo destes anos, à Inês Oliveira pela sua ajuda durante a realização dos ensaios laboratoriais e ao Hugo Jorge por toda a sua ajuda e paciência.

Agradeço a toda a minha família, em especial à minha irmã, Simone Ferreira, a quem devo muito por ter sido, ao longo destes anos, um exemplo de perseverança e determinação na forma como encara a vida sendo determinante para o meu crescimento enquanto pessoa, e aos meus pais, José Ferreira e Otília Santos, por toda a educação e valores transmitidos e por serem um exemplo de determinação e esforço pela forma como lutam diariamente para que possa atingir todos os meus objectivos.

RESUMO

A construção de habitações de terra é uma prática bastante corrente em todo o mundo, sendo associada principalmente a países cujo poder económico é baixo. No entanto, devido às crescentes preocupações ecológicas, os países mais desenvolvidos têm valorizado estas práticas construtivas tradicionais, face às correntes.

Em Portugal, a taipa e o adobe foram, durante vários anos, as técnicas de construção em terra predominantes. No entanto, a demolição, muitas vezes desnecessária, de edifícios construídos com recurso a estas técnicas tem conduzido à perda quase irreparável deste património. Por outro lado, os antigos profissionais da área estão a atingir uma idade que torna necessária, e pertinente, a recolha de testemunhos relativos às tecnologias construtivas utilizadas, conhecimento que corre o risco de desaparecer.

A taipa e o adobe encontram-se dispersos por várias regiões do país, embora a taipa esteja usualmente associada às regiões do Sul, sendo predominante no Alentejo e Algarve, enquanto a alvenaria de adobe está geralmente associada a regiões próximas de rios, sendo o caso de Aveiro o que se encontra melhor documentado.

No entanto, a região de Leiria apresenta também um imenso e valioso património em taipa e adobe. Estas técnicas de construção recorrem essencialmente a materiais naturais e locais, baseados na terra, podendo-se definir como um processo construtivo eco-eficiente. O facto de as construções em taipa e adobe apresentarem um avançado estado de degradação na maioria dos casos e de existir ainda uma escassez de estudos científicos sobre o tema, nesta região, justificou a realização desta dissertação.

O seu principal objectivo consistiu em estudar e caracterizar as referidas construções de taipa e adobe no distrito de Leiria, mais concretamente nos concelhos de Leiria e Pombal, de forma a preservar conhecimento material e imaterial associado e incentivar a sua conservação.

Para atingir este objectivo foi efectuado um vasto trabalho de campo, que consistiu no mapeamento de construções em terra, no seu registo fotográfico e na análise e catalogação de edifícios com base na técnica construtiva (taipa e/ou adobe). Seguiu-se um estudo das suas principais características, tais como a tipologia e estrutura interna das paredes, com base na análise, em laboratório, de amostras de taipa e adobe recolhidas.

Pretende-se que os resultados obtidos, para além de enriquecerem o conhecimento sobre o património local, contribuam para incentivar a sua eficiente conservação.

Palavras chave: taipa, alvenaria de adobe, tecnologia construtiva, material tradicional, património arquitectónico, caracterização material

ABSTRACT

The construction of earth dwellings is a common practice throughout the world, being mainly associated to countries with a low economic income. However, due to growing ecological concerns, developed countries have been valuing these traditional constructive practices in relation to the current ones.

In Portugal, rammed earth and adobe masonry were, for several years, the most common construction techniques. The generalized, and often unnecessary, demolition of these buildings has been leading to a great loss, almost beyond repair, of the traditional built heritage, as well as of all the knowledge related to it. Furthermore, the professionals that used to work on these constructions are reaching an age that makes necessary, and pertinent, the gathering of testimonies regarding the constructive technologies used.

Rammed earth and adobe masonry can be found scattered in various regions of the country, although the first is more frequent in the South, especially in Alentejo and Algarve, while the second is generally associated with regions nearby rivers, being Aveiro the best documented one.

In the region of Leiria an immense and valuable heritage in rammed earth and adobe masonry is also present. These construction techniques that rely essentially on natural and local materials, such as soil, can be defined as sustainable construction processes. The fact that these buildings show, in most cases, an advanced state of degradation and that there is still a lack of scientific studies related to them in the region of Leiria justified the realization of this thesis.

The main objective was to study and characterize the rammed earth and adobe buildings existing in Leiria's district, more specifically in the counties of Leiria and Pombal, in order to encourage their conservation.

To reach this objective, a vast field work was carried out, resulting in a mapping, a photographic record and an analysis and cataloguing of rammed earth and adobe buildings, followed by the study of their characteristics, namely the typology and the constitution of the internal wall structure based on the analyses of the materials collected materials.

It is intended that the results obtained, besides enriching the knowledge about local heritage, contribute to encourage its efficient conservation.

Keywords: rammed earth, adobe masonry, building technology, traditional material, architectural heritage, material characterization

ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objectivos e metodologia.....	1
1.2 Estrutura e organização da dissertação.....	2
2. CONSTRUÇÕES COM TERRA	3
2.1 Construções com terra no mundo.....	3
2.2 Construções de taipa e adobe em Portugal Continental	5
2.2.1 A taipa.....	6
2.2.2 O adobe	10
3. REGIÃO DE LEIRIA	15
3.1 Zona de intervenção	15
3.2 Mapeamento e análise geral.....	18
4. CASOS DE ESTUDO	27
4.1 Apresentação geral.....	27
4.2 Descrição do processo de avaliação dos edifícios	30
4.2.1 Avaliação da cobertura.....	31
4.2.2 Avaliação das paredes das fachadas	33
4.2.3 Avaliação dos pavimentos.....	35
4.2.4 Avaliação das paredes interiores.....	36
4.2.5 Avaliação dos tectos	38
4.2.6 Avaliação de outros elementos estruturais	39
4.3 Materiais tradicionais constituintes das alvenarias de adobe e taipa	39
5. CAMPANHA EXPERIMENTAL	41
5.1 Recolha e classificação de amostras.....	41
5.2 Procedimentos de ensaio	42
5.2.1 Análise granulométrica – Peneiração a seco.....	42
5.2.2 Análise granulométrica - Sedimentação em frasco.....	45
5.2.3 Avaliação da cor.....	46
5.2.4 Difracção de raios X.....	47

5.2.5 Velocidade de propagação de ultrassons	48
5.2.6 Condutibilidade térmica	49
5.2.7 Dureza superficial	50
5.2.8 Massa volúmica aparente	52
5.2.9 Resistência à tracção	52
5.2.10 Resistência à compressão	54
5.2.11 Abrasão a seco	55
5.2.12 Absorção de água por capilaridade	57
5.2.13 Secagem	61
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
6.1 Considerações gerais	63
6.2 Análise granulométrica – Peneiração a seco	63
6.3 Análise granulométrica – Sedimentação em frasco	65
6.4 Avaliação da cor	67
6.5 Difracção de raios X	68
6.6 Velocidade de propagação de ultrassons	69
6.7 Condutibilidade térmica	71
6.8 Dureza Superficial	73
6.9 Massa volúmica aparente	74
6.10 Resistência à tracção	75
6.11 Resistência à compressão	76
6.12 Resistência à abrasão a seco	77
6.13 Absorção de água por capilaridade	79
6.14 Secagem	81
6.15 Síntese da caracterização efectuada	84
7. CONCLUSÕES	87
7.1 Considerações finais	87
7.2 Desenvolvimentos futuros	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXO I	A.1

ANEXO II A.21

ANEXO III A.37

ANEXO IV A.39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Mapa do património de terra na União Europeia (adaptado de W1)	4
Figura 2.2 - Distribuição geográfica de duas das principais técnicas construtivas tradicionais em Portugal Continental (Adaptada de Fernandes (2013)) (AAV – Arquitectura de terra em Portugal, p.21).....	6
Figura 2.3 – Execução representativa da taipa (A), taipal e ferramentas tradicionais (B) e representação de cunhal de parede de taipa (C) (Minke, 2006)	6
Figura 2.4 - Fundação de uma contrução de taipa, "Casa nº 72"	8
Figura 2.5 - Altura atingida pela água nas paredes, em função das condições de evaporação (Henriques, 2007).....	8
Figura 2.6 – Queda do revestimento (A) e juntas desencontradas entre taipais (B), "Casa nº 81"	9
Figura 2.7 – Adobeira (A); posicionamento dos adobes numa alvenaria a 1 vez (B) e esquema alvenaria de adobe (C) (Minke, 2006 e Millete, 2011).....	10
Figura 2.8 - Exemplos de “aparelhos” na execução de alvenarias de adobe	11
Figura 2.9 - Fundação de alvenaria de pedra argamassada, "Casa nº 62"	11
Figura 2.10 – Habitação (A) e anexo (B), “Casa nº 30”	13
Figura 2.11 – Tirante com gato de remate na empena de edifício nas Meirinhas, "Casa nº 10"	13
Figura 2.12 - Introdução de bocados de telha nas juntas entre os adobes como técnica de travamento, “Casa nº 95”.....	14
Figura 3.1 - Identificação geográfica do distrito (A) e dos concelhos (B) de Leiria	15
Figura 3.2 - Concelhos de Leiria (A) e Pombal (B)	16
Figura 3.3 - Rede hidrográfica do concelho de Pombal, (CMP, 2014).....	16
Figura 3.4 - Unidades paisagísticas (A) e rede hidrográfica do concelho de Leiria (B), (CML, 2010)	17
Figura 3.5 - Mapeamento de 98 construções entre Pombal e Leiria [W4]	18
Figura 3.6 - Distribuição das técnicas taipa e adobe nos concelhos de Pombal e Leiria	19
Figura 3.7 – Identificação do ano de construção de 34 edifícios de terra	21
Figura 3.8 - "Casa nº 93", reabilitação de uma casa construída com a técnica de adobe, Monte Redondo.....	22
Figura 3.9 - Queda do revestimento num paramento de taipa, “Casa nº 77”, Carnide	22
Figura 3.10 - Erosão da taipa, “Casa nº 20”, Meirinhas	23
Figura 3.11 - Mecanismo de formação de eflorescências e criptoflorescências. (Henriques, 2007)	23
Figura 3.12 - Erosão no paramento de taipa devido à ascensão capilar (A) e escorrências devido à acção da chuva (B), "Casa nº 37", Vermoil	24

Figura 3.13 - Utilização de argamassas de base cimentícia para colmatar a erosão na parede de taipa, "Casa nº 78", Pombal	24
Figura 3.14 - Utilização de argamassas de revestimento de base cimentícia, verificando-se o seu destacamento, "Casa nº 17", Meirinhas	25
Figura 3.15 - Nidificação de pequenos insectos nas paredes de taipa, "Casa nº 12", Meirinhas	25
Figura 3.16 - Proliferação de vegetação na cobertura, "Casa nº 36", Pombal.....	26
Figura 4.1 - Casa nº 4 (A) e Casa nº 29 (B)	27
Figura 4.2 - Portas exteriores (A-Fachada Principal e B-Fachada Este) e janelas com caixilho de madeira (C)	28
Figura 4.3 - Duas das portas exteriores (A - Fachada principal e B- Fachada de tardoz) e janela com caixilho de madeira (C)	29
Figura 4.4 - Marcas devidas às fasquias que "apertavam" os tapais	30
Figura 4.5 - Coberturas das "Casa nº 4" (A) e "Casa nº 29" (B)	31
Figura 4.6 – Estrutura de suporte da cobertura da "Casa nº 4" (A) e cobertura dos anexos da "Casa nº 29" constituída por trama (caibros e ripas) (B)	32
Figura 4.7 - Respiradores dispostos nas fachadas (Fachada principal – A e fachada de tardoz – B)	35
Figura 4.8 – Picagem do reboco de uma parede interior	37
Figura 4.9 - Exemplo da decoração nos tectos da "Casa nº 4"	38
Figura 4.10 - Entalhes existentes nos topos dos adobes	40
Figura 4.11 - Exemplos de moldes utilizados na manufactura dos adobes: com fundo fechado e aberto.....	40
Figura 5.1 – Desagregação de aglomerados (A) e esquartelamento da amostra (B)	43
Figura 5.2 - Agitador com os peneiros (A) e Balança (B)	44
Figura 5.3 - Material retido nos peneiros (visualização dos aglomerados nas áreas a verde).....	44
Figura 5.4 - Terra utilizada após peneiração (A), introdução no frasco (B) e determinação da altura das camadas	45
Figura 5.5 - Colorímetro portátil (A), placa de calibração (B) e leitura de cor (C)	46
Figura 5.6 - Apresentação 3D do sistema CIELab e respectivas coordenadas [W5]	46
Figura 5.7 - Feixe de raios X, com comprimento de onda λ , a incidir com um ângulo θ num conjunto de planos cristalinos com espaçamento d (Grilo, 2013)	47
Figura 5.8 - Amostras ensaiadas (A), pastilha de amostra (B) e Micro-difractómetro de raios X - Laboratório HERCULES (C)	48
Figura 5.9 - Aparelho Pundit Lab da marca Proceq (A) e posicionamento dos transdutores electroacústicos nas amostras (B)	49

Figura 5.10 – Ensaio de condutibilidade térmica	50
Figura 5.11 -Durómetro com pormenor do pino que indica a dureza superficial desse material (Gomes, 2013, adptado de ASTM D2240-05, 2010)	51
Figura 5.12- Esquema do mapeamento dos 5 pontos nas amostras (A), ensaio com durómetro - Shore A (B) e termo higrómetro (C)	51
Figura 5.13 - Medição das dimensões dos provetes com craveira (A), fita-métrica (B) e determinação da massa dos provetes (C)	52
Figura 5.14 - Corte das amostras	53
Figura 5.15 – Ensaio de flexão em provetes de taipa (A) e adobe (B)	53
Figura 5.16 - Preparação da argamassa (A) e argamassa após aplicação (B)	54
Figura 5.17 - Antes de iniciar o ensaio (A), durante o ensaio (B) e no final do ensaio (C)	55
Figura 5.18 – Determinação da força máxima do provete A1_A	55
Figura 5.19 – Escova de polietileno de dureza alta	56
Figura 5.20 - Pesagem dos blocos (A); execução dos 20 ciclos de escovagem (B); limpeza da superfície (C) e registo da massa final do bloco (D)	56
Figura 5.21 - Conjunto dos provetes utilizados para o ensaio de absorção de água por capilaridade (A) e contorno das faces dos provetes (B)	57
Figura 5.22 - Condições de absorção de água e secagem	58
Figura 5.23 - Construção dos cestos metálicos	59
Figura 5.24 - Provetes em contacto com a água (A) e caixas de plástico para garantir condições de ambiente saturado (B)	59
Figura 5.25 - Pesagem do provete seco (A) e pesagem do conjunto (B)	59
Figura 5.26 - Degradação apresentada pelos provetes ao fim de 48 horas de ensaio	60
Figura 5.27 - Provetes próximos da saturação: taipa (A) e adobe (B)	60
Figura 5.28 – Exemplo de curva de absorção de água por capilaridade. "Casa nº16" (T1)	61
Figura 5.29 - Curva de secagem em função do tempo em horas	62
Figura 5.30 - Curva de secagem em função da raiz do tempo	62
Figura 6.1 - Curvas granulométricas das amostras	63
Figura 6.2 - Agregados da taipa T2 após peneiração	64
Figura 6.3 - Média do retido acumulado dos agregados grossos do solo de cada construção	64
Figura 6.4 - Altura das camadas em frasco traduzida percentagem de areia, silte e argila para cada solo	66
Figura 6.5 – Valores médios e desvios-padrão da velocidade de propagação de ultrassons pelo método indireto	70
Figura 6.6 – Valores médios e desvios-padrão da condutibilidade térmica	72

Figura 6.7 -Valores médios e desvios-padrão da dureza superficial	73
Figura 6.8 – Valores médios e desvios-padrão da massa volúmica aparente	74
Figura 6.9 – Valores médios e desvios-padrão da resistência à flexão	75
Figura 6.10 – Valores médios e desvios-padrão de resistência à compressão	77
Figura 6.11 – Perda de massa média e desvios-padrão por abrasão a seco	78
Figura 6.12 – Perda de massa por área média e desvios-padrão por abrasão a seco	79
Figura 6.13 - Curvas de absorção de água por capilaridade	80
Figura 6.14 - Coeficientes de capilaridade médios e desvios-padrão	80
Figura 6.15 - Curva de secagem em função do tempo.....	82
Figura 6.16 - Curvas de secagem em função de raiz do tempo	83
Figura 6.17 – Valores médios e desvios-padrão das taxas de secagem TS1 e TS2	83

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Percentagens ideais para a execução de paredes de taipa, (Doat et al., 1979)	7
Quadro 2.2 - Percentagens ideais para a manufactura de adobes, (Doat et al., 1979)	12
Quadro 3.1 - Totalidade dos levantamentos nos concelhos de Leiria e Pombal	19
Quadro 3.2 – Dimensões aproximadas dos elementos constituintes das técnicas construtivas de terra na região de Leiria	20
Quadro 3.3 - Estado geral dos edifícios levantados na região de Leiria	26
Quadro 4.1 - Avaliação geral das coberturas	32
Quadro 4.2 - Avaliação geral da parede de fachada principal	33
Quadro 4.3 - Avaliação geral da parede de fachada lateral direita	34
Quadro 4.4 - Avaliação geral da parede de fachada lateral esquerda	34
Quadro 4.5 - Avaliação geral da parede de fachada posterior	35
Quadro 4.6 - Avaliação geral dos pavimentos	36
Quadro 4.7 - Avaliação geral das paredes interiores	37
Quadro 4.8 - Avaliação geral dos tectos	38
Quadro 4.9 - Avaliação geral de outros elementos estruturais	39
Quadro 4.10 – Caracterização dos materiais tradicionais constituintes dos casos de estudo	40
Quadro 5.1 - Designação adoptada para as amostras recolhidas e respectivos provetes	42
Quadro 5.2 - Ensaio realizados na campanha experimental	43
Quadro 5.3 - Área de absorção e secagem obtidas	58
Quadro 6.1 - Média do retido acumulado	64
Quadro 6.2 - Apreciação dos resultados obtidos para a peneiração	65
Quadro 6.3 - Apreciação dos resultados obtidos para a sedimentação em frasco	66
Quadro 6.4 - Resultados de sedimentação na bibliografia consultada	67
Quadro 6.5 - Leitura das coordenadas de cor obtidas para os seis provetes	68
Quadro 6.6 - Composição mineralógica das amostras de taipa e adobe da região de Leiria	69
Quadro 6.7 – Comparação dos resultados da velocidade de propagação de ultrassons obtidos com os da literatura	71
Quadro 6.8 – Comparação de resultados de condutibilidade térmica	72
Quadro 6.9 – Comparação dos resultado de dureza superficial	74
Quadro 6.10 – Comparação dos resultados da massa volúmica	75
Quadro 6.11 – Comparação de resultados da resistência à flexão	76
Quadro 6.12 – Comparação dos resultados da resistência à compressão	78

Quadro 6.13 – Comparação dos resultados da abrasão	79
Quadro 6.14 – Comparação de resultado da absorção de água por capilaridade	82
Quadro 6.15 - Comparação dos resultados das taxa de secagem 1 e 2	84
Quadro 6.16 - Resumo dos resultados obtidos na caracterização efetuada em laboratório às amostras de taipa e de adobes	86

ABREVIATURAS

AENOR – Asociacion Española de Normalizacion y Certificación

ASTM – American Society for Testing and Materials

CEN – Comité Européen de Normalisation

CEPAE – Centro do Património da Estremadura

DEC – Departamento de Engenharia Civil

DIN – Deutsches Institut für Normung

FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

UNL –Universidade Nova de Lisboa

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NABau – Normenausschuss Bauwesen

UNE – Una Norma Española

ENSAIOS REALIZADOS E PARÂMETROS ANALISADOS

DRX – Difracção de raios X

HR – Humidade relativa

R_c – Resistência à compressão

R_t – Resistência à tracção por flexão

TS1 – Taxa de secagem na fase 1

TS2 – Taxa de secagem na fase 2

VA – Valor assintótico

ΔM – Variação de massa

λ – Condutibilidade térmica

1. INTRODUÇÃO

A tradição de construir com terra em Portugal situa-se num passado não muito longínquo, em que as técnicas da taipa e da alvenaria de adobe com argamassas de cal aérea, de cal e terra ou só de terra foram, durante muitos anos, utilizadas em certas regiões do território nacional em vários tipos de edificações. Estas construções ainda hoje marcam algumas das paisagens mais rurais, onde outrora serviam de habitação e abrigo para as gentes que exploravam a agricultura e o comércio local. A taipa foi maioritariamente utilizada no Alentejo e Algarve, enquanto a alvenaria de adobe predominou no Centro Litoral e Centro Sul.

No distrito de Leiria, as construções com terra ocorreram a par da forte expansão dos fornos da cal que se viveu nos anos 30 e 40 do século XX, pois a cal extraída desses fornos era utilizada na caiação das habitações e, por vezes, misturada com a terra para executar rebocos e argamassas de assentamento (Gomes *et al.*, 2009). Contudo, esses anos de fulgor acabaram no início da segunda metade do século XX, de forma bastante abrupta, devido a causas variadas, como a emergência da indústria do cimento e a mudança de vários paradigmas da sociedade (as construções com terra que eram anteriormente aceites como boas habitações, deixaram de o ser). Daí se explica que, nos dias de hoje, exista em muitas regiões do país, nas quais se incluiu a região de Leiria, um profundo desconhecimento sobre a forma de construir com os materiais tradicionais que estão disponíveis no local, tal como a terra, assim como o abandono deste tipo de construção. Embora existam muitos exemplos de construções antigas com terra reabilitadas em Portugal, e mesmo de construções novas (Fernandes, 2005), estes edifícios encontram-se, na sua maioria, abandonados e/ou em avançado estado de degradação, sendo urgente procurar entender as razões, e as causas, que levaram a essa condição, para as procurar reverter.

As edificações da região de Leiria não são excepção, verificando-se que existem bastantes em ruína, outras em muito mau estado, a grande maioria abandonadas, constituindo uma minoria aquelas que ainda são capazes de cumprir as funções para as quais foram executadas. Existe claramente necessidade de intervenções de manutenção, de conservação e eventual reabilitação.

1.1 Objectivos e metodologia

A presente dissertação tem como principal objectivo contribuir para a caracterização de edifícios com terra da região de Leiria, que estão muito pouco investigados. Esta caracterização é efectuada no âmbito do projecto DB-HERITAGE - Base de dados de materiais de construção com interesse histórico e patrimonial (PTDC/EPH-PAT/4684/2014), e do mapeamento que vai ser realizado pela Associação Centro da Terra.

Pretendeu-se caracterizar os sistemas construtivos e anomalias estruturais, e não estruturais, mais comuns nos edifícios com paredes de terra existentes na região. Para tal, escolheram-se áreas dos concelhos de Leiria e Pombal e procedeu-se a um mapeamento. Tomaram-se como casos de estudo dois edifícios (Casa nº4 e Casa nº29) que se consideraram representativos, em alvenaria de adobe e em taipa, aos quais se efectuaram inspecções às coberturas, paredes de fachada, pavimentos, tectos e outros elementos, para se entender quais as anomalias mais comuns, a sua origem e formas de intervenção.

Realizou-se também uma recolha oral com um antigo profissional da área (Anexo III) e com proprietários deste tipo de habitações, de forma a obter informações relativas às tecnologias construtivas utilizadas, aos modos de vida associados e à utilização das construções.

Uma vez que os proprietários dos dois casos de estudo não permitiram a recolha de amostras, estas foram recolhidas de outros seis edifícios que fazem parte do mapeamento. As amostras de taipa pertenciam aos edifícios identificados como “Casa nº16”, “Casa nº28” e “Casa nº30”. As amostras de adobes pertenciam aos edifícios identificados como “Casa nº7”, “Casa nº69” e “Casa nº87”. Estas amostras foram inspeccionadas, sendo efectuada a sua caracterização, maioritariamente no laboratório de materiais do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA), sendo a avaliação de cor realizada no Departamento de Ciências da Terra da FCT NOVA e a difracção por raios X realizada no laboratório HERCULES da Universidade de Évora. As amostras de taipa e adobe foram classificadas qualitativamente e quantitativamente por ensaios de análise granulométrica, difracção por raios X, velocidade de propagação de ultrassons, condutibilidade térmica, dureza superficial, avaliação da cor, massa volúmica aparente, resistência à tracção e à compressão, abrasão a seco, absorção de água por água e secagem. Alguns dos resultados obtidos foram comparados com os de outros autores. Por fim, realizou-se uma análise global face aos resultados obtidos.

1.2 Estrutura e organização da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos.

No primeiro capítulo apresenta-se o enquadramento do tema, onde são expostas as problemáticas e motivações que levaram à realização desta investigação, objectivos definidos e a metodologia seguida.

No segundo capítulo apresenta-se o estado dos conhecimentos, onde se abordam as construções com terra no mundo, as técnicas construtivas da taipa e adobe e a distribuição destas técnicas construtivas em Portugal continental.

Os levantamentos efectuados na região de Leiria constituem o terceiro capítulo, apresentando-se a zona de intervenção, a análise global à região de Leiria, alguns dos levantamentos *in situ* e o mapeamento realizado.

O quarto capítulo consiste na identificação e análise de dois casos de estudo inspeccionados e a descrição do processo de classificação.

No quinto capítulo apresenta-se o trabalho experimental realizado em laboratório, que consiste na caracterização das amostras recolhidas em seis habitações diferentes dos casos de estudo, a descrição e procedimento de cada ensaio, assim como os equipamentos utilizados nessa caracterização.

A apresentação e discussão de resultados constituem o sexto capítulo, onde se apresentam os resultados obtidos ao longo de toda a campanha experimental e se procede à sua discussão através da comparação com resultados de outros autores.

No último capítulo são apresentadas as conclusões do estudo desenvolvido e sugerem-se algumas propostas para trabalhos futuros.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas mencionadas ao longo da dissertação e, em anexo, o levantamento completo, os quadros de inspecção e as peças desenhadas das habitações à escala 1:100, a entrevista realizada e os quadros de resultados individuais obtidos em cada ensaio de caracterização.

2. CONSTRUÇÕES COM TERRA

2.1 Construções com terra no mundo

A terra é um dos materiais de construção mais antigos e mais difundidos em todo o mundo, seja por motivos culturais, climáticos ou socioeconómicos. Nos anos 90 do século XX estimou-se que cerca de 30% da população mundial ainda habitava em edifícios construídos neste material, principalmente nos países em desenvolvimento (Houben e Guillaud, 1994). Em bibliografia mais recente (Guillaud, 2009 e Anger *et al.*, 2011) os números apresentados são ainda mais expressivos, referindo-se que metade da população mundial vive em casas construídas com terra.

Não existe nenhuma data que defina com precisão a altura em que o Homem começou a edificar com recurso à terra. No entanto, sabe-se que a terra começou por ser utilizada para o preenchimento de estruturas de cabanas realizadas com troncos, para abrigos pré-históricos, de que existem vestígios dos chamados “barros de cabanas” (Bruno e Faria, 2010) e mesmo em Portugal existem muitos exemplos. Alguns autores afirmam que as construções com terra se iniciaram junto dos grandes rios como Eufrates, Tigre, Nilo e Jordão, pertencentes ao crescente fértil, Huang He na China e o Indo na Índia e Paquistão, locais onde a terra é rica em argila e em depósitos aluvionares excelentes para a construção de terra (Filemio, 2009).

Ao longo de vários milénios a terra tem vindo a ser utilizada como material de construção por muitos povos, sendo exemplo disso os povos da antiga Mesopotâmia e do antigo Egipto, os Fenícios, na costa Ocidental do Mar Mediterrâneo, as civilizações Grega e Romana e os povos da América Central e Latina. Este material foi útil para edificar tanto pequenas construções, como monumentos de grande importância militar e religiosa, tais como alguns troços da Muralha da China e a cidade de Tebas, no Egipto (Fernandes, 2013). De facto, nos dias de hoje, nas mais diversas regiões do globo terrestre, muitas dessas construções são consideradas património mundial e traduzem a identidade, a história, a cultura e a forma de vida das populações.

A preservação e protecção deste património constitui actualmente um encargo difícil para todos os intervenientes, tanto para a comunidade local, como internacional e as ameaças a este tipo de construções têm-se tornado crescentes, quer seja por desastres naturais (inundações e terremotos), ou acções humanas, como a industrialização, a urbanização, o abandono das práticas tradicionais de construção e conservação e, até, por actos relacionados com conflitos armados.

Na Europa existe uma grande variedade de tipologias construtivas com recurso à terra, tanto ao nível da técnica, como a nível de materiais adoptados (Figura 2.1). O mapeamento apresentado, designado por “*The 2011 Map of Earthen Heritage in the European Union*” é um dos resultados da Terra [In]cognita – Arquitectura de terra na Europa, resultando num projecto de pesquisa, desenvolvido no programa cultura 2007 – 2013 da União Europeia.

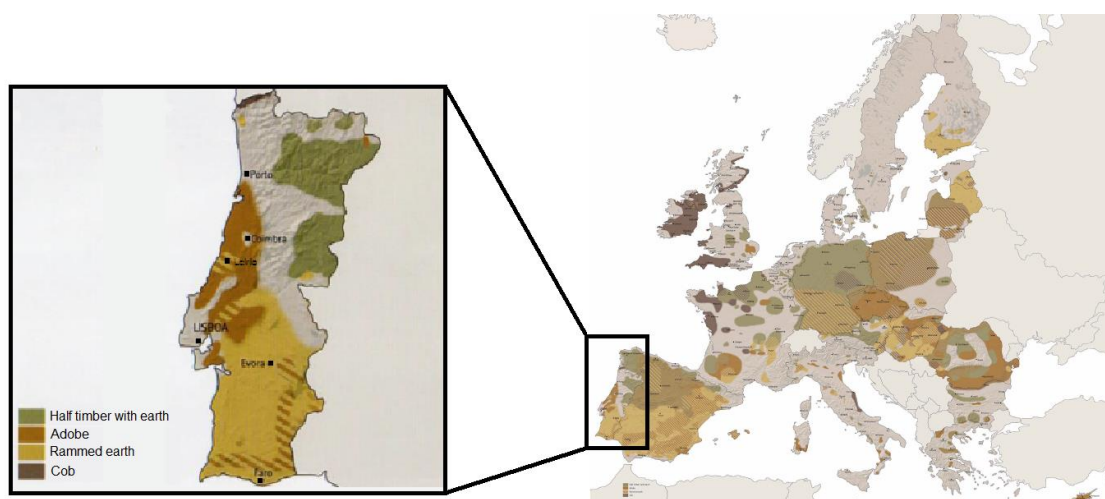


Figura 2.1 - Mapa do património de terra na União Europeia (adaptado de W1)

Das diversas técnicas identificadas, verifica-se que o adobe não é o material mais utilizado na Europa. Porém, é evidente a sua forte presença nos países do Sul, como é o caso de Portugal, Espanha, França, Itália, Grécia e Chipre (Fernandes, 2013). Por sua vez, a taipa, estando dispersa por toda a Europa, tem uma forte predominância no Sul de Portugal e Espanha.

O abandono das construções com terra na Europa mais central deveu-se sobretudo à chegada da revolução industrial, no século XVIII. Neste período histórico, aperfeiçoaram-se os materiais e as técnicas de construção incorporando-lhes matérias-primas industrializadas e métodos construtivos baseados na utilização de máquinas e na produção em larga escala. No entanto, esse abandono foi gradual e só mais notório com o aparecimento e disseminação da utilização do cimento Portland. Os materiais como o cimento Portland, cuja primeira patente data de 1824, o aço, os cerâmicos, os alumínio, entre outros, trouxeram consigo o esquecimento dos materiais e técnicas tradicionais anteriormente utilizados (Delgado e Guerrero, 2006). Contudo, em países mais periféricos, como Portugal, a utilização da terra ocorreu até ao início da segunda metade do século XX, principalmente em zonas não urbanas onde a pedra para a construção escasseava.

Desde há umas décadas, um pouco por todo o mundo, inclusive na Europa, assiste-se ao reaparecimento da arquitectura de terra, sendo esta alvo de um novo olhar. A partir da década de 80, os problemas energéticos, ambientais, ecológicos e económicos sentidos a nível mundial, conduziram a uma mudança de mentalidades nos escalões privilegiados das sociedades desenvolvidas e a terra como material de construção deixou de ser sinónimo de desconforto e pobreza, para começar a ser vista como um material alternativo e valorizado pela sua eco-eficiência.

Já em 1963 era dito que *“Nós, portugueses, estamos, não nas vésperas, mas em plena fase de perdermos toda a riqueza do passado. Se não correremos rapidamente a salvar o que resta, seremos amargamente acusados pelos vindouros pelo crime indesculpável de termos perdido o nosso património tradicional, dando mostra absoluta de incúria e ignorância”* (Dias, 1963).

Em Portugal, essa mudança de paradigma ainda está a decorrer actualmente, tendo-se notado que nas décadas mais recentes começou a crescer o interesse pela arquitectura de terra. De facto, nos dias de hoje já existe um reconhecimento pelas técnicas construtivas que tinham caído em desuso e que ressurgem com a consciencialização face à sustentabilidade e no sentido de explorar recursos locais

reutilizáveis, que permitem sistemas mais compatíveis com o equilíbrio dos ecossistemas. Reconhece-se que a utilização de uma forma sistemática dos recursos materiais locais minimiza o impacto ambiental e, por essa razão, a construção com o recurso a materiais como a terra terá tendência para ser futuramente ampliada (Morel *et al.*, 2001).

No território português, a utilização de terra em diversas técnicas construtivas foi baseada no conhecimento empírico dos construtores ao longo dos tempos. Este conhecimento era transmitido de geração em geração e permaneceu até aos dias de hoje, estando, porém, a desaparecer, uma vez que os antigos adobeiros e taapeiros, e outros mestres que dominavam as técnicas da construção com terra, atingiram idades muito avançadas e nem todos transmitiram o seu saber. A substituição da terra por novos materiais de construção, levaram ao profundo desconhecimento das técnicas e materiais empregues neste tipo de construção pelas novas gerações de profissionais, formadas nas últimas décadas do século XX, e mesmo no século XXI, o que resulta numa perda irreparável do património vernacular edificado em Portugal e na perda do saber fazer.

Uma vez que o património edificado traduz toda uma vivência humana extraordinariamente enriquecedora, aumenta a responsabilidade de estudar, de documentar e de preservar, dentro do possível, esses verdadeiros tesouros, impedindo que, por desleixo, ou pela inexorabilidade dos tempos, se percam irreversivelmente.

2.2 Construções de taipa e adobe em Portugal Continental

Em Portugal, a taipa, o adobe e o tabique são as três técnicas construtivas tradicionais mais abundantes que usam terra como material de construção. Apenas se irá descrever a taipa e o adobe, uma vez que são as técnicas predominantes na região em estudo da presente dissertação. Geralmente, o uso destas técnicas tem como principal vantagem o facto de necessitarem de poucos recursos humanos e tecnológicos, e de a matéria-prima ser natural, abundante e não necessitar de grande preparação, o que faz com que se apresente ainda hoje como uma alternativa a outros métodos construtivos. As matérias-primas usadas neste tipo de construção são essencialmente a terra e a água, podendo incluir a areia, a cal aérea e a palha na técnica do adobe.

A distribuição geográfica da taipa e do adobe em Portugal Continental está relativamente bem definida, estando a taipa localizada principalmente no Sul e o adobe junto aos estuários do Tejo, Sado e no litoral centro, (Figura 2.2) (Jorge *et al.*, 2006). No entanto existem várias regiões onde é possível encontrar mais do que uma técnica. A taipa e o adobe podem ser encontrados nas regiões do Minho, Beira Litoral, Estremadura, Ribatejo, Alto e Baixo Alentejo e Algarve.

Geralmente só é possível efectuar o reconhecimento de construções com terra quando o estado de degradação das paredes permite visualizar os materiais empregues na sua edificação; isto é, quando os rebocos são inexistentes ou estão deteriorados. Esta degradação e destacamento dos rebocos ocorrem na maioria dos edifícios abandonados, devido à intempérie e à inexistência de manutenção do edifício (Faria-Rodrigues e Henriques, 2007).

Ao longo do país é possível encontrar ambas as técnicas construtivas em diversos monumentos históricos (igrejas, museus e escolas), alguns datados desde o período Romano (Faria-Rodrigues e Henriques, 2007), o que intensifica a necessidade de preservar e, nalguns casos, reabilitar os diversos edifícios presentes no território nacional. Estes são marcos históricos que podem, e devem, ter interesse

para a sociedade e para os paradigmas actuais do país, como o turismo e a dinamização do património edificado, tanto a nível nacional, como internacional.

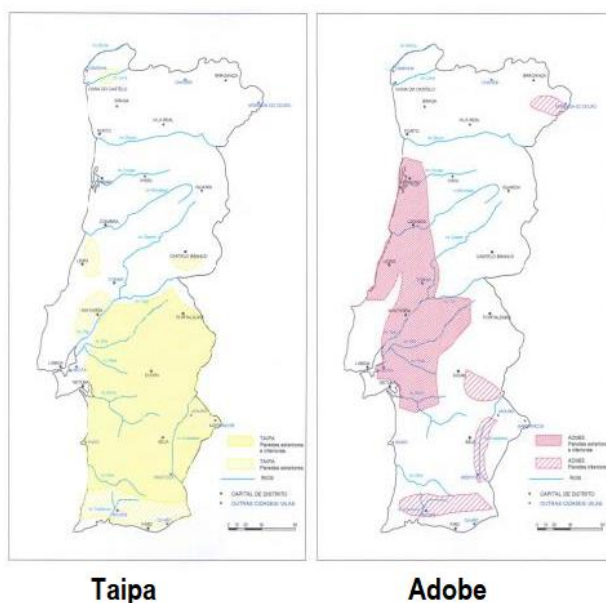


Figura 2.2 - Distribuição geográfica de duas das principais técnicas construtivas tradicionais em Portugal Continental (Adaptada de Fernandes (2013)) (AAV – Arquitectura de terra em Portugal, p.21)

Relativamente a Leiria, região em estudo nesta dissertação, pouco se sabe em concreto sobre as técnicas construtivas de terra e materiais utilizados na sua execução, pelo que se torna importante realizar uma caracterização deste tipo de construções, de modo a poder contribuir para a sua conservação e reabilitação.

2.2.1 A taipa

A taipa consiste numa estrutura monolítica de parede, concebida a partir da execução de grandes blocos de terra, compactados *in situ* (Figura 2.3 - A). Para a elaboração tradicional deste tipo de parede recorre-se a uma cofragem de madeira com base em taipais (Figura 2.3 - B), formada por taipais de madeira desmontáveis onde a terra é colocada e compactada geralmente com recurso à força humana (taipa tradicional), com auxílio de maços ou malhos, constituindo deste modo um troço da parede (Figura 2.3 - C). Em taipa nova podem utilizar-se cofragens idênticas às utilizadas para o betão.

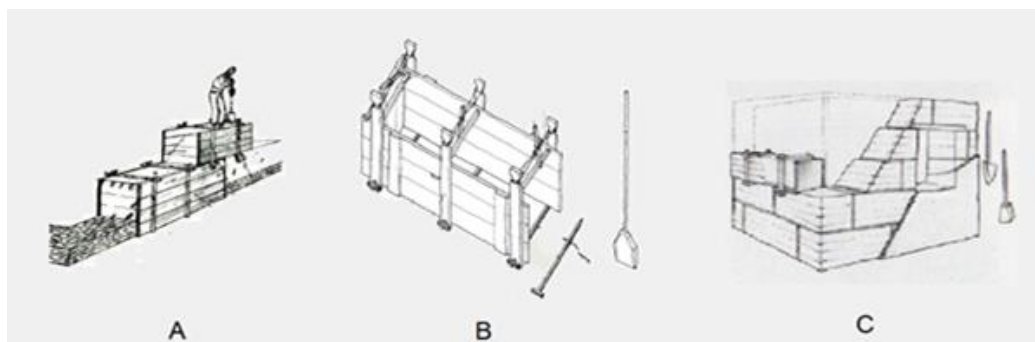


Figura 2.3 – Execução representativa da taipa (A), taipal e ferramentas tradicionais (B) e representação de cunhal de parede de taipa (C) (Minke, 2006)

Esta técnica construtiva resulta de várias fases de preparação e execução, uma vez que a terra é preferivelmente cavada, regada e misturada no local onde se pretende executar a obra. Todo este processo era cumprido de forma manual (taipa tradicional). Os utensílios tradicionais consistiam usualmente em dois taipais, que assentam em três agulhas posicionadas por chavetas, três pares de costeiros, corda para aperto dos taipais aos costeiros, um frontal (ou dois, no arranque de cada nível) e três côvados (Figura 2.3 – B) (Faria-Rodrigues, 2007).

A construção tradicional deste tipo de paredes geralmente iniciava-se com a execução de uma fundação em pedra argamassada (Figura 2.4), que se elevava para além do nível do solo, montando-se os taipais no soco (Faria-Rodrigues, 2007). A terra era compactada em camadas de aproximadamente 0,10 m de altura e 0,50 m de espessura de parede, até preencher todo o volume do taipal. Este era posteriormente desmontado e montado para execução do bloco de taipa adjacente. No final de cada nível, era montado para execução do 1º bloco no nível acima (Faria-Rodrigues, 2007). Na compactação podiam ser introduzidos elementos nas juntas horizontais entre fiadas de taipais, como cal em pó ou argamassa de cal.

Na execução deste tipo de paredes, os solos classificados como areias argilosas, ou argilas arenosas, são os mais indicados. Se o solo não tem agregados grosseiros, pode existir necessidade de os adicionar, por exemplo, misturando outra terra. O traço necessário à boa execução da massa de taipa é determinado empiricamente na região, pela experiência antiga da aplicação do material. Segundo alguns autores, a granulometria ideal para a execução da taipa deverá respeitar alguns intervalos percentuais em relação às quantidades de cascalho, areia, siltes e argila (Doat *et al.*, 1979), como se pode consultar no Quadro 2.1. No entanto, Gomes *et al.* (2012) demonstraram que as granulometrias utilizadas (e nomeadamente a máxima e mínima dimensão dos agregados das taipas) podem variar muito.

Quadro 2.1 – Percentagens ideais para a execução de paredes de taipa, (Doat *et al.*, 1979)

Constituição da taipa	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Fracção	0-15	40-50	20-35	15-25
Dimensão	≥ 4,76 mm	≥ 0,075 mm e < 4,76 mm	< 0,075 mm	

O teor em água óptimo da taipa deve situar-se entre 9,5% e 11,0% (Bahar *et al.*, 2004 e Jayasinghe e Kamaladasa, 2007). Alguns autores consideram que a adição de cal aérea em pó, misturada com a terra antes de ser introduzida nas cofragens, é uma garantia de optimização do desempenho do material (Beirão, 2005 e Bui *et al.*, 2009).

É importante assegurar que, na escolha e compactação da terra, não existe matéria orgânica, tal como ramos ou pedaços de madeira, tendo em conta que estes elementos podem apodrecer e ser propícios ao aparecimento de fungos (Jaquin *et al.*, 2006).

Durante a execução de uma construção deste género é necessário tomar algumas precauções para impedir o acesso da água oriunda do solo, em contacto com as fundações (tradicionalmente, alvenaria de pedra argamassada) (Figura 2.4), bem como da precipitação. Em construção nova, a fundação e soco são realizados geralmente em betão armado e, antes do início da execução das paredes, aplica-se um corte de capilaridade no topo do soco.



Figura 2.4 - Fundação de uma construção de taipa, "Casa nº 72"

Neste tipo de edificações é preciso evitar a aplicação de revestimentos pouco permeáveis ao vapor de água (por exemplo, à base de cimento), pois a taipa, tal como o adobe, tem grande permeabilidade ao vapor de água, isto é, absorve e restitui a humidade do ambiente. A aplicação de revestimentos impermeáveis impede a evacuação da humidade da taipa (e do adobe), assim como faz ascender a água por capilaridade desde as fundações, ao longo das paredes, levando, a longo prazo, a graves problemas estruturais (Figura 2.5). Por estas razões, deve-se privilegiar a utilização de revestimentos à base de cal aérea ou levemente hidráulica, por exemplo pela adição de pozolanas ou, no interior, de terra (Correia, 2005).

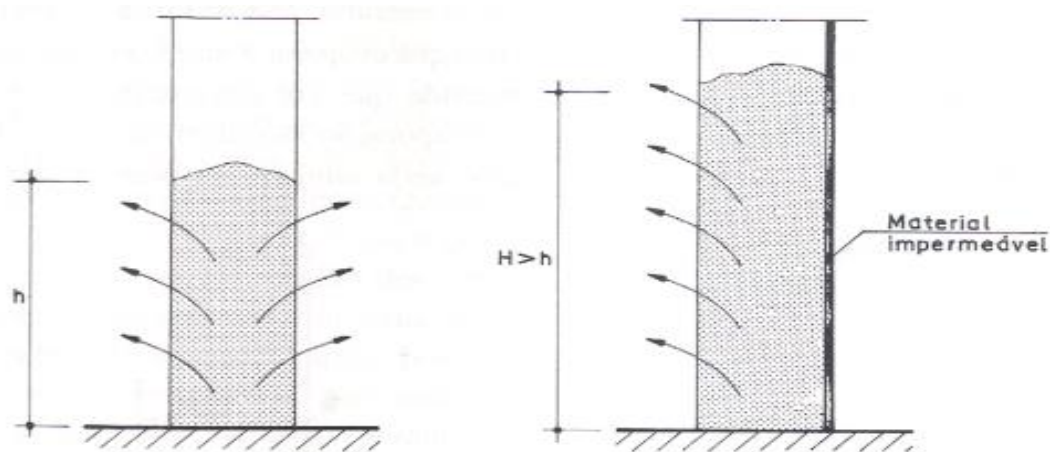


Figura 2.5 - Altura atingida pela água nas paredes, em função das condições de evaporação (Henriques, 2007)

O revestimento exterior nas construções de taipa é na sua maioria composta por um reboco à base de cal aérea, ou cal e terra, com acabamentos simples e pintura por caiação. O interior pode variar pela aplicação de reboco só de terra, sob a caiação. No distrito de Leiria, a maioria das habitações de taipa encontradas são rebocadas com argamassas de terra e cal, ou apenas cal aérea hidratada, sendo normalmente caiadas (Figura 2.6- A).

As juntas horizontais podem ser executadas sem recurso a nenhum material complementar, ou com recurso a fiadas exteriores de tijoleira, pequenas pedras, ou argamassa de cal aérea, enquanto as

restantes juntas entre os blocos de taipa são usualmente verticais podendo, em algumas situações, ser inclinadas, para melhorar o travamento entre blocos de taipa. Independentemente da forma, as juntas devem ser sempre desencontradas (Figura 2.6- B) (Fonseca, 2007).



Figura 2.6 – Queda do revestimento (A) e juntas desencontradas entre taipais (B), "Casa nº 81"

Esta técnica de construção requer alguma perícia e formação na área, uma vez que se deve ter atenção no fabrico do molde, na selecção da terra, no teor de humidade da terra, no modo de compactar, nos cuidados a ter nos remates da cobertura para evitar a penetração de água e na execução de fundações em alvenaria de pedra, a fim de evitar a ascensão da humidade pelas paredes (Rocha, 2005).

Devido à espessura considerável que estas paredes normalmente ostentam, é conferida à construção uma grande inércia térmica, que funciona como um regulador climático ao longo de todo o ano (Lourenço, 2002). Após a sua conclusão, ou seja, após a prensagem e conveniente secagem, uma parede de taipa apresenta dureza e compacidade elevadas, estando por isso capacitada para exercer funções resistentes (Lourenço, 2002).

É referido que a taipa chegou a Portugal devido às invasões árabes do Norte de África na Península Ibérica há aproximadamente 900 anos. O castelo de Paderne, erguido entre os séculos XI e XII, e os castelos de Silves, Alcácer do Sal, Salir, Juromenha e Moura exemplificam a arquitectura militar islâmica em taipa (Bruno, 2005, Quitério, 2006, e Martins e Correia, 2007). A construção em taipa perdurou até aos anos 50 e 60 do século XX, sendo a técnica construtiva mais usada no Alentejo, Algarve e Ribatejo (Rocha, 2005, Correia, 2005, Beirão *et al.*, 2007) até então. A sua utilização foi identificada a sul das serras de Monchique e do Caldeirão (Algarve), em Abrantes e Santarém e, pontualmente, em Viana do Castelo, Pombal e Castelo Branco (Correia, 2005).

O reaparecimento desta técnica ocorreu entre os anos 80 e 90 do século XX, tal como aconteceu com a alvenaria de blocos de terra comprimida tendo, nas últimas décadas, aumentado o interesse pela sua aplicação na construção por parte de alguns arquitectos. A utilização recente nas regiões do Alentejo Litoral, baixo Alentejo e Algarve comprova que a taipa possui algumas características interessantes para a arquitectura actual sobretudo por ser eco-eficiente: é uma técnica ecológica e apresenta bom comportamento a nível de conforto térmico e acústico (Beirão, 2005, Bastos, 2005 e Beirão *et al.*, 2007). Este interesse na taipa deve-se em grande parte ao surgimento de novos investidores com preocupações ambientais que procuram habitações mais saudáveis e confortáveis.

Quando as paredes em taipa tradicional não têm na sua constituição as propriedades desejadas que garantam a sua estabilização, é comum recorrer à incorporação de outros materiais que reforcem, e auxiliem, nessa tarefa. Os materiais que usualmente se utilizam com este fim são o tijolo cerâmico maciço e a pedra, usados por exemplo em cunhais, a cortiça e as fibras (Ngowi, 1997). É necessário garantir que a introdução destes materiais não ponha em causa a durabilidade das paredes e que cumulativamente consiga auxiliar no reforço às solicitações a que estas poderão estar sujeitas.

A taipa apresenta um comportamento deficiente à acção dos sismos e de forças horizontais, pelo que não é indicada para a construção de grandes edifícios. Em alguns casos é usual encontrar tirantes metálicos horizontais, rematados com gatos, entre as paredes resistentes paralelas, que garantem maior estabilidade e reforço lateral. Por vezes também são utilizados contrafortes (ou gigantes – peças perpendiculares e exteriores às paredes principais), embora em nenhum dos edifícios inspeccionados se tenha verificado a sua presença. No entanto a introdução de outros materiais na constituição das paredes de taipa nem sempre é suficiente para garantir um aumento da sua durabilidade. Os revestimentos exteriores são fundamentais na prevenção da deterioração das paredes de taipa (Figura 2.6 – A) (Fonseca, 2007), pois na sua ausência as paredes passam a estar sujeitas às condições atmosféricas que, dependendo da zona onde a construção se localiza e da sua exposição, poderão ser demasiado agressivas, levando à erosão e deterioração.

2.2.2 O adobe

O adobe é um bloco de forma regular constituído por uma pasta à base de terra, eventualmente amassada com outros materiais como areia e fibras vegetais, que é depositado no estado plástico, sem compactação, num molde geralmente de madeira. Na zona de Leiria este molde é denominado por adobeira (Figura 2.7 – A). Tradicionalmente o adobe era construído no local, ou nas proximidades do local onde se pretendia edificar. Depois de ocorrer a retracção de secagem inicial, o adobe é retirado do molde e seca durante aproximadamente quinze dias, permitindo assim a realização de elementos construtivos resistentes, tais como paredes ou arcos (Figura 2.7 – B e C) (Minke, 2006 e Millete, 2011).

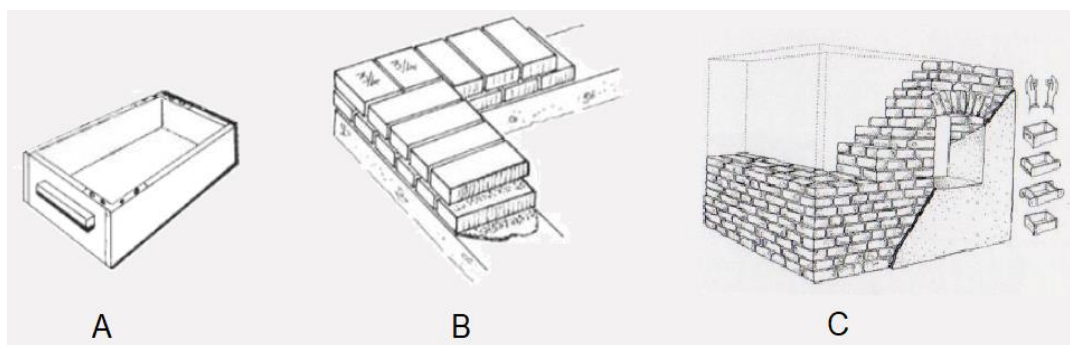


Figura 2.7 – Adobeira (A); posicionamento dos adobes numa alvenaria a 1 vez (B) e esquema alvenaria de adobe (C) (Minke, 2006 e Millete, 2011)

A técnica de construir com adobe é simples e semelhante à colocação de tijolos maciços convencionais para construir uma alvenaria. O assentamento dos adobes é realizado com uma argamassa, que pode ser à base de terra semelhante à dos blocos, mista (de terra e cal aérea) ou apenas de cal aérea, a fim de se obter um melhor comportamento na conexão entre os elementos de alvenaria, conseguindo-se desta forma o mesmo nível de retracção e evitando-se o aparecimento de fissuras, ou o destacamento do

material (Michel, 1976). A alvenaria de adobe pode ser executada a meia vez, a uma vez, a uma vez e meia, ou a duas vezes, sendo por isso um material bastante versátil quando se pretende alvenarias com diferentes espessuras (Figura 2.8).

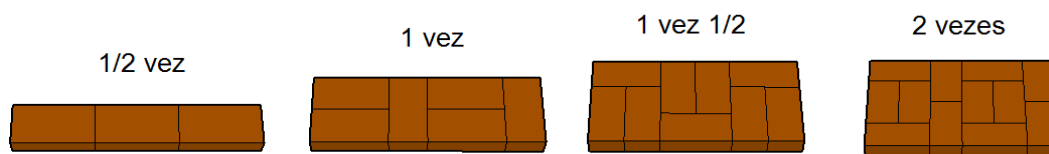


Figura 2.8 - Exemplos de “aparelhos” na execução de alvenarias de adobe

As dimensões dos adobes existentes apresentam uma grande diversidade, sendo as mais correntes semelhantes às dos tijolos maciços cozidos actuais com 0,22 m x 0,11 m x 0,07 m. As suas dimensões podem chegar ao dobro destes valores, como os adobes executados pelos Romanos que, em alguns casos, têm dimensões de 0,46 m x 0,31 m x 0,13 m, ou os adobes mais recentes encontrados na região de Aveiro, que têm dimensões de 0,45 m x 0,30 m x 0,15 m em edifícios correntes e 0,45 m x 0,20 m x 0,15 m em muros (Varum *et al.*, 2008). A moldagem dos blocos de terra para confeccionar os adobes é bastante dinâmica e depende da cultura, da região e da época em que foram executados.

Os moldes têm geralmente forma paralelepipedica, mas também podem ser cónicos, cilíndricos ou trapezoidais. No território nacional são maioritariamente paralelepipedicos, variando por vezes entre a secção rectangular e quadrada, ou seja, vão da forma cúbica, à achatada. Nas construções de poços, o adobe era manufacturado em moldes ligeiramente arredondados, de modo a vencerem a curvatura das paredes (Fernandes, 2007).

A construção em adobe requer o uso de solos plásticos e argilosos, exigindo algum consumo de água. Contudo, este agente é também um dos principais responsáveis pela degradação destas construções. Face a esta problemática é recorrente encontrar neste tipo de construção fundações de alvenaria de pedra argamassada com cerca de 0,60 m acima do solo (Figura 2.9), o que permite reduzir a ascensão da água por capilaridade evitando assim o surgimento de humidades ascensionais.



Figura 2.9 - Fundação de alvenaria de pedra argamassada, "Casa nº 62"

Segundo alguns autores, a granulometria ideal para a manufactura dos adobes deverá respeitar alguns intervalos percentuais em relação às quantidades de agregados, siltes e argila (Quadro 2.2) (Doat *et al.*, 1979). Os solos com uma percentagem substancial de areias, siltes e uma quantidade controlada de argila são, à partida, os mais indicados para a construção em adobe. Contudo a fracção de argila não deve

ultrapassar os 20%, para evitar a retracção do material, levando ao aparecimento de fissuras (Fernandes, 2005).

Quadro 2.2 - Percentagens ideais para a manufactura de adobes, (Doat *et al.*, 1979)

Manufatura de adobes	Areia (%)	Siltes (%)	Argila (%)
Fracção	55 – 75	10 – 28	15 – 18
Dimensão	≥ 0,075 mm e <4,76 mm	< 0,075 mm	

Relativamente à quantidade de matéria orgânica presente na terra, considera-se que nunca deverá ter uma percentagem superior a 3%, uma vez que, em percentagens superiores, levará à execução de adobes de menor qualidade (Doat *et al.*, 1979).

Em Portugal, nem sempre os solos apresentam as condições necessárias para a execução de adobes de boa qualidade, isto é, o teor de argila poderá apresentar percentagens que oscilam entre 4% e 10%, tal como se pode verificar nas regiões de Aveiro, Gandraesa e Bairrada. Para melhorar o comportamento destes solos, adiciona-se cal aérea, o que melhora 4 a 5 vezes a sua resistência mecânica (Fernandes, 2005). Quando o teor de argila é superior a 18%, deve-se misturar areia, ou fibras vegetais, nomeadamente palha moída, para diminuir os efeitos nefastos da retracção, conferindo à mistura de terra uma estrutura interior com melhorias ao nível da resistência mecânica (Quagliarini *et al.*, 2010). Esta estabilização com fibras observa-se em inúmeras construções dos vales do rio Tejo, Sado e nalgumas zonas da Estremadura, Algarve e Ribatejo (Fernandes, 2005). No entanto, na região de Leiria não se encontraram adobes cuja terra tenha sido estabilizada com recurso a fibras naturais.

A alvenaria de adobe pode ficar com os adobes à vista (se estes tiverem sido estabilizados com cal aérea), sem acabamento superficial ou pode ser rebocada com argamassa. Contudo, com a intenção de a proteger das acções atmosféricas, principalmente da água, a alvenaria de adobe só deverá ser rebocada e tratada com rebocos à base de terra, de terra com cal, ou apenas de cal aérea, ou por intermédio de uma caição directa aplicada sobre a superfície de alvenaria (Fernandes, 2005, Mendonça, 2007 e Quintana *et al.*, 2008).

O revestimento da arquitectura portuguesa nas alvenarias de adobe é na sua maioria composto por um reboco, com acabamentos que variam desde a simples caição, à decoração exuberante e colorida. No distrito de Leiria, a maioria das habitações de terra (edifício mais nobre) encontradas são rebocadas com argamassas de terra e cal, ou apenas de cal aérea. São geralmente caiadas, ou pintadas de branco ou cor ocre, enquanto os anexos (edifício mais humilde) usualmente ficam com as alvenarias de adobe/parede de taipa à vista (Figura 2.10).



Figura 2.10 – Habitação (A) e anexo (B), “Casa nº 30”

As construções de adobe apresentam algumas desvantagens, como o deficiente comportamento às acções sísmicas, na inexistência de reforços estruturais e à acção dos agentes climatéricos, na ausência de protecções adequadas. As alvenarias de adobe têm uma resistência à tracção bastante limitada apresentando um comportamento frágil (Figueiredo *et al.*, 2009). Para combater esta vulnerabilidade existem algumas técnicas que permitem auxiliar e melhorar o seu comportamento face à acção sísmica. De entre essas técnicas apresenta-se, a título de exemplo, a introdução de tirantes (Figura 2.11) ou de contrafortes passivos, já referidos na secção 2.2.1.



Figura 2.11 – Tirante com gato de remate na empena de edifício nas Meirinhas, "Casa nº 10"

Nas alvenarias de adobe realiza2.das com terra mais arenosa, como por exemplo em Pataias, concelho de Alcobaça, ou em Meirinhas, concelho de Pombal (Figura 2.12), procurava-se travar a alvenaria, entre cada fiada horizontal, com pedaços de telha, ou então utilizava-se uma argamassa forte em cal e areia.

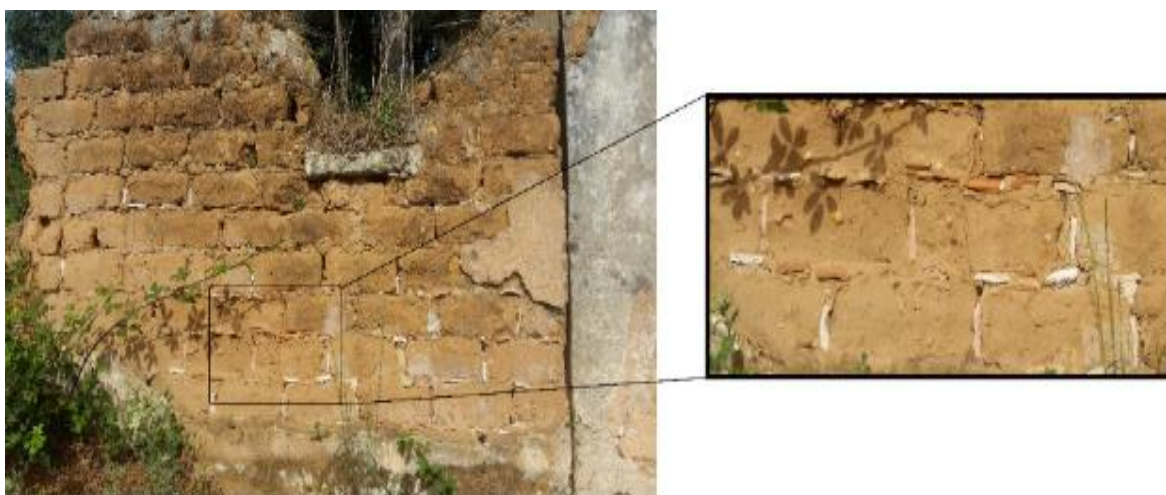


Figura 2.12 - Introdução de bocados de telha nas juntas entre os adobes como técnica de travamento, “Casa nº 95”

Tendo por base a distribuição geográfica das duas principais técnicas construtivas de terra em Portugal continental (Figura 2.2), percebe-se que os edifícios construídos com alvenaria de adobe se localizam numa faixa, mais ou menos rectangular, na zona Oeste do país, que se estende desde o Algarve até ao Norte e abrange os distritos de Setúbal, Évora, Portalegre, Santarém, Leiria, Coimbra e Aveiro (Fernandes, 2005 e 2007, Font, 2005, Varum *et al.*, 2006 e Trindade, 2008).

A construção em adobe percorre a história do crescimento urbano e da edificação no país, podendo encontrar-se tanto em edifícios rurais, geralmente de pequenas dimensões, como em edifícios urbanos de maior porte, como igrejas ou armazéns, e ainda em muros e poços de água. Inúmeros edifícios de elevado valor histórico e patrimonial foram construídos em adobe, sendo alguns destes em estilo Arte Nova e maioritários em Aveiro. Tendo em conta que o distrito de Leiria possui um número considerável de edifícios construídos em adobe e ainda pouco se sabe sobre a época, os motivos, as dimensões e as diferenças na sua manufactura e aplicação comparativamente a outras regiões (por exemplo, Aveiro), é importante efectuar o levantamento e caracterização das técnicas construtivas de terra presentes na região, para que se possam documentar e estudar com vista à conservação e possível reabilitação deste património.

3. REGIÃO DE LEIRIA

3.1 Zona de intervenção

O distrito de Leiria situa-se entre as províncias tradicionais da Beira Litoral e da Estremadura. Encontra-se limitado a norte pelo distrito de Coimbra, a leste pelos distritos de Castelo Branco e Santarém, a sul pelo distrito de Lisboa, e a oeste pelo oceano Atlântico. O distrito de Leiria tem uma área de 3506 km² e uma população residente de 470 895 habitantes [W2], é constituído por 110 freguesias repartidas pelos seus dezasseis concelhos (Figura 3.1), dos quais foram seleccionados dois, Pombal (6) e Leiria (7), para se realizar um levantamento das técnicas construtivas de terra encontradas com mais predominância e o mapeamento de alguns edifícios.

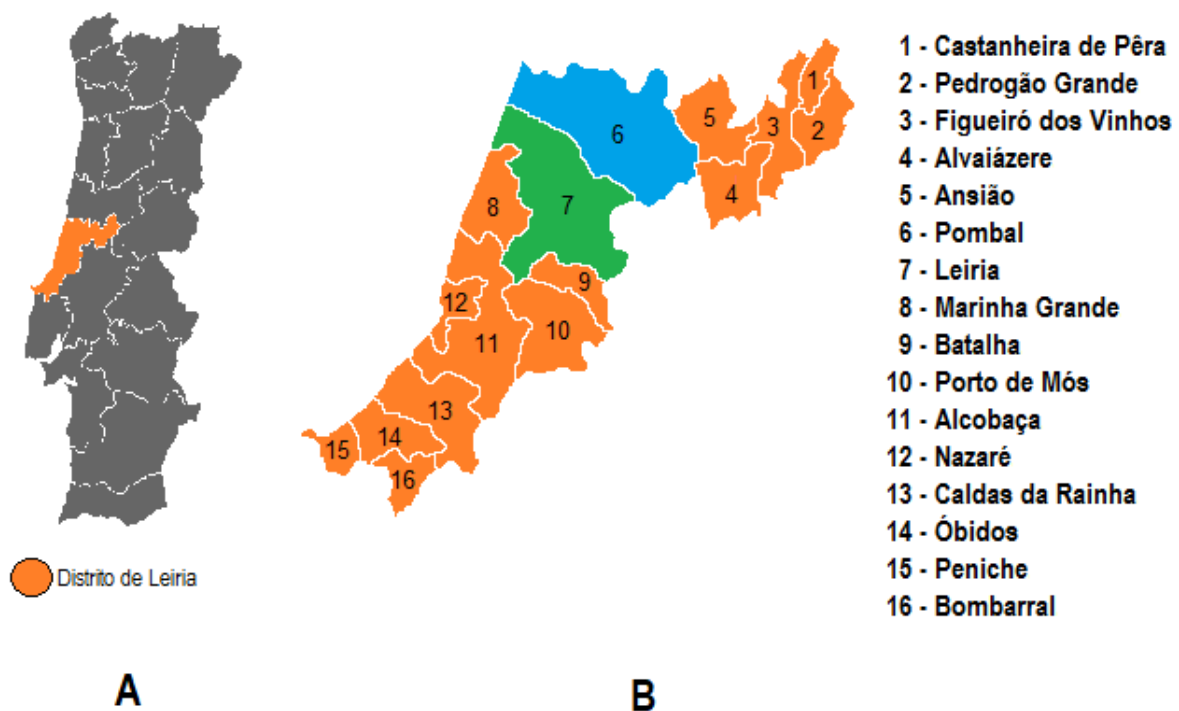


Figura 3.1 - Identificação geográfica do distrito (A) e dos concelhos (B) de Leiria

Os concelhos de Pombal e Leiria apresentam na totalidade 46 freguesias, tendo Leiria 29 e Pombal 17 (Figura 3.2). Esta foi a área de intervenção escolhida, onde se procedeu ao levantamento de construções com terra que permitiu caracterizar as construções nesta região. Contudo, não foi possível abranger todas as freguesias, porque se trata de uma área extensa, estando o levantamento concentrado principalmente nas freguesias próximas do principal acesso (IC2) entre os dois concelhos.

Tendo por base a carta geológica que abrange o concelho de Pombal [W3] pode-se dividir esta região em três zonas. A zona Este, que apresenta relevos mais ou menos acentuados, tais como a Serra de Sicó, onde as técnicas construtivas tradicionais predominantes são as construções de pedra argamassada. A zona central que, segundo a carta geológica, apresenta fortes depósitos greso-argilosos e a zona Oeste que se estende até Monte Redondo, onde predominam os solos mais arenosos.

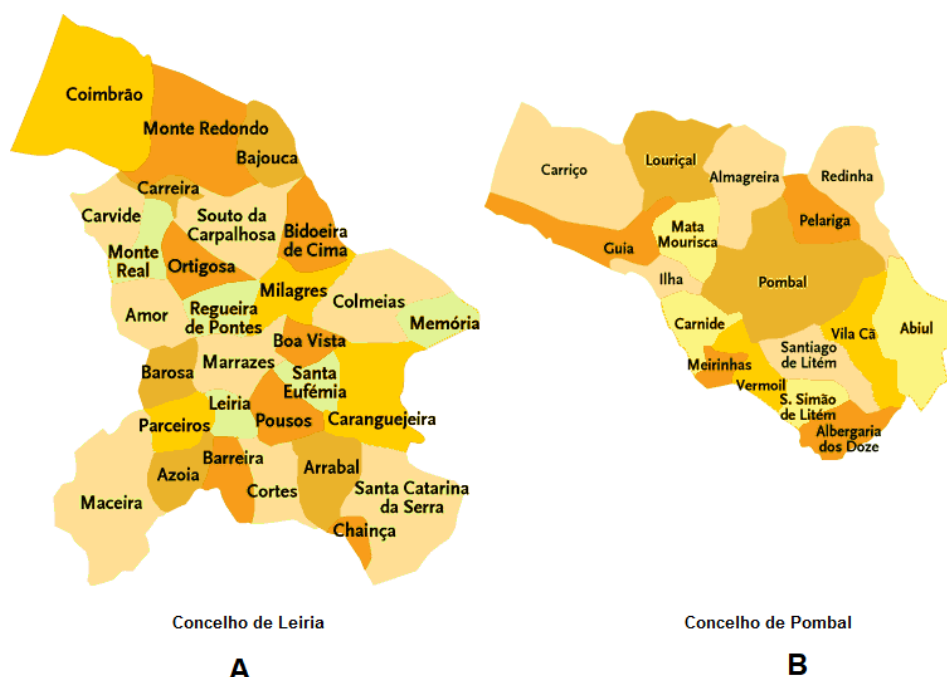


Figura 3.2 - Concelhos de Leiria (A) e Pombal (B)

A região de Pombal é rica em aluviões constituídos por cascalheiras, areias e lodos que se observam nos principais vales da região: o vale do Rio de Carnide e seus afluentes, o vale do Rio Arunca e seus afluentes e o vale do Rio Anços. Na Figura 3.3 apresentam-se delimitadas as linhas de água do concelho. Claramente esta região é rica em rios e ribeiras que se desenvolvem, geralmente, sobre aluviões que se depositam sobre calcários, margas e argilas.

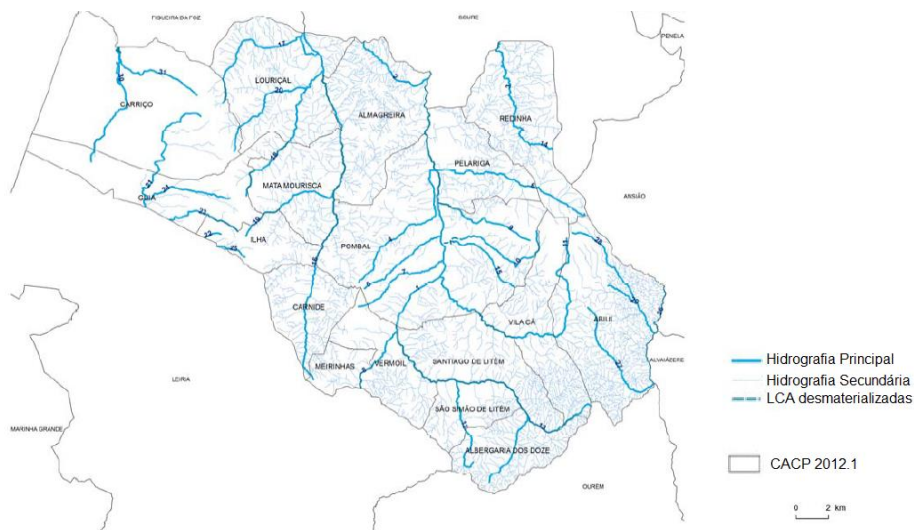


Figura 3.3 - Rede hidrográfica do concelho de Pombal, (CMP, 2014)

O concelho de Leiria apresenta uma diversificada paisagem dividindo-se em cinco unidades paisagísticas: a orla costeira dunar, as colinas suaves arenosas, as colinas greso-argilosas, os maciços calcários e os vales dos rios Lis e Lena (Figura 3.4 - A). Em termos geológicos, podem-se encontrar argilas, areias, cascalhos, calcários margosos e margas por praticamente toda a região.

Na Figura 3.4 – B apresentam-se os principais cursos de água da bacia hidrográfica sendo eles o rio Lis, o rio Lena, o rio Fira e a ribeira do rio Seco. Pode-se então concluir que esta região é rica em rios e ribeiras que se desenvolvem por todo o concelho. A bacia hidrográfica do rio Lis apresenta uma área extensa de cerca de 232 km² e desenvolve-se sobre aluviões que se depositam sobre calcários, margas e argilas.

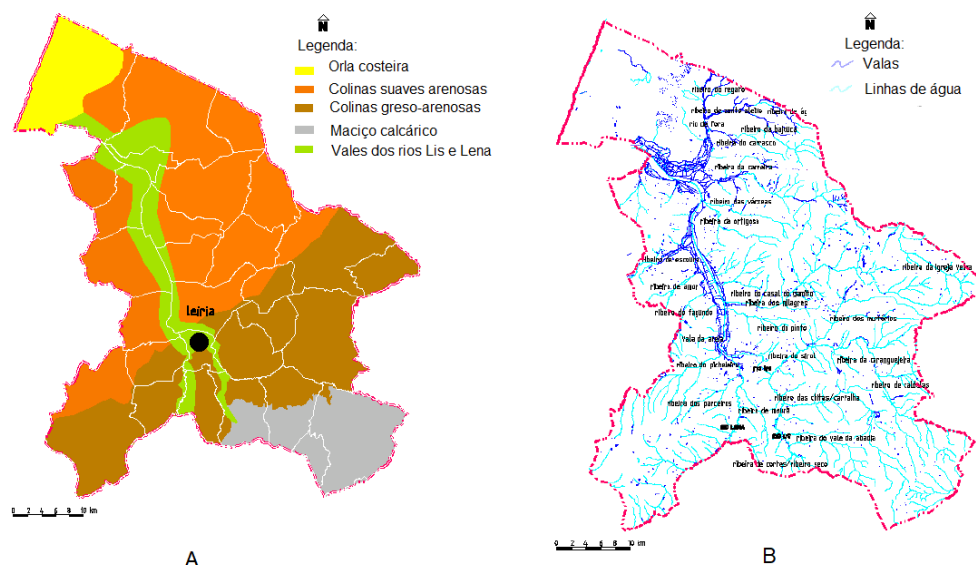


Figura 3.4 - Unidades paisagísticas (A) e rede hidrográfica do concelho de Leiria (B), (CML, 2010)

Os dois concelhos analisados são ricos em vários materiais geológicos, tais como as argilas, as areias e os saibros. Apresentam redes hidrográficas bastantes extensas que servem quase a totalidade da região.

Torna-se, assim, importante perceber as razões pelas quais a técnica de alvenaria de adobe não proliferou na região Pombal. Possivelmente a opção de construir com taipa deverá ter sido “imposta” por mestres que dominavam esta técnica e que poderão ter influenciado estas escolhas. Por outro lado, uma vez que parte do levantamento se concentrou ao longo das freguesias próximas do principal acesso (IC2), entre a cidade de Pombal e a freguesia de Meirinhas, é possível que a reduzida presença de água nesta área possa ter influenciado os resultados obtidos, tornando-se importante expandir a área de levantamento para efectivamente perceber se a predominância da taipa é realmente significativa. É igualmente importante perceber as razões pelas quais a técnica de alvenaria de adobe proliferou no concelho de Leiria.

Uma vez que estas regiões foram/são propícias à construção de edifícios de terra e sendo estes eco-eficientes, questionam-se as razões pelas quais, em pleno século XXI, estes edifícios não estão a ser recuperados e quais os motivos que levaram as pessoas a abandoná-los. Segundo Saraiva “*Este abandono e degradação deve-se sobretudo à falta de capacidade em analisar, acudir e salvaguardar da população e das entidades públicas responsáveis levando a que em pouco tempo se perca a totalidade de todo este património edificado que traduz o modo de vida e o modo de construção dos antepassados. Sobre esta temática de abandono, os investigadores pouco foram fazendo, salvo raras excepções, até aos anos 80, sendo as preocupações académicas mantidas alheias a esse património rural que, por ser tão invasivo, tradicional e secular, quase foi desprezado*” (Saraiva, 2011).

Por este motivo, e outros demais, é necessário recuperar este património edificado através da recolha de informação, pesquisa e levantamento da região de Leiria, pois esta tem sido bastante ignorada,

existindo um profundo desconhecimento do modo de viver, das técnicas construtivas e das edificações de terra. Serão estas resultado de diversas influências como a migração da taipa vinda do Alentejo e do adobe vindo da região de Aveiro, ou até mesmo por influências provenientes do exterior do país. A escassez de informação, a idade avançada das poucas pessoas que assistiram à construção deste tipo de edifícios e a perda de saberes de geração para geração, levou a que não se consiga determinar com certeza absoluta a sua origem na região, nem apurar a totalidade dos motivos que levaram a construir com uma técnica, por oposição a outra.

3.2 Mapeamento e análise geral

O mapeamento de edifícios, que apresentam técnicas construtivas de terra na região de Leiria, foi um processo importante para se conseguir perceber as zonas, ou pequenas áreas, onde se concentraram, no passado, alguns aglomerados habitacionais. No decorrer do levantamento identificaram-se algumas freguesias que ainda possuem bastantes construções com terra, como foi o caso das freguesias de Carnide, Ilha, Mata-Mourisca, Meirinhas, Vermoil e Pombal, pertencentes ao concelho de Pombal, e Bidoeira de Cima, Boa Vista, Caranguejeira, Colmeias, Leiria, Monte Redondo, St^a. Eufémia e Milagres, pertencentes ao concelho de Leiria. No entanto, muitas outras ficaram por visitar sendo igualmente importante em trabalhos futuros efectuar a sua localização, para que a caracterização da região possa ficar ainda mais completa e esclarecedora.

No mapeamento que se apresenta na Figura 3.5, é possível observar a extensa área onde se localizaram os casos de construções com terra que foram identificados e onde se destacam os dois casos de estudo que serão apresentados no capítulo seguinte.

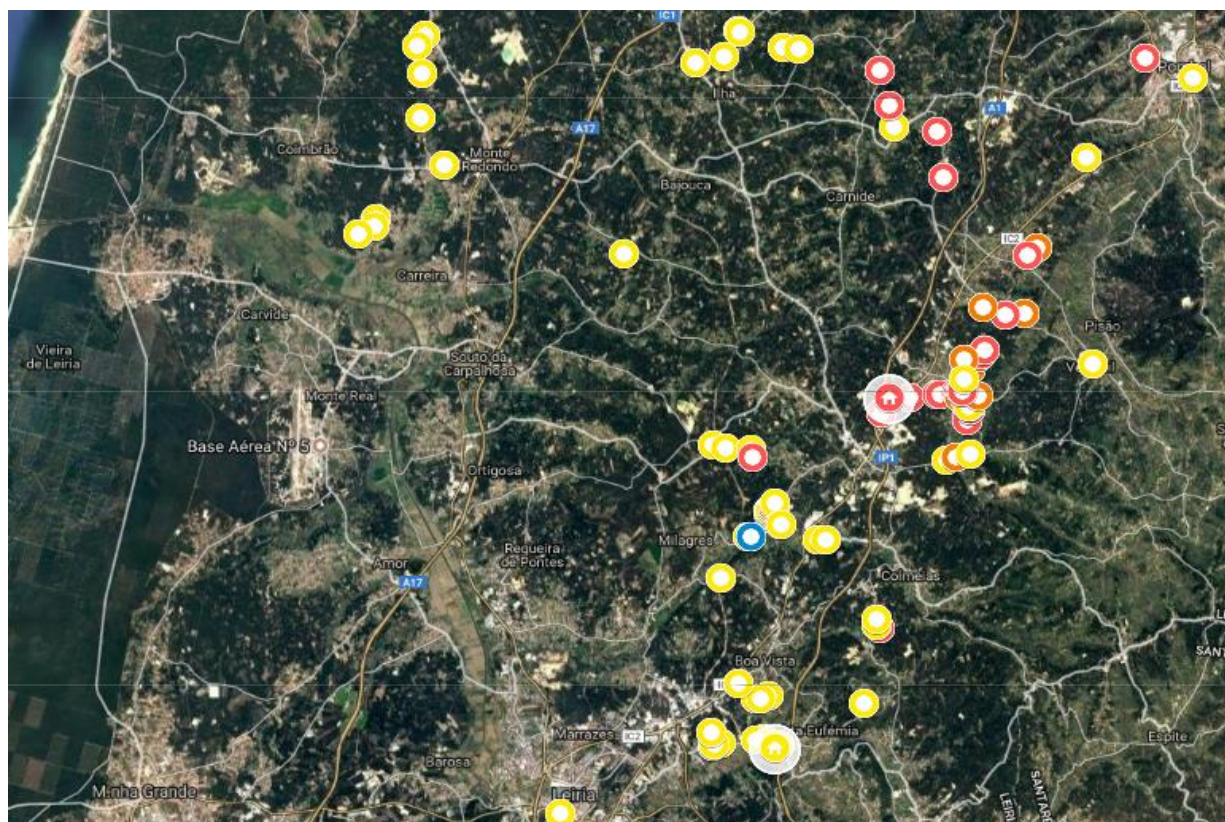


Figura 3.5 - Mapeamento de 98 construções entre Pombal e Leiria [W4]

Apresentam-se, em seguida, parte dos resultados do levantamento e caracterização preliminar efectuado aos 98 edifícios. A restante informação relativa ao ano de construção, às coordenadas geográficas, à realização de levantamentos exaustivos e à recolha de amostras de cada edifício, poderá ser consultada em anexo (Anexo I). Este levantamento será posteriormente incluído no projecto DB-Heritage e no mapeamento a realizar pela Associação Centro da Terra.

Tal como referido anteriormente e confirmado após o levantamento, é possível constatar que no concelho de Pombal a taipa é a técnica construtiva que predomina (Figura 3.6). Porém, no concelho de Leiria é notável a mudança da técnica construtiva para a alvenaria de adobe (Figura 3.6).

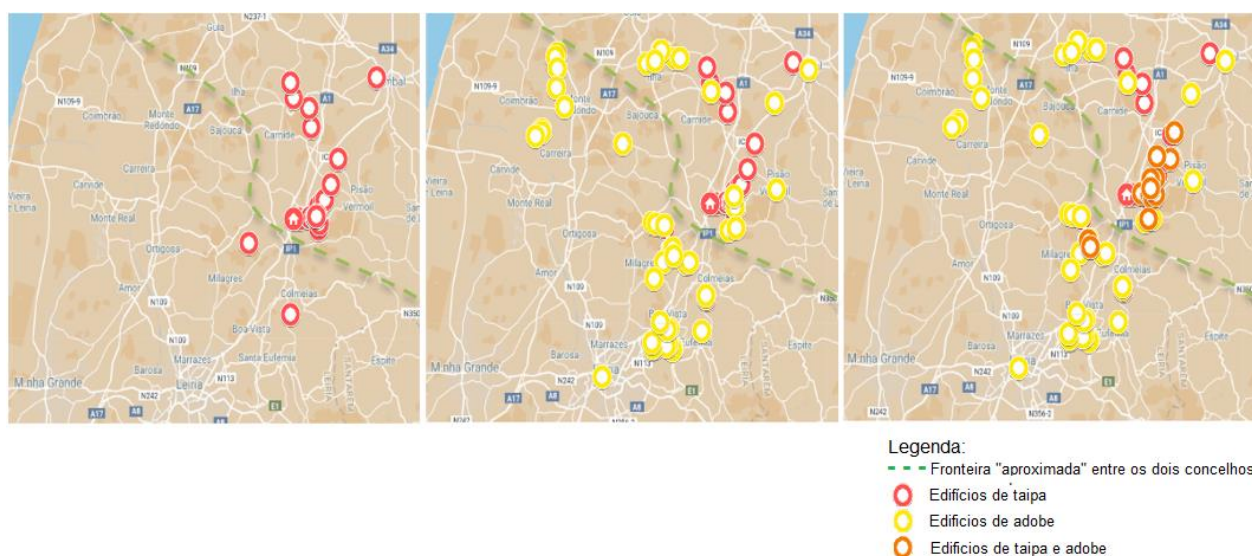


Figura 3.6 - Distribuição das técnicas taipa e adobe nos concelhos de Pombal e Leiria

Na fronteira entre os concelhos analisados, mais precisamente na freguesia de Meirinhas e na freguesia de Colmeias, foram identificados edifícios com as técnicas de taipa e alvenaria de adobe em simultâneo.

Não se sabe ao certo quais as razões que levaram a esta mudança, no entanto, através da recolha oral efectuada junto de um antigo construtor da região de Leiria (Anexo III), percebeu-se que a presença de água era, de facto, um factor que influenciava a opção de construir com adobe nas regiões onde esse recurso abundava sendo, ainda assim, uma informação escassa perante o cenário apresentado. Por outro lado, o adobe, comparativamente à taipa, era mais económico porque não necessita de grandes cofragens (apenas de moldes), sendo a sua execução mais rápida, desde que os adobes estivessem prontos a colocar em obra.

No total do levantamento efectuado localizaram-se 60 edifícios executados em alvenaria de adobe, 24 em taipa e 14 mistos (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Totalidade dos levantamentos nos concelhos de Leiria e Pombal

Concelho		Leiria	Pombal	Total	Percentagem (%)
Técnica Construtiva	Taipa	2	22	24	25
	Adobe	48	12	60	61
	Mistos	1	13	14	14
Total		51	47	98	100

De uma forma geral, verificou-se a existência maioritária de construções de adobe face às de taipa, ou mistas. No entanto, relembra-se o facto de o levantamento não ter sido exaustivo e apenas ter coberto as áreas sinalizadas nas figuras anteriores (Figura 3.5 e Figura 3.6). As construções de adobe localizadas na região de Leiria apresentam adobes de dimensões variadas (Quadro 3.2). Em relação ao comprimento, os valores variam entre 0,30 m e 0,46 m, enquanto que em relação à largura apresentam valores entre 0,14 m e 0,30 m e em relação à espessura entre 0,12 m e 0,16 m.

Comparativamente a outras regiões, por exemplo no Alentejo, em Avis identificaram-se adobes de terra com dimensões 0,40 m x 0,20 m x 0,12 m, e de terra e cal com 0,30 m x 0,15 m x 0,10 m (Gomes, 2013). Já em Aveiro localizaram-se adobes de 0,45 m x 0,30 m x 0,15 m (Varum *et al.*, 2008). Na região de Leiria, as dimensões dos adobes variam entre regiões muito próximas dentro do próprio distrito.

No que diz respeito aos aspectos construtivos da taipa, as dimensões dos módulos (com base nos taipais utilizados) diferem na altura entre 0,60 m e 0,70 m e na espessura de paredes entre 0,40 m e 0,50 m (Quadro 3.2). O comprimento das paredes apresenta valores em média de 2,00 m. Comparando com outras regiões, como Valongo (Avis), Taliscas (Odemira), Corte Zorrinho (Almodôvar), Colos (Ourique) e Arraiolos, pertencentes ao Alentejo, a taipa presente nestas localidades apresenta um comprimento entre 1,40 m e 1,70 m, altura entre 0,45 m e 0,55 m, mantendo a espessura em valores médios de 0,50 m (Gomes, 2013).

Quadro 3.2 – Dimensões aproximadas dos elementos constituintes das técnicas construtivas de terra na região de Leiria

Adobe (m)	Taipa (m)
0,46 x 0,18 x 0,16	
0,42 x 0,30 x 0,14	
0,42 x 0,24 x 0,12	2,00 x 0,60 x 0,40
0,40 x 0,20 x 0,14	2,00 x 0,70 x 0,40
0,40 x 0,18 x 0,15	2,00 x 0,70 x 0,50
0,36 x 0,14 x 0,12	
0,30 x 0,14 x 0,12	

Contrariamente às regiões pertencentes ao Alentejo, onde se encontraram bolotas e ramos de arbustos misturadas com a terra com que se elaboraram as paredes de taipa (Gomes, 2013), mostrando não ter existido muito cuidado na selecção do material, na região de Leiria a taipa apresenta cuidado na escolha da terra, uma vez que na observação das paredes não se detectou grande presença de matéria orgânica na sua composição.

A existência de argamassas de assentamento de terra, ou de terra e cal, na alvenaria de adobes e entre os módulos de taipa é frequente. Geralmente, as juntas de continuidade entre os adobes e os módulos da taipa surgem na vertical, o que nem sempre assegura a melhor conexão entre os adobes e entre os diferentes módulos da taipa.

O reforço sísmico muitas vezes presente neste tipo de construções é uma prática inteligente, pois mostra que no passado já existiam estas preocupações, de origem, ou após a ocorrência de alguma degradação. Sabe-se que as construções com terra apresentam uma resposta muito deficiente face aos deslocamentos horizontais provocados pelos sismos, quando não são reforçadas correctamente. A região

de Leiria está inserida numa zona de alguma intensidade sísmica, logo é importante que estas acções de reforço sejam tidas em conta.

Na maioria dos casos levantados não foi possível analisar o interior das casas, tendo-se apenas efectuado a inspecção do exterior. Verificou-se que o reforço nos cunhais, nas ombreiras e nas vergas de portas e de janelas, zonas críticas onde ocorre grande concentração de esforços, é frequente. O reforço nos cunhais é efectuado muitas vezes com recurso à pedra e ao tijolo cozido. Contudo, quando não existe, constata-se a preocupação de cruzar os adobes, na alvenaria de adobe, e os módulos de taipa na parede de taipa, nessas zonas. Ainda assim, pode não ser suficiente para resistir a um sismo.

Dos edifícios inspeccionados, não foi possível identificar o ano de construção em 64. Nos casos em que foi possível, deveu-se sobretudo ao facto de a data se encontrar gravada nas chaminés, ou na fachada principal, por cima da porta. Estas datas e o número de habitações correspondentes podem ser verificados na Figura 3.7.

No levantamento efectuado conseguiram identificar-se um total de 34 habitações construídas entre 1870 e 1950, abrangendo desta forma 80 anos de construção com recurso a terra.



Figura 3.7 – Identificação do ano de construção de 34 edifícios de terra

As construções de adobe e de taipa observadas foram, na sua grande maioria, construídas há mais de 70 anos. Importa assim referir que a ocorrência de anomalias nestes edifícios pode resultar do envelhecimento natural dos próprios materiais constituintes do adobe, da taipa ou dos seus revestimentos, associado à falta de manutenção, ou a intervenções incorrectas. Muitos dos edifícios observados encontram-se num estado avançado de degradação, causado pelo abandono. Por outro lado, é importante registar que foi devido à degradação dos edifícios (queda do revestimento exterior) que se conseguiu identificar grande parte das construções com terra na região de Leiria, reconhecendo assim a técnica construtiva. Certamente existe um número bastante significativo de edifícios com paredes executadas com as técnicas de adobe e taipa que, devido a uma cuidada manutenção e ao facto de as paredes se apresentarem rebocadas, não são facilmente identificados, a não ser que os proprietários deixem propositadamente a alvenaria à vista como aconteceu na “Casa nº 93” (Figura 3.8), que actualmente serve de habitação para fins turísticos, estando localizada na freguesia de Monte Redondo.



Figura 3.8 - "Casa nº 93", reabilitação de uma casa construída com a técnica de adobe, Monte Redondo

A maioria das anomalias observadas deve-se, sobretudo, a factores extrínsecos, como é o caso da acção humana ou a acção dos agentes atmosféricos, e a factores intrínsecos ao próprio material que constitui as alvenarias e às próprias técnicas construtivas. As formas de degradação são facilmente observáveis nas construções devolutas, onde pouco, ou nenhum, esforço foi feito para as contrariar.

No geral, os problemas visíveis no exterior devem-se sobretudo à degradação superficial ou erosão, que pode ser apenas ao nível do revestimento (Figura 3.9), ou poderá mesmo provocar o desgaste dos adobes e da taipa, e a problemas na cobertura, que permite a entrada de água no interior dos edifícios.



Figura 3.9 - Queda do revestimento num paramento de taipa, "Casa nº 77", Carnide

A propensão para a erosão depende dos materiais utilizados nas paredes de taipa/adobe, da resistência mecânica e coesão interna da taipa e dos adobes, do contacto com água, bem como da eventual presença de sais e da sua natureza (Figura 3.10). Depende também da técnica de construção, porque uma taipa e um adobe mais compactados terão menor tendência para a erosão, assim como das condições ambientais de cada região, da exposição das fachadas, do tipo de revestimento e da manutenção dos edifícios.

Em algumas habitações foi possível identificar situações onde a falta de embasamento, a sua deficiente execução, ou a pouca altura deste, permitiu o aparecimento da água por efeito de capilaridade. Este processo, sendo por vezes bastante lento, tem consequências devastadoras, principalmente se as paredes tiverem sido intervencionadas, incorrectamente, com revestimentos pouco permeáveis ao vapor, como rebocos de cimento.



Figura 3.10 - Erosão da taipa, “Casa nº 20”, Meirinhas

A contaminação por sais, muitas vezes associada à capilaridade, provoca a perda de coesão e, consequentemente, contribui para a erosão da zona exposta, provocando o destacamento do revestimento e de parte das paredes. Este tipo de degradação constatou-se em diversos edifícios sendo aparentemente típica da presença de sais.

Segundo Henriques, 2007: “(...) os sais existentes no terreno e nos próprios materiais de construção, após terem sido dissolvidos pela água são transportados através da parede para níveis superiores. Quando a água atinge as superfícies das paredes e se evapora, os sais cristalizam e ficam aí depositados. Este fenómeno provoca uma progressiva colmatagem dos poros e, consequentemente, uma redução da permeabilidade ao vapor de água dos materiais, o que dá origem a que o nível atingido pela ascensão capilar possa ainda aumentar. (...) a deposição de sais à superfície pode dar origem à formação de eflorescências ou, quando a cristalização ocorra sob os revestimentos de parede, criptoflorescências.” (Figura 3.11).

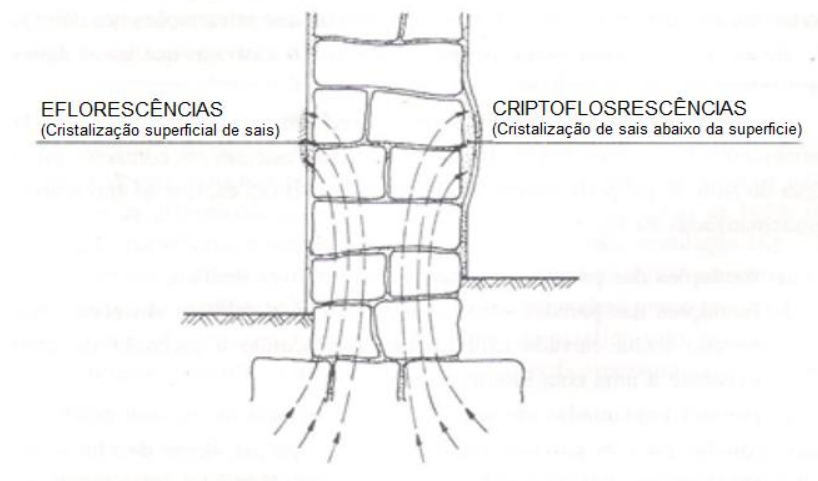


Figura 3.11 - Mecanismo de formação de eflorescências e criptoflorescências. (Henriques, 2007)

A ocorrência de criptoflorescências em paredes de terra está normalmente associada a uma zona de parede com falta de coesão, devido à concentração de tensão cíclicas devidas à dissolução e

cristalização dos sais que aí ocorreu, e que só fica visível quando a camada de revestimento se destaca (Faria-Rodrigues e Henriques, 2007).

Por sua vez, a presença de escorrências (Figura 3.12 – A e B) deve-se sobretudo aos fenómenos de eflorescências, pois os sais, por acção da chuva, são dissolvidos e arrastados pela parede e, após nova secagem e cristalização, originam estes fenómenos superficiais.



Figura 3.12 - Erosão no paramento de taipa devido à ascensão capilar (A) e escorrências devido à acção da chuva (B), "Casa nº 37", Vermoil

Em muitas construções observadas foi possível identificar anomalias que se relacionam com intervenções que revelam desconhecimento sobre a forma como se comportam as construções com terra, como por exemplo, a colocação de materiais incompatíveis, nomeadamente argamassas de reparação à base de cimento (Figura 3.13), ou sistemas de pintura muito impermeáveis ao vapor de água.



Figura 3.13 - Utilização de argamassas de base cimentícia para colmatar a erosão na parede de taipa, "Casa nº 78", Pombal

O destacamento de revestimento foi observado em vários edifícios (Figura 3.14) cuja tentativa de recuperação foi feita através do uso de argamassas com base cimentícia, uma prática recorrente e incorrecta numa construção de terra.



Figura 3.14 - Utilização de argamassas de revestimento de base cimentícia, verificando-se o seu destacamento, "Casa nº 17", Meirinhas

Verifica-se também, em muitos casos, a acção de agentes biológicos correspondentes a um estado avançado de abandono da edificação. Estes agentes, vegetais ou animais, podem originar a deterioração química e/ou mecânica destas construções (p.e. através de excrementos de animais ou de raízes). A presença de insectos e ninhos inseridos na construção de terra foi verificada em muitos casos (Figura 3.15), inclusive durante a campanha experimental. Este tipo de anomalias promove a entrada de água com os resultados nefastos já referidos anteriormente. O progressivo alargamento destas cavidades pode também originar a desagregação do material.



Figura 3.15 - Nidificação de pequenos insectos nas paredes de taipa, "Casa nº 12", Meirinhas

As anomalias na cobertura prendem-se essencialmente com a degradação das telhas, geralmente do tipo canudo ou Marselha, que permitem a passagem de água para o interior das habitações, acelerando o processo de degradação das mesmas. Outro factor importante passa pela não manutenção das coberturas, que permite assim a proliferação de vegetação e origina bolores e escorrências. Estas anomalias são visíveis na maioria dos casos (Figura 3.16).

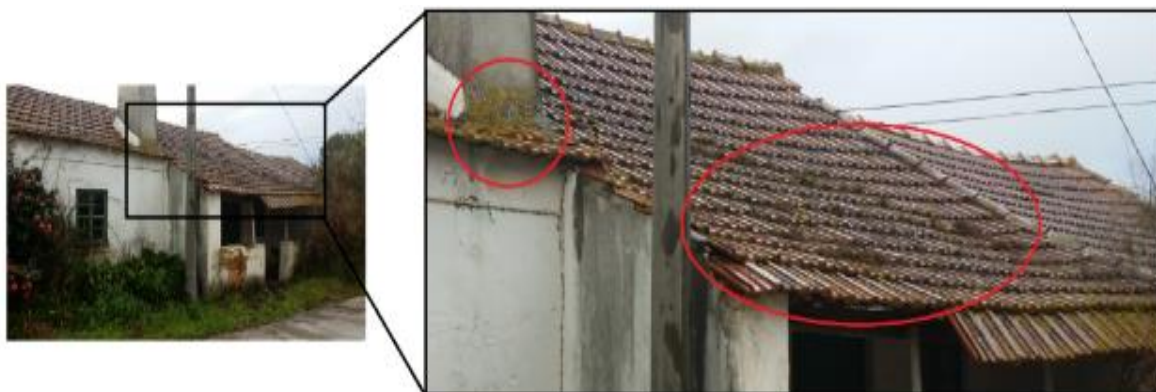


Figura 3.16 - Proliferação de vegetação na cobertura, "Casa nº 36", Pombal

Em suma, é difícil atribuir as anomalias deste tipo de construções apenas a uma causa, sendo estas provocadas por vários factores que não são independentes uns dos outros. Não obstante, pode afirmar-se que a presença de água (humidade) é uma das principais causas, uma vez que reduz a coesão interna e a resistência mecânica dos adobes e da taipa e potencia a acção dos sais solúveis e dos agentes biológicos.

A escassez de recursos financeiros e humanos está muitas vezes subjacente ao aparecimento de anomalias, sendo razão da diminuta manutenção, ou mesmo abandono, da edificação. Também a utilização, por desconhecimento de materiais incompatíveis em acções de construção ou reabilitação e o desaparecimento de mão-de-obra com domínio da tecnologia tradicional, contribuem para a ocorrência das anomalias.

Verificou-se que o tipo de anomalia mais recorrente nas construções pertencentes ao levantamento é a desagregação do reboco às paredes, a consequente falta de protecção superficial e os problemas ao nível da cobertura. A degradação pode atingir apenas o nível mais superficial ou, em certos casos, originar a formação pontual de cavidades profundas. Ao nível da cobertura podem surgir infiltrações de água que levam ao desgaste, apodrecimento e envelhecimento dos materiais de forma mais acelerada, reduzindo drasticamente o tempo de vida útil das construções.

Estas anomalias, detectadas na maioria dos edifícios, vão ao encontro dos dados obtidos em relação ao estado geral dos edifícios que se apresentam no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Estado geral dos edifícios levantados na região de Leiria

Estado geral	Leiria	Pombal	Total	Percentagem (%)
0 -1 (Ruína)	21	10	31	32
2 (Mau)	13	23	36	37
3 (Razoável)	12	12	24	24
4 – 5 (Bom)	4	3	7	7
Total de casos	50	48	98	100

A percentagem de edifícios que se encontram em estado “razoável” e “bom” de conservação deve-se, sobretudo, a familiares que habitam próximos destes que, de certa forma, vão ajudando a preservá-los; uma minoria efectua obras de reabilitação (muitas delas incorrectamente).

4. CASOS DE ESTUDO

4.1 Apresentação geral

De forma a contribuir para a caracterização dos sistemas construtivos e anomalias estruturais, e não estruturais, mais comuns dos edifícios de terra existentes na região de Leiria, procedeu-se à análise detalhada de dois edifícios representativos das construções de taipa e de alvenaria de adobe, da amostra de 98 edifícios registados.

Primeiramente efectuou-se um levantamento exaustivo através de observação visual, registo fotográfico e preenchimento de fichas de levantamento e inspecção aos edifícios seleccionados (Anexo II). Posteriormente efectuou-se a caracterização dos sistemas construtivos, dos materiais aplicados e das dimensões de todos os elementos constituintes, trabalho complementado com registo fotográfico de todos os pormenores considerados relevantes. De seguida, desenharam-se as plantas e alçados dos edifícios analisados que se apresentam também no Anexo II, de modo a ter uma melhor percepção relativamente à localização e às dimensões de cada compartimento, permitir a identificação das espessuras das paredes e dos respectivos materiais constituintes.

Nos subcapítulos que se seguem serão analisados pormenorizadamente cada um dos edifícios, fazendo-se uma breve descrição da sua morfologia, da técnica construtiva e de todo o processo de avaliação dos elementos analisados que constituem cada um dos casos (Ferreira *et al.*, 2017).

Para a identificação dos edifícios apresentados no mapa da Figura 3.5 começou-se por denominar os edifícios por “Casa” e identificar o número da mesma por “nº”, o qual corresponde à ordem numérica com que se efectuou o levantamento. Adoptando esta nomenclatura, os edifícios seleccionados foram a “Casa nº 4 e a Casa nº 29” (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Casa nº 4 (A) e Casa nº 29 (B)

A “Casa nº 4” está localizado na Avenida Dom João Pereira Venâncio, situada no concelho de Leiria, freguesia de St^a. Eufémia, e tem as coordenadas 39.76018, -8.75004. Este edifício foi construído em 1935 (identificação na parte superior da porta principal) e tem a fachada principal virada a Norte.

Apresenta uma planta rectangular (10,00 m x 8,05 m), com cozinha do lado esquerdo virada a Este, quartos virados a Oeste e, ao centro, uma sala-de-estar. Na cozinha existe uma chaminé e um acesso a uma sala de arrumos, onde ainda subsiste uma escada em madeira que permite aceder ao sótão (Ferreira *et al.*, 2017).

Esta habitação apresenta duas portas exteriores em madeira, uma na fachada principal (Figura 4.2 – A) e a outra na fachada virada a Este (Figura 4.2 – B), ambas com 1,00 m x 2,20 m. As janelas têm caixilho de madeira e apresentam 0,75 m x 1,20 m (Figura 4.2 – C).



Figura 4.2 - Portas exteriores (A-Fachada Principal e B-Fachada Este) e janelas com caixilho de madeira (C)

No interior também foram utilizadas portas de madeira, com o vão reforçado por uma verga do mesmo material. O piso é sobreelevado, com desvão de aproximadamente 0,40 m ventilado por respiradores dispostos em fachadas opostas e rematados com peça de pedra. O piso é composto por soalho de madeira sobre vigas do mesmo material. A madeira foi também utilizada na estrutura de suporte da cobertura inclinada, com revestimento em telha cerâmica Marselha. No interior, o tecto apresenta um forro composto por fasquiado de madeira pintado (Ferreira *et al.*, 2017).

Segundo a análise do arquitecto José Lima: “Este edifício provavelmente terá tido como intenção inicial construir um dos lados de uma banda de dois ou mais edifícios semelhantes. Esta hipótese baseia-se na morfologia da empena Este, porque não apresenta as características das restantes fachadas do edifício. A porta exterior presente nesta empena, que dá acesso à cozinha, está claramente desassociada da composição arquitectónica do edifício. Embora apresente cantaria e guarnição em madeira semelhante à da porta principal, afigura-se como um elemento isolado, sem relação de simetria com o eixo longitudinal do edifício, como acontece com os dois vãos presentes na fachada oposta. Esta porta poderá inclusivamente ter sido adicionada numa intervenção posterior à construção inicial.” (Ferreira *et al.*, 2017).

Embora as paredes da “Casa nº 4” sejam construídas em alvenaria de adobe, muito provavelmente o edifício terá sido construído tendo por base um projecto de arquitectura elaborado previamente ou, em alternativa, um projecto “tipo”. Esta hipótese, segundo o arquitecto José Lima, baseia-se no facto das dimensões, o alinhamento e as simetrias presentes no edifício implicarem um grau de racionalização difícil de ser conseguido directamente em obra, sem recurso prévio ao desenho como instrumento de planeamento do seu traçado (Ferreira *et al.*, 2017).

Tome-se como exemplo as dimensões da planta (10,00 m x 8,05 m), as iguais dimensões e alinhamentos dos vãos, a composição destes nas fachadas Oeste e Sul, e ainda a composição da fachada principal a Norte que, embora não seja simétrica, é equilibrada, compreendendo espaços de paramento aproximadamente iguais entre vãos à direita (1,55 m – 1,70 m) e à esquerda (0,90 m – 0,95 m) da porta principal. Este edifício apresenta diversos aspectos construtivos que, embora enquadráveis nos sistemas

construtivos tradicionais, indicam, contudo, um certo grau de sistematização, sendo exemplo disso o próprio sistema de alvenaria de adobe, que implica uma produção sistemática e planeada previamente, os vãos exteriores, com soluções de cantaria e guarnição de dimensões e perfis iguais, passíveis de produção sistematizada por terceiros, observando-se o mesmo em relação aos vãos interiores, a estrutura da cobertura construída por asnas de madeira, de modo a evitar impulsos horizontais sobre as paredes periféricas de adobe. Na sua globalidade, o sistema construído deste edifício revela conhecimento técnico que pode, de certa forma, ser considerado diferenciado do conhecimento empírico associado à arquitectura vernacular mais simples (Ferreira *et al.*, 2017).

A “Casa nº 29” está localizado na Rua de São Pedro, situada no concelho de Pombal, freguesia de Meirinhas, e tem as coordenadas 39.84076, -8.71733. Este edifício foi construído em 1942 (informação obtida através de familiares do proprietário), com a fachada principal virada a Sul.

Apresenta uma planta rectangular (10,85 m x 3,25 m), com a cozinha do lado esquerdo, virada para Oeste, quartos virados para Este e, ao centro, uma sala-de-estar. Esta teria a mesma função da “Casa nº 4”.

Segundo os filhos do proprietário, a casa inicialmente apresentava apenas dois quartos, um principal onde dormiam os pais e o segundo quarto onde dormiam os filhos. À medida que o número de filhos foi aumentando, os filhos homens passaram a dormir na despensa (transformada em quarto) ou, em alternativa, no palheiro, perto dos animais, ficando o quarto para as filhas.

Esta habitação tem no total três portas exteriores, todas em madeira: uma na fachada principal (0,88 m x 1,94 m) (Figura 4.3 – A) e duas nas traseiras (0,82 m x 1,94 m) (Figura 4.3 – B). As janelas apresentam uma dimensão 0,77 m x 1,04 m e têm caixilho também de madeira (Figura 4.3 – C).



Figura 4.3 - Duas das portas exteriores (A - Fachada principal e B- Fachada de tardoz) e janela com caixilho de madeira (C)

No interior eram utilizadas portas de madeira, com o vão reforçado por uma verga do mesmo material. O piso é sobreelevado sobre vigas de madeira com desvão de aproximadamente 0,40 m e ventilado, como no caso anterior, e composto por soalho de madeira.

A cobertura tem revestimento a telha cerâmica Marselha e apresenta uma estrutura de madeira, com duas águas, suportada por uma viga de madeira sobre as paredes de taipa. No interior, o tecto apresenta forro de madeira tendo sido aplicado em todas as divisões da habitação, possivelmente pela sua existência proporcionar maior conforto aos habitantes.

Este edifício foi construído em taipa recorrendo a um mestre local especialista na técnica, auxiliado pelos proprietários e seus familiares e vizinhos. Segundo os descendentes do primeiro proprietário sabe-se que devido principalmente à situação socioeconómica dos proprietários, não foi possível construir a habitação de uma só vez. No entanto, tratou-se de certa forma de um projecto dinâmico porque a casa foi crescendo e alterando a sua morfologia conforme os anos foram passando, sendo ampliada e dando origem a outras estruturas e compartimentos (Ferreira *et al.*, 2017).

Não se sabe se, aquando da execução das paredes, a terra seleccionada era muito argilosa nem se, na sua concepção, se adicionou areia ou brita. O traço necessário à boa execução da mistura foi determinado provavelmente de forma empírica pelo mestre, dependendo da sua experiência; possivelmente esse traço variava de região para região e com as características dos solos.

Percebe-se por observação das paredes de taipa que estas eram atravessadas por fasquias (designadas por agulhas) que garantiam a verticalidade das cofragens (taipais) utilizadas. Para proteger a habitação da intempérie, principalmente da acção da chuva, foi elaborado um reboco à base de cal aérea seguindo-se de uma pintura por caiação.



Figura 4.4 - Marcas devidas às fasquias que "apertavam" os taipais

4.2 Descrição do processo de avaliação dos edifícios

Para os dois edifícios seleccionados realizou-se um levantamento exaustivo recorrendo a fichas de inspecção baseadas em trabalhos anteriores, desenvolvidos na Universidade de Aveiro (Neto, 2008 e Vicente *et al.*, 2006), adaptadas conforme a técnica construtiva do edifício, uma vez que uma é de alvenaria de adobe e a outra é de taipa. Caracterizaram-se os respectivos sistemas construtivos e anomalias. Este levantamento foi complementado com o registo fotográfico de todos os pormenores relevantes. Para classificar o estado de conservação dos diferentes elementos a analisar, utilizou-se uma escala de 1,0 a 5,0 onde 1,0 corresponde a mau, 3,0 a razoável e 5,0 a bom estado de conservação.

A construção das “Casa nº 4” e “Casa nº 29” datam de 1935 e 1942 respectivamente e ambos estão devolutos. Na inspecção da “Casa nº4” foi perceptível o seu evidente abandono, enquanto em relação à “Casa nº 29”, sabe-se através dos filhos do primeiro proprietário que a habitação foi abandonada por volta do ano 2011. O estado global de conservação em que se encontram os edifícios foi classificado com 2,0. Esta classificação tem em conta o estado de conservação dos vários elementos construtivos que compõem os edifícios.

Ambos os edifícios são constituídos por um único piso e têm um pé-direito com cerca de 3,06 m (Casa nº 4) e 2,60 m (Casa nº 29). Na “Casa nº 4” existem aberturas em todas as fachadas, possuindo duas entradas independentes, sendo uma para a zona habitacional principal e a outra para a zona da cozinha. Na “Casa nº 29” existem aberturas apenas nas fachadas Sul, Norte e Este, possuindo três entradas independentes, sendo uma para zona habitacional principal, outra para a cozinha e a última para um quarto. Estes edifícios são privados, tendo servido como habitação durante vários anos. Nos subcapítulos que se seguem irão ser abordados e classificados os aspectos relativos à cobertura, às paredes de fachada, aos pavimentos, às paredes interiores, aos tectos, a outros elementos estruturais, aos materiais tradicionais, ao terreno onde se encontram e aos edifícios/anexos adjacentes. Seguiu-se a ordem das fichas de inspecção, de forma a obter o máximo de informação relativa aos elementos constituintes destes edifícios e quais as principais anomalias que estes apresentam.

4.2.1 Avaliação da cobertura

Na “Casa nº 4” foi possível observar que a cobertura de três águas em telha Marselha tem uma forma “pouco convencional” (Figura 4.5 - A) quando comparada com a “Casa nº 29” (Figura 4.5 - B), que também possui telha Marselha, assim como da maioria das habitações presentes no levantamento, que apenas apresentam duas águas ou, nalguns casos, quatro.

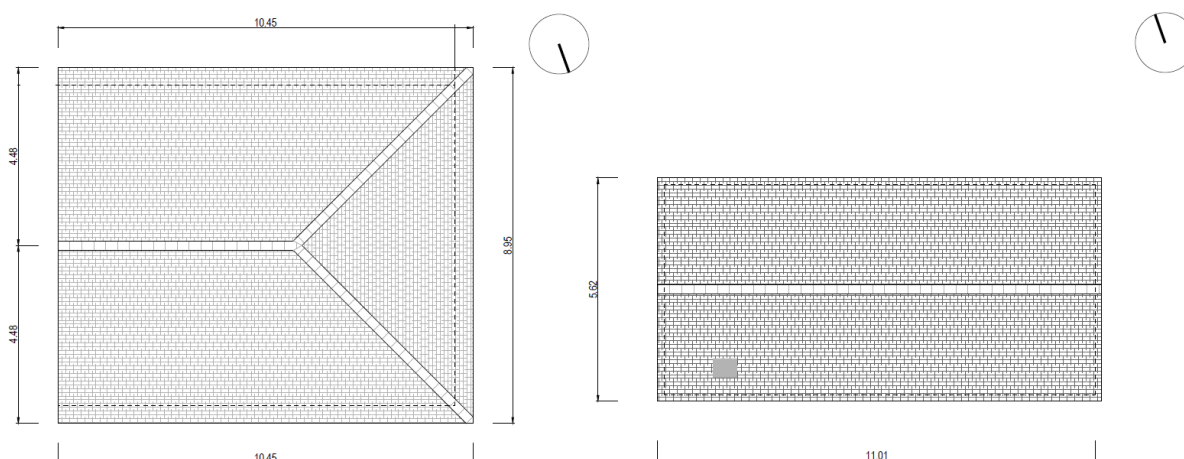


Figura 4.5 - Coberturas das "Casa nº 4" (A) e "Casa nº 29" (B)

Tanto a cobertura da “Casa nº4” como da “Casa nº29” estão desprovidas de qualquer algeroz, verificando-se a existência de um beirado com cerca de 0,30 m e 0,20 m respectivamente.

A estrutura de suporte da cobertura da “Casa nº4” é em madeira, sendo constituída por asna(s) fechada(s), e a sua ligação à parede é executada por encaixe dos elementos estruturais de madeira na alvenaria. Esta observação foi possível devido ao acesso existente da despensa para o sótão (Figura 4.6 - A).



Relativamente à “Casa nº29”, não foi possível observar-se a totalidade da estrutura de suporte da cobertura, mas à partida esta será toda em madeira, sendo possivelmente constituída por asna(s) fechada(s), ou então igual à dos anexos onde se encontra uma estrutura de cobertura com “pau-de-fileira” e caibros (Figura 4.6 - B). A ligação da estrutura à parede é por encaixe dos elementos estruturais de madeira na alvenaria. Visto que a casa tem um forro de madeira, não foi possível medir as dimensões dos elementos estruturais, nem tão pouco avaliar o respectivo estado de conservação.



Figura 4.6 – Estrutura de suporte da "Casa nº 4" (A) e cobertura dos anexos da "Casa nº 29" constituída por trama (caibros e ripas) (B)

No Quadro 4.1 apresenta-se resumidamente a avaliação geral das coberturas dos dois casos de estudo.



Quadro 4.1 - Avaliação geral das coberturas

Parâmetros	Avaliação da cobertura	
	Casa nº 4	Casa nº 29
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> Envelhecimento/degradação dos materiais estruturais e não estruturais Presença de infiltrações de água, telhas partidas e acumulação de vegetação, musgos e bolores 	<ul style="list-style-type: none"> Envelhecimento/degradação dos materiais estruturais e não estruturais Presença de infiltrações de água, telhas partidas e acumulação de vegetação, musgos e bolores
Classificação	2,0	2,0
Condicionantes	<ul style="list-style-type: none"> Impossibilidade de aferir as dimensões dos elementos estruturais e avaliar o respectivo estado de conservação 	<ul style="list-style-type: none"> Não se atribuiu classificação à estrutura de suporte
Justificação	<ul style="list-style-type: none"> Pouca visibilidade existente para a estrutura de suporte 	<ul style="list-style-type: none"> Não se consegue observar e avaliar a mesma (existência de um forro)
Figura		



4.2.2 Avaliação das paredes das fachadas

As paredes das fachadas principal, lateral direita, lateral esquerda e posterior da “Casa nº 4” são em alvenaria de adobe com espessura de 0,45 m, estando o seu pano assente a uma vez. Todas as paredes exteriores têm função resistente e a ligação entre elas é executada por encaixe. Relativamente à constituição dos vãos, estes são executados com vigas de madeira. Todas as fachadas encontram-se rebocadas exteriormente por argamassa de cal aérea e areia. A fachada principal e a lateral direita estão pintadas a cor ocre, enquanto a fachada lateral esquerda e a posterior não apresentam qualquer pintura ou caiação. As paredes exteriores da “Casa nº 29” são em taipa, com espessura de 0,45 m, à excepção da parede da fachada lateral esquerda que apresenta 0,42 m. Estas paredes têm uma função resistente. Todas as fachadas encontram-se rebocadas exteriormente por uma argamassa de cal aérea e areia, à excepção da parede da fachada lateral esquerda que não apresenta qualquer revestimento, deixando a taipa à vista. A fachada posterior não foi caracterizada e avaliada uma vez que a vegetação presente no local não o permitiu. A fachada principal e a lateral direita estão caiadas, enquanto a fachada lateral esquerda não apresenta qualquer pintura ou caiação. Nos quadros 4.2 – 4.5 apresentam-se as avaliações de todas as fachadas dos dois edifícios.



Quadro 4.2 - Avaliação geral da parede de fachada principal

Avaliação da parede de fachada principal				
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29	
	Estado geral	Revestimentos	Estado geral	Revestimentos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de fissuração com concentração no topo e uniformemente distribuído em largura • Orientação essencialmente vertical • Existência de humidade ascensional • Escorrências • Destacamento e queda do revestimento • Sujidade, musgos e bolores 		<ul style="list-style-type: none"> • Existência de fissuração que se concentra no topo • Fissurações dispersas pela parede (têm uma orientação vertical e horizontal) • Humidade ascensional • Escorrências • Sujidade e bolores 	
Causas	<ul style="list-style-type: none"> • Deve-se, possivelmente, a concentrações de tensões nas zonas da cimalha e das aberturas • Envelhecimento dos materiais 		<ul style="list-style-type: none"> • Devem-se, possivelmente, a retracções do reboco e a concentrações de tensões junto aos cantos das janelas • Envelhecimento dos materiais, sujidade e bolores 	
Classificação	2,5	2,0	3,0	2,0
Figura				


Quadro 4.3 - Avaliação geral da parede de fachada lateral direita

Avaliação da parede de fachada lateral direita				
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29	
	Estado geral	Revestimentos	Estado geral	Revestimentos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> Fissuração com orientação vertical que se inicia na cimalha e se perlonga até às cantarias existentes Destacamento e queda do reboco Existência de escorrências Destacamento da tinta Sujidade, musgos e bolores 		<ul style="list-style-type: none"> Existência de fissuração Fissuras de menor dimensões em relação à “Casa nº4” Existência de escorrências Destacamento da tinta Sujidade, musgos e bolores 	
Causas	<ul style="list-style-type: none"> Algumas destas fissuras devem-se essencialmente a movimentos da fachada posterior para fora do plano Envelhecimento dos materiais 		<ul style="list-style-type: none"> Assentamentos diferenciais Retracção do reboco quando foi aplicado Envelhecimento dos materiais 	
Classificação	2,5	2,0	3,0	2,0
Figura				

Quadro 4.4 - Avaliação geral da parede de fachada lateral esquerda

Avaliação da parede de fachada lateral esquerda				
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29	
	Estado geral	Revestimentos	Estado geral	Revestimentos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> Fissurações em aberturas, sem um padrão específico Fissuração no encontro entre parede lateral direita e a posterior Escorrências Destacamento e queda do reboco Sujidade, musgos e bolores 		<ul style="list-style-type: none"> Desgaste e lavagem de finos devido à acção da chuva Fissuração com orientação vertical Humidade ascensional Sujidade e musgos 	
Causas	<ul style="list-style-type: none"> Movimentos da fachada posterior para fora do plano Envelhecimento dos materiais 		<ul style="list-style-type: none"> Ausência de reboco Envelhecimento dos materiais 	
Classificação	2,5	2,0	2,0	1,5
Figura				

Quadro 4.5 - Avaliação geral da parede de fachada posterior

Avaliação da parede de fachada posterior				
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29	
	Estado geral	Revestimentos	Estado geral	Revestimentos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> Fissurações em aberturas Fissurações devidas ao deslocamento da parede para fora do plano apresentado ainda alguma “verticalidade” devida à vegetação presente no local Existência de escorrências Destacamento e queda do reboco Sujidade, musgos e bolores 		Não foi avaliada	
Causas	<ul style="list-style-type: none"> Concentração de tensões Envelhecimento dos materiais 		<ul style="list-style-type: none"> Vegetação impediu a avaliação 	
Classificação	2,5	1,0	-	-
Figura			-	

4.2.3 Avaliação dos pavimentos



Sendo as “Casa nº 4” e “Casa nº29” compostos por apenas um piso foi possível identificar o tipo de revestimento utilizado nos pavimentos quando analisados todos os compartimentos. Tal como mencionado anteriormente, os edifícios apresentam um piso sobreelevado, com desvão de aproximadamente 0,40 m ventilado, em ambos os casos, por respiradores dispostos em fachadas opostas (principal e tardoz). No caso da “Casa nº 4” verificou-se que houve um cuidado especial na escolha dos respiradores da fachada principal, sendo mais elaborados, não se verificando o mesmo na fachada de tardoz (Figura 4.7).



Figura 4.7 - Respiradores dispostos nas fachadas (Fachada principal – A e fachada de tardoz – B)

No Quadro 4.6 apresenta-se resumidamente a avaliação geral dos pavimentos dos dois casos de estudo.

Quadro 4.6 - Avaliação geral dos pavimentos

Avaliação dos pavimentos		
Parâmetros	Casa nº 4	Casa nº 29
	Estado geral	Estado geral
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste • Envelhecimento da madeira • Presença de ataques por agentes biológicos • Fissuração do soalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste • Envelhecimento da madeira • Presença de ataques por agentes biológicos • Fissuração do soalho
Causas	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização excessiva • Envelhecimento do material 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização excessiva • Envelhecimento do material
Classificação	2,0	2,0
Figura		

4.2.4 Avaliação das paredes interiores

Para a observação do material constituinte das paredes interiores ainda existentes n “Casa nº 4” foi necessário recorrer à picagem do reboco de uma zona seleccionada (Figura 4.8). Nessa picagem observou-se que o material em que essas paredes divisórias foram executadas corresponde a blocos de adobe com dimensões aproximadamente de 0,32 m x 0,14 m x 0,10 m e 0,025 m de reboco em ambas as faces. Todavia as paredes divisórias que já não se encontram presentes na habitação seriam possivelmente em tabique fasquiado devido à espessura de 0,15 m que os encaixes em madeira no topo apresentam. Estas paredes de 0,15 m (possivelmente de tabique fasquiado), contrariamente às paredes exteriores (em adobe), não têm uma função resistente servindo apenas para compartimentação.

No que concerne às duas paredes interiores da “Casa nº 29”, verifica-se a existência de paredes em taipa e tijolo maciço.

As paredes de tijolo maciço, que dividem a sala-de-estar dos quartos, têm 0,15 m de espessura e a parede entre a cozinha e a despensa/quarto tem espessura de 0,28 m. Estas paredes em tijolo maciço advêm de alterações que o proprietário da habitação efectuou posteriormente e que consistiram na substituição de paredes em taipa (aproximadamente 0,40 m) por uma parede simples de tijolo maciço a meia vez, com espessura de 0,11 m, mais reboco de 0,02 m em ambas as faces, e por outra parede a uma vez com espessura de 0,22 m, mais reboco de 0,03 m em ambas as faces. As razões que levaram a esta substituição/alteração são desconhecidas.





Figura 4.8 – Picagem do reboco de uma parede interior

A parede em taipa tem espessura de 0,40 m e é rebocada em ambas as faces com 0,01 m; tem função resistente. Estas paredes, tal como na “Casa nº 4”, estão revestidas por uma camada de argamassa de areia e cal aérea. Todas as paredes interiores foram pintadas com tinta de água plástica.

No Quadro 4.7 apresenta-se resumidamente a avaliação geral das paredes interiores dos dois casos de estudo.

Quadro 4.7 - Avaliação geral das paredes interiores

Avaliação das paredes interiores				
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29	
	Estado geral	Revest.	Estado geral	Revestimentos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de humidade • Deterioração dos materiais • Escorrências • Bolores • Fissuração • Fragilização da ligação das paredes à restante estrutura 		<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de humidade e de sujidade • Bolores • Queda do reboco • Deterioração dos materiais • Escorrências • Fissuração 	
Causas	<ul style="list-style-type: none"> • Envelhecimento dos materiais • Deslocação de paredes para fora do plano 		<ul style="list-style-type: none"> • Envelhecimento dos materiais 	
Classificação	2,0	1,5	2,0	2,0
Figura				

4.2.5 Avaliação dos tectos

Os tectos da “Casa nº 4” são constituídos por um forro composto por fasquiado de madeira. Nestes tectos observa-se a existência de elementos decorativos (Figura 4.9) na zona da sala-de-estar, uma vez que seria o espaço mais decorado e convidativo para ocasiões especiais, havendo por isso um maior cuidado na apresentação (Ferreira *et al.*, 2017).



Figura 4.9 - Exemplo da decoração nos tectos da “Casa nº 4”

Os tectos da “Casa nº 29” são, tal como no caso anterior, um forro composto por fasquiado de madeira simples na cozinha e na despensa, enquanto nos quartos e na sala de estar o fasquiado está pintado a cor turquesa.

No Quadro 4.8 apresenta-se resumidamente a avaliação geral dos tectos dos dois casos de estudo.

Quadro 4.8 - Avaliação geral dos tectos

Avaliação dos tectos		
Parâmetros	Casa nº 4	Casa nº 29
	Estado geral	Estado geral
Anomalias	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de humidade • Bolors • Deterioração das madeiras • Fissuração 	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas de humidade • Bolors • Deterioração das madeiras • Fissuração
Causas	<ul style="list-style-type: none"> • Envelhecimento dos materiais 	<ul style="list-style-type: none"> • Envelhecimento dos materiais
Classificação	2,0	2,0
Figura		

4.2.6 Avaliação de outros elementos estruturais


Na “Casa nº 4” existe uma escada interior de madeira localizada numa sala de arrumos. Esta escada faz a ligação entre o piso térreo e o sótão, cujas paredes não têm reboco interior, permitindo visualizar os adobes. O estado geral, as anomalias, as possíveis causas de degradação e a respectiva classificação atribuída são apresentados no Quadro 4.9.

Na observação dos terrenos envolventes aos edifícios em estudo, verificou-se que não existem desníveis, nem deslocamentos horizontais ou verticais.

A “Casa nº 4” possui um anexo nas traseiras em adobe e tijolo maciço, enquanto a “Casa nº 29” possui vários anexos nas traseiras em tijolo furado. Observou-se que alguns dos edifícios próximos da “Casa nº 4” apresentam semelhanças em termos de morfologia, de técnica construtiva (alvenaria de adobe), nas dimensões e no aspecto dos adobes; não se verificou qualquer semelhança no tipo de construção dos edifícios confinantes à “Casa nº 29”.

No Quadro 4.9 apresenta-se resumidamente a avaliação geral de outros elementos estruturais presentes nos dois casos de estudo.

Quadro 4.9 - Avaliação geral de outros elementos estruturais

Avaliação de outros elementos estruturais			
Parâmetros	Casa nº 4		Casa nº 29
	Escadas	Anexos	Anexos
Anomalias	<ul style="list-style-type: none">• Degradação• Apodrecimento• Fissuração• Musgos e bolores		-
Causas	<ul style="list-style-type: none">• Envelhecimento dos materiais• Humidade		-
Classificação	1,0	-	-
Figura			-

4.3 Materiais tradicionais constituintes das alvenarias de adobe e taipa

A maioria dos adobes observados na região de Leiria apresentam algumas características distintas entre os concelhos (Pombal e Leiria), assim como de outros distritos (ex. Aveiro) respectivamente em relação à cor, à forma (entalhes nos topos em alguns casos) e dimensões (Figura 4.10). Os entalhes no topo dos adobes devem-se exclusivamente ao tipo de molde utilizado na produção dos adobes, característico da freguesia de Stª. Eufémia (concelho de Leiria).



Figura 4.10 - Entalhes existentes nos topos dos adobes

Na freguesia de Monte Redondo foi possível encontrar, no Museu do Casal de Monte Redondo, dois exemplos distintos de moldes (dimensões e fundo fechado/aberto) para a execução de adobes (Figura 4.11).



Figura 4.11 - Exemplos de moldes utilizados na manufatura dos adobes: com fundo fechado e aberto

Segundo os levantamentos orais, na região de Leiria os adobes são apenas constituídos por terra (argilosa) e areia, sem adição de cal (Anexo III).

No Quadro 4.10 apresenta-se, resumidamente, a caracterização geral dos materiais tradicionais constituintes dos dois casos de estudo.

Quadro 4.10 – Caracterização dos materiais tradicionais constituintes dos casos de estudo

Materiais tradicionais constituintes			
Elementos		Casa nº 4	Casa nº 29
Adobe / Taipa	Dimensões	• 0,40 x 0,28 x 0,16 (m ³)	• 2,00 x 0,70 x 0,40 (m ³)
	Cor	• Bege	• Castanha
Argamassa de junta (tradicional)	Materiais	• Areia • Cal aérea	• Areia • Cal aérea
	Espessura	• 0,02 m	• 0,02 m
	Cor	• Bege	• Castanha
Argamassa de revestimento (tradicional)	Materiais	• Areia • Cal aérea	• Areia • Cal aérea
	Espessura	• 0,025 m	• Não se mediu
	Cor	• Bege clara	• Branca

5. CAMPANHA EXPERIMENTAL

Com a presente campanha experimental pretendeu-se conhecer o comportamento de amostras de taipa e adobe recolhidas em habitações de terra da região de Leiria, mais concretamente dos concelhos de Leiria e Pombal, comparando-os entre si e com os resultados de outros investigadores sobre outras regiões.

Estas comparações permitiram avaliar e caracterizar as diferenças relativas ao comportamento mecânico, às vantagens e desvantagens dos solos utilizados e das técnicas adoptadas bem como da influência das regiões.

A campanha experimental foi planeada de modo a respeitar os procedimentos de ensaio, sendo realizada nos Laboratórios de Construção do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), excepto a análise da cor, que foi realizada no Departamento de Ciências da Terra da FCT UNL, e a análise por difracção de raio X, que foi realizada no Laboratório Hércules da Universidade de Évora. As várias fases que constituíram a parte experimental da presente dissertação são apresentadas de seguida.

5.1 Recolha e classificação de amostras

Numa primeira fase foi necessário recolher amostras de algumas construções com terra na região de Leiria que pudessem ser utilizadas para caracterizar a região, tanto em termos de técnica construtiva, como em termos de material. Solicitou-se a vários proprietários autorização para efectuar essa recolha, mas apenas alguns, cujos edifícios irão provavelmente ser demolidos, responderam positivamente. Foi, assim, possível recolher alguns exemplares de adobe e de taipa que foram levadas para os Laboratórios.

Numa segunda fase foi necessário avaliar e classificar as amostras, para posteriormente se dar início aos ensaios definidos para esta campanha experimental. É importante referir que os ensaios conduzidos em provetes de adobe e de taipa podem apenas ser utilizados como indicadores de qualidade do adobe e da taipa, e não da alvenaria, ou da parede (NTE E.080, 2017).

As amostras foram recolhidas em seis edifícios de habitação; algumas não apresentaram dimensões apropriadas para efectuar todos os ensaios da campanha experimental.

As amostras de taipa pertenciam às casas nº16, nº28 e nº30 localizados na freguesia de Meirinhas, concelho de Pombal, e foram designadas como “T1”, “T2” e “T3”, respectivamente, sendo “T” de taipa e “1”, “2” e “3” da primeira, segunda e terceira habitação. As amostras de adobes provieram das casas “C nº7”, “Casa nº69” e “Casa nº87”, localizadas nas freguesias de Santa Eufémia e de Monte Redondo, no concelho de Leiria e foram denominadas como “A1”, “A2” e “A3”, respectivamente, sendo “A” de adobe e “1”, “2” e “3” da primeira, segunda e terceira habitação.

Nos casos em que se recolheu mais do que uma amostra por edifício, a designação adoptada, tendo como exemplo o caso do “A1”, foi “A1_A”, “A1_B”, “A1_C”, etc. Após o corte de algumas amostras em provetes de menor dimensão, dando origem a provetes “rectangulares”, estes passaram a ter junto à designação da amostra a nomenclatura de “P1”, “P2”, “P3”, etc., sendo “P” de provete e “1”, “2” e “3” o número de cada provete.

Após o ensaio da resistência à tracção efectuou-se o acerto das faces das metades resultantes, assim como de algumas amostras cúbicas recolhidas que se designaram então como “a”, “b” e “c”. Esta nomenclatura pode ser consultada no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Designação adoptada para as amostras recolhidas e respectivos provetes

Edifício	Casa nº16	Casa nº28	Casa nº30	Casa nº7	Casa nº69	Casa nº87
Designação do material	T1	T2	T3	A1	A2	A3
Designação das amostras	T1_A T1_B T1_C	T2_A	T3_A	A1_A A1_B A1_C A1_D	A2_A	A3_A
Designação dos provetes rectangulares (tracção)	T1_AP1 T1_AP2 T1_BP1 T1_CP1	T2_AP1 T2_AP2 T2_AP3	T3_AP1 T3_AP2 T3_AP3	A1_AP1 A1_AP2 A1_BP1 A1_BP2	A2_AP1 A2_AP2 A2_AP3	A3_AP1 A3_AP2 A3_AP3
Designação dos provetes cúbicos (compressão)	T1_A* T1_B* T1_C*	T2_A* T2_B T2_C T2_D	T3_A* T3_B T3_C T3_D	A1_A* A1_B* A1_C* A1_D* A1_E A1_F	A2_A* A2_B A2_C	-
Designação dos provetes cúbicos (abrasão)	T1_AP1_a T1_AP1_b T1_AP2_a T1_AP2_b T1_BP1_a T1_BP1_b T1_CP1_a T1_CP1_b	T2_AP1_a T2_AP1_b T2_AP2_a T2_AP2_b	T3_AP1_a T3_AP1_b T3_AP1_c	A1_AP1_a A1_AP1_b A1_AP2_a A1_AP2_b A1_BP1_a A1_BP1_b A1_BP2_a A1_BP2_b	A2_AP1_a A2_AP1_b A2_AP1_c	A3_AP1_a A3_AP1_b A3_AP1_c

* Provetes resultantes do ensaio de tracção

As amostras recolhidas foram sujeitas a um vasto conjunto de ensaios de caracterização. No Quadro 5.2 apresentam-se resumidamente os ensaios realizados e as normas/fichas de ensaio consultadas.

5.2 Procedimentos de ensaio

Descrevem-se, em seguida, os procedimentos experimentais correspondentes aos ensaios realizados, apresentados no presentes no Quadro 5.2.

5.2.1 Análise granulométrica – Peneiração a seco

Este procedimento tem como objectivo principal determinar e classificar os solos grossos e finos através da peneiração por via seca segundo a especificação E-196 (LNEC, 1966).

Foram realizados ensaios de análise granulométrica, em todas as amostras recolhidas. No entanto, não se teve em consideração a maior dimensão do agregado uma vez que seria necessário peneirar uma quantidade de material superior à recolhida em campo.

Em laboratório, as amostras secaram expostas ao ar e os aglomerados de solo foram desagregados com a ajuda de um marreta, durante aproximadamente três horas, tendo o cuidado de não reduzir o tamanho individual das partículas (Figura 5.1 - A). Posteriormente fez-se um esquarteamento da

amostra e separaram-se as quantidades definidas pela norma para o procedimento dos ensaios (Figura 5.1 - B).

Quadro 5.2 - Ensaio realizados na campanha experimental

Ensaio	Norma/Ficha de ensaio
Análise granulométrica – Peneiração a seco	E-196 (LNEC, 1966)
Análise granulométrica – Sedimentação expedita	HB 195 (2002)
Difracção de raios X	Manual do equipamento
Velocidade de propagação de ultrassons	FE Pa 43 (LNEC, 2016)
Condutibilidade térmica	Manual do equipamento
Dureza Superficial	FE Pa 49 (LNEC 2016) ASTM D2240-05 (2010)
Avaliação da cor	Manual do equipamento
Massa volúmica aparente	DIN 18945 (DIN, 2013b) UNE 41410 (AENOR, 2008)
Resistência à tracção	HB 195 (2002) - The Australian Earth Building Handbook.
Resistência à compressão	NTE E.080 (2017) HB 195 (2002)
Abrasão a seco	DIN 18947 (DIN, 2013)
Absorção de água por capilaridade	FE Pa 40 (LNEC, 2016) DIN 18945 (DIN, 2013b) UNE 41410 (AENOR, 2008).
Secagem	EN 16322 (CEN, 2013)



Figura 5.1 – Desagregação de aglomerados (A) e esquadrelamento da amostra (B)

Os ensaios de análise granulométrica, consistem na distribuição da quantidade de solo, expressa em massa, em função da dimensão das partículas. Para tal, foi utilizada uma sequência de peneiros, através dos quais se fizeram passar as amostras.

A malha dos peneiros diminuiu gradualmente do primeiro para o último. O ensaio é feito com recurso a um equipamento mecânico que agita a sequência de peneiros (Figura 5.2 - A). Após o ensaio, através da medição da massa de solo retida em cada peneiro (Figura 5.2 - B) é possível obter a sua distribuição, em percentagem.



Figura 5.2 - Agitador com os peneiros (A) e Balança (B)

Esta especificação tem como objectivo determinar quantitativamente a distribuição, por dimensões, das partículas grossas a médias que constituem um solo, sendo posteriormente concluída com a sedimentação (ensaio expedito do frasco de vidro).

No decorrer das pesagens do material que ficou retido nos peneiros, foi possível verificar que algumas das amostras resultavam da aglomeração de terra (torrões) (Figura 5.3) que não se desagregaram com recurso à marreta, acabando por adicionar erros às curvas granulométricas obtidas. Os resultados obtidos por este ensaio acabam por não estar correctos uma vez que não correspondem à granulometria correcta das amostras.



Figura 5.3 - Material retido nos peneiros (visualização dos aglomerados nas áreas a verde)

Uma melhor determinação da granulometria de solos passa pela utilização do procedimento por via húmida. Sendo este um processo mais complexo e moroso, optou-se por complementar a granulometria a seco com o ensaio da sedimentação em frasco, para se perceber quais as percentagens aproximadas de areia, silte e argila.

5.2.2 Análise granulométrica - Sedimentação em frasco

O ensaio de sedimentação é um ensaio que pode ser executado em campo ou em laboratório, e que é usado para determinar, de forma expedita, a granulometria de solos compostos de materiais finos, como as argilas. A determinação da granulometria do solo, no ensaio de sedimentação, é baseada na Lei de Stokes, que relaciona o tamanho da partícula com a velocidade com que ela sedimenta num meio líquido: quanto maior a partícula, mais rapidamente ela se irá depositar no fundo da proveta, ou frasco de ensaio.

Seguindo as indicações do manual australiano (Walker, 2002) para a realização deste ensaio recorreu-se a frascos transparentes (de vidro), com lados rectos e um fundo plano, de aproximadamente 750 ml de capacidade (o manual recomenda pelo menos 500 ml) que foram selados de forma a garantir a estanquidade dos mesmos. Para a realização do ensaio utilizou-se a terra que passou pelo peneiro 3/8" (#9,52 mm), ou seja, a que ficou retida desde o peneiro nº4 (#4,76 mm) até ao refugo, após o ensaio de peneiração (Figura 5.4- A).

Seguidamente encheram-se os frascos com terra até preencher aproximadamente 1/4 do seu volume (Figura 5.4 - B), sendo o restante preenchido com água potável até quase ao limite de capacidade dos frascos. Após este procedimento, selaram-se os frascos com a respectiva tampa, agitaram-se vigorosamente durante dois minutos e deixaram-se de seguida em repouso (sem nenhuma perturbação) durante uma hora. Após este período, voltaram a agitar-se por mais um minuto e colocaram-se sobre uma superfície plana, fora da exposição directa da luz solar, não tendo sofrido mais nenhuma perturbação até ao ensaio estar concluído. Aproximadamente 45 minutos a 60 minutos depois de agitar pode-se ver claramente a deposição da areia e do silte na parte inferior dos frascos (Figura 5.4- C). Após 24 horas do início do ensaio, as partículas de argila acabaram por repousar, não existindo nenhuma partícula em suspensão, à excepção de alguma matéria orgânica que ficou na superfície, a flutuar, ou agregada às paredes do frasco. De seguida, e sem causar perturbações, mediram-se as alturas de cada camada com uma fita-métrica e efectuou-se a comparação entre as alturas (em percentagem) de cada camada e a altura total do solo sedimentado.

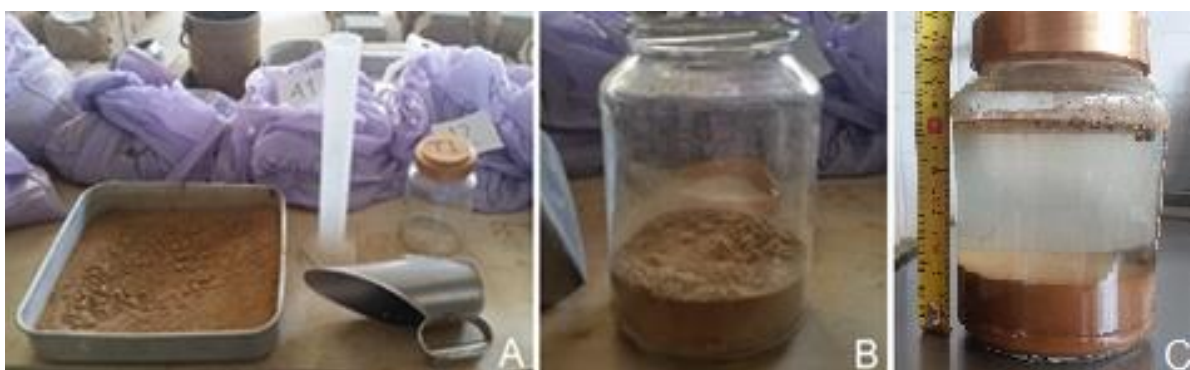


Figura 5.4 - Terra utilizada após peneiração (A), introdução no frasco (B) e determinação da altura das camadas

É de salientar que em alguns solos foi difícil discernir o limite entre o silte e a argila. No caso das taipas, não se conseguiu determinar a camada de areia, o que não significa que as taipas não tenham areia na sua constituição.

5.2.3 Avaliação da cor

A avaliação da cor é uma técnica fiável e muito utilizada na caracterização de diversos materiais. Para a medição da cor nos seis provetes de terra seleccionados (três de taipa e três de adobe) utilizou-se o colorímetro portátil da marca KONICA MINOLTA, modelo CHROMA METER CR-400 (Figura 5.5 - A).

Antes de se iniciar o ensaio foi necessário calibrar o aparelho. Para isso, recorreu-se a uma placa de calibração onde se colocou o equipamento e se fez a leitura da cor até se obterem os valores padronizados ($Y=85,5$; $x=0,3161$; $y=0,3228$, onde $Y=L^*$, $x=a^*$ e $y=b^*$) (Figura 5.5 - B). Após a calibração do equipamento efectuaram-se as leituras da cor dos provetes seleccionados, posicionando-se o colorímetro e carregando-se no botão de disparo (Figura 5.5 - C). Tendo em conta que o equipamento efectua três leituras em cada ponto, dando assim como resultado final a média de parâmetros, procurou-se variar, sempre que possível, a posição do colorímetro na área de ensaio de cada uma das amostras, para assim se poderem obter valores mais fidedignos. O aparelho apresenta os valores de coordenadas cromáticas de medição.

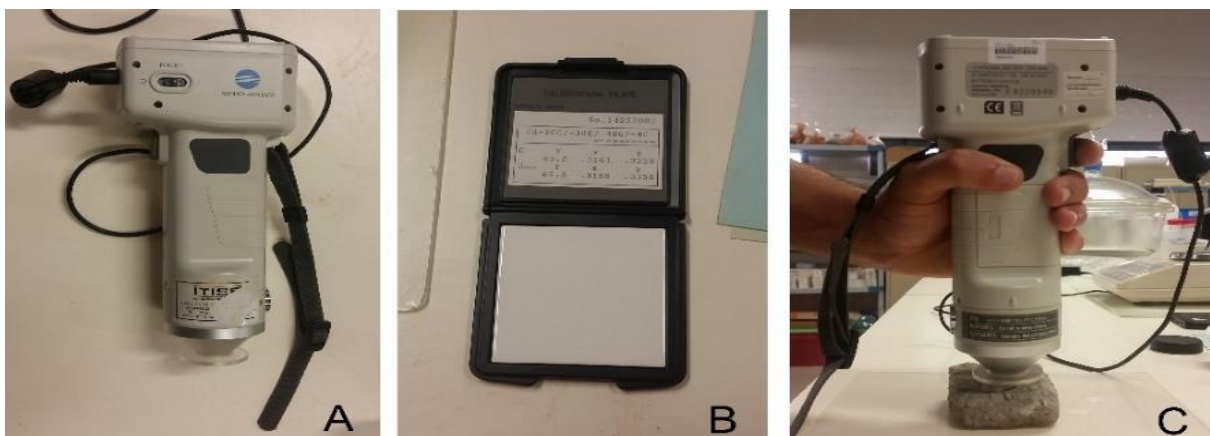


Figura 5.5 - Colorímetro portátil (A), placa de calibração (B) e leitura de cor (C)

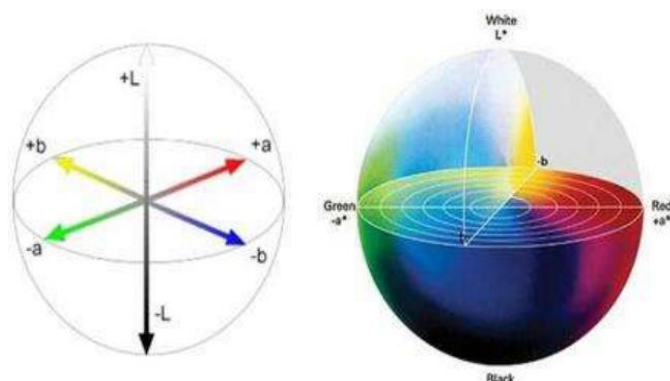


Figura 5.6 - Apresentação 3D do sistema CIELab e respectivas coordenadas [W5]

O espaço de cor utilizado foi o CIELab que é definido por três coordenadas cromáticas: L^* , a^* e b^* . Os valores de L^* correspondem à mudança de luminosidade, com um intervalo de 0-100 (preto-branco),

a coordenada a^* representa a coordenada cromática do vermelho-verde, assumindo valores negativos na direcção verde e valores positivos na direcção vermelha e a coordenada b^* representa o amarelo-azul, assumindo valores negativos para o azul e valores para o amarelo. Na Figura 5.6 é possível visualizar uma representação 3D do sistema CIELab.

5.2.4 Difracção de raios X

A análise por difracção de raios X é uma técnica fiável e largamente utilizada na caracterização mineralógica de diversos materiais. No entanto, só permite identificar compostos com estrutura cristalina e não quantifica facilmente as proporções entre os diferentes constituintes de uma amostra, não sendo, por isso, habitualmente utilizada para análise quantitativa. Este método baseia-se no facto dos planos cristalográficos de um composto irradiado por um feixe monocromático de raios X, com comprimento de onda λ , reflectirem a radiação e é representada pela equação (1):

$$n \times \lambda = 2d \times \sin \theta \quad (1)$$

onde, n - Número inteiro, designado por ordem de reflexão; λ - Comprimento de onda dos raios X, em Å; d - Distância interplanar dos planos cristalinos (específica de cada substância), em nm; θ - Ângulo de incidência do feixe, em ($^\circ$).

Para um dado comprimento de onda do feixe de raios X só se verifica um certo ângulo θ de difracção. Deste modo, o valor de d fica inequivocamente determinado, ou seja, a reflexão é selectiva e cada valor de d corresponde a uma família de planos reticulares a que corresponde, por sua vez, um ângulo θ específico (Figura 5.7). Deste modo, a partir da determinação deste parâmetro e recorrendo à base de dados do computador anexo ao difractómetro, é possível a identificação da espécie cristalográfica, por comparação com difractogramas previamente conhecidos e específicos de cada grupo mineral, como se de uma impressão digital se tratasse.

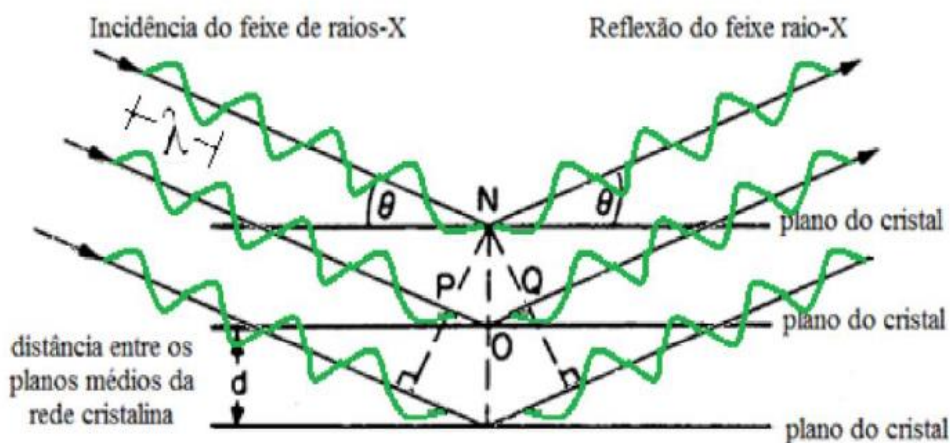


Figura 5.7 - Feixe de raios X, com comprimento de onda λ , a incidir com um ângulo θ num conjunto de planos cristalinos com espaçamento d (Grilo, 2013)

No ensaio de difracção de raios X utilizaram-se as fracções finas (Figura 5.8 - A), que correspondem ao material recolhido do refugo após o ensaio de peneiração a seco e permitiram indicar, aproximadamente, a composição mineralógica das amostras de taipa e adobe. A realização do ensaio decorreu do seguinte modo: seleccionou-se uma porção da fracção fina de forma a preencher o porta-

amostras (Figura 5.8 - B). Este preenchimento foi realizado cuidadosa e faseadamente, depositando-se progressivamente, com o auxílio de uma espátula, pequenas porções da amostra a analisar, em camadas, que foram sendo compactadas com um peso próprio para o efeito. Com o auxílio de uma lâmina foi-se rasando a superfície e redistribuindo excessos com o objectivo de obter o preenchimento total do porta-amostras e uma pastilha de amostra, o mais compacta e coesa possível. Terminada esta preparação, colocou-se o porta-amostras no difractómetro “BruckerTM D8 Discover”. Utilizou-se radiação $\text{CuK}\alpha$ e condições de operação de 40 kV e 40 mA (Figura 5.8- C). Os difractogramas foram registados entre 3° e 75° 2θ , com incrementos de $0,05^\circ$ $2\theta\text{s}^{-1}$.

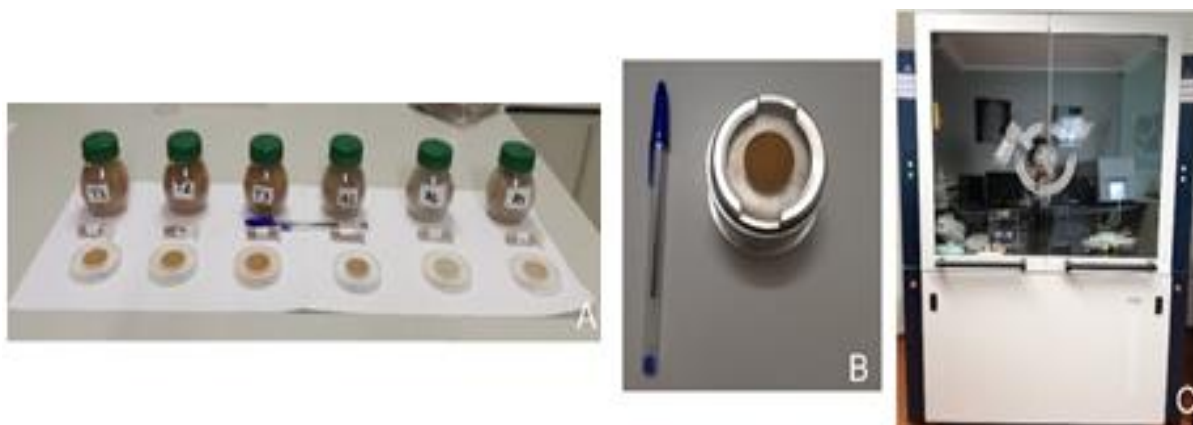


Figura 5.8 - Amostras ensaiadas (A), pastilha de amostra (B) e Micro-difractómetro de raios X - Laboratório HERCULES (C)

A identificação dos minerais foi realizada utilizando o software DIFFRAC.SUITE EVA e o ICDD Banco de dados PDF-2. A determinação semi-quantitativa da abundância dos minerais nas amostras foi obtida pelo método de Rácio de referência de intensidade (RIR). Neste estudo o padrão de referência foi o Corindo, que apresenta uma percentagem em relação a 100% da matriz dos minerais cristalinos.

5.2.5 Velocidade de propagação de ultrassons

O ensaio de velocidade de propagação de ultrassons foi realizado com base na ficha de ensaio FE Pa 43 (LNEC, 2016), recorrendo a um aparelho *Pundit Lab* da marca *Proceq* (Figura 5.9) com dois transdutores de 54 kHz, que permite avaliar a compacidade e rigidez das taipas e dos adobes.

A avaliação desta característica consiste na emissão de um impulso, por parte de um transdutor electroacústico (emissor), colocado sobre a superfície a ensaiar que percorre uma distância pré-definida até um segundo transdutor (receptor), sendo registado pelo aparelho o tempo, em microssegundos, que o impulso demora a percorrer essa distância. A existência de anomalias, como é o caso de fendilhação, má homogeneização e pouca compacidade, pode ser detectada através deste ensaio, resultando numa menor velocidade de propagação das ondas.

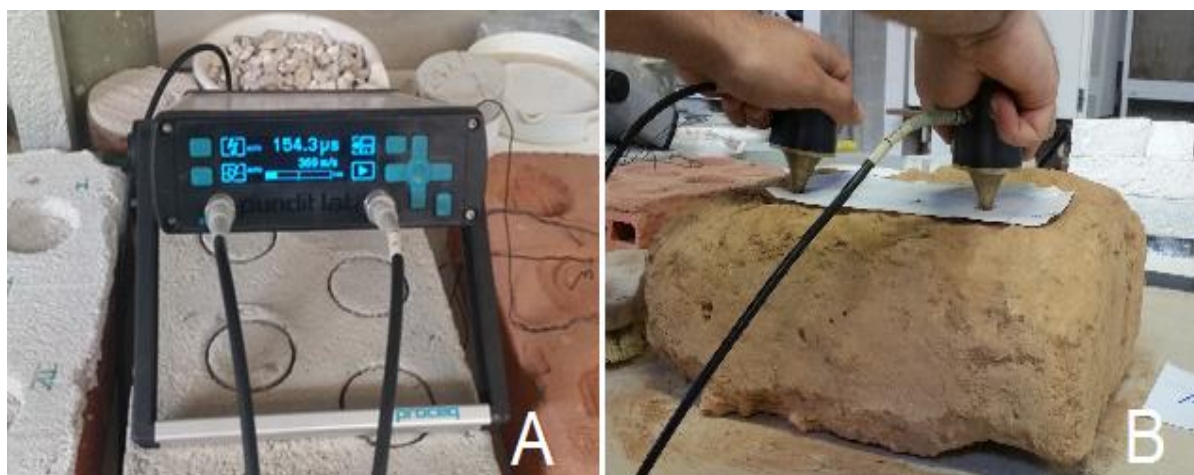


Figura 5.9 - Aparelho Pundit Lab da marca Proceq (A) e posicionamento dos transdutores electroacústicos nas amostras (B)

A medição da velocidade de propagação do impulso foi realizada através do método indirecto (transdutores posicionados na mesma face de ensaio), em três pontos distintos (10 cm, 15 cm e 20 cm, em relação ao ponto 0 cm). Começou-se por regularizar a superfície das amostras a ensaiar, recorrendo a uma colher de pedreiro. Em seguida, marcaram-se os pontos de leitura na face dos blocos com auxílio de uma folha de papel onde previamente se haviam marcado as distâncias entre pontos e posicionaram-se os transdutores, dando-se início ao ensaio. O aparelho registou o tempo decorrido entre a emissão e recepção do impulso. Para cada ponto foram realizadas três medições.

A velocidade de propagação de ultrassons V_{us} , expressa em metros por segundo (m/s), resulta do quociente entre a distância pré-definida para a colocação dos transdutores e o tempo que a onda longitudinal demora a percorrer essa distância.

5.2.6 Condutibilidade térmica

“A condutibilidade térmica (λ) é uma característica própria de cada material, que traduz a forma como o material se deixa atravessar pelo calor, podendo ser definida como a quantidade de calor que atravessa a unidade de espessura do material, por uma unidade de área, por unidade de diferença de temperatura” (Henriques, 2011).

Trata-se de um ensaio não destrutivo onde foi analisada a condutibilidade térmica apenas numa das faces das amostras, geralmente a mais regular, sendo que nessa face se efectuaram três leituras que correspondem a três pontos distintos e aleatórios, com o intuito de se conseguir obter um valor médio da condutibilidade térmica de cada amostra.

O ensaio foi realizado com base no manual do equipamento, o ISOMET 2104 (Heat Transfer Analyser) e uma sonda de superfície API 210412 de 6 cm de diâmetro, com intervalo de medições de 0,3 – 2,0 W/(m°C). Para garantir as condições de fronteira homogêneas, as amostras foram colocadas sobre uma placa de EPS (5 cm), para que o calor não se dissipasse através da mesa de apoio. A sonda foi colocada sobre as amostras e iniciou-se o ensaio (Figura 5.10). Após a emissão de um fluxo de calor através da sonda durante um certo período de tempo, o equipamento avaliou a resposta da amostra em estudo, fornecendo o valor da condutibilidade térmica. Para cada amostra, o valor de condutibilidade térmica foi obtido através do cálculo da média aritmética dos três resultados fornecidos pelo equipamento.

Este ensaio decorreu numa sala com a temperatura média de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e uma humidade relativa média de $65 \pm 5\%$.



Figura 5.10 – Ensaio de condutibilidade térmica

5.2.7 Dureza superficial

Para caracterizar a dureza superficial das amostras de taipa e adobe recolhidas seguiu-se o procedimento descrito na ficha de ensaio FE Pa 49.1 (LNEC, 2016). Utilizou-se um durómetro *Shore A*, específico para materiais macios que, embora não sendo o caso das amostras obtidas, foi a forma disponível para se obter a sua dureza superficial. Esta ficha de ensaio elaborada pelo LNEC destina-se a fixar o modo de avaliar a dureza superficial de um revestimento de parede do tipo reboco de cal, com ou sem pintura, não referindo o caso de amostras de adobe ou taipa. Contudo, considerou-se que este ensaio seria um método possível de se aplicar, desde que se tenham em conta as diversas condicionantes, como a irregularidade das amostras e se faça uma análise crítica aos valores obtidos.

“O ensaio consiste em medir a profundidade até à qual um material, neste caso a taipa e o adobe, se deixam penetrar através da aplicação de uma carga padronizada. O durómetro do tipo Shore A possui na sua extremidade um pino que, quando pressionado contra o material e pela acção de uma mola intrínseca, dá a indicação da resistência à penetração (tomada como medida de dureza). O valor é indicado pelo ponteiro que se move através de uma escala analógica com um intervalo de 0 a 100, obtendo-se deste modo a dureza superficial do material (Figura 5.11). Este intervalo é dividido de acordo com a dureza do material, classificação da resistência ou tipificação da anomalia (perda da coesão)” (Gomes, 2013).

O durómetro é encostado à superfície a avaliar. O pino na sua extremidade é pressionado perpendicularmente contra a superfície. A mola accionada por esta pressão origina o movimento de um ponteiro num mostrador circular, ao longo de uma escala de 0 a 100 graus *Shore*, que indica a resistência da superfície à penetração do pino. A pressão deve ser efectuada pelo menos durante um segundo (ASTM D2240-5, 2010). A ficha de ensaio recomenda que os valores anormalmente elevados (acima de 90), ou baixos (inferiores a 20), considerados demasiado próximos dos limites de medição do aparelho, devem ser eliminados.

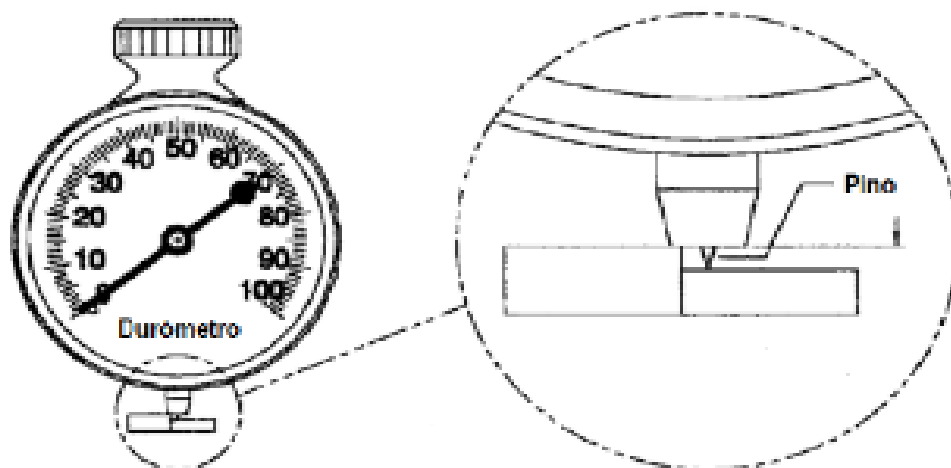


Figura 5.11 -Durómetro com pormenor do pino que indica a dureza superficial desse material (Gomes, 2013, adaptado de ASTM D2240-05, 2010)

Foi feito um mapeamento dos pontos de leitura e registados os valores obtidos no aparelho, em cada ponto (Figura 5.12 – A e B). Seguidamente foram registadas as condições de humidade e temperatura do ar do local do ensaio, sendo estes de $65 \pm 5\%$ HR e $25 \pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 5.12- C).

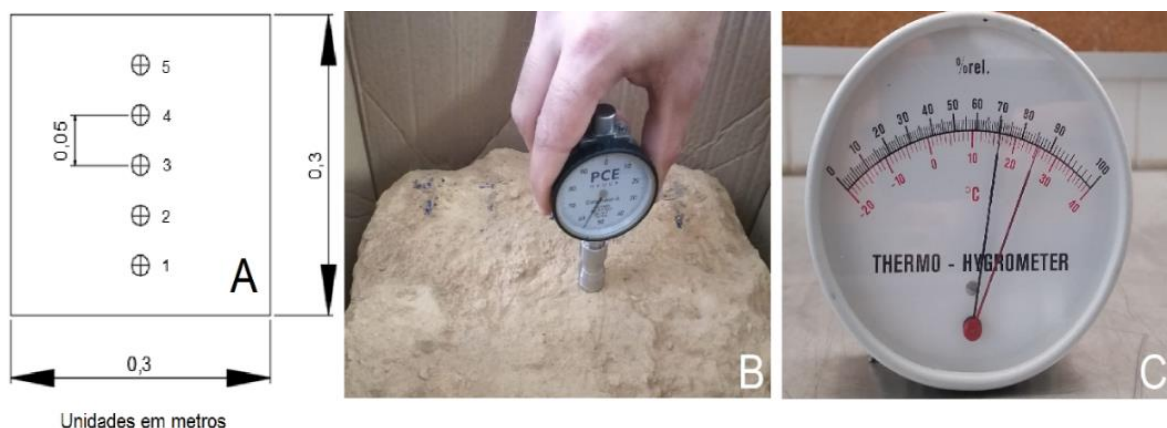


Figura 5.12- Esquema do mapeamento dos 5 pontos nas amostras (A), ensaio com durómetro - Shore A (B) e termo higrómetro (C)

Ao realizar o ensaio detectaram-se alguns factores que influenciaram os resultados que já tinham sido anteriormente descritas por Gomes (2013): “(...) os valores obtidos para a dureza superficial eram bastante influenciados pela rugosidade e/ou acabamento da superfície do material a medir, ou seja, que o mesmo tipo de material pode originar resultados distintos, comprovando que este tipo de ensaio é mais fiável em acabamentos lisos.

O facto das amostras recolhidas serem friáveis também se revelou problemático. Por exemplo, se entre o pino e o aparelho se alojarem partículas de material sólido (como grãos de areia) não é possível pressionar o pino e assim medir a dureza, não se verificando movimento na escala, consequentemente, o valor registado é próximo de zero, o que não corresponde à verdadeira dureza do material. A fim de contornar esta limitação do ensaio de medição da dureza superficial nas amostras recolhidas, a zona a medir foi limpa com um pincel, removendo as partículas de areia à superfície que pudessem prejudicar a realização do ensaio.” Por outro lado, as amostras continham alguns materiais mais rígidos, como pedras

e areias, pelo que o durómetro apresentou, por vezes, valores anormalmente elevados (superiores a 90), sendo por isso descartados.

A ficha de ensaio exige que se faça um mapeamento dos pontos de onde se obtiveram as leituras do durómetro. Estes foram assinalados nas amostras com um afastamento das margens de pelo menos 5 cm e com um afastamento entre eles também de 5 cm. Estas leituras foram executadas ao centro de uma das superfícies de cada amostra e o resultado final resultou da média aritmética das leituras dos cinco pontos ensaiados.

5.2.8 Massa volúmica aparente

A massa volúmica aparente foi determinada em 14 provetes de terra (meios blocos de taipas e adobes), de acordo com as normas DIN 18945 (DIN, 2013b) e UNE 41410 (AENOR, 2008). Para a determinação deste parâmetro tiveram-se em consideração as medições das três dimensões de cada provete, comprimento (l), largura (b) e a altura (c), obtidas com recurso a uma craveira digital (Figura 5.13 – A) e a uma fita-métrica (Figura 5.13 – B).

Para a determinação da massa dos provetes usou-se uma balança de precisão de 0,1 g (Figura 5.13 – C). A massa volúmica aparente resulta do quociente entre a massa de cada provete e o seu volume.

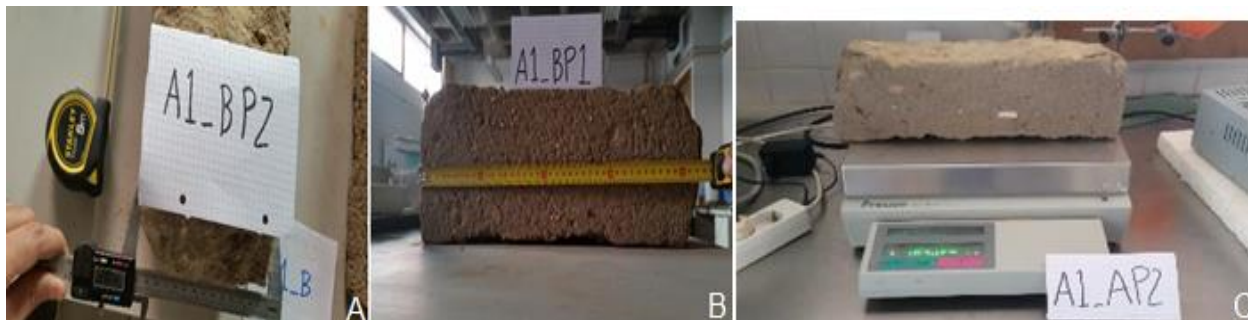


Figura 5.13 - Medição das dimensões dos provetes com craveira (A), fita-métrica (B) e determinação da massa dos provetes (C)

As principais condicionantes na realização deste ensaio consistiram na variação dos valores obtidos da geometria das amostras que por serem muito irregulares, apenas foi mitigada com a obtenção de uma média de três leituras por dimensão.

5.2.9 Resistência à tracção

Para este ensaio, tendo em conta as dimensões da prensa utilizada, foi necessário realizar o corte das amostras recolhidas (Figura 5.14). Este foi efectuado aproximadamente ao centro de cada amostra, ficando o seu comprimento (l) inalterado, apresentando valores entre 28,0 e 44,0 cm, a largura (b) situou-se entre 13,5 e 16,0 cm e com a altura (h) entre 11,0 e 15,0 cm.

Cada provete foi apoiado sobre duas barras metálicas, num sistema construído à medida, procurando-se voltar para baixo a face mais regular, para garantir que os apoios estavam em contacto com os provetes.

Uma vez que o comprimento dos provetes variava, foi necessário definir uma distância fixa entre os apoios para não ter de estar a alternar a cada ensaio. A distância adoptada foi de 15 cm para evitar que os provetes, caso tivessem os apoios muito próximos das extremidades, sofressem rotura por corte, e não

por flexão. O outro motivo que levou à escolha desta distância entre apoios foi o facto de se poderem obter, no fim do ensaio, metades com cerca de 15 cm para ensaiar à compressão.



Figura 5.14 - Corte das amostras

Sendo assim, aplicou-se uma carga centralmente com uma barra metálica semelhante às barras do sistema de apoio (Figura 5.15).



Figura 5.15 – Ensaio de flexão em provetes de taipa (A) e adobe (B)

O manual australiano do autor Walker (2002) indica que, para amostras de terra, o ensaio de flexão deve ser executado a uma velocidade, de aplicação de força de 2 a 6 kN por minuto. Visto a prensa existente no Laboratório de Engenharia Civil apenas permitir o controlo de velocidade em deslocamentos, adoptou-se uma velocidade 1,5 mm/min, recomendada neste manual para o ensaio de compressão simples de provetes. A célula de carga do aparelho utilizado foi de 50 kN. A partir da força de rotura, calculou-se a tensão de rotura, dada pela equação (2):

$$\sigma_f = \frac{3 \times l \times F}{2 \times b \times H^2} \quad (2)$$

onde, σ_f - resistência à flexão (MPa); l - distância entre os apoios (mm); F - força máxima (N); b - largura do provete (mm); H - altura do provete (mm).

5.2.10 Resistência à compressão

Para os ensaios de compressão simples seguiu-se a norma NTE E.080 (2017) que resulta de uma revisão da antiga norma NTE E.080 (2000) e o manual australiano (Walker, 2002).

A norma NTE E.080 (2017) indica que o ensaio de resistência à compressão deve-se realizar em provetes cúbicos de aresta de 0,10 m. Porém, as amostras recolhidas de adobe e taipa possuíam agregados de grandes dimensões, não permitindo que fossem cortadas em provetes de 0,10 x 0,10 x 0,10 m³. Para contornar esta situação, optou-se por cortar as amostras em provetes de aproximadamente 0,15 x 0,15 x 0,10 m³ dimensões condicionadas pela altura de cada amostra, e realizar uma base com uma argamassa de cimento com o traço em volume de 1:3 em ambas as faces (base e topo) de cada provete (Figura 5.16 - A) com dimensões de 0,15 x 0,15 x 0,01 m³ (Figura 5.16 - B). A aplicação desta base em cimento permitiu uniformizar a altura de todos os provetes.



Figura 5.16 - Preparação da argamassa (A) e argamassa após aplicação (B)

As médias dos valores da tensão de rotura devem ser iguais, ou superiores, à resistência última indicada pela norma, de acordo com a equação (3).

$$f_0 = 1,0 \text{ MPa} = 10,2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (3)$$

A norma NTE E.080 (2017) não define nenhum limite de velocidade da prensa, pelo que se optou por realizar o ensaio com uma velocidade de 1,5 mm/min, com base no manual australiano (Walker, 2002) que apresenta limites entre 1 a 5 mm/min. Este manual refere que a relação altura/largura do provete deve estar entre 0 e 5.

Os provetes cúbicos utilizados apresentam uma relação altura/largura entre 0,4 e 1,1 (Anexo IV) encontrando-se dentro dos limites considerados pelo manual. A célula de carga utilizada no aparelho foi de 50 kN. A rotura ocorreu de modo similar em todos os provetes, correspondendo a uma forma de dupla pirâmide invertida (Figura 5.17-C).



Figura 5.17 - Antes de iniciar o ensaio (A), durante o ensaio (B) e no final do ensaio (C)

Foram obtidos gráficos de aplicação da força (N), por unidade de tempo (s), para cada provete separadamente, podendo assim determinar o valor máximo que o provete resistiu antes de entrar em rotura. A título de exemplo, na Figura 5.18 apresenta-se o gráfico obtido e a força máxima para o provete A1_A.

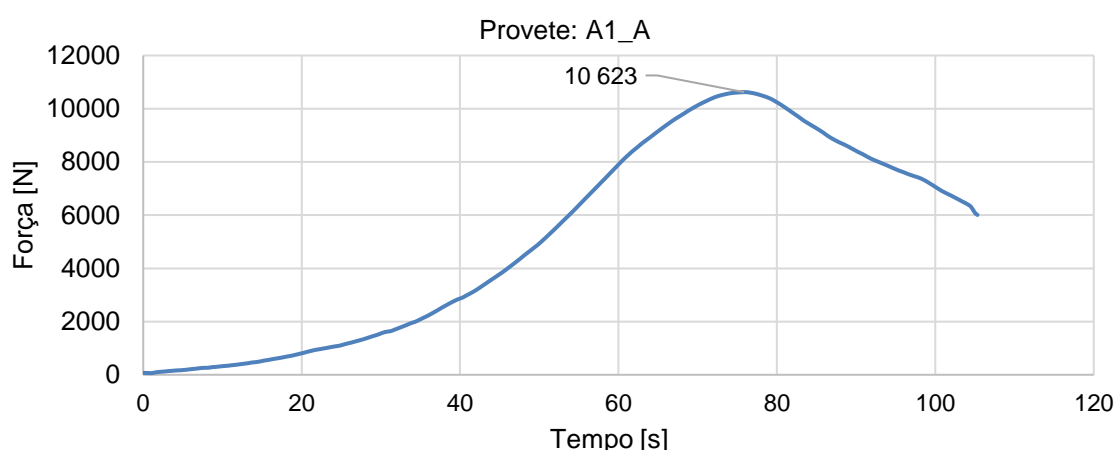


Figura 5.18 – Determinação da força máxima do provete A1_A

5.2.11 Abrasão a seco

Para o ensaio de resistência à abrasão a seco foi seguido o procedimento definido na norma DIN 18947 (DIN, 2013) para rebocos de terra seleccionando-se uma escova de polietileno de dureza alta, com aproximadamente 70 mm de diâmetro (Figura 5.19) e avaliando-se a massa perdida ao fim de 20 rotações com uma carga constante de 2 kg sobre a escova.

Para a realização deste ensaio recorreu-se a um equipamento de abrasão. O princípio deste equipamento é simular o desgaste a que as paredes de taipa e de alvenaria de adobe estão sujeitas quando o seu revestimento é inexistente.

O ensaio foi realizado apenas numa das faces dos blocos, geralmente a mais regular, suficientemente afastada dos cantos para não ocorrer perda de massa por degradação destes na acção rotativa da escova.

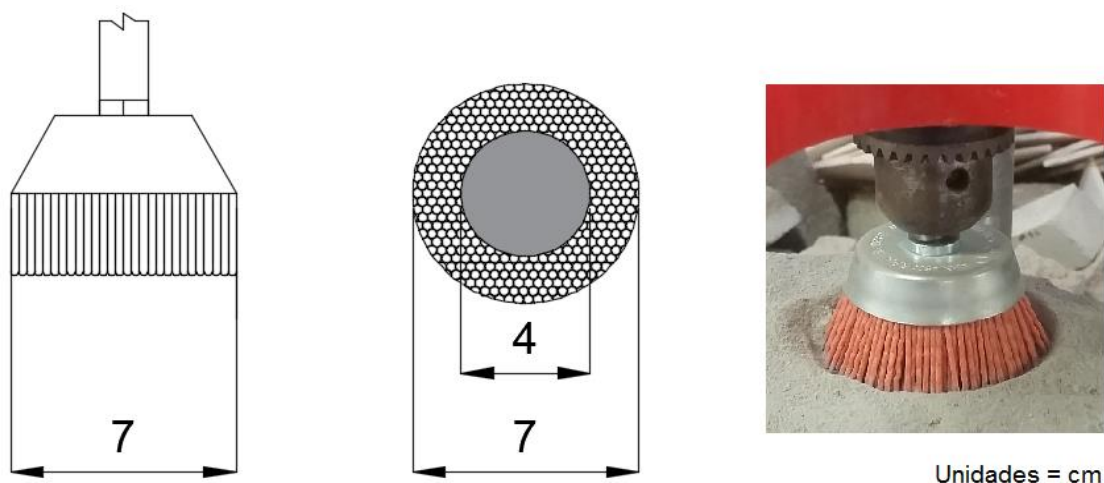


Figura 5.19 – Escova de polietileno de dureza alta

Começou por se limpar as superfícies dos blocos com recurso a um pincel e determinar a correspondente massa (Figura 5.20 - A). Posicionaram-se os blocos no equipamento e ajustou-se a escova de desgaste, na face previamente escolhida, para actuar o mais ao centro possível.

Realizaram-se 20 ciclos de escovagem (Figura 5.20 - B) e ao fim destes ciclos deslocou-se o bloco do equipamento, limpando-se as superfícies, com um pincel, evitando a perda de massa no decorrer desta acção (Figura 5.20 - C), tendo-se procedido ao registo da sua massa (Figura 5.20 - D).

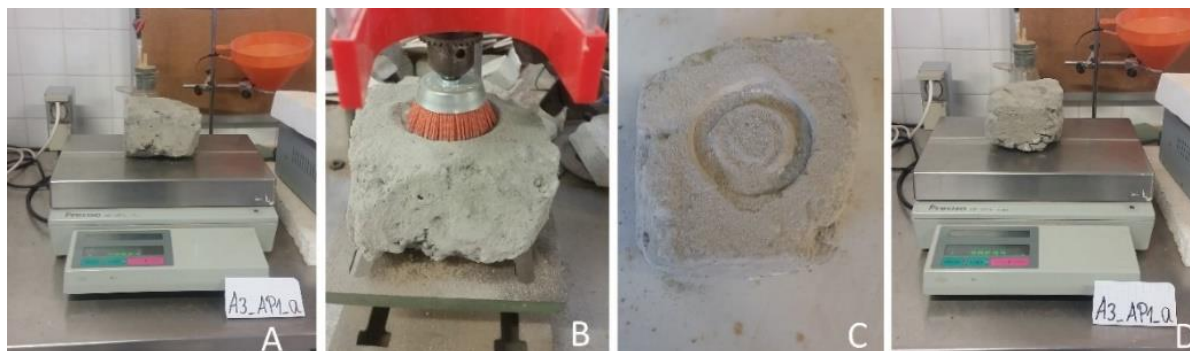


Figura 5.20 - Pesagem dos blocos (A); execução dos 20 ciclos de escovagem (B); limpeza da superfície (C) e registo da massa final do bloco (D)

Durante a realização do ensaio, a escova ficou algumas vezes presa nos sulcos que ia criando devido à sua profundidade, o que dificultou o normal decorrer do ensaio. Determinaram-se os coeficientes de abrasão através da equação (4):

$$P = \frac{m_1 - m_2}{S} \quad (4)$$

onde , P - Perda de massa por área (g/cm²); m₁ – massa do bloco antes do ensaio (g); m₂ – massa do bloco após o ensaio (g) e S – área de desgaste (cm²);

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define que, em vez de medir a perda de massa, o material desagregado deve ser recolhido e pesado. Contudo, esse procedimento parece ser menos preciso pois a

abrasão causada pelo pincel poderia levar a que algum material fosse espalhado e, portanto, seria difícil reunir e pesar a totalidade.

5.2.12 Absorção de água por capilaridade

“Os movimentos da água em meios porosos, contrariando frequentemente a acção da gravidade, são devidos a fenómenos designados genericamente por capilaridade, que se traduzem na ocorrência de forças de sucção que possibilitam esses movimentos” (Henriques, 2011).

O ensaio de absorção de água por capilaridade tem por base a medição da massa de água que é absorvida, por unidade de área, por um provete de um material poroso (neste caso, terra (taipa e adobe)), em contacto com a água, em determinadas condições de temperatura ($23 \pm 2^\circ\text{C}$) e de humidade relativa ($65 \pm 5\%$). Para a realização deste ensaio foram utilizados bocados resultantes dos cortes efectuados anteriormente noutros ensaios, de forma a que todos os provetes tivessem pelo menos uma face lisa (face resultante do corte pela serra eléctrica), variando, no entanto, as suas dimensões (Figura 5.21 - A). Após a selecção dos provetes, procedeu-se ao registo da área de todas as faces com recurso ao seu contorno numa folha de papel em branco, utilizando uma régua graduada como escala (Figura 5.21 - B).



Figura 5.21 - Conjunto dos provetes utilizados para o ensaio de absorção de água por capilaridade (A) e contorno das faces dos provetes (B)

Em seguida, digitalizaram-se todas as folhas e passaram-se as mesmas para o *AutoCad* para se proceder à obtenção das áreas (Quadro 5.3).

Tanto a ficha de ensaio FEPa 40 (LNEC, 2016), como a Norma DIN 18945 (DIN, 2013b) referem que os provetes devem ser envoltos em cera quente, de forma a impermeabilizar as faces laterais e fazer com que apenas a base esteja em contacto directo com a água. Neste caso, optou-se por seleccionar provetes cuja altura fosse o mais pequena possível e em que a área de contacto fosse muito superior, evitando assim a utilização da cera. Esta iria impermeabilizar as faces laterais, criando uma barreira à passagem da água durante o ensaio da secagem, o que não corresponde à situação real das paredes/alvenarias, uma vez que estas absorvem muita água pela base e esta migra para as faces laterais acabando por evaporar (face interior e face exterior) (Figura 5.22).

Os provetes de seguida foram envolvidos por uma rede/pano muito fina (filtro) na face em contacto com a água, com auxílio de um elástico, procurando melhorar o procedimento utilizado normalmente, em que é usado um pano de algodão. Esta alteração deve-se à grande quantidade de massa de água que é transportada no pano de algodão, influenciando de forma negativa o ensaio, especialmente em provetes de terra.

Quadro 5.3 - Área de absorção e secagem obtidas

Designação	Área de absorção	Área de secagem					
	Face baixo [cm ²]	Face lat. dir. [cm ²]	Face lat. esq. [cm ²]	Face superior [cm ²]	Topo 1 [cm ²]	Topo 2 [cm ²]	Total [cm ²]
T1_a	64,29	24,22	30,80	64,77	11,63	14,20	145,62
T1_b	31,77	16,57	16,94	34,91	13,22	17,08	98,72
T1_c	26,13	16,02	12,20	27,69	12,09	14,16	82,17
T2_a	31,82	23,25	25,69	38,60	12,99	8,56	109,10
T2_b	25,36	12,03	18,89	31,34	7,88	9,49	79,63
T2_c	21,90	10,89	12,52	21,95	9,63	8,44	63,42
T3_a	33,54	15,06	14,92	34,88	11,02	10,17	86,05
T3_b	27,69	13,66	16,88	27,77	6,56	5,69	70,56
T3_c	24,18	14,03	10,85	22,50	12,07	11,17	70,62
A1_a	46,34	12,81	16,98	42,19	10,23	9,73	91,93
A1_b	64,75	23,41	22,33	65,40	14,84	14,86	140,83
A1_c	59,96	28,72	20,83	61,29	20,03	17,34	148,20
A2_a	27,36	14,71	17,03	26,49	6,54	14,42	79,19
A2_b	34,91	13,25	12,03	30,84	11,72	11,13	78,96
A2_c	37,48	9,04	11,96	42,31	15,86	15,34	94,51
A3_a	25,90	12,99	14,91	28,33	9,87	8,36	74,46
A3_b	50,55	17,00	9,87	44,89	8,05	8,23	88,04
A3_c	44,83	12,59	10,54	48,37	7,16	10,78	89,45

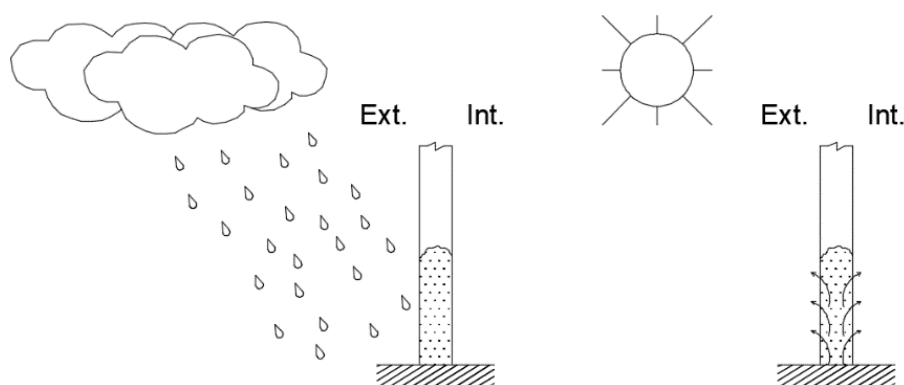


Figura 5.22 - Condições de absorção de água e secagem

Depois de preparados, os provetes, foram colocados em pequenos cestos feitos a partir de rede metálica (Figura 5.23). Seguidamente, colocaram-se os provetes na sala onde decorreu o ensaio, tendo esta o ambiente controlado, permanecendo nestas condições durante 48 horas. Passado este tempo, introduziram-se alguns panos absorventes no fundo de um tabuleiro metálico (nivelado para garantir que a altura de água em contacto com os blocos fosse igual em todos os pontos) e uma lâmina de água de 2 mm, garantindo desta forma que os provetes (dentro dos cestos metálicos) estariam sempre em contacto com a água (Figura 5.24 – A). Estes tabuleiros estavam numa caixa de plástico que se manteve na maioria do tempo fechada de forma a criar condições de ambiente saturado (Figura 5.24 – B).

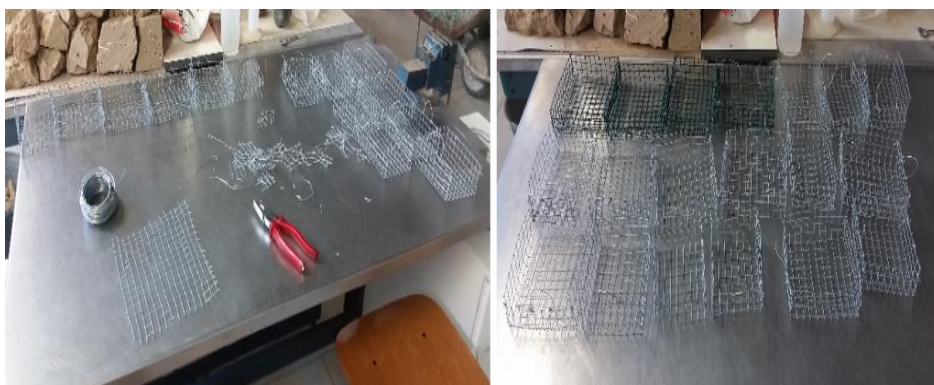


Figura 5.23 - Construção dos cestos metálicos

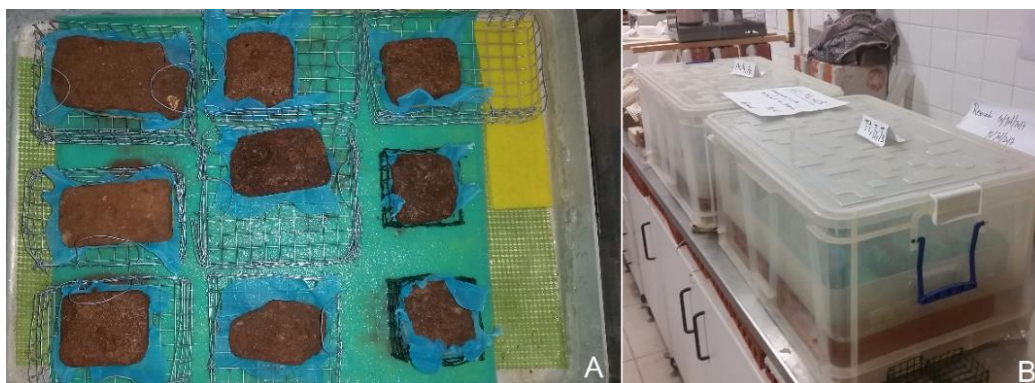


Figura 5.24 - Provetes em contacto com a água (A) e caixas de plástico para garantir condições de ambiente saturado (B)

No início do ensaio foram medidas as massas secas dos provetes, registando-se também as massas do conjunto (cesto, pano, provete e elástico) (Figura 5.25). Para fazer as pesagens utilizou-se uma balança com uma precisão de 0,001 g. Durante o ensaio, foi necessário tirar isoladamente cada um dos cestos da caixa de plástico, deixando pingar e secando num pano o excesso de água.



Figura 5.25 - Pesagem do provete seco (A) e pesagem do conjunto (B)

Foram feitas pesagens no instante inicial (t_0), depois de 5 em 5 min até chegar aos 40 min, pesando-se depois aos 60 min, 90 min, 180 min, 300 min, 480 min até chegar às 24 horas de ensaio, aumentando-se depois o intervalo para 24 horas até perfazer 2 dias (2880 min).

Foi-se controlando a altura da lâmina de água com recurso a uma régua metálica. Sempre que necessário adicionou-se mais água, de forma a manter a lâmina de água com altura constante, tendo-se o cuidado de não molhar os provetes.

Uma vez que este ensaio é bastante destrutivo para provetes de terra, o tempo de ensaio foi estipulado com base na degradação que alguns provetes começaram a apresentar (Figura 5.26).



Figura 5.26 - Degradação apresentada pelos provetes ao fim de 48 horas de ensaio

Esta interrupção dos ensaios não permitiu que os provetes chegassem à completa saturação; no entanto, através da inspeção visual e pelos valores obtidos nas pesagens, é notório que estariam próximos de a atingir (Figura 5.27).

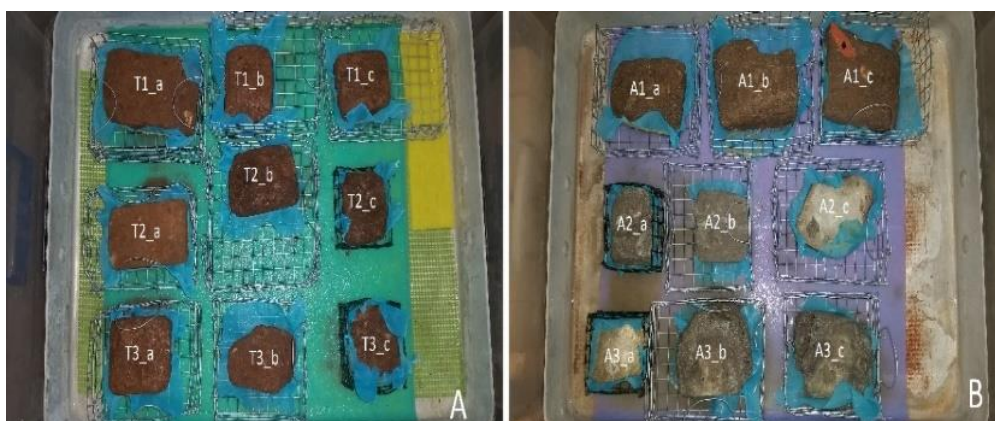


Figura 5.27 - Provetes próximos da saturação: taipa (A) e adobe (B)

Para efeitos de cálculo, a massa de água absorvida é obtida através da equação (5):

$$m = \frac{m_i - m_0}{A} \quad (5)$$

onde, m - massa de água absorvida (kg/m^2); m_i - massa do provete no instante em que é feita a medição (kg); m_0 - massa do provete seco no início do ensaio (kg) e A - área da secção em contacto com a água (m^2).

Todos os procedimentos tiveram em conta o referido na ficha de ensaio FEPa 40 (LNEC, 2016) e nas normas DIN 18945 (DIN, 2013b) e UNE 41410 (AENOR, 2008).

Com os resultados obtidos foi possível realizar as curvas de absorção capilar, através da relação entre a massa de água absorvida, em kg/m^2 , e a raiz do tempo, em minutos (Figura 5.28). Além disso, é determinado para cada provete o coeficiente de capilaridade através do declive da recta (1ª fase da curva), bem como o valor assintótico (VA), definido pelo total de água que o provete de terra absorve (2ª fase da curva).

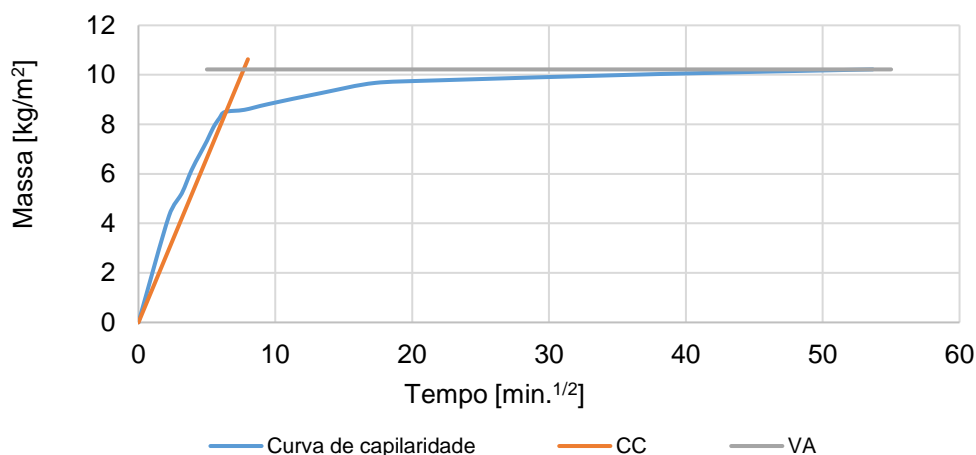


Figura 5.28 – Exemplo de curva de absorção de água por capilaridade. "Casa nº16" (T1)

O valor do coeficiente de capilaridade é um indicador da velocidade de absorção. Um maior coeficiente de capilaridade corresponde a um maior declive do troço recto das curvas de absorção, o que significa que a absorção é mais rápida. O VA é obtido pelo cálculo da quantidade de água absorvida até à conclusão do ensaio. Ainda assim, os valores apresentados de VA não podem ser considerados, uma vez que a altura dos provetes era variável.

5.2.13 Secagem

Este ensaio tem como objectivo medir o tempo de secagem de um provete de terra, em determinadas condições de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e humidade relativa ($60 \pm 5\%$), relacionando a variação de massa de água presente nos provetes, a área de secagem e o tempo de ensaio, tudo isto com base na norma EN 16322 (CEN, 2013). Neste ensaio foram utilizados os provetes do ensaio de capilaridade: terminado este ensaio, deu-se início ao ensaio de secagem. Para diminuir a perda de material, manteve-se o provete com o filtro dentro da caixa. A norma refere o cálculo da taxa de secagem (TS) para duas fases distintas, 1 e 2. A taxa de secagem correspondente à primeira fase (TS1) é calculada pelo declive negativo do troço inicial da curva de secagem, calculada por regressão linear utilizando pelo menos 5 pontos, sendo que neste caso, o gráfico tem, em abcissas, o tempo, em horas.

Na Figura 5.29 são apresentadas a curva de secagem e a respectiva TS1, correspondendo esta fase ao transporte de água no estado líquido até à superfície do provete, e consequente evaporação.

A velocidade com que a água é transportada para a superfície compensa as perdas por evaporação, permitindo que a evaporação se faça a uma velocidade constante e que a superfície do provete se mantenha molhada.

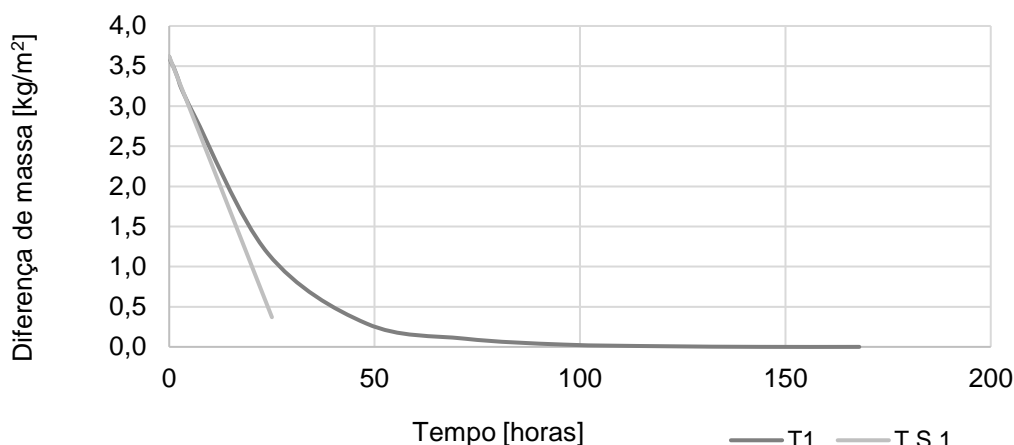


Figura 5.29 - Curva de secagem em função do tempo em horas

A taxa de secagem que ocorre numa segunda fase (TS2) é calculada pelo declive negativo da curva de secagem, no intervalo de tempo correspondente à secção linear da curva. Neste caso, as abcissas são representadas pela raiz do tempo, em horas^{1/2} (Figura 5.30). Esta fase caracteriza-se por ser a altura em que quantidade de água líquida transportada para a superfície se torna pequena e a taxa de evaporação diminui. Assim, deixa de existir o transporte de água líquida à superfície e passa a haver um mecanismo de difusão de vapor (evaporação de água no estado gasoso).

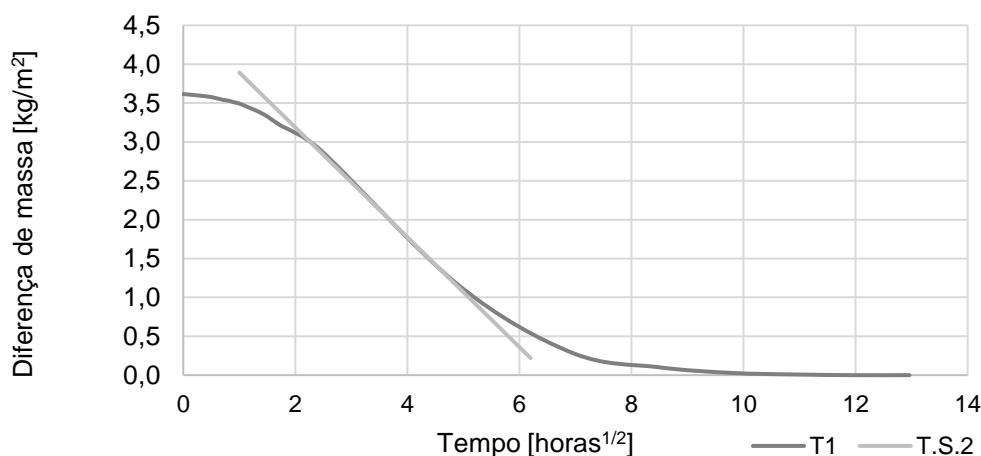


Figura 5.30 - Curva de secagem em função da raiz do tempo

Quanto às pesagens realizadas, com o auxílio da mesma balança de precisão de 0,001 g, foram feitas aos 10, 20, 30, 40, 50 min e 1, 2, 3, 6, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 e 216 horas, até atingir massa constante, altura em que os provetes contêm um teor de humidade semelhante à humidade relativa do ambiente.

A quantidade de água nos provetes, por área de superfície, é dada pela seguinte equação (6):

$$M_i = \frac{m_i - m_f}{A} \quad (6)$$

onde, m_i – massa do provete no instante inicial do ensaio (kg); m_f – massa do provete no final do ensaio (kg) e A - área da superfície de secagem (m²).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Considerações gerais

Neste capítulo são apresentados os resultados dos ensaios realizados durante a campanha experimental, pela mesma ordem com que foram descritos. São, feitas também, comparações entre os resultados obtidos em diferentes ensaios, bem como com resultados provenientes da pesquisa bibliográfica. Os valores individuais encontram-se detalhados no Anexo IV.

6.2 Análise granulométrica – Peneiração a seco

Tal como descrito no subcapítulo 5.2.1, efectuaram-se peneirações a seco dos materiais obtidos da desagregação das amostras recolhidas em três construções de taipa e três construções de adobe. O resultado deste ensaio resulta nas respectivas curvas granulométricas e é apresentado na Figura 6.1.

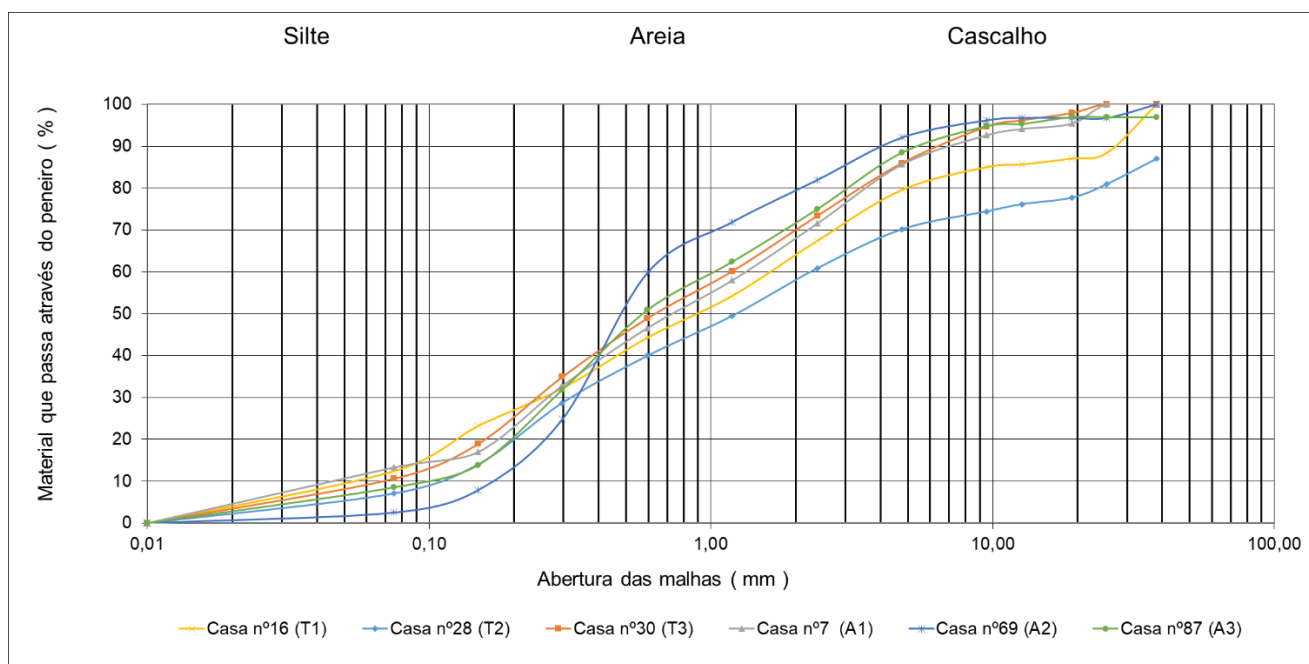


Figura 6.1 - Curvas granulométricas das amostras

É possível observar que todas as amostras apresentam curvas bastante similares, com excepção de A2. Esta semelhança em termos de granulometria deve-se sobretudo aos erros assinalados anteriormente aquando da descrição do ensaio. Todos os solos utilizados, apesar do tempo de desagregação de aglomerados de terra (3 horas cada), apresentaram, em alguns peneiros (correspondentes à zona da areia), aglomerados cujas dimensões se assemelham à de areias finas, médias e grossas, conforme se verifica na Figura 6.2 assinalado a vermelho. Sabendo que, por esta razão, a peneiração por via húmida seria o processo mais fidedigno, a peneiração por via seca permitiu, no entanto, perceber quais eram os agregados de maiores dimensões (cascalho fino e médio) utilizados em cada tipo de construção e qual a sua percentagem face ao conjunto de solo utilizado, conforme se vê na Figura 6.2, assinalado a verde.



Figura 6.2 - Agregados da taipa T2 após peneiração

Este ensaio trata-se, então, de uma análise visual e numérica dos agregados que ficaram no peneiro nº4 (#4,76 mm). No Quadro 6.1 é possível verificar a percentagem média desses agregados, por caso de estudo, e na Figura 6.3 e visualizam-se essas mesmas percentagens expressas em barras percentuais.

Quadro 6.1 - Média do retido acumulado

Designação	Média do retido acumulado						
	Peneiro	• 1 " 1/2	1"	• 3/4 "	1/2"	• 3/8 "	Total [%]
	Malha [mm]	38,100	25,400	19,100	12,700	9,520	
Casa nº16 - T1	Percentagem [%]	0,0	11,5	1,4	1,4	0,6	15,0
Casa nº28 - T2		13,0	6,0	3,3	1,6	1,7	25,6
Casa nº30 - T3		0,0	0,0	2,1	1,7	1,5	5,4
Casa nº07 - A1		0,0	0,0	4,5	1,3	1,5	7,3
Casa nº69 - A2		0,0	3,2	0,0	0,0	0,6	3,8
Casa nº87 - A3		3,0	0,0	0,0	1,6	0,5	5,2

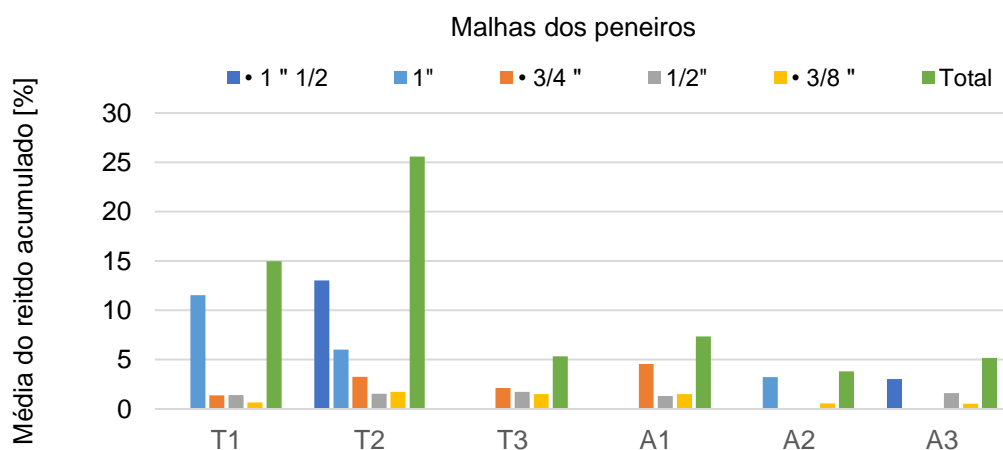


Figura 6.3 - Média do retido acumulado dos agregados grossos do solo de cada construção

No Quadro 6.2 apresenta-se resumidamente a análise dos resultados obtidos para a peneiração.

Quadro 6.2 - Apreciação dos resultados obtidos para a peneiração

Caso de estudo	Solo/Amostra	Observações	% Agregados grossos
Casa nº 16	T1	<ul style="list-style-type: none"> Percentagens para a maioria dos agregados grossos < 2% 	15 %
Casa nº 28	T2	<ul style="list-style-type: none"> Presença de agregados de maiores dimensões em relação às restantes amostras, sendo, no entanto, pouco significativos face ao total de solo peneirado 	25,6% (mais de ¼ do total do solo é composto por agregados grossos)
Casa nº 30	T3	<ul style="list-style-type: none"> Não se verifica a presença de agregados grossos retidos nos peneiros 1"1/2 e 1", i.e., com dimensões superiores a 38,1 e 25,4 mm Em relação aos restantes permanecem < 3% Não apresenta uma percentagem significativa de agregados grossos 	5,4%
Casa nº 7	A1	<ul style="list-style-type: none"> Não apresenta agregados nas granulometrias maiores 	7,3%
Casa nº69	A2	<ul style="list-style-type: none"> Não apresenta uma percentagem significativa de agregados grossos 	3,8%
Casa nº87	A3	<ul style="list-style-type: none"> Constituição similar à amostra T3 Não apresenta uma percentagem significativa de agregados grossos 	5,2%

Em suma, é notória a diferença percentual de agregados grossos entre as habitações de taipa e de adobe (à excepção da “Casa nº30”, com o solo T3), o que vai ao encontro do conceito de que o solo usualmente utilizado para a execução de paredes de taipa possui agregados de grandes dimensões, enquanto na execução de adobes não é comum a utilização de solos com estas características. Este facto deve-se sobretudo ao volume ocupado por este tipo de agregados, face ao reduzido volume apresentado por cada adobe, onde a presença de agregados grossos de grandes dimensões iria fragilizá-los.

6.3 Análise granulométrica – Sedimentação em frasco

Tal como descrito no subcapítulo 5.2.2, com a realização da sedimentação em frasco foi possível determinar as percentagens de agregados finos (areia, silte e argila) presentes nos solos (Figura 6.4).

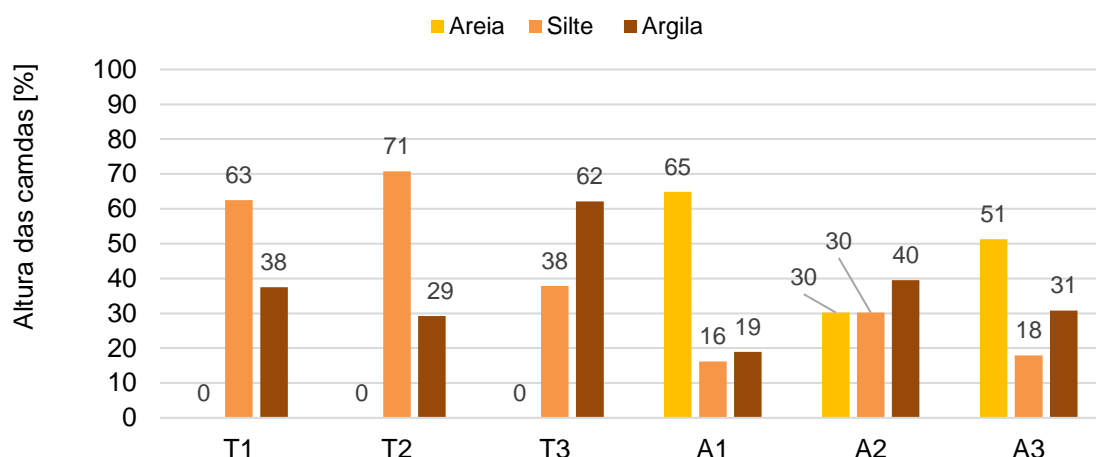


Figura 6.4 - Altura das camadas em frasco traduzida percentagem de areia, silte e argila para cada solo

No Quadro 6.3 apresenta-se resumidamente a apreciação dos resultados obtidos para a sedimentação em frasco.

Quadro 6.3 - Apreciação dos resultados obtidos para a sedimentação em frasco

Caso de estudo	Solo	Observações	% Agregados finos
Casa nº 16	T1	<ul style="list-style-type: none"> Não se identificou a camada de areia 	<ul style="list-style-type: none"> 63% de silte 38% de argila
Casa nº 28	T2	<ul style="list-style-type: none"> Não se identificou a camada de areia 	<ul style="list-style-type: none"> 71% de silte 29% de argila
Casa nº 30	T3	<ul style="list-style-type: none"> Não se identificou a camada de areia 	<ul style="list-style-type: none"> 38% de silte 62% de argila
Casa nº 7	A1	-	<ul style="list-style-type: none"> 65% de areia 16% de silte 19% de argila
Casa nº69	A2	<ul style="list-style-type: none"> Maior % de argila face à Casa nº 7 	<ul style="list-style-type: none"> 30% de areia 30% de silte 40% de argila
Casa nº87	A3	<ul style="list-style-type: none"> Semelhança com a Casa nº 7 	<ul style="list-style-type: none"> 51% de areia 18% de silte 31% de argila

Sabendo que estes valores resultam da deposição das partículas no fundo de um frasco, poderão haver erros associados, tanto nas medições das camadas (difícil avaliação do nível de separação), como na eventualidade de existirem partículas de areia (no caso das taipas) que não sendo em quantidade suficiente para se depositarem, formando uma camada visível, não foi possível efectuar a sua leitura. Tendo em conta que na análise granulométrica por peneiração destas amostras se visualizaram partículas de areia (em número muito inferior ao restante material), o ensaio de sedimentação por frasco apenas confirma essa diferença em relação às amostras de adobe, sabendo que, naturalmente, o solo no caso das taipas não apresenta 0% de areia. Ainda assim era expectável que a presença de areia nas amostras de taipa

fosse mais expressiva, dando a entender que as paredes de taipa na região de Leiria apresentam alguns agregados de granulometria grande (5% a 30 % do material de alvenaria) e utilizam a argila e a silte como ligantes. Por outro lado, nas amostras de adobe as percentagens de areia são superiores às da taipa, permitindo a sua deposição no fundo dos frascos. Complementando com a análise granulométrica por peneiração pode-se concluir que os adobes da região de Leiria apresentam poucos materiais granulares grossos (4% a 8%), sendo maioritariamente constituídos por areia, utilizando o silte como fino e a argila como aglomerante.

Comparando os valores obtidos com os resultados encontrados por Gomes (2013) e por Silva *et al.* (2013) em solos usados em taipa no Alentejo e na região Norte de Portugal é possível observar que há semelhanças entre si. No caso das taipas do Alentejo, na maioria dos casos apresentam maior percentagem de areia e cascalho face ao silte e à argila. Este padrão repete-se nas taipas da região Norte.

Em termos globais, as taipas da região de Leiria não apresentaram camadas de sedimentação visíveis de areia que poderá estar relacionado com erros durante a execução do ensaio uma vez que na peneiração a seco verificou-se a existência deste material e por esta razão não se pode descartar a sua existência. Em relação aos adobes desta região, as percentagens de areia foram semelhantes entre si. No geral, as taipas e adobes de Leiria assemelham-se às taipas da região Norte e Alentejo. No entanto, apresentam geralmente maior percentagens de areia e menores percentagens de argila e silte.

Tendo por base os valores apresentados por Doat *et al.*, (1979), conclui-se que a taipa da região de Leiria apresenta solo adequado à sua construção. Efectuando o mesmo tipo de comparação, mas para o caso dos adobes (Quadro 2.2), conclui-se que os solos da região de Leiria apresentam valores adequados à construção de alvenarias de adobe. Os resultados destas comparações encontram-se no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 - Resultados de sedimentação na bibliografia consultada

Referência	Material		Percentagem [%]				
	Tipo	Designação	Cascalho	Areia	Silte	Argila	Argila + Silte
Gomes (2013)	Taipa	Av	8,8	68,7	13,5	9,0	-
		PD	29,9	22,5	21,1	26,5	-
		CZ	25,1	47,4	17,5	10,0	-
		CI	33,7	30,3	23,5	12,5	-
		Ar	26,9	33,7	23,1	16,3	-
Silva <i>et al.</i> (2013)	Taipa	S1	40,0	43,0	-	-	17,0
		S2	39,0	41,0	-	-	20,0
		S3	36,0	46,0	-	-	18,0
		S4	38,0	27,0	-	-	35,0
		T1	32,6	55,0	-	-	12,5
Presente estudo	Taipa	T2	39,2	53,7	-	-	7,1
		T3	26,7	62,7	-	-	10,6
		A1	28,5	58,2	-	-	13,3
	Adobe	A2	18,1	79,4	-	-	2,5
		A3	25,0	66,4	-	-	8,6

6.4 Avaliação da cor

Começou por fazer-se uma classificação com base numa avaliação visual dos provetes de taipa e adobe seleccionados. No subcapítulo 5.2.3 explicou-se o procedimento de ensaio de avaliação da cor

usando um colorímetro. Os resultados da avaliação visual e os valores das coordenadas de cor (L^* , a^* , b^*) obtidos através do equipamento utilizado para as três leituras efectuadas nos 6 provetes estudados são apresentados no Quadro 6.5.

Quadro 6.5 - Leitura das coordenadas de cor obtidas para os seis provetes

Amostras	Avaliação visual da cor	Coordenadas	Nº de leituras			Média	Des. Pad.
			1	2	3		
T1	Entre vermelho e laranja	L^*	43,98	46,32	46,61	45,64	1,18
		a^*	7,08	7,23	7,09	7,13	0,07
		b^*	15,28	16,25	16,25	15,93	0,46
T2	Entre vermelho e laranja	L^*	44,57	40,88	46,04	43,83	2,17
		a^*	6,59	6,14	6,66	6,46	0,23
		b^*	15,26	13,89	15,76	14,97	0,79
T3	Entre vermelho e laranja	L^*	47,86	45,04	48,16	47,02	1,41
		a^*	6,91	6,69	6,84	6,81	0,09
		b^*	16,65	15,61	16,68	16,31	0,50
A1	Bege escuro	L^*	42,19	44,35	44,19	43,58	0,98
		a^*	3,40	3,43	3,85	3,56	0,21
		b^*	11,73	11,61	12,72	12,02	0,50
A2	Bege escuro	L^*	49,57	48,74	49,51	49,27	0,38
		a^*	0,06	1,07	0,17	0,43	0,45
		b^*	6,67	8,40	6,64	7,24	0,82
A3	Cinzentos	L^*	49,25	50,58	47,22	49,02	1,38
		a^*	1,14	0,58	1,10	0,94	0,26
		b^*	10,93	11,46	10,42	10,94	0,42

Como referido anteriormente, os valores de L^* , com um intervalo de 0-100 (preto-branco), correspondem à mudança de luminosidade, os valores de a^* representam a coordenada cromática do vermelho-verde, assumindo valores negativos na direcção verde e valores positivos na direcção vermelha e a coordenada b^* representa o amarelo-azul, assumindo valores negativos para o azul e valores para o amarelo.

Tal como se esperava os adobes bege escuro e cinzentos apresentaram valores médios da coordenada L^* superiores aos das taipas, o que quantifica quanto são mais escuros. Em relação à coordenada a^* , os adobes apresentam valores mais baixos (próximos de 0), enquanto as taipas apresentam valores superiores, indicando tendência para o vermelho. Por último, a coordenada b^* não difere significativamente das taipas para os adobes sendo esta coordenada positiva, ou seja, com tendência para a cor amarela.

6.5 Difracção de raios X

As análises por difracção de raios X permitem conhecer os diversos tipos de compostos cristalinos nas amostras. Assim, o resultado dessas análises, expresso através de um difratogramas por cada amostra, permitiu conhecer os principais constituintes da fracção fina das amostras de terra em estudo.

No Quadro 6.6 encontra-se resumida a composição mineralógica das amostras analisadas. No anexo IV são apresentados os respectivos, difratogramas individualmente.

De acordo com os resultados da DRX, verifica-se que os compostos cristalinos presentes em maior quantidade nas amostras de Leiria e Pombal são o quartzo, a microclina e a moscovita sendo, porém, o quartzo o composto com maior predominância.

Quadro 6.6 - Composição mineralógica das amostras de taipa e adobe da região de Leiria

Identificação	Constituintes principais*	Constituintes secundários**
T1	Quartzo (<i>Quartz</i>)	Caulinita (<i>Kaolinite</i>)
	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)	Albita (<i>Albite low</i>)
	-	Moscovita (<i>Muscovite 3T</i>)
	-	Família da clorite (<i>Clinochlore 2M</i>)
T2	Quartzo (<i>Quartz</i>)	Caulinita (<i>Kaolinite</i>)
	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)	Albita (<i>Albite low</i>)
	Moscovita (<i>Muscovite 2M#1</i>)	Família da clorite (<i>Clinochlore 2M</i>)
T3	Quartzo (<i>Quartz</i>)	Albita (<i>Albite low</i>)
	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)	Família da clorite (<i>Clinochlore</i>)
	Moscovita (<i>Muscovite 2M#1</i>)	-
A1	Quartzo (<i>Quartz α</i>)	Caulinita (<i>Kaolinite 1A</i>)
	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)	Albita (<i>Albite low</i>)
	-	Moscovita (<i>Muscovite 2M#1</i>)
A2	Quartzo (<i>Quartz</i>)	Família da clorite (<i>Clinochlore</i>)
	Moscovita (<i>Muscovite 2M#1</i>)	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)
	-	Albita (<i>Albite low</i>)
	-	Tosudite (<i>Tosudite</i>)
A3	Quartzo (<i>Quartz</i>)	Caulinita (<i>Kaolinite 2M</i>)
	-	Microclina (<i>Microcline maximum</i>)
	-	Albita (<i>Albite high</i>)
	-	Moscovita (<i>Muscovite 2M#1</i>)
	-	Família da clorite (<i>Clinochlore 2M</i>)

*percentagem >10% da amostra

** percentagem <10% da amostra

A forte presença de quartzo nos solos constituintes das taipas e adobes da região de Leiria não é de estranhar, uma vez que se trata do segundo mineral mais abundante no mundo (o grupo dos feldspatos é o primeiro). A microclina é um material constituinte de rochas ígneas e é também conhecido como “feldspato alcalino”, sendo comum no granito e rochas similares, assim como em rochas metamórficas. A moscovita é um mineral do grupo dos filossilicatos (micas), sendo muito comum nos granitos; a sua cor varia em função da percentagem de impurezas podendo ser incolor (a mais comum), castanho, salmão ou rosa.

Os constituintes em menor quantidade são a caulinita, que é um argilo-mineral de alumínio hidratado, a albita, mineral pertencente à família dos feldspatos, a clorite, que pertence ao grupo dos filossilicatos, e a tosudite que é um mineral que pertence ao grupo de mineiras da clorite.

Em relação às amostras de taipa, percebe-se claramente que são muito similares entre si, enquanto os adobes diferem na ausência de clorite na A1 e na A3, face a A2, tendo esta última a presença de tosudite, que não surge nos outros dois.

No entanto, não se pode considerar que as diferenças entre os constituintes dos solos das taipas e dos adobes da região de Leiria sejam significativas. O ensaio de DRX acaba por ser importante visto que confirma as informações sobre a geologia da região de Leiria apresentadas no capítulo 3.

6.6 Velocidade de propagação de ultrassons

No subcapítulo 5.2.5 descreveu-se o procedimento usado para a determinação da velocidade de propagação de ultrassons através do material. Os valores médios obtidos para cada amostra e respectivos desvios padrão são apresentados na Figura 6.5.

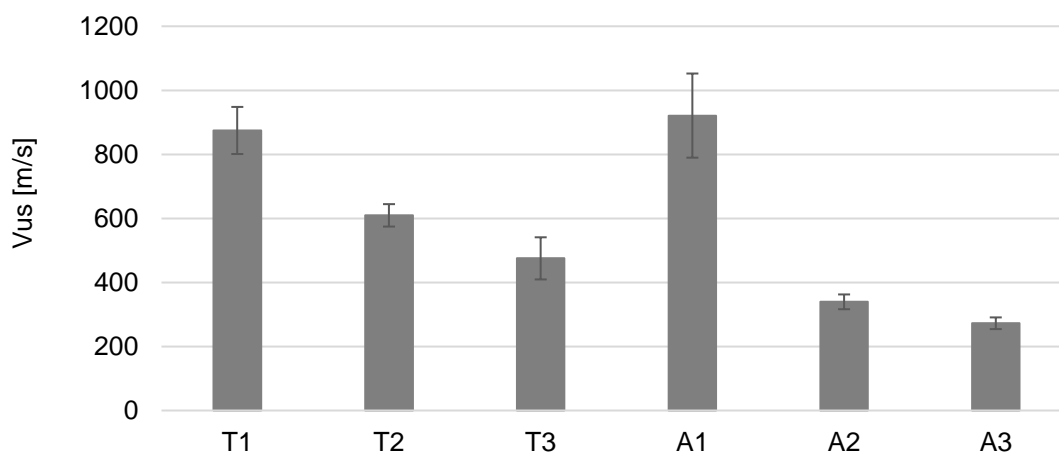


Figura 6.5 – Valores médios e desvios-padrão da velocidade de propagação de ultrassons pelo método indireto

Verifica-se que os blocos de taipa apresentam comportamentos distintos e no caso dos blocos de adobe ocorre o mesmo padrão. Quando comparadas ambas as técnicas não se verificaram diferenças significativas em termos de velocidade de propagação de ultrassons. As amostras que apresentaram maiores valores de V_{us} foram a T1 e a A1 para as amostras de taipa e adobe respectivamente. Estes resultados podem indicar que estas amostras possuem maior homogeneidade, melhor compacidade (menos vazios) e possivelmente menor fendilhação interna. As amostras T2 e A2 foram as que apresentaram valores médios de V_{us} para as amostras de taipa e adobe respectivamente e as T3 e A3 apresentaram os valores mais baixos de V_{us} .

Com excepção de A1, os valores de A2 e A3 são, apesar de tudo, bastante mais baixos que os da taipa. Apesar dos poucos resultados, parece haver uma tendência para menor compacidade e, eventualmente, maior fendilhação nos adobes. Estes resultados não são surpreendentes, dada a forma como as técnicas são executadas (a compactação do material na taipa é propositada e demorada, o que não ocorre na execução da maioria dos adobes). Outros factores, possíveis, que podem ter influenciado estas discrepâncias entre cada amostra devem-se, por um lado, ao modo como o mestre taipeiro/adobeiro executou a técnica, à sua experiência, à forma de compactação, às dosagens de material, à quantidade de água, ao tempo de cura, entre outros factores e, por outro lado, ao modo de obtenção das amostras, geralmente com recurso a martelo, cunha e picareta, ao manuseamento das amostras *in situ* e em laboratório e ao seu transporte, que de alguma forma podem ter causado anomalias nas amostras que afectaram de forma negativa o seu comportamento.

Comparando os valores obtidos com os resultados encontrados por Gomes (2013), Gomes (2015), Ribeiro (2016) e Oliveira (2017) relativamente aos solos provenientes de Taipas, BTC, muretes de BTC e adobes, respectivamente, é possível observar que os resultados obtidos diferem significativamente (Quadro 6.7). As taipas da região de Leiria apresentaram velocidades de propagação de ultrassons inferiores às taipas apresentadas por Gomes (2013) e quando comparadas, com a excepção de T3, com os resultados de Gomes (2015) e Oliveira (2017) verifica-se que apresentam valores um pouco mais similares. Em relação aos valores obtidos para os adobes de Leiria, com excepção de A1, encontram-se próximos dos obtidos por Ribeiro (2016). Uma vez que os BTC de Gomes (2015) resultam de uma

compressão mecânica (melhor compacidade e homogeneidade) e a taipa foi, previsivelmente, executada com recurso a uma extensa compactação, é lógica a semelhança de resultados de V_{us} . A semelhança dos valores obtidos nos BTC em muretes de Ribeiro (2016) com os adobes de Leiria poderão justificar-se pela exposição as condições atmosféricas que estiveram sujeitos que os poderão ter fragilizado.

Quadro 6.7 – Comparação dos resultados da velocidade de propagação de ultrassons obtidos com os da literatura

Referência	Amostras		Vel. Prop. Ultrassons [m/s]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Gomes (2013)	Taipa*	Bloco AV	1456	-
		Bloco PD	1113	-
		Bloco VC	1201	-
Gomes (2015)	BTC	TC	1133,8	229,8
		TB	708,7	160,1
		C	996,9	180,5
		E	884,1	105,7
		B	1142,0	228,7
Ribeiro (2016)	BTC	Muretes (cota: 4,5 cm)	299,7	28,1
		Muretes (cota: 54,5 cm)	304,3	25,1
		Muretes (cota: 110,5 cm)	309,5	50,2
		Muretes (cota: 4,5 cm) **	374,4	46,9
		Muretes (cota: 54,5 cm) **	346,8	38,5
		Muretes (cota: 110,5 cm) **	372,1	22,4
Oliveira (2017)	Adobe	218	807,7	235,1
		267	719,9	181,4
		17015	647,1	274,5
Presente estudo	Taipa	T1	874,6	147,1
		T2	609,5	70,1
		T3	475,2	131,7
	Adobe	A1	921,1	262,7
		A2	339,4	46,2
		A3	272,5	36,5

* Valores retirados de um gráfico

**Muretes (1 e 2) após um período de precipitação (*in situ*)

6.7 Condutibilidade térmica

No subcapítulo 5.2.6 descreveu-se o ensaio da condutibilidade térmica realizado nas amostras recolhidas e na Figura 6.6 apresentam-se os resultados obtidos.

Os valores de condutibilidade térmica para a amostra T1 foi superior às amostras T2 e T3. Estas, por sua vez, obtiveram valores de condutibilidade térmica similares. Em relação às amostras de adobe, ocorre precisamente o mesmo padrão. Tendo como base os resultados obtidos no ensaio da velocidade de propagação de ultrassons (Figura 6.5), em que T1 e A1 apresentam maiores valores comparativamente às restantes amostras, verifica-se que, em termos de condutibilidade térmica, estes apresentam também os maiores valores face aos restantes. Pode-se então concluir que o facto de T1 e A1 possuírem solos mais compactos (com menos vazios) e por isso menos porosos, levou a que possivelmente apresentassem maiores valores de condutibilidade térmica.

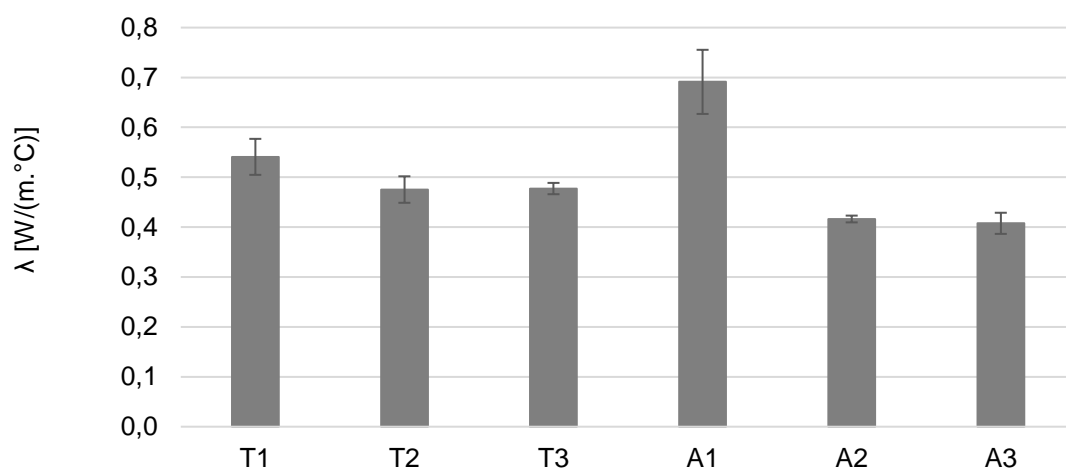


Figura 6.6 – Valores médios e desvios-padrão da condutibilidade térmica

Quadro 6.8 – Comparação de resultados de condutibilidade térmica

Referência	Amostras		Condutibilidade térmica [W/m.°C]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Pina dos Santos e Matias (2006)	Argamassas tradicionais	-	1,30	-
	Adobe	-	1,10	-
	Taipa	-	1,10	-
	BTC	-	1,10	-
Gomes (2015)	BTC	TC	0,92	0,10
		TB	0,46	0,03
		C	0,08	0,10
		E	0,52	0,02
		B	1,00	0,05
Ribeiro (2016)	BTC	Murete 1	1,18	0,12
		Murete 2	0,87	0,12
		Murete 1*	16,80	0,19
		Murete 2*	0,73	0,08
Santos e Faria (2015)	Argamassa	-	0,90	0,00
Pereira e Silva (2012)	Taipa	Provete 1	1,01	0,06
		Provete 2	1,06	0,11
		Provete 3	1,15	0,13
		Provete 4	1,16	0,02
Oliveira (2017)	Adobe	218	0,68	0,15
		267	0,56	0,19
		17015	0,67	0,22
Presente estudo	Taipa	T1	0,54	0,04
		T2	0,48	0,05
		T3	0,48	0,02
	Adobe	A1	0,69	0,13
		A2	0,42	0,01
		A3	0,41	0,04

* Muretes após um período de precipitação (*In situ*)

Em relação a argamassa de terra de Santos e Faria (2015) e às taipas de Pereira e Silva (2012) os resultados da condutibilidade térmica dos blocos de taipa e adobe da região de Leiria apresentam valores inferiores, sendo mesmo cerca de metade dos de Pereira e Silva (2012).

Segundo o ITE 50 (Pina dos Santos e Matias, 2006) as argamassas tradicionais têm condutibilidade térmica de $1,30 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ e os blocos de adobe, taipa ou BTC têm uma condutibilidade térmica de $1,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$. Pode concluir-se que os BTC e Muretes de BTC de Gomes (2015) e Ribeiro (2016), a argamassa de terra de Santos e Faria (2015), os adobes de Oliveira (2017) e a taipa da região de Leiria na maioria dos casos se encontram abaixo dos valores *standard* apresentados pelo ITE 50.

6.8 Dureza Superficial

De acordo com o ensaio descrito no subcapítulo 5.2.7 foram obtidos os resultados da dureza superficial para cada material em estudo. Os valores médios calculados e os respectivos desvios padrão podem ser consultados na Figura 6.7.

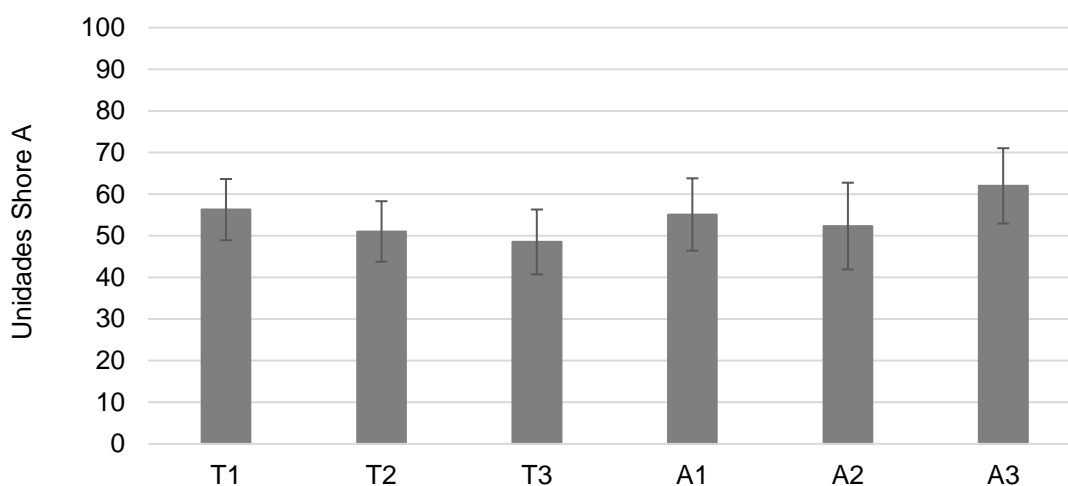


Figura 6.7 -Valores médios e desvios-padrão da dureza superficial

Verifica-se que os materiais possuem uma dureza superficial média similar tendo, no entanto, sido obtidos valores individuais de leitura com bastante dispersão, o que se traduz em desvios padrão elevados.

Sendo assim, conclui-se que as amostras de taipa e adobe analisadas não apresentam diferenças em termos de dureza superficial, apesar de corresponderem a técnicas construtivas diferentes. Estes valores encontram-se no intervalo de dureza médio (valores entre os 45-65 graus Shore A).

Comparando os valores obtidos com os resultados encontrados por Oliveira (2017) em adobes da região de Palmela e apresentados no Quadro 6.9, é possível observar que estes, apesar de não diferirem significativamente dos das taipas e adobes da região de Leiria, são um pouco mais elevados (64-79 unidades Shore A) e apresentam desvios padrão menores, parecendo indicar tratar-se de um material mais regular.

Uma maior irregularidade também já se havia observado nos resultados de velocidade de propagação de ultrassons e condutibilidade térmica das amostras analisadas no presente estudo, quando comparadas com as de Oliveira (2017).

Quadro 6.9 – Comparação dos resultado de dureza superficial

Referência	Amostra		Dureza Superficial [Shore A]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Oliveira (2017)	Adobe	218	69,80	11,02
		267	64,02	11,56
		17015	65,72	12,08
Presente estudo	Taipa	T1	56,28	14,72
		T2	51,04	14,55
		T3	48,52	15,59
	Adobe	A1	55,13	17,38
		A2	52,33	20,84
		A3	62,00	18,09

6.9 Massa volúmica aparente

No subcapítulo 5.2.8 explicou-se o modo como se determinou a massa volúmica aparente das amostras recolhidas. Os valores médios e desvios padrão dos resultados obtidos para cada amostra são apresentados na Figura 6.8.

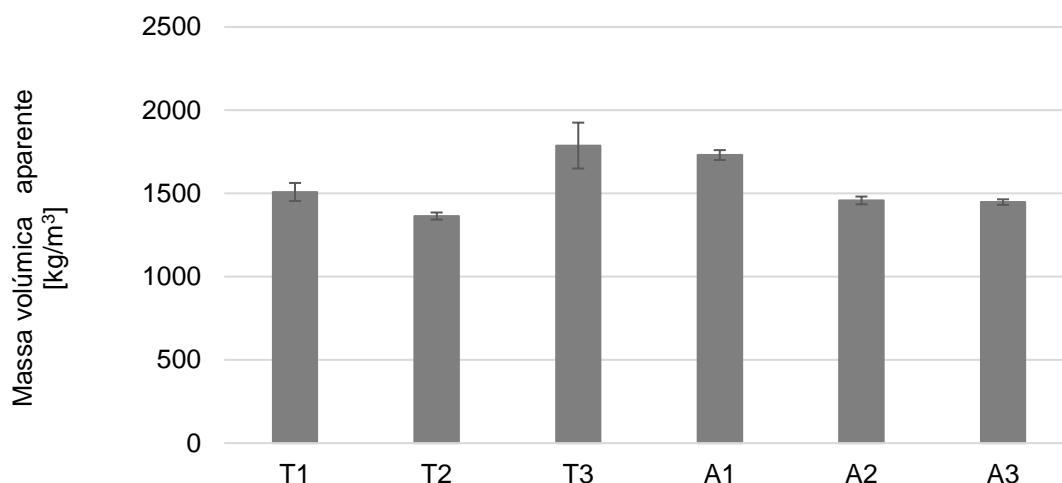


Figura 6.8 – Valores médios e desvios-padrão da massa volúmica aparente

Ao analisar os resultados, verifica-se que as massas volúmicas aparentes das amostras de taipa são variáveis, sendo T3 a que apresenta maior massa volúmica aparente e T2 menor.

Nas amostras de adobe, a A1 tem a maior massa volúmica aparente, enquanto as A2 e A3 apresentam a mesma massa. Estas variações podem ser justificadas pelos pequenos destacamentos, visíveis em arestas de alguns blocos durante o corte e pela irregularidade dos blocos que dificultou e incrementou erros de leitura das medidas.

Quando comparados com os resultados de outros autores, como Oliveira (2017) (Quadro 6.10), percebe-se claramente que os valores mais altos encontrados na região de Leiria (amostras T3 e A1) são similares aos das amostras da região de Palmela. As restantes, T1, T2, A2 e A3, apresentam valores mais baixos, que poderão dever-se, no entanto, às perdas de material e erros de leitura e medição atrás referidos.

Já no que diz respeito ao desvio padrão, com excepção da amostra T3, todas as outras apresentam valores bastante mais baixos que os valores obtidos por Oliveira (2017).

Quadro 6.10 – Comparação dos resultados da massa volúmica

Referência	Amostras		Massa volúmica [kg/dm ³]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Oliveira (2017)	Adobe	218	1,73	0,16
		267	1,78	0,42
		17015	1,79	0,18
Presente estudo	Taipa	T1	1,51	0,11
		T2	1,36	0,04
		T3	1,79	0,28
	Adobe	A1	1,73	0,06
		A2	1,46	0,05
		A3	1,45	0,03

6.10 Resistência à tracção

No subcapítulo 5.2.9 descreveu-se o ensaio de resistência à tracção por flexão realizado em meios blocos de taipa e adobe. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 6.9.

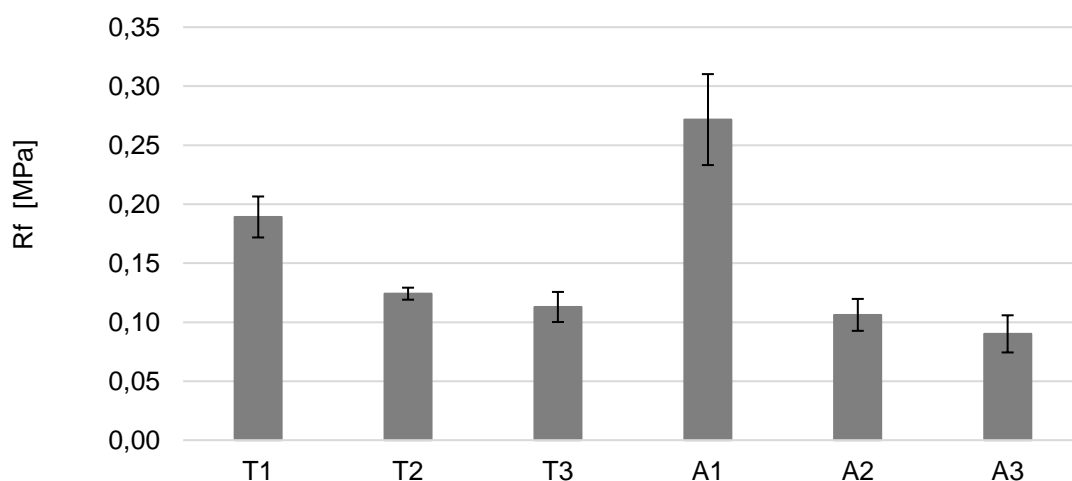


Figura 6.9 – Valores médios e desvios-padrão da resistência à flexão

Comparando os três resultados obtidos para os blocos de taipa, pode concluir-se que a tensão de rotura dos blocos T1 é aproximadamente 1,58 vezes superior à dos blocos T2 e 1,68 vezes à dos T3. Em relação aos três resultados obtidos para os blocos de adobe, a tensão de rotura dos blocos A1 é aproximadamente 2,50 vezes superior à dos blocos A2 e 3,00 vezes superior a A3.

Comparando, agora, os resultados da tensão de rotura dos provetes T1 com os provetes A1 pode concluir-se que o de adobe apresentou valores médios de tensão de rotura de 1,60 vezes superior. No caso dos T2, T3, A2 e A3 os provetes respectivos apresentaram valores muito abaixo do esperado, facto que se deveu principalmente à presença de fissuras internas visíveis durante o corte das amostras. Estes blocos, à excepção de T3 com massa volúmica de 1,79 kg/dm³, apresentavam baixa compactidade, possivelmente devido à retracção do material (argila) durante o processo de secagem da parede/alvenaria

e da possível fissuração causada pelo processo de obtenção das amostras, pois recorreu-se à sua recolha através de picagem. Esta conclusão é reforçada pelos resultados obtidos no ensaio da velocidade de propagação de ultrassons, onde estas amostras apresentaram também valores bastante mais baixos (excepto T3 que é o terceiro valor mais elevado).

Tratando-se de amostras de taipa e de adobes era expectável que, devido ao modo de produção que lhes está associado, as taipas apresentassem uma maior resistência à flexão em relação aos adobes, uma vez que só as primeiras são compactadas. No entanto, com excepção de A1, os valores dos adobes e das taipas foram bastante aproximados. Quando comparados com os resultados de outros autores como Carvalho (2011), Silveira *et al.* (2013), Vega *et al.* (2011), Oliveira (2017) e Silva *et al.* (2016) (Quadro 6.11), percebe-se que as taipas e os adobes da região de Leiria apresentam, salvo raras excepções, resistências à flexão inferiores aos adobes e taipas das outras regiões.

Quadro 6.11 – Comparação de resultados da resistência à flexão

Referência	Solo		Resistência à flexão [MPa]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Carvalho (2011)	Adobe	H12	0,66	-
		H13	0,23	-
Silveira <i>et al.</i> (2013)	Adobe	H12_a08	1,03	-
		H13_a01	0,20	-
Vega <i>et al.</i> (2011)	Adobe	Block (1,2,3)	0,54	-
Oliveira (2017)	Adobe	218	0,65	0,32
		267	0,31	0,10
		17015	0,31	0,08
Silva <i>et al.</i> (2016)	Taipa	A	0,22	-
		B	0,17	-
Presente estudo	Taipa	T1	0,19	0,03
		T2	0,12	0,01
		T3	0,11	0,03
	Adobe	A1	0,27	0,08
		A2	0,11	0,03
		A3	0,09	0,03

6.11 Resistência à compressão

No subcapítulo 5.2.10 descreveu-se o procedimento do ensaio de resistência à compressão nos provetes das três edificações de taipa e em duas de adobe (“Casa nº 7” e “Casa nº69”). Não se determinou a resistência à compressão para a “Casa nº87” porque após o ensaio de flexão e respectivo corte das metades, não se conseguiu obter provetes com as dimensões desejadas. Os resultados são apresentados na Figura 6.10.

Comparando-se os três resultados obtidos para os provetes cúbicos de taipa, conclui-se que a tensão de rotura dos blocos T2 é aproximadamente 1,68 vezes superior a T1 e praticamente igual a T3. Comparando-se os dois resultados obtidos para os provetes cúbicos de adobe, conclui-se que a tensão de rotura dos blocos A1 é aproximadamente 1,54 vezes superior a A2.

Analisando a tensão de rotura dos provetes T2 e comparando-os com os resultados dos provetes A1, pode concluir-se que os de adobe apresentaram valores médios de tensão de rotura 1,43 vezes

superiores. Efectivamente, a tensão de rotura dos provetes T1 é muito abaixo do esperado, uma vez que o ensaio da velocidade de propagação de ultrassons indicava que o material que constitui estes provetes aparentava ser mais compacto, homogéneo e menos poroso.

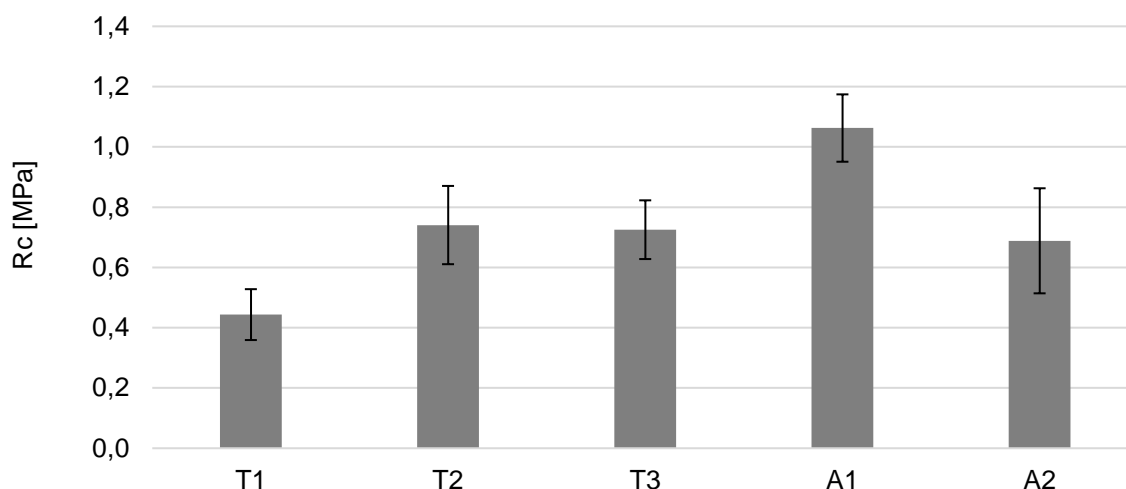


Figura 6.10 – Valores médios e desvios-padrão de resistência à compressão

Na resistência à flexão, T1 apresentou o maior resultado de todos os provetes de taipa mas menor massa volúmica aparente face a T3. Já no caso dos provetes A2, verificou-se o oposto, sendo expectáveis valores mais baixos que os das amostras T2 e T3, com base nos resultados da velocidade de propagação de ultrassons. Ainda assim, T3 apresentou a maior massa volúmica aparente.

Verifica-se, deste modo, que para os edifícios de taipa a maior resistência à compressão obtida foi a T2, enquanto para os edifícios de adobe foi a A1, estando estes últimos em concordância com os valores de velocidade de propagação de ultrassons (mais elevada).

Quando comparados com os resultados de outros autores (Quadro 6.12), pode afirmar-se que as taipas e os adobes da região de Leiria apresentam resistências à compressão semelhantes aos adobes da região de Palmela (Oliveira, 2017) e de alguns dos valores obtidos da região de Aveiro (Carvalho, 2011) e (Silveira *et al.*, 2013).

Em relação às taipas, as da região de Leiria apresentaram resistências claramente inferiores às da região de Guimarães (Silva *et al.*, 2016).

Ainda assim é comparável que os provetes que apresentaram as maiores resistências à compressão também apresentaram, na maioria dos casos, as maiores massas volúmicas aparentes

6.12 Resistência à abrasão a seco

No subcapítulo 5.2.11 explicou-se o procedimento do ensaio de resistência à abrasão nos provetes das três edificações de taipa, “Casa nº16”, “Casa nº28” e “Casa nº30” e das três edificações de adobe, “Casa nº7”, “Casa nº69” e “Casa nº87”.

Os resultados da média e desvio padrão da perda de massa por abrasão (com escova de dureza alta) nas amostras mencionadas, são apresentados na Figura 6.11.

Quadro 6.12 – Comparação dos resultados da resistência à compressão

Referência	Amostra		Resistência à compressão [MPa]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Carvalho (2011)	Adobe	H12	0,89	-
		H13	0,48	-
Silveira et al. (2013)	Adobe	H12_a06	1,21	-
		H13_a10	0,28	-
Veja et al. (2011)	Adobe	Block (1,2,3)	3,99	-
Oliveira (2017)	Adobe	218	1,12	0,40
		267	0,58	0,07
		17015	0,78	0,15
Silva et al. (2016)	Taipa	A	1,26	-
		B	1,20	-
Presente estudo	Taipa	T1	0,44	0,17
		T2	0,74	0,26
		T3	0,73	0,19
	Adobe	A1	1,06	0,22
		A2	0,69	0,35
		A3	-	-

Analisando a Figura 6.11 e Figura 6.12, verifica-se que o bloco da “Casa nº 30” (T3) é aquele que apresenta pior comportamento ao desgaste simulado nos edifícios de taipa. No caso dos edifícios de adobe, é o bloco da “Casa nº7” (A1) que apresenta pior resultado.

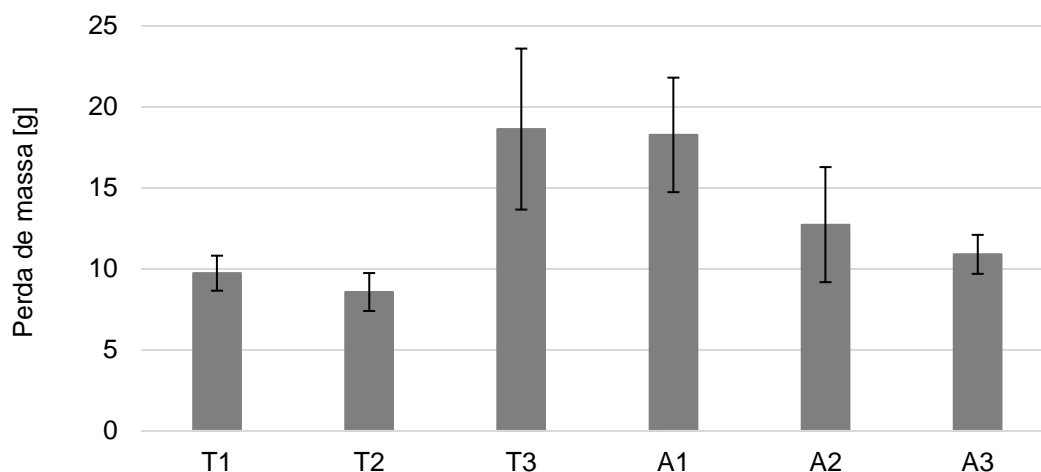


Figura 6.11 – Perda de massa média e desvios-padrão por abrasão a seco

Já o melhor comportamento neste ensaio foi apresentado, no caso dos blocos de taipa, pela “Casa nº28” (T2), enquanto no caso dos adobes foi a “Casa nº87”. Apesar de tudo, todos os blocos apresentam maior desgaste do que o esperado, acentuando a importância de revestir as paredes/alvenarias destes materiais com rebocos de sacrifício que possam prolongar a sua vida útil. A não utilização de revestimentos leva a que estas alvenarias de terra apresentem baixa durabilidade e elevada fragilidade em termos mecânicos. Na região de Leiria, como se referiu no capítulo 2, por questões

económicas a aplicação de revestimentos ocorria maioritariamente nas habitações, ficando os anexos sem revestimento (Figura 2.10). Esta opção revela o conhecimento, por parte dos antigos mestres, da importância e da relevância de proteger as habitações em detrimento dos anexos.

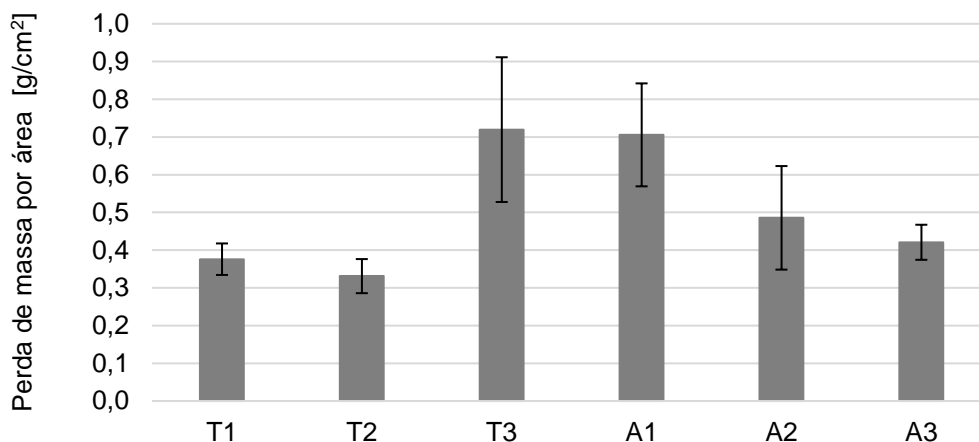


Figura 6.12 – Perda de massa por área média e desvios-padrão por abrasão a seco

Quando comparados com os resultados de outros autores (Quadro 6.13), verifica-se que as taipas e os adobes da região de Leiria apresentam resistências à abrasão semelhantes às das argamassas de Faria *et al.* (2015) para uma dureza “alta” da escova seleccionada para o ensaio. No entanto, se comparados com os valores dos adobes de Oliveira (2017), da região de Palmela, os adobes e as taipas da região de Leiria apresentaram perdas de massa mais significativas.

Quadro 6.13 – Comparação dos resultados da abrasão

Referência	Amostra		Perda de massa por abrasão [g]		
			Dureza da escova		
	Tipo	Designação	Alta	Média	Baixa
Faria <i>et al.</i> (2015)	Argamassa de terra	Ø 9 cm, 2 cm	18,1 ± 3,1	3,9 ± 0,5	0,3 ± 0,0
		Em tijolo	11,2 ± 2,2	4,5 ± 0,5	-
Oliveira (2017)	Adobe	218	3,7 ± 1,4	-	-
		267	5,8 ± 1,5	-	-
		17015	3,3 ± 0,8	-	-
Presente estudo	Taipa	T1	9,7 ± 2,2	-	-
		T2	8,6 ± 2,3	-	-
		T3	18,6 ± 9,9	-	-
	Adobe	A1	18,3 ± 7,1	-	-
		A2	12,7 ± 7,1	-	-
		A3	10,9 ± 2,4	-	-

6.13 Absorção de água por capilaridade

No subcapítulo 5.2.12 descreveu-se o ensaio de absorção de água por capilaridade a realizar nos provetes das três edificações de taipa e três edificações de adobe.

O objectivo é determinar quais dos blocos de terra (taipa e adobe) absorvem menor quantidade de água e a velocidades mais baixas, pois quanto menores forem os resultados do VA e coeficiente de

capilaridade, melhor. Contudo, como é possível ver na Figura 6.13, não foi possível chegar à total saturação, tal como justificado anteriormente, pois alguns provetes estavam a começar a desfazer-se.

Na Figura 6.13 observa-se que a média do coeficiente de capilaridade dos provetes T2 é a mais alta e a dos T3 é a mais baixa, para as amostras de taipa. Em relação às amostras de adobe, os provetes A3 são os que apresentam o valor mais alto de coeficiente de capilaridade e os A1 os que apresentam os valores mais baixos.

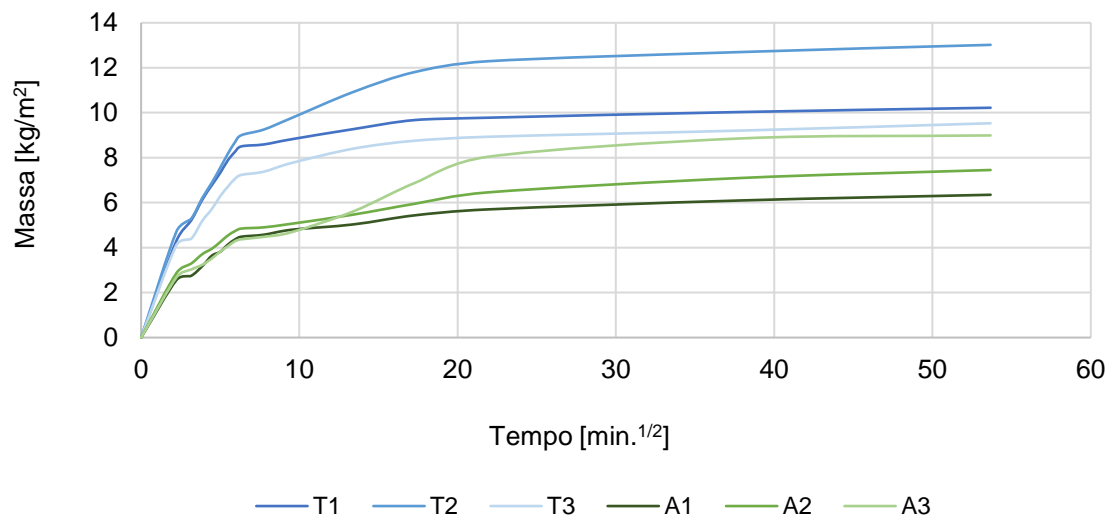


Figura 6.13 - Curvas de absorção de água por capilaridade

Nos primeiros instantes, entre os 0,00 e os 10,00 min.¹/² verifica-se que os provetes A3 absorveram menos água que os restantes (A1 e A2), porém, a partir do instante 10,00 min¹/² passou a absorver mais água.

Na Figura 6.14 é apresentado um gráfico de barras com os valores do coeficiente de capilaridade.

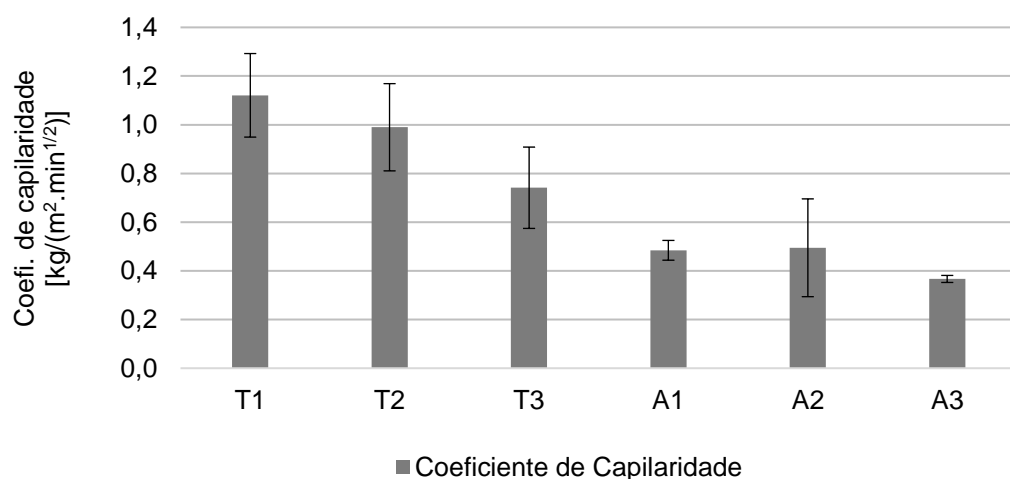


Figura 6.14 - Coeficientes de capilaridade médios e desvios-padrão

Verifica-se que, no conjunto de provetes de taipa, o lote T3 foi o que absorveu menos água, tal como é traduzido nas curvas de absorção (Figura 6.13), e a uma velocidade mais baixa (com o declive da

recta menos acentuado). Para o conjunto de provetes de adobe, o lote A3 foi o que absorveu menos água e, tal como no caso anterior, foi aquele que apresentou o declive de recta menos acentuado.

No entanto, comparando os provetes de ambas as técnicas construtivas, é notória a diferença em termos de coeficiente de capilaridade, verificando-se que os provetes de adobe absorvem menos água e mais lentamente.

Tendo como base os resultados obtidos para a condutibilidade térmica (Figura 6.6) sabe-se que os blocos de taipa T1 apresentaram valores mais altos de condutibilidade térmica face aos outros dois (T2 e T3).

Assumindo que estes valores de condutibilidade estão correlacionados com a porosidade do material (valores de condutibilidade térmica maiores implicam à partida um menor volume de poros) então seria expectável que os provetes de taipa T1 tivessem valores de coeficiente de capilaridade baixos, o que não se veio a verificar. Por outro lado, tendo T1 obtido o segundo maior valor no ensaio de velocidade de propagação de ultrassons e condutibilidade térmica assim como o terceiro maior valor de massa volúmica poderia indicar que T1 deveria absorver menos água. O mesmo tipo de discrepância aconteceu com os blocos de adobe A3, onde os resultados de condutibilidade térmica foram bastante baixos, mas não se verificaram valores de coeficiente de capilaridade altos (Figura 6.13).

Já no caso dos blocos de adobe A1, como apresentaram uma condutibilidade térmica mais alta face aos restantes blocos, seria expectável que os respectivos provetes tivessem valores de coeficiente de capilaridade baixos, o que se veio a confirmar.

Estas variações face ao padrão que era expectável poderá ser justificada pela selecção dos provetes para o ensaio de capilaridade, pois resultaram de fragmentos que sobraram dos cortes de blocos, que por um lado poderão ter fendilhado internamente devido à forte vibração da serra eléctrica no corte e, por outro, apresentavam uma reduzida área (ex: 0,0034 m²). Se, a acrescentar a estes factores, tiverem ficado agregados de grandes dimensões a ocupar uma parte significativa dos provetes, a interferência nos valores obtidos terá sido ainda maior.

Quando comparados com os resultados de outros autores como Gomes (2015), Santos (2014) e Oliveira (2017) (Quadro 6.14), percebe-se claramente que as taipas da região de Leiria apresentam coeficientes de capilaridade semelhantes aos BTC de Gomes (2015).

No caso dos adobes da região de Leiria, que apresentaram valores mais baixos que as taipas, os resultados são comparáveis aos da maioria das argamassas de Santos (2014) e aos dos adobes de Oliveira (2017).

6.14 Secagem

Tal como descrito no subcapítulo 5.2.13, através deste ensaio é possível obter os valores da taxa de secagem para as duas fases (TS1 e TS2). Na Figura 6.15, onde estão representadas as curvas de secagem em função do tempo, observa-se que o declive do troço inicial das curvas é variável para cada uma das amostras. Ainda assim, é visível que as curvas das amostras T2 e A3 são semelhantes, assim como as das amostras T1 e T3, que apresentam um declive muito aproximado, e das amostras A1 e A2, igualmente com declives muito próximos entre si.

Quadro 6.14 – Comparação de resultado da absorção de água por capilaridade

Referência	Amostra		Coeficiente de capilaridade [kg/m ² .min ^{0,5}]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad
Gomes (2015)	BTC	TC	1,07	0,03
		TB	0,96	0,13
		C	0,72	0,09
		E	3,74	0,20
		B	1,14	0,08
Santos (2014)	Argamassas	Argamassa pré doseada de terra (P)	0,41	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e areia fina (FS)	0,31	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e areia grossa (CS)	0,74	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e agregado (45% grosso e 30% fino CS30_FS30)	0,50	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e agregado (30% grosso e 45% fino CS30_FS45)	0,40	-
Oliveira (2017)	Adobe	218	0,34	0,11
		267	0,50	0,13
		17015	0,12	0,12
Presente estudo	Taipa	T1	1,12	0,34
		T2	0,99	0,36
		T3	0,74	0,33
	Adobe	A1	0,48	0,08
		A2	0,49	0,40
		A3	0,37	0,03

Em geral, pode-se assumir que todas as amostras apresentam comportamento de secagem inicial (TS1) diferente, isto é, a velocidade com que perdem água no estado líquido é desigual tendo, no entanto, aproximações entre algumas (T2-A3, T1-T3 e A1-A2). Quanto maior for o declive, mais rápida é a secagem inicial, sendo que isto se verifica para a amostra A3, com um valor de TS1 igual a 0,23 kg/(m².h).

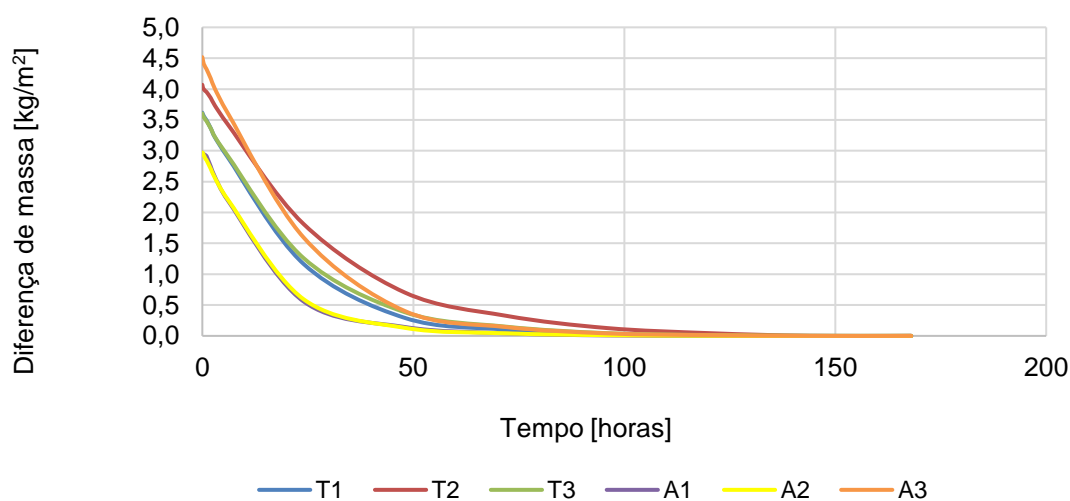


Figura 6.15 - Curva de secagem em função do tempo

Na Figura 6.16 é possível observar as curvas de secagem em função da raiz do tempo, de onde se retira, através do declive do troço recto, a taxa de secagem TS2 de cada amostra. O intervalo de tempo para o qual é calculado o declive do troço recto de cada amostra é o mesmo (entre as 6 e as 24 horas).

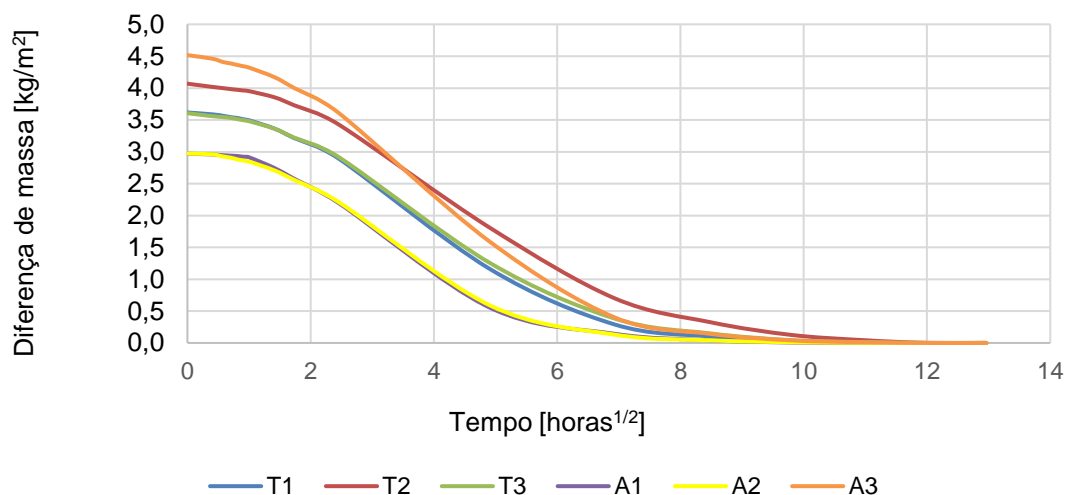


Figura 6.16 - Curvas de secagem em função de raiz do tempo

Também neste caso, quanto maior o declive do troço recto, mais rapidamente se processa a secagem na 2ª fase. Aqui, a amostra A3 apresenta o melhor valor médio, com TS2 igual a 0,72 kg/(m².h) sendo muito próximo do da amostra T1, que apresenta valor médio de 0,71 kg/(m².h). As amostras A1 e A2 apresentam comportamento idêntico e isso traduz-se pela sobreposição das curvas de secagem. De forma a facilitar a comparação entre as diferentes taxas de secagem TS1 e TS2, é apresentado na Figura 6.17 um gráfico de barras, no qual também se confirmam algumas das conclusões já referidas.

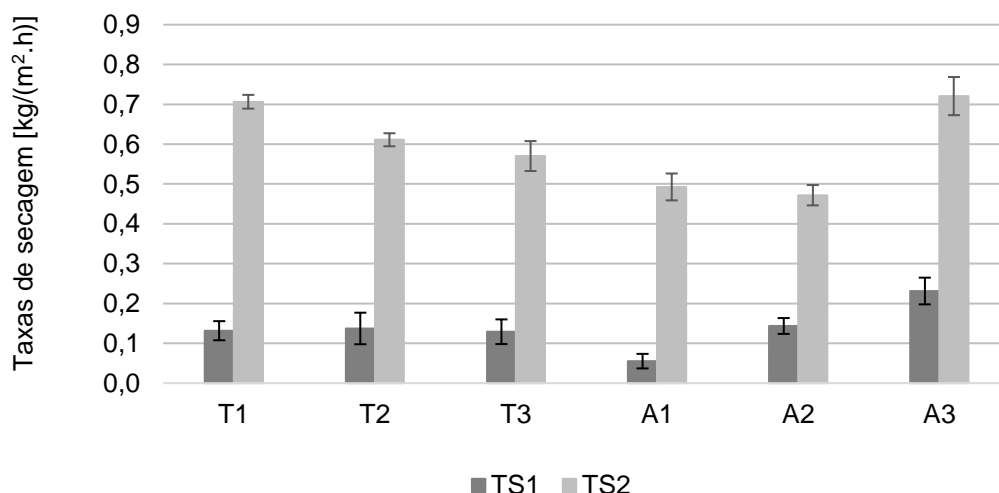


Figura 6.17 – Valores médios e desvios-padrão das taxas de secagem TS1 e TS2

Em relação às amostras de taipa, é possível observar que a TS1 da amostra T1 para T3 se mantém praticamente inalterável, ou seja, a velocidade inicial de secagem similar. Nas amostras de adobe, é possível observar que há um aumento da TS1 da amostra A1 para a A2, e depois da amostra A2 para a A3, o que indica que esta última possui uma velocidade de secagem maior que as restantes. Há ainda que

referir que, nas amostras T1, T2, T3 e A2 a TS1 são semelhantes, no entanto a perda de vapor de água (TS2) diminuiu pela mesma ordem, sendo significativamente mais baixa na A2 do que na T1.

No Quadro 6.15 podem-se observar os valores retirados da bibliografia correspondentes às taxas de secagem 1 (primeira fase – TS1).

Quadro 6.15 - Comparação dos resultados das taxa de secagem 1 e 2

Referência	Solo		TS 1 [kg/(m ² .h)]		TS 2 [kg/(m ² .h ^{0,5})]	
	Tipo	Designação	Média	Des. Pad	Média	Des. Pad
Santos (2014)	Argamassas	Argamassa pré doseada de terra (P)	0,18	-	-	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e areia fina (FS)	0,19	-	-	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e areia grossa (CS)	0,17	-	-	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e agregado (45% grosso e 30% fino CS30_FS30)	0,18	-	-	-
		Argamassa ao traço 1:3 de argila e agregado (30% grosso e 45% fino CS30_FS45)	0,23	-	-	-
Oliveira (2017)	Adobe	218	0,11	0,04	-	-
		267	-	-	-	-
		17015	-	-	-	-
Presente estudo	Taipa	T1	0,13	0,05	0,71	0,03
		T2	0,14	0,08	0,61	0,03
		T3	0,13	0,06	0,57	0,08
	Adobe	A1	0,06	0,04	0,49	0,07
		A2	0,14	0,04	0,47	0,05
		A3	0,23	0,07	0,72	0,10

Comparando os resultados das taxas de secagem com os de outros autores, conclui-se que os valores obtidos no presente trabalho são ligeiramente inferiores aos das argamassas de Santos (2014), ou seja, aparentam ter velocidades de secagem inferiores.

Em relação a Oliveira (2017), apenas se consideraram válidos os resultados para o adobe 218, uma vez que os restantes deram próximos de zero. Face a este valor, os resultados obtidos para as amostras da região de Leiria, apresentaram velocidades de secagem superiores na maioria dos provetes.

A diferença de velocidades de secagem pode ser justificada pela diferença entre as dimensões dos provetes de taipa e de adobe seleccionados serem superiores às dimensões das argamassas utilizadas por Santos (2014).

Não foram efectuadas comparações em relação à TS2 uma vez que não se encontraram na bibliografia consultada.

6.15 Síntese da caracterização efectuada

Seguidamente apresentam-se no Quadro 6.16 o resumo dos resultados obtidos em todos os ensaios de laboratório. Os resultados apresentados correspondem aos resultados individuais de cada amostra analisada.

De uma forma geral, através do ensaio da análise granulométrica a seco ficou-se a perceber quais as percentagens de agregados grossos e finos dos materiais constituintes das taipas e dos adobes. As taipas apresentaram agregados grossos de granulometria superior aos adobes. Por outro lado, os adobes apresentaram maiores percentagens de areia que as taipas.

No ensaio da avaliação de cor, determinaram-se as coordenadas de cor de cada material através de um colorímetro, apenas para quantificação das diferenças já observadas visualmente nas taipas e nos adobes.

Em relação ao ensaio da velocidade de propagação de ultrassons os resultados obtidos revelaram que as taipas apresentam valores distintos entre si, tal como ocorre com as amostras de adobe. No entanto, comparando ambas as técnicas não se verificam diferenças significativas.

No ensaio da dureza superficial, tanto os adobes como as taipas apresentaram valores da mesma ordem de grandeza.

No ensaio da determinação da massa volúmica aparente as amostras de taipa e de adobe apresentaram valores da mesma ordem de grandeza. No entanto, foi a taipa T3 e o adobe A1 que apresentaram os valores mais elevados de massa volúmica aparente.

Na determinação da resistência à tracção destacam-se as amostras T1, no casos das taipas, e a A1, nos casos dos adobes, uma vez que apresentaram os valores mais elevados. Na generalidade dos casos as amostras de adobe e taipa apresentaram bons resultados de resistência à tracção.

No ensaio da resistência à compressão destacam-se as amostras T2 e T3 no caso das taipas e A1 no caso dos adobes. Tal como no ensaio descrito anteriormente a generalidade das amostras apresentou bons resultados de resistência à compressão.

Na determinação da resistência à abrasão a seco os adobes perderam mais massa que as taipas. A amostras que obteve o melhor resultado foi a T2. No entanto, no caso dos adobes A1 e A2 obtiveram-se desvios padrão muito elevados.

Em termos de absorção de água por capilaridade destaca-se a amostra de taipa T3 que, comparativamente às T1 e T2, foi a que absorveu menos água. No caso dos adobes foi a amostra A3 que absorveu menos água.

Por último, no ensaio da secagem, as taipas apresentaram valores de TS1 semelhantes enquanto que os adobes apresentaram valores mais dispersos. No caso da TS2, a amostra T3 apresentou o menor valor no caso das taipas enquanto que no caso dos adobes foi A2 quem obteve o menor resultado.

A amostra T3 foi a que apresentou, na generalidade dos ensaios, os valores mais interessantes enquanto que no caso dos adobes foi a amostra A1 que apresentou os melhores resultados.

Quadro 6.16 - Resumo dos resultados obtidos na caracterização efetuada em laboratório às amostras de taipa e de adobes

Casas	16	28	30	7	69	87
Amostras	T1	T2	T3	A1	A2	A3
Análise granulométrica [%]	Cascalho – 32,6 Areia – 55,0 Silte + Argila – 12,5	Cascalho – 39,2 Areia – 53,7 Silte + Argila – 7,1	Cascalho – 26,7 Areia – 62,7 Silte + Argila – 10,6	Cascalho – 28,5 Areia – 58,2 Silte + Argila – 13,3	Cascalho – 18,1 Areia – 79,4 Silte + Argila – 2,5	Cascalho – 25,0 Areia – 66,4 Silte + Argila – 8,6
Avaliação da cor – Colorímetro (L*a*b*)	L* - 45,64; a* - 7,13; b* - 15,93;	L* - 43,83; a* - 6,46; b* - 14,97;	L* - 47,02; a* - 6,81; b* - 16,31;	L* - 43,58; a* - 3,56; b* - 12,02;	L* - 49,27; a* - 0,43; b* - 7,24;	L* - 49,02; a* - 0,94; b* - 10,94;
Difracção de raios X ^{a)}	Quartzo, Microclina, Moscovita, Caulinita					
Velocidade de propagação de ultrassons - Vus [m/s]	874,6 ± 147,1	609,5 ± 70,1	475,2 ± 131,7	921,1 ± 262,7	339,4 ± 46,8	272,5 ± 36,5
Condutibilidade Térmica - λ W/(m.K)	0,54 ± 0,04	0,48 ± 0,05	0,48 ± 0,02	0,69 ± 0,13	0,42 ± 0,01	0,41 ± 0,04
Dureza superficial - [Shore A]	56,28 ± 14,72	51,04 ± 14,55	48,52 ± 15,59	55,13 ± 17,38	52,33 ± 20,84	62,00 ± 18,09
Massa volúmica aparente - ρ [kg/m³]	1,51 ± 0,11	1,36 ± 0,04	1,79 ± 0,28	1,73 ± 0,06	1,46 ± 0,05	1,45 ± 0,03
Resistência à flexão - Rt [MPa]	0,19 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,03	0,27 ± 0,08	0,11 ± 0,03	0,09 ± 0,03
Resistência à Compressão - Rc [N/mm²]	0,44 ± 0,17	0,74 ± 0,26	0,73 ± 0,19	1,06 ± 0,22	0,69 ± 0,35	-
Resistência à abrasão a seco - Perda de massa [g]	9,7 ± 2,2	8,6 ± 2,3	18,6 ± 9,9	18,3 ± 7,1	12,7 ± 7,1	10,9 ± 2,4
Coeficiente de capilaridade - [kg/(m². min^{1/2})]	1,12 ± 0,34	0,99 ± 0,36	0,74 ± 0,33	0,48 ± 0,08	0,49 ± 0,40	0,37 ± 0,03
Secagem - TS 1 [kg/(m².h)]	0,13 ± 0,05	0,14 ± 0,08	0,13 ± 0,06	0,06 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,23 ± 0,07
Secagem - TS 2 [kg/(m².h^{1/2})]	0,71 ± 0,03	0,61 ± 0,03	0,57 ± 0,08	0,49 ± 0,07	0,47 ± 0,05	0,72 ± 0,10

^{a)} Constituintes principais;

7. CONCLUSÕES

7.1 Considerações finais

Como resultado da investigação realizada neste trabalho de dissertação, julga-se necessário enfatizar alguns aspectos relevantes no contexto da construção vernacular, de entre os quais a conscientização da sociedade, em geral sobre a urgência em adoptar atitudes e políticas mais sustentáveis, assegurando assim, a possibilidade das gerações futuras terem contacto com as tecnologias construtivas e as construções executadas pelos nossos antepassados.

A indústria da construção e o seu crescente desenvolvimento ao longo dos últimos anos, associado a memórias de tempos economicamente mais difíceis vividos pelas populações mais idosas, levou a que as novas gerações optassem por contruir com novos materiais e, por conseguinte, deixassem em muitos casos ao total abandono e esquecimento as construções com terra. Felizmente o interesse por este tipo de construções tem vindo a crescer por parte não só de técnicos (arquitectos e engenheiros) mas também das populações (incluindo de outros países mais desenvolvidos economicamente) mais preocupadas com a eco-eficiência da construção e do meio ambiente em geral.

As construções com terra existentes na região de Leiria, mais concretamente nos concelhos de Pombal e Leiria ainda sofrem com esse abandono e se nada for feito para salvar este legado vernacular acabará por sucumbir com a passagem do tempo. Por esta razão e outras demais devem-se procurar estratégias de intervenção, de forma a recuperar o conhecimento das técnicas e materiais que foram utilizadas nas construções originais, de forma a potencialmente contribuírem para a implementação das correctas intervenções de conservação deste tipo de edifícios. Por outro lado, também de forma a que esse conhecimento possa contribuir para a promoção da construção de novos edifícios com recursos a estas técnicas construtivas, que possam de alguma forma trabalhar em paralelo com a aplicação de novos materiais e tecnologias.

No entanto, não basta só pensar em estratégias de conservação mas também transformar e mudar a mentalidade da população actual e da vindoura através da sensibilização de todos aqueles que, de alguma forma, possam ser intervenientes na conservação deste património.

Com esta dissertação, procurou-se dar algum contributo para se efectuar a conservação das construções com terra na região em estudo através da realização de um mapeamento de 98 construções, de recolhas orais, de caracterização dos edifícios assim como das principais anomalias presentes nos vários elementos construtivos associados a estes edifícios vernaculares construídos com as técnicas da taipa e da alvenaria de adobe.

Com a realização do mapeamento percebeu-se que os edifícios com terra são essencialmente construídos com alvenaria de adobe e/ou paredes de taipa, sendo notável a mudança das técnicas entre os dois concelhos.

No concelho de Pombal dominam as habitações de taipa e no concelho de Leiria são os edifícios de adobe aqueles que se encontram em maior número.

Através de recolhas orais procurou-se saber as razões pelo qual no passado se construiu com estas técnicas e tentou-se correlacionar com as características geológicas e hidrográficas da região, de forma a perceber a sua influência na distribuição das técnicas construtivas pela região.

Com recurso a fichas de inspecção, caracterizaram-se os materiais constituintes dos edifícios inspeccionados e avaliou-se o estado geral em que se encontram, identificando-se as principais anomalias existentes, tomando como exemplo dois casos de estudo, um de alvenaria de adobe e outro com paredes de taipa.

As construções com terra da região de Leiria apresentam semelhanças morfológicas com edifícios de outras regiões como, a região de Aveiro, a região de Palmela e o Alentejo. São exemplo disso o número de águas da cobertura, o número de pisos (geralmente 1 piso), as dimensões de implantação, as dimensões de janelas e portas e as áreas e compartimentos das divisões interiores.

Em relação ao tipo de materiais empregues nos vários elementos que compõem as construções (p.ex., estruturas de madeira na cobertura, piso de madeira, paredes exteriores/interiores, etc.) as semelhanças com as outras regiões também são notórias.

As coberturas, geralmente com asnas de madeira e telhas de canudo ou marselha, a presença de forros de madeira, pavimentos sobreelevados de madeira ventilados, caixilharias de madeira nas portas e janelas, são alguns desses exemplos.

Contudo, também se verificaram algumas diferenças entre estas regiões e a região de Leiria. Exemplo disso são as dimensões que as taipas e os adobes apresentam.

As dimensões dos taipais utilizados nas taipas, e dos moldes utilizados nos adobes, comparativamente a outras regiões, são distintos, sendo os adobes de Leiria muito variáveis em termos de dimensões enquanto as taipais variam menos.

No entanto, as taipas de Leiria aparentam ter um comprimento maior que as do Alentejo em cerca de 30 cm. No caso particular dos adobes desta região, um elevado número apresenta uma reentrância a meio da sua 2ª dimensão, que é a que fica exposta nas faces interior e exterior da parede e que recebe o reboco de protecção. Essa reentrância não foi encontrada noutras regiões já estudadas, como as de Aveiro e Palmela. Assume-se justificar-se para garantir uma melhor aderência dos rebocos originais de cal aérea às paredes de adobe.

No que diz respeito às construções com terra na região de Leiria, bem como noutras regiões, é fundamental que se façam caracterizações das tipologias construtivas, para se que tenha consciência do estado em que o património edificado se encontra e o modo como foi construído, de forma a conservá-lo, no limite documentalmente para memória futura. Ainda assim, é importante perceber que a reimplantação destes sistemas construtivos possui grandes dificuldades estando associada principalmente a dois factores: o domínio das indústrias cimentícias e à falta de conhecimento por parte da população que, não estando completamente informada da verdadeira capacidade deste tipo de materiais, desconhece ou faz juízo de valor equivocado.

Os edifícios que fazem parte do mapeamento realizado encontram-se maioritariamente em “ruína” e em “mau estado” de conservação sendo por isso urgente efectuar a sua preservação, pelo menos nos que se encontram em “mau estado”, para que no futuro não venham a desaparecer.

Os edifícios que se encontram em “razoável” ou em “bom” estado de conservação, deverão ser continuamente sujeitos a acções de manutenção. Muitas das anomalias que estes tipos de construções apresentam provêm maioritariamente da falta de manutenção ou abandono, o que reduz o seu tempo de vida útil.

Geralmente os problemas a nível da cobertura, como é o caso de telhas partidas, levam a que haja introdução de água dentro dos edifícios, proveniente da precipitação, levando ao apodrecimento precoce das madeiras e à lavagem dos finos das paredes, quando não são detectados e reparados atempadamente.

Por outro lado, as tentativas de reparação nem sempre são as mais adequadas, como a substituição de rebocos com argamassas de base cimentícia, que contrariamente às de cal, de terra, ou da mistura de ambos, não permitem que as condições de evaporação da água do interior das paredes, oriundos da absorção e da adsorção de água, se processe de forma eficaz, como aconteceria no caso da aplicação de um reboco compatível.

Esta falta de informação é um dos principais motivos que leva a que, no futuro, surjam novos problemas que, por sua vez, levarão a mais custos financeiros e a menor durabilidade.

A realização de uma vasta campanha experimental de caracterização mineralógica, física e mecânica de amostras de alvenaria de alguns dos edifícios mapeados, a obtenção e tratamento de resultados e a comparação com resultados de outros autores, permitiu compreender de que forma os principais materiais constituintes destas construções em adobe e taipa se apresentam face a outras regiões.

Em relação à velocidade de propagação de ultrassons, as taipas de Leiria são semelhantes às das outras regiões consideradas mas diferem em relação aos adobes (são superiores) devendo-se possivelmente à melhor compactação que lhes é conferida pela execução da técnica.

Em termos de condutibilidade térmica, as taipas e adobes da região de Leiria apresentam valores inferior aos das outras regiões e estão abaixo dos valores *standard* apresentados pelo ITE 50, o que é bastante positivo. Sabe-se, no entanto, que esses valores aumentam caso as paredes estejam com maior nível de humidade.

Quanto à resistência à tracção, os adobes e taipas da região de Leiria apresentam valores inferiores às outras regiões. Contudo, no ensaio de resistência à compressão, os adobes apresentaram um comportamento semelhantes aos de Palmela, mas as taipas obtiveram valores inferiores aos das outras regiões. Também aqui, procedimentos de ensaios distintos utilizados nos diversos estudos, podem justificar algumas diferenças. Daí a necessidade de se estabelecerem procedimentos de ensaios mecânicos normalizados.

Em relação ao ensaio da abrasão a seco, as taipas e adobes da região de Leiria tiveram um comportamento semelhante às argamassada de terra consideradas, mas perderam mais massa, para as mesmas condições, que os adobes de Palmela.

No ensaio de absorção de água por capilaridade, as taipas da região de Leiria comportaram-se de forma semelhantes aos das amostras de terra das outras regiões consideradas. No entanto, os adobes de Leiria apresentaram valores mais baixos que as taipas da mesma região.

Por último, as amostras de taipa e adobe da região de Leiria apresentaram tempos de secagem superiores às argamassas de terra com os quais foram comparadas, mas apresentam tempos de secagem inferiores aos adobes da região de Palmela.

É importante não esquecer também o grande problema ambiental que se tem vindo a desenvolver, consequência de uma proliferação da construção desenfreada onde a aplicação de materiais ecológicos é reduzida.

No entanto, com a tomada de consciencialização ambiental tem-se vindo a recuperar algumas das técnicas de construção vernacular, as quais eram mais *eco-friendly* e, se forem bem exploradas, chegam a revelar mais benefícios na posterior habitabilidade das edificações.

Deste modo, com a realização desta dissertação julga-se ter conseguido contribuído para alertar para a necessidade de conservação do património vernacular da região de Leiria e demonstrar que ainda há a possibilidade de recuperar e oferecer à população ou a turistas habitações construídas com técnicas antigas que traduzem a forma de contruir e viver dos nossos antepassados.

7.2 Desenvolvimentos futuros

Enumeram-se, seguidamente, um conjunto de sugestões que poderão servir como base para o desenvolvimento de futuros trabalhos neste contexto, nomeadamente:

- Continuar a dar importância ao estudo e caracterização das técnicas construtivas com base em terra presentes na região de Leiria, fazendo o mapeamento em outros concelhos e locais, com o intuito de alargar, aprofundar e documentar de forma mais exaustiva este património.
- Proceder a um estudo mais detalhado destes edifícios, no sentido de avaliar e conhecer melhor as suas vulnerabilidades, o que inclui o levantamento de vários pormenores construtivos, que são de extrema importância, na busca de soluções para as acções de conservação ou reabilitação e para a realização de modelos numéricos que possam auxiliar na compreensão do real comportamento dos edifícios por exemplo em situação de sismo.
- Aprofundar o estudo das propriedades das alvenarias de adobe e paredes de taipa da região de Leiria, no que se refere ao comportamento térmico, acústico e ao fogo, com vista à sua reabilitação segundo as normas em vigor e proceder-se à realização de ensaios com várias situações de reforço sísmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR (2008).** *UNE 41410: 2008 - Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques*. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid, AENOR.
- Anger, R., Fontaine, L., Joffroy, T., Ruiz, E. (2011).** *Earthen Construction, an Additional Way to House the Planet*. Private Sector e Development.
- ASTM D2240-05 (2010).** *Standard test method for rubber property – Durometer hardness*. West Conshohocken, PA, ASTM International.
- Bahar, R., Benazzoung M., Kenai S. (2004).** *Performance of compacted cement stabilized soil*. Cement and Concrete Composites 26 (7): 811-820. <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003>
- Bastos, A. (2005).** *Arquitectura Contemporânea na Costa Alentejana*. Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Beirão, T. (2005).** *Taipa na Arquitectura Contemporânea*. Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Beirão T., Mendes M., Cerqueira S. (2007).** *Técnicas de Construção em Taipa*. Formação de Activos em Odemira. Terra em Seminário 2007. Universidade de Aveiro. Argumentum, ISBN 978-972-8479-49-7, Portugal.
- Bruno, P. (2005).** *Taipa Militar; Fortificações do Período de Domínio Muçulmano*. Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Bruno, P. e Faria, P. (2010).** *Cabanas de materiais vegetais na Herdade da Comporta*. Terra em Seminário 2010, M. Fernandes, M. Correia, F. Jorge (Eds.), Lisboa, Argumentum, 2010, p.240-243 (ISBN: 978-972-8479-67-1).
- Bui Q., Morel J., Venkatarama B., Ghayad W. (2009).** *Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering*. Building and Environment 44:912–919. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.001>
- Carvalho, J. (2011).** *Caracterização Material e Construtiva de Edifícios de Adobe em Aveiro*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- CEN (2013).** *EN 16322:2013 – Conservation of Cultural Heritage - Test methods – Determination of drying properties*. Brussels, CEN.
- CML (2010).** *1ª Revisão do Plano Director Municipal de Leiria*. Vol. I Caracterização biofísica. Leiria, Portugal.
- CMP (2014).** *1ª Revisão do Plano Director Municipal de Pombal*. Estudos de Caracterização. Vol. II Caracterização Biofísica. GPU – Gabinete de Planeamento Urbanístico. Pombal, Portugal.
- Correia, M. (2005).** *Taipa na Arquitectura Tradicional*. Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Delgado, M., Guerrero, I. (2006).** *Earth Building in Spain*. Construction and Building Materials 20:679–690. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.02.006>
- Dias, J. (1963).** *A Etnografia como ciência*. Estudos de Antropologia, vol. I, Lisboa, IN-CM,1990.
- Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., Vitoux F. (1979).** *Construir en terre, CRAterre*. Collection Architecture. ISBN 2-86227-009-1, France.

- Faria, P., Santos, T., Aubert J. (2015).** *Experimental characterization of an earth eco-efficient plastering mortar*. Journal of Materials in Civil Engineering, 28 (1), 04015085. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001363.
- Faria-Rodrigues, P., Henriques, F. (2007).** *Construções em terra crua: conservação do património existente e perspectivas futuras*. PATORREB 2006 – 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios. V.P. Freitas, V. Abrantes, C. Díaz Gomes (Eds.). Porto, FEUP, pp. 273-282. ISBN 972-752-085-5.
- Faria-Rodrigues, P. (2007).** *Construções em terra crua. Tecnologias, potencialidades e patologias*. MUSA, 2, pp.149-155.
- Fernandes, M. (2005).** *O Adobe Moldado. Arquitectura de Terra em Portugal*. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Fernandes, M. (2007).** *O adobe e as alvenarias de adobe em Portugal*. Terra em Seminário 2007. V seminário Arquitectura de Terra em Portugal, Universidade de Aveiro, Portugal, Argumentum, ISBN 978-972-8479-49-7.
- Fernandes, M. (2013).** *A Cultura Construtiva do Adobe em Portugal*. Tese de Doutoramento em Arquitectura, especialidade Arquitectura e Construção, FCTUC, Coimbra, Portugal.
- Ferreira, M., Lima, J., Freire, M., Faria, P. (2017).** *Edifícios de adobe e taipa na região de Leiria, Portugal. Levantamento material e documental com vista à sua conservação e reabilitação*. CREPAT 2017 – Aveiro, ISBN: 978-989-20-7623-2, p. 31-40.
- Figueiredo, A., Varum, H., Costa A. (2009).** *Avaliação experimental de uma solução de reforço sísmico de paredes de alvenaria de adobe*. La Arquitectura Construida en Tierra Tradición e Innovación, Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009, José Luis Sáinz Guerra, Félix Jové Sandoval. Valladolid, Espanha. pp. 301-308. ISBN 978-84-693-4554-2.
- Filemio, V. (2009).** *The Architecture and Mechanics of Earthen Structures*. Proceedings of the Third International Congress on Construction History. May, Cottbus, Germany.
- Fonseca, I. (2007).** *Arquitectura de Terra em Avis*. Argumentum, ISBN 978-972-8479-51-0, Portugal.
- Font, J. (2005).** *Construções de Terra em Espanha e Portugal, Diferenças e Semelhanças*. Arquitectura de Terra em Portugal, Argumentum, ISBN 972-8479-36-0, Portugal.
- Gomes, M.I., Gonçalves T., Faria P. (2012).** *Conservação de construções de terra – argamassas para reparação de taipa*. International Journal of Architectural chatte.
- Gomes, M.I., Gonçalves T., Faria P. (2012).** *Análise experimental de argamassa de terra com cais e fibras naturais*. 4º Congresso Português de argamassas e ETICS - APFAC, At Coimbra, Portugal.
- Gomes, M.I. (2013).** *Conservação de construções de taipa: argamassas de reparação*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, especialidade Ciências da Construção, FCT UNL, Lisboa. Portugal.
- Gomes, N. (2015).** *Caracterização de blocos de terra para construção de alvenarias ecoeficientes*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FCT UNL, Lisboa. Portugal.
- Gomes, S., Silva, V., Guedes, J. (2009).** *Boa Vista: Terra de Futuro e Tradição*. Leiria. Portugal.
- Grilo, J. (2013).** *Caracterização de argamassas de cal hidráulica natural NHL 3.5 de fabrico nacional*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FCT-UNL, Lisboa, Portugal.
- Guillaud, H. (2009).** *Characterization of Earthen Materials*. In Terra Literature Review – An Overview of Research. In Earthen Architecture Conservation, eds. E. Avrami, H. Guillaud and M. Hardy. Los Angeles, United States. The Getty Conservation Institute.

- Henriques, F. (2007).** *Humidade em Paredes*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Editor: LNEC; ISBN: 978-972-49-1592-0; 4ª edição, Lisboa.
- Henriques, F. (2011).** *Comportamento Higrotérmico de edifícios*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Houben, H., Guillaud, H. (1994).** *Earth Construction. A comprehensive guide*. CRATerre, Intermediate Technology Publications.
- Jaquin, P., Augarde, C., Gerrard, C. (2006).** *Analysis of Historic Rammed Earth Construction*. Structural Analysis of Historical Constructions, New Delhi. P.B. Lourenço, P. Roca, C. Modena, S. Agrawal (Eds.), ISBN 972-8692-27-7.
- Jayasinghe, C., Kamaladasa, N. (2007).** *Compressive strength characteristics of cement stabilized rammed earth walls*. Construction and Building Materials 21:1971–1976. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.049>
- Jorge, F., Fernandes, M., Correia, M. (2006).** *Arquitectura de Terra em Portugal. 1ª Edição*. Lisboa, Argumentum ISBN 972-8479-36-0.
- LNEC (1966).** *Especificação LNEC E-196. Solos: Análise granulométrica*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa – Portugal.
- LNEC (2016).** *FE Pa 40.1: Ficha de ensaio para revestimentos de paredes - Ensaio de absorção de água por capilaridade para amostras irregulares e friáveis*. Lisboa - Portugal.
- LNEC (2016).** *FE Pa 43.1: Ficha de ensaio para revestimentos de paredes - Ensaio de avaliação de características mecânicas por ultrassons*. Lisboa - Portugal.
- LNEC (2016).** *FE Pa 49.1: Ficha de ensaio para revestimentos de paredes - Ensaio de avaliação da dureza superficial do reboco com durómetro*. Lisboa - Portugal.
- Lourenço, P. (2002).** *Arquitectura de terra: uma visão de futuro [S.l.]*. Companhia de Arquitectura e Design.
- Martins, A., Correia, M. (2007).** *Arquitectura Militar em Terra no Norte de Portugal*. Terra em Seminário 2007. Universidade de Aveiro Portugal. Argumentum, 1ª ed. Outubro 2007, ISBN 978-972-8479-49-7. Portugal.
- Mendonça, P. (2007).** *Paredes não Estruturais em Adobe*. V seminário de arquitectura de Terra em Portugal. Universidade de Aveiro, Portugal. Argumentum, 1ª ed. Outubro 2007. pp. 79-81. ISBN 978-972-8479-49-7.
- Michel, J. (1976).** *Etude sur la Stabilisation et la Compression des Terres. Pour leur utilisation dans la Construction*. Annales de L'Institut Technique De Batiment et des Travaux Publics. Série Matériaux.
- Milleto, C. (2011).** *Terra Europae. Earthen Architecture in the European Union*. Earthen Techniques in Europe. In Akerman, K. Pisa, Edizioni ETS 195-203.
- Minke, G. (2006).** *Building with Earth, Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Birkhäuser – Publishers of Architecture, Basel-Berlin-Boston. ISBN 13- 978-3-7643-7477-8.
- Morel, J., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, P. (2001).** *Building houses with local materials: Means to drastically reduce the environmental impact of construction*. Building and Environment 36(10): 1119-26. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00054-8)
- NABau (2013).** *DIN 18947: 2013 - Earth plasters – Terms and definitions, requirements, test methods (em Alemão)*. Berlin, NABau, DIN – Deutsches Institut für Normung.
- NABau (2013b).** *DIN 18945: 2013 - Earth blocks - Terms and definitions, requirements, test methods (em Alemão)*. Berlin, NABau, DIN – Deutsches Institut für Normung.






- Neto, C. (2008).** *Estratégia para caracterização do edificado em adobe em Aveiro*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro. Portugal.
- Ngowi, A. (1997).** *Improving the traditional earth construction: a case study of Botswana*. Construction and Building Materials, vol 11, n.º 11, pp. 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(97\)00006-8](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(97)00006-8)
- NTE E.080 (2017).** *Reglamento nacional de construcciones*. Norma técnica de edificación – NTE E.080 Adobe. Sencico. Lima.
- Oliveira, I. (2017).** *Caracterização das Casas Caramelas do Concelho de Palmela. Contributo para a sua reabilitação*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Pereira, J., Silva, J. (2012).** *Contributo para a melhoria do desempenho térmico das paredes de taipa*. Congresso Construção 2012, 4º Congresso Nacional, Coimbra, Portugal.
- Pina, C., Matias, L. (2006).** Informação técnica de edifícios, *ITE50 – Coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Versão actualizada 2006. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Quagliarini, E., Lenci, S., Marco, I. (2010).** *Mechanical Properties of Adobe Walls in a Roman Republican Domus at Suasa*. Journal of Cultural Heritage 11:130–137.
- Quintana, L., Baca, L., Lopes, F. (2008).** *La casa tradicional de adobe em Yecapixtla México: Un análisis tipológico*. La Arquitectura Construida en Tierra Tradición e Innovación, Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009, José Luis Sáinz Guerra, Félix Jové Sandoval. Valladolid, Espanha. ISBN 978-84-693-4554-2.
- Quitério, P. (2006).** *Castelo de Paderne, Portugal intervenção na sua muralha Almôada*. La Arquitectura Construida en Tierra Tradición e Innovación, Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009, José Luis Sáinz Guerra, Félix Jové Sandoval. Valladolid, Espanha. ISBN 978-84-693-4554-2.
- Ribeiro, D. (2016).** *Contributo para a caracterização de alvenarias de blocos de terra comprimida*. Tese de mestrado em Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. Portugal.
- Rocha, M. (2005).** *Taipa na Arquitectura Tradicional: Técnica Construtiva*. Arquitectura de Terra em Portugal. Argumentum, ISBN 972-8479-36-0. Portugal.
- Santos, T. (2014).** *Argamassas de terra para rebocos interiores. Ensaios de caracterização e influência da formulação*. Tese de mestrado em Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. Portugal.
- Santos, T., Faria, P. (2015).** *Avaliação de argamassas de terra para rebocos interiores*. Revista Internacional Construlink. Nº36 – SET.2015 VOL 13. ISSN 1645-5576.
- Saraiva, A. (2011).** *Casas Rurais na Alta Estremadura*. CEPAE – Centro do Património da Estremadura. ISBN:978-989-8541-12-3.
- Silva, R., Martinez, O., Oliveira, D., Pereira, E., Soares, E., (2016).** *Reparação de taipa com caldas à base de terra e cal hidráulica*. 10º congresso nacional de mecânica experimental – CNME2016, LNEC, Lisboa.
- Silva, R., Oliveira, D., Miranda, T., Cristelo, N., Escobar, M., Soares, E. (2013).** *Rammed earth construction with granitic residual soils: The case study of northern Portugal*. Construction and Building Materials 47. Pp 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.047>
- Silva R., Oliveira D., Schueremans L., Miranda T., Machado J. (2016).** *Effectiveness of the repair of unstabilised rammed earth with injection of mud grouts*. Construction and Building Materials 127, Pp 861-871. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.064>






- Silveira, D., Varum H., Costa A. (2013).** *Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks.* Construction and Building Materials 40. Pp 719-728. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.058>
- Trindade, V. (2008).** *Construção tradicional no Algarve, caracterização construtiva, análise de anomalias e propostas de intervenção.* Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.
- Varum, H., Costa, A., Pereira, H., Almeida, J. (2006).** *Comportamento Estrutural de Elementos Resistentes em Alvenaria de Adobe.* Terra Brasil 2006, I Seminário de Arquitectura e Construção com Terra no Brasil, IV Seminário Arquitectura de Terra em Portugal, 4-8 Novembro Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.
- Varum, H., Costa, A., Pereira, H., Almeida, J., Rodrigues, H. (2008).** *Caracterização do comportamento estrutural de paredes de alvenaria de adobe.* Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões, 15: 23-32, ISSN 1646-7078.
- Vega, P., Juan, A., Guerra, M., Morán, J., Aguado, P., Llamas B. (2011).** *Mechanical characterisation of traditional adobes from the north of Spain.* Construction and Building Materials 25, 3020-3023. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.02.003>
- Vicente, R., Mendes da Silva, J.A.R., Varum, H. (2006).** *Observação, registo e diagnóstico de anomalias em edifícios no âmbito da reabilitação urbana” – QIC2006,* Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção – LNEC, Lisboa, 21 a 24 Novembro.
- Walker, P. (2002).** *HB 195-2002: The Australian earth building handbook.* Sydney: Standards Australia.






Sítios:






- W1:**<http://culture-terra-incognita.org/images/pdf/map.pdf> (14/02/2017)
- W2:**<http://censos.ine.pt> (18/03/2017)
- W3:**<http://www.lneg.pt> (02/08/2017)
- W4:**<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1Z3f6s4Er1Et9pRDDw6pKwhyI2XUell=39.84099633638185%2C-8.710997225617234ez=19> (16/08/2017)
- W5:**http://host.msgapp.com/uploads/95934/Newsletters/BR%20%20Newsletter/Lab%20Color%20Space_BR.jpg (14/08/2017)






Anexo I - Levantamento completo






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº1	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76165,-8.76587	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº2	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76105,-8.74865	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº3	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76028,-8.74943	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº4	1935	Leiria	Stª. Eufémia	39.760322,-8.74997	Adobe	Revestimentos	Adobes: 0,40 x 0,20 x 0,14 m³	
Casa nº5	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76250,-8.75354	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,40 x 0,18 x 0,15 m³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº6	Sem informação	Leiria	Boa Vista	39.77145,-8.75569	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº7	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76210,-8.75586	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº8	1910	Pombal	Meirinhas	39.84101,-8.71138	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m³	
Casa nº9	1939	Pombal	Meirinhas	39.84166,-8.70373	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº10	1927	Pombal	Meirinhas	39.76028,-8.74943	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº11	1922	Pombal	Meirinhas	39.84158,-8.740252	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº12	1930	Pombal	Meirinhas	39.84179,-8.69828	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº13	1925	Pombal	Meirinhas	39.84156,-8.69761	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº14	1930	Pombal	Meirinhas	39.84081,-8.69713	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m ³	
Casa nº15	1917	Pombal	Meirinhas	39.83998,-8.69537	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m ³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº16	1931	Pombal	Meirinhas	39.83850,-8.69503	Taipa	Revestimentos	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº17	1915	Pombal	Meirinhas	39.83546,-8.69496	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº18	1927	Pombal	Meirinhas	39.83798,-8.69939	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m ³	
Casa nº19	1932	Pombal	Meirinhas	39.83813,-8.69390	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº20	1927	Pombal	Meirinhas	39.83873,-8.69398	Taipa Adobe	Revestimentos	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m ³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº21	1890	Pombal	Meirinhas	39.83859,-8.69459	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,30 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº22	1890	Pombal	Meirinhas	39.84102,-8.69151	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº23	1908	Pombal	Meirinhas	39.84761,-8.69517	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº24	1920	Pombal	Meirinhas	39.84733,-8.69385	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº25	1928	Pombal	Meirinhas	39.85004,-8.69155	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº26	1877	Pombal	Meirinhas	39.85062,-8.69093	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m³	
Casa nº27	1940	Pombal	Meirinhas	39.85164,-8.68964	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº28	1907	Pombal	Meirinhas	39.84946,-8.69569	Taipa Adobe	Taipa	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº29	1942	Pombal	Meirinhas	39.84076,-8.71733	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº30	1929	Pombal	Meirinhas	39.84403,-8.69569	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº31	1931	Pombal	Meirinhas	39.84283,-8.69592	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m ³	
Casa nº32	1927	Pombal	Meirinhas	39.84207,-8.69648	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m ³	
Casa nº33	1929	Pombal	Meirinhas	39.84218,-8.69645	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,60 x 0,40 m ³	
Casa nº34	Sem informação	Pombal	Pombal	39.91872,-8.64345	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº35	Sem informação	Pombal	Pombal	39.89616,-8.66032	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m ³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº36	Sem informação	Pombal	Vermoil	39.87536,-8.67456	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº37	1915	Pombal	Vermoil	39.87367,-8.67725	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº38	Sem informação	Pombal	Vermoil	39.86014,-8.67857	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº39	Sem informação	Pombal	Vermoil	39.8599,-8.68368	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³	
Casa nº40	Sem informação	Pombal	Vermoil	39.86166,-8.69015	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m³ Adobes: 0,36 x 0,14 x 0,12 m³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº41	Sem informação	Pombal	Vermoil	39.84840,-8.65850	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº42	Sem informação	Leiria	Bidoeira de Cima	39.8301,-8.7681	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº43	Sem informação	Leiria	Bidoeira de Cima	39.82923,-8.76447	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº44	Sem informação	Leiria	Bidoeira de Cima	39.82891,-8.75730	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº45	Sem informação	Leiria	Bidoeira de Cima	39.82728,-8.75650	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº46	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81523,-8.75171	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº47	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81506,-8.75123	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº48	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81407,-8.75210	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº49	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81448,-8.75213	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº50	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81469,-8.75190	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº51	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81495,-8.75185	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº52	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81491,-8.75092	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº53	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81556,-8.75070	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº54	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81597,-8.75049	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº55	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81647,-8.75006	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº56	Sem informação	Leiria	Milagres	39.80876,-8.75793	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº57	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.80802,-8.73808	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº58	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.80831,-8.73551	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº59	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.82635,-8.7006	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,30 x 0,14 x 0,12 m³	
Casa nº60	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.82713,-8.69813	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº61	1940	Leiria	Colmeias	39.82774,-8.69406	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,40 x 0,24 x 0,12 m³	
Casa nº62	Sem informação	Leiria	Caranguejeira	39.77052,-8.72453	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº63	1914	Leiria	Stª. Eufémia	39.76076,-8.76809	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº64	Sem informação	Leiria	Stª. Eufémia	39.76117,-8.76774	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº65	Sem informação	Leiria	Boa Vista	39.76384,-8.76847	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº66	1945	Leiria	Boa Vista	39.77211,-8.75231	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº67	Sem informação	Leiria	Boa Vista	39.77149,-8.75445	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº68	1935	Leiria	Boa Vista	39.77505,-8.76090	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº69	1902	Leiria	Monte Redondo	39.92382,-8.85137	Adobe	Rebocos e Adobes	Adobes: 0,42 x 0,30 x 0,14 m³	
Casa nº70	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.92391,-8.85111	Adobe	Rebocos e Adobes	Adobes: 0,42 x 0,30 x 0,14 m³	






Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº71	Sem informação	Pombal	Ilha	39.91792,-8.77302	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº72	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.78788,-8.71993	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº73	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.78858,-8.72089	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº74	Sem informação	Leiria	Colmeias	39.78998,-8.72107	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº75	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81173,-8.74898	Taipa Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	

Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº76	Sem informação	Leiria	Milagres	39.81192,-8.74864	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº77	Sem informação	Pombal	Carnide	39.89136,-8.70174	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,50 m³	
Casa nº78	Sem informação	Pombal	Pombal	39.90190,-8.70334	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº79	Sem informação	Pombal	Carnide	39.90293,-8.71577	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº80	Sem informação	Pombal	Carnide	39.90779,-8.71740	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	

Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº81	Sem informação	Pombal	Mata Mourisca	39.91616,-8.72012	Taipa	Rebocos	Taipa: 2,00 x 0,70 x 0,40 m ³	
Casa nº82	Sem informação	Pombal	Ilha	39.92113,-8.74810	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,46 x 0,18 x 0,16 m ³	
Casa nº83	Sem informação	Pombal	Ilha	39.9079,-8.74321	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,46 x 0,18 x 0,16 m ³	
Casa nº84	Sem informação	Pombal	Ilha	39.92528,-8.76071	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,46 x 0,18 x 0,16 m ³	
Casa nº85	Sem informação	Pombal	Ilha	39.92487,-8.76036	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,46 x 0,18 x 0,16 m ³	

Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº86	Sem informação	Pombal	Ilha	39.91912,-8.76506	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Adobes: 0,46 x 0,18 x 0,16 m³	
Casa nº87	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.92167,-8.85320	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº88	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.15220,-8.85174	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº89	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.90504,-8.85228	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº90	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.88183,-8.86533	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	

Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº91	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.88028,-8.86567	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº92	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.87837,-8.87036	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº93	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.87402,-8.79394	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº94	Sem informação	Leiria	Milagres	39.79931,-8.76602	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº95	Sem informação	Pombal	Meirinhas	39.84512,-8.69559	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	

Identificação	Ano de construção	Concelho	Localidade	Coordenadas GPS	Tipologia	Amostras	Dimensões dos elementos	Imagem
Casa nº96	Sem informação	Pombal	Pombal	39.91438,-8.62985	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº97	Sem informação	Leiria	Leiria	39.74515,-8.81228	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Casa nº98	Sem informação	Leiria	Monte Redondo	39.89418,-8.84549	Adobe	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Forno da cal	Sem informação	Leiria	Milagres	39.80879,-8.75729	-	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	
Muro de terra	Sem informação	Pombal	Meirinhas	39.91912,-8.76506	Taipa	Não foram recolhidas amostras	Não se mediram os elementos	

Anexo II – Fichas de levantamento/inspecção e peças desenhadas

IDENTIFICAÇÃO DOS EDIFÍCIOS ANALISADOS				1
Nº edifício/Casa		Nº 4	Nº 29	
Data de inspecção		28/02/2017	27/02/2017	
Localização	Localidade	Stª. Eufémia	Meirinhas	
	Concelho	Leiria	Pombal	
	Coordenadas	39.76018, -8.75004	39.84076, -8.71733	
Ano de construção		1935	1942	
Ano de abandono		Sem informação	2011	
Classificação		Privado	Privado	
Implantação		Isolado	Isolado	
Estado de conservação do edifício (0,0-5,0)		2,0	2,0	
Nº de fachadas com abertura		4	3	
Nº de pisos		1	1	
Pé Direito (m)	Cave	---	---	
	Piso Térreo	3,06	2,60	
	1º Andar	---	---	
	2º Andar	---	---	
Utilização (anterior ao abandono)		Habitação	Habitação	

--- : Não se verificou a existência

(?): Não foi possível visualizar e/ou avaliar

CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA				2
Nº Edifício/ Casa		Nº 4	Nº 29	
Geometria				
• Tipo e Nº de águas		Inclinada; 3	Inclinada; 2	
Revestimento				
• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)		Marselha; 2,0	Marselha; 2,0	
Isolamento térmico		Não	Não	
Singularidades		Não	Não	
Dimensões do beirado (m)		0,30 (+/-)	0,20 (+/-)	
Caleira (interior/exterior)		Não	Não	
Estrutura de suporte				
• Material		Madeira	Madeira	
• Tipo		Asna fechada	Asna fechada	
• Dimensões dos elementos estruturais principais				
• Madres (cm)				
- b (cm)		(?)	(?)	
- h (cm)		(?)	(?)	
- Ø (cm)		(?)	(?)	
• Vigas (cm)				
- b (cm)		(?)	(?)	
- h (cm)		(?)	(?)	
- Ø (cm)		(?)	(?)	
• Pernas (cm)				
- b (cm)		(?)	(?)	
- h (cm)		(?)	(?)	
• Pendural (cm)				
- b (cm)		(?)	(?)	
- h (cm)		(?)	(?)	
• Linhas (cm)				
- b (cm)		(?)	(?)	
- h (cm)		(?)	(?)	
• Ligações às paredes:				
• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)		Encaixe dos elementos estruturais de madeira na alvenaria; observa-se muito pouco, não se classificou	Encaixe dos elementos estruturais de madeira na alvenaria; observa-se muito pouco, não se classificou	
• Impulsos horizontais sobre paredes e estado de conservação (0,0-5,0)		Não; observa-se muito pouco, não se classificou	Não; observa-se muito pouco, não se classificou	

ANOMALIAS DA COBERTURA			3
Nº Edifício/ Casa	Nº 4	Nº 29	
Revestimento:			
<ul style="list-style-type: none"> Encaixe deficiente Sobreposição Desalinhamento Descolagem Fracturas Outras 	Não Não Não Não Sim Sim	Não Não Não Não Sim Sim	
Argamassa excessiva:			
<ul style="list-style-type: none"> Juntas entre revestimentos Cumieira/rincão Beiral/beirado 	Não Não Não	Não Não Não	
Rufagem:			
<ul style="list-style-type: none"> Deficiente 	---	---	
Remates deficientes:			
<ul style="list-style-type: none"> Laró Cumieira 	Não Não	Não Não	
Geometria inadequada	Não	Não	
Pontos singulares mal concebidos	Não	Não	
Erro de construção dos beirais/beirados	Não	Não	
Pendente:			
<ul style="list-style-type: none"> Excessiva Insuficiente 	Não Não	Não Não	
Infiltrações	Sim	Sim	
Condensações interiores (manchado)	Sim	Sim	
Acumulação			
<ul style="list-style-type: none"> Musgos e bolores Vegetação pioneira 	Sim Sim	Sim Sim	
Corrosão em elementos metálicos			
<ul style="list-style-type: none"> Não estruturais Estruturais 	--- ---	--- ---	
Degradação/ envelhecimento dos materiais			
<ul style="list-style-type: none"> Não estruturais Estruturais 	Sim Sim	Sim Sim	
Estrutura de suporte			
<ul style="list-style-type: none"> Deformação excessivas das asnas <ul style="list-style-type: none"> Valor (cm) Deformação excessiva das madres <ul style="list-style-type: none"> Valor (cm) Bambeamento por ausência ou degradação do contraventamento Fissuração/esmagamento <ul style="list-style-type: none"> Asnas Vigas Madres Fragilização da ligação da estrutura à parede Destacamento do recobrimento (betão armado) 	(?) (?) (?) (?) (?) (?) (?) ---	(?) (?) (?) (?) (?) (?) (?) ---	

CARACTERIZAÇÃO DAS PAREDES DA FACHADA			4
Nº Edifício /Casa		Nº 4	Nº 29
Estrutura de suporte			
F.Prín.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo • Espessura (cm) • Função • Estado de conservação (0,0-5,0) 	Alvenaria de adobe, 1 vez 45 (+/-) Resistente 2,5	Taipa 45 (+/-) Resistente 3,0
F.L.D.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo • Espessura (cm) • Função • Estado de conservação (0,0-5,0) 	Alvenaria de adobe, 1 vez 45 (+/-) Resistente 2,5	Taipa 45 (+/-) Resistente 3,0
F.L.E	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo • Espessura (cm) • Função • Estado de conservação (0,0-5,0) 	Alvenaria de adobe, 1 vez 45 (+/-) Resistente 2,5	Taipa 42 (+/-) Resistente 2,0
F.Pos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo • Espessura (cm) • Função • Estado de conservação (0,0-5,0) 	Alvenaria de adobe, 1 vez 45 (+/-) Resistente 2,5	Taipa 45 (+/-) Resistente Não é possível observar
Execução da ligação entre as paredes		Encaixe	Não é possível observar
Execução dos vãos		Padieiras: com viga(s) em madeira	Não é possível observar
Equipamento pesado ligado à envolvente		Não	Não
Revestimento			
F. Pri.	• Tipo e estado de conservação (0,0 - 5,0)	Revestimento de areia e cal aérea com pintura a ocre; 2,0	Revestimento de areia e cal aérea com pintura por caiação; 2,0
F.L.D	• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)	Revestimento de areia e cal aérea com pintura a ocre; 2,0	Revestimento de areia e cal aérea com pintura por caiação; 2,0
F.L.E	• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)	Revestimento de areia e cal aérea; 2,0	(?); 1,5
F.Pos.	• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)	Revestimento de areia e cal aérea; 1,0	(?); (?)

ANOMALIAS DAS PAREDES DA FACHADA								5
Nº edifício/ casa	Nº 4				Nº 29			
Fachadas	F.Pri.	F.L.D	F.L.E	F.Pos	F.Pri.	F.L.D	F.L.E	F.Pos
Fissuração (excluindo fissuração junto a aberturas):	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	(?)
• Fissuração:								
• Na estrutura de suporte e revestimento	(?)	Sim	Sim	Sim	(?)	(?)	Sim	(?)
• Somente no revestimento	(?)	Não	Não	Não	(?)	(?)	Não	(?)
• Padrão de fissuração em altura:								
• Concentração na base	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Concentração no topo	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	(?)
• Uniformemente em altura	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Sem padrão	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	(?)
• Padrão de fissuração em largura:								
• Concentração no lado esquerdo	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Concentração a meio	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Concentração no lado direito	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Uniformemente distribuída em largura	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	(?)
• Sem padrão	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	(?)
• Orientação das fissuras:								
• Essencialmente horizontal	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	(?)
• Essencialmente vertical aérea	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	(?)
• Essencialmente inclinada	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Sem padrão	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	(?)
Concentração de fissuras em aberturas:	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	---	(?)
• Fissuração:								
• Na estrutura de suporte e revestimento	(?)	(?)	(?)	(?)	(?)	(?)	---	(?)
• Somente no revestimento	(?)	(?)	(?)	(?)	(?)	(?)	---	(?)
• Orientação das fissuras em aberturas:								
• Essencialmente vertical aérea	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	---	(?)
• Essencialmente horizontal	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	---	(?)
• Essencialmente inclinada	Não	Não	Não	Não	Não	Não	---	(?)
• Sem padrão	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	---	(?)
Causas possíveis de fissuração								
• Por assentamento das fundações	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Por deformação excessiva dos elementos de suporte	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Localizada com esmagamento	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Devido a concentração de tensões	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	(?)
• Por retracção do revestimento	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	(?)
• Inadaptabilidade e incompatibilidade de suporte-revestimento	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Devido a corrosão dos elementos metálicos	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Devido a reacção a sais	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
(eflorescências/criptoflorescências)								
• Devido a acções térmicas e humanas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Outras	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	(?)
Inclinação das paredes	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Deslocamento horizontal das paredes	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
• Descrição	---	---	---	---	---	---	---	---
Abaulamento das paredes de fachadas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
• Causas	---	---	---	---	---	---	---	---
Assentamentos diferenciais	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Anomalias em cunhais:								
• Falta de perpendicularidade	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
• Afastamento das paredes/fissuração em cunhais	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
Perda de esquadria em vãos	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não

Lintéis abaulados	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Humidade:								
• Ascensional	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	(?)
• Escorrências	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	(?)
• Condensações superficiais	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Condensações internas	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(?)
• Por infiltração através de platibandas e guardar de terraço	---	---	---	---	---	---	---	---
• Por infiltrações pelas ligações caixilharia/fachada	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
• Por infiltrações pela cal interior da cobertura	---	---	---	---	---	---	---	---
Outras:								
• Expansão de alvenarias por acção térmica e/ou humidade	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
• Envelhecimento dos materiais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
• Destacamento/deslocamento do revestimento	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	(?)
• Tinta descascada/empolada	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	(?)
• Queda de revestimento	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	(?)
• Poluição, grafitis, musgos, bolores	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

CARACTERIZAÇÃO DOS PAVIMENTOS			6
Nº edifício/Casa	Nº 4	Nº 29	
Piso	Piso térreo	Piso térreo	
Estrutura de suporte			
• Material	Madeira	Madeira	
• Tipo	Piso sobreelevado com desvão de 0,40 m	Piso sobreelevado com desvão de 0,40 m	
• Dimensões dos elementos estruturais principais:			
• Madeira:			
• Vigas:			
• b (cm)	(?)	(?)	
• h (cm)	(?)	(?)	
• Barrotes:			
• b (cm)	(?)	(?)	
• h (cm)	(?)	(?)	
• Laje de betão armado:			
• h (cm)	---	---	
• Perfis de aço:			
• b (cm)	---	---	
• h (cm)	---	---	
Ligações às paredes:			
• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)	(?); (?)	(?); (?)	
• Piso com desnível e estado de conservação (0,0-5,0)	Sim; (?)	Sim; (?)	
Revestimento:			
• Tipo e estado de conservação (0,0-5,0)	Todas as divisões: soalho de madeira; 2,0	Todas as divisões: soalho de madeira; 2,0	
Piso térreo com caixa de ar	Sim	Sim	

ANOMALIAS DOS PAVIMENTOS				7
Nº edifício/casa		Nº 4	Nº 29	
Revestimentos		Piso térreo	Piso térreo	
Madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Ataque biológico • Apodrecimento por humidades • Fissuras • Abaulamentos/empolamentos • Envelhecimento dos materiais 	Sim Sim Sim Não Sim	Sim Sim Sim Não Sim	
Ladrilhos cerâmicos/mosaicos hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> • Descolamento <ul style="list-style-type: none"> • Perda de aderência • Empolamento • Fissuração • Alteração da cor • Desgaste • Desprendimento do vidro • Envelhecimento dos materiais 	--- --- --- --- --- ---	--- --- --- --- --- ---	
Vinílico s/alcatifa, s/manta	<ul style="list-style-type: none"> • Rasgos • Descolagem • Desgaste • Envelhecimento dos materiais 	--- --- --- ---	--- --- --- ---	
Outros	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração • Desgaste • Envelhecimento dos materiais 	--- --- ---	--- --- ---	
Estrutura de suporte				
Vigas/Barrotes	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração • Deformação excessiva <ul style="list-style-type: none"> • Valor (mm) • Bambeamento (instabilidade por flexão e torção) • Destacamento do recobrimento (betão armado) • Corrosão (da viga metálica ou da viga de betão armado) • Degradação da madeira <ul style="list-style-type: none"> • Apodrecimento por humidade • Ataque biológico • Envelhecimento 	(?) (?) (?) (?) --- --- (?) (?) (?)	(?) (?) (?) (?) --- --- (?) (?) (?)	
Lajes	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração • Deformação excessiva <ul style="list-style-type: none"> • Valor (mm) • Destacamento do recobrimento (betão armado) 	--- --- --- ---	--- --- --- ---	
<ul style="list-style-type: none"> • Fragilização de ligações • Abaixamento do nível do piso térreo: <ul style="list-style-type: none"> • Uniforme <ul style="list-style-type: none"> • Valor (mm) • Diferido • Localizado • Deslocamentos horizontais do piso térreo 		(?) Não --- --- --- Não	(?) Não --- --- --- Não	

AVALIAÇÃO DAS PAREDES INTERIORES			8
Nº edifício/Casa	Nº 4	Nº 29	
Estrutura de suporte			
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo • Dimensões (cm) • Função resistente • Estado de conservação (0,0-5,0) 	<p>Alvenaria de adobe; tabique fasquiado.</p> <p>Alvenaria de adobe: 32x14x10; Tabique fasquiado: (?)</p> <p>Alvenaria de adobe: sim; Tabique fasquiado: não.</p> <p>2,0 (paredes de adobe) 0,0 (paredes divisórias - demolidas)</p>	<p>Alvenaria em taipa; tijolo maciço</p> <p>Taipa: 40 de espessura Tijolo maciço: 15 e 28 de espessura</p> <p>Taipa: Sim Tijolo maciço: Não</p> <p>Taipa: 2,0</p>	
Revestimento			
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo e estado de conservação (0,0-5,0) 	Pintura por caiação, argamassa de areia; 1,5	Pintura com tinta de água plástica, argamassa de areia e cal aérea; 2,0	
Anomalias			
<ul style="list-style-type: none"> • Manchas: <ul style="list-style-type: none"> • De humidade • Outras • Bolores • Descasque da tinta • Descasque ou queda do reboco • Danificação dos materiais • Escorrências • Descolagem do lambril • Abaulamento: <ul style="list-style-type: none"> • Carga excessiva • Retracção • Expansão • Fissuras • Desagregação • Esmagamento localizado • Perda esquadria em vãos • Lintéis abaulados • Fragilização da ligação das paredes à restante estrutura 	<p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Sim</p>	<p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Sim</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Não</p> <p>Sim</p>	

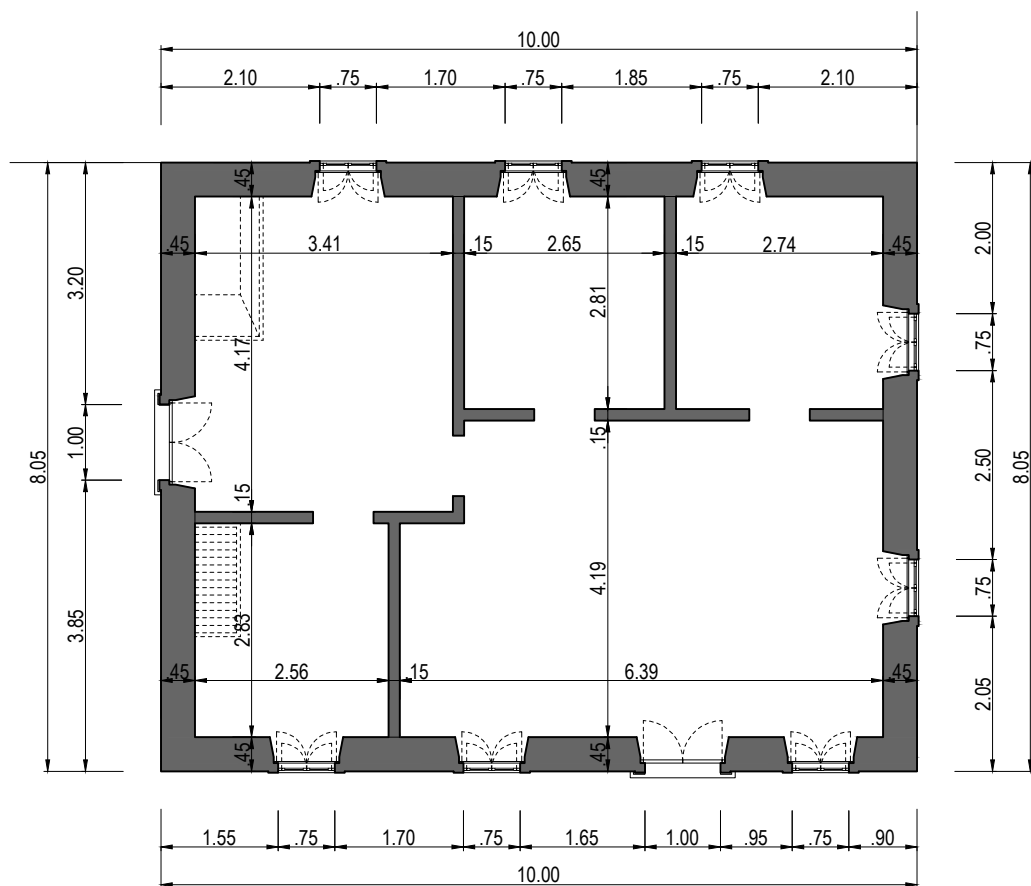
AVALIAÇÃO DOS TECTOS			9
Nº edifício/casa	Nº 4	Nº 29	
Piso	Térreo	Térreo	
Constituição	Forro composto por fasquiado de madeira	Forro composto por fasquiado de madeira	
Estado de conservação (0,0-5,0)	2,0	2,0	
Anomalias			
<ul style="list-style-type: none"> Manchas <ul style="list-style-type: none"> De humidade Outras Bolores Descasque da tinta Descasque/queda do reboco Danificação das madeiras Apodrecimento das madeiras Fissuras Envelhecimento dos materiais 	Sim Sim Sim Não Não Sim Sim Não Sim	Sim Sim Sim Não Não Sim Sim Não Sim	

CARACTERIZAÇÃO DE OUTOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS			10
Nº edifício/casa	Nº 4	Nº 29	
Arcos e abóbodas			
<ul style="list-style-type: none"> Existência de arcos ou abóbodas/nº Localização Constituição Dimensões: <ul style="list-style-type: none"> Vão (m) Flecha (m) Estado de conservação (0,0-5,0) 	Não --- --- --- --- ---	Não --- --- --- --- ---	
Pilares			
<ul style="list-style-type: none"> Existência de pilares Localização Constituição Dimensões: <ul style="list-style-type: none"> h (m) a (m) b (m) Φ (cm) Estado de conservação (0,0-5,0) 	Não --- --- --- --- ---	Não --- --- --- --- ---	
Escadas			
<ul style="list-style-type: none"> Existência de escadas / nº Localização Constituição das escadas e estado de conservação (0,0-5,0) 	Sim / 1 Interiores, sala de arrumos (Ligação do piso térreo ao sótão) Madeira; 1,0	Não/0 --- ---	

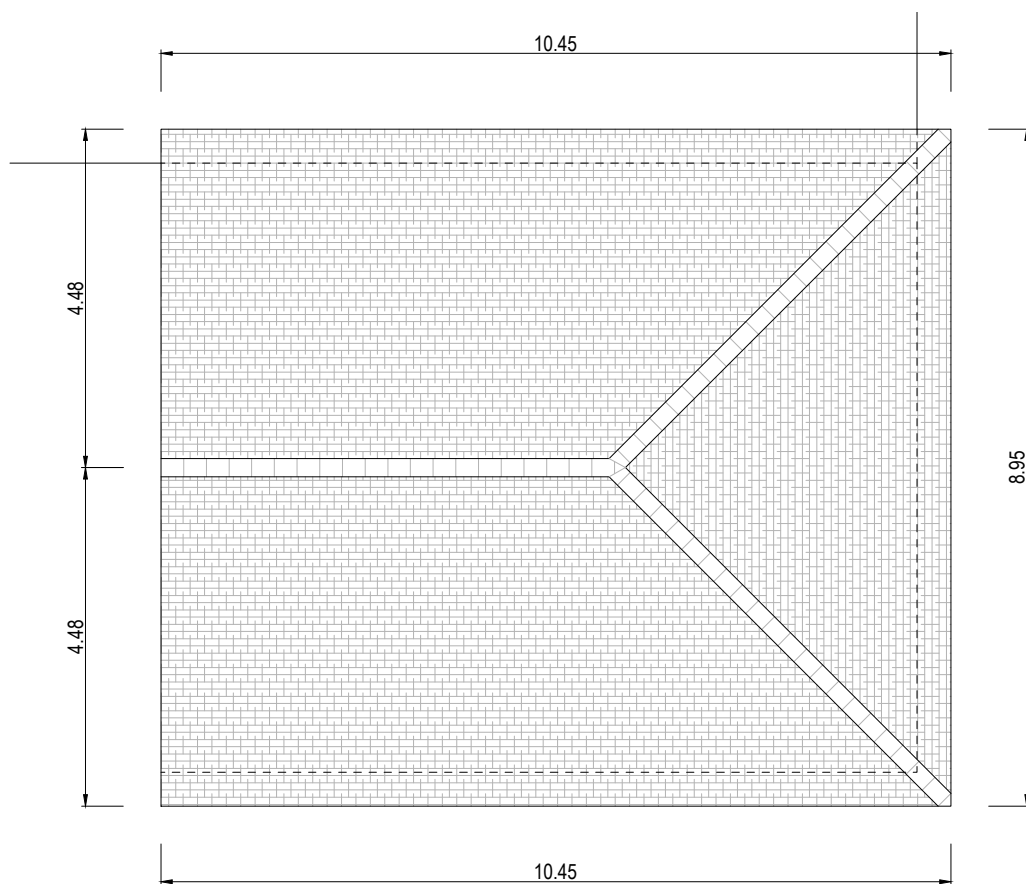
ANOMALIAS DE OUTROS ELEMENTOS ESTRUTURAIS			11
Nº edifício/casa	Nº 4	Nº 29	
Anomalias em arcos ou abóbadas			
<ul style="list-style-type: none"> Fissuração Degradação/envelhecimento do(s) material(is) 	---	---	
Anomalias em pilares			
<ul style="list-style-type: none"> Fissuração Falta de verticalidade Varejamento (instabilidade por flexão) Destacamento do recobrimento (betão armado) Corrosão Degradação de argamassa Degradação da madeira Assentamento Envelhecimento 	---	---	
Anomalias em escadas			
<ul style="list-style-type: none"> Empenas Curtas Degradadas Apodrecimento por humidades Outras 	Não	---	
	Não	---	
	Sim	---	
	Sim	---	
	Não	---	

MATERIAIS TRADICIONAIS			12
Nº edifício/casa	Nº 4	Nº 29	
Unidades de adobe-taipa			
<ul style="list-style-type: none"> Localização no edifício Dimensões (m³) Cor Materiais constituintes 	Visível nas fachadas laterais direita e esquerda 0,40x0,28x0,16 Bege Terra	Visível na fachada lateral esquerda 2,00x0,7x0,4 Castanho escuro Terra	
Argamassa de junta tradicionais			
<ul style="list-style-type: none"> Localização no edifício Espessura das juntas (m) Cor Materiais constituintes 	Visível nas fachadas laterais direita e esquerda 0,02 Bege Areia + Cal aérea	Visível na fachada lateral esquerda 0,02 Castanho Areia + Cal aérea	
Argamassas de revestimentos tradicionais			
<ul style="list-style-type: none"> No interior Localização no edifício Espessura do revestimento (m) Cor <ul style="list-style-type: none"> Materiais constituintes No exterior <ul style="list-style-type: none"> Localização no edifício Espessura do revestimento (m) Cor Materiais constituintes 	Impossível observar (?) (?) (?)	Impossível observar (?) (?) (?)	
	Visível nas fachadas laterais direita e esquerda 0,025 Bege Areia + Cal aérea	Visível nas fachadas principal e direita Impossível medir Branco Areia + Cal aérea	

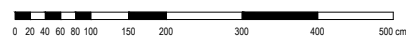
OBSERVAÇÃO DO TERRENO E DE EDIFÍCIOS/ANEXOS ADJACENTES			13
Nº edifício/casa	Nº 4	Nº 29	
Terreno			
• Existência de desníveis	Não	Não	
• Deslocamentos horizontais	Não	Não	
• Deslocamentos verticais	Não	Não	
Muros ligados ao edifício			
• Função	Não	Não	
• Constituição	---	---	
• Dimensões			
• Espessura na base (cm)	---	---	
• Espessura no topo (cm)	---	---	
• Altura (m)	---	---	
• Contrafortes	---	---	
• Inclinação (°)	---	---	
• Estado de conservação (0,0-5,0)	---	---	
• Anomalias			
• Fissuração	---	---	
• Manchas de humidade	---	---	
• Desagregação do material	---	---	
• Esmagamento	---	---	
• Envelhecimento	---	---	
• Consolidação/escoramento	---	---	
Anexos			
• Idade	Idêntica	Posterior	
• Altura	Inferior	Igual e Superior	
• Caves	Não	Não	
Edifícios confinantes			
• Idade	Idêntica	---	
• Altura	Idêntica	---	
• Caves	Não	---	



Planta do piso térreo

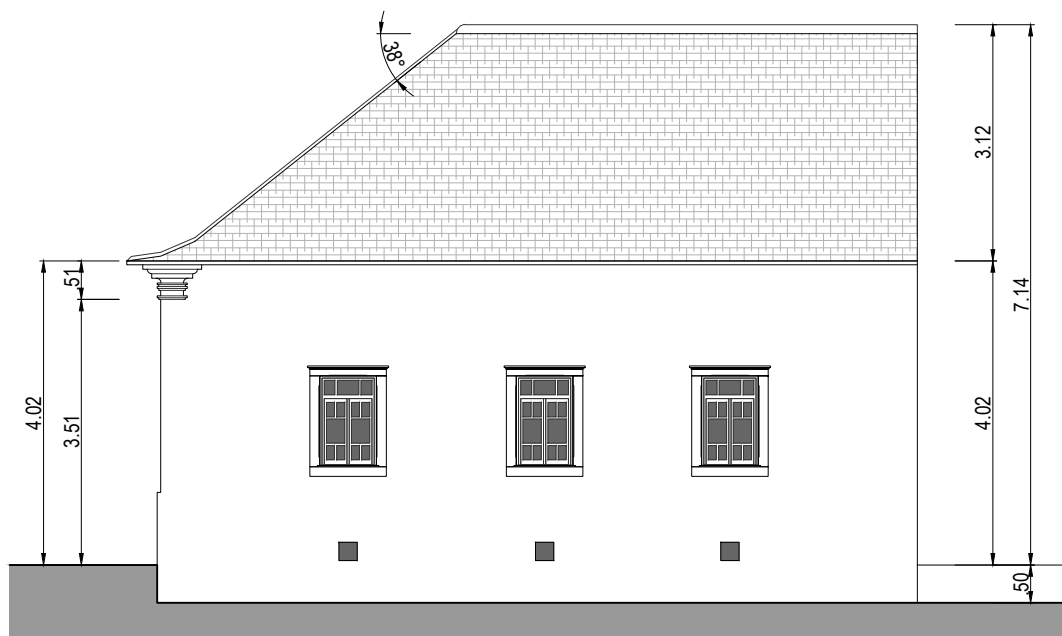


Planta da cobertura



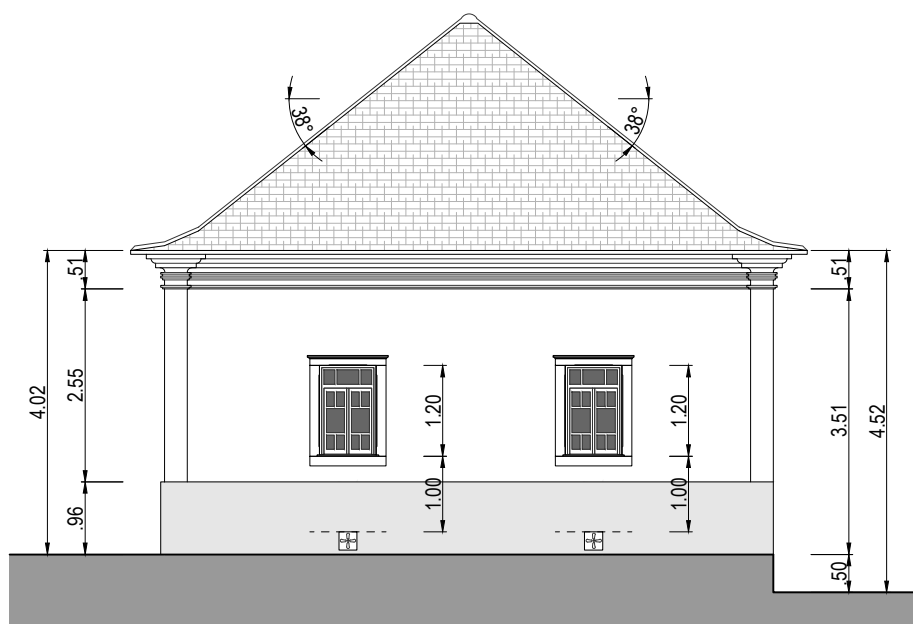


Alçado Norte

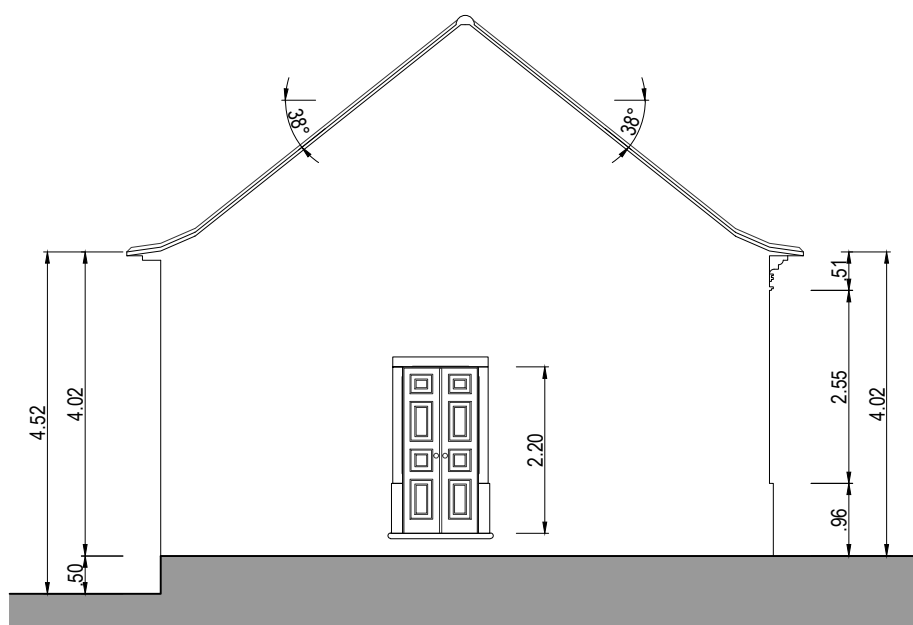


Alçado Sul

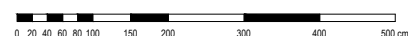


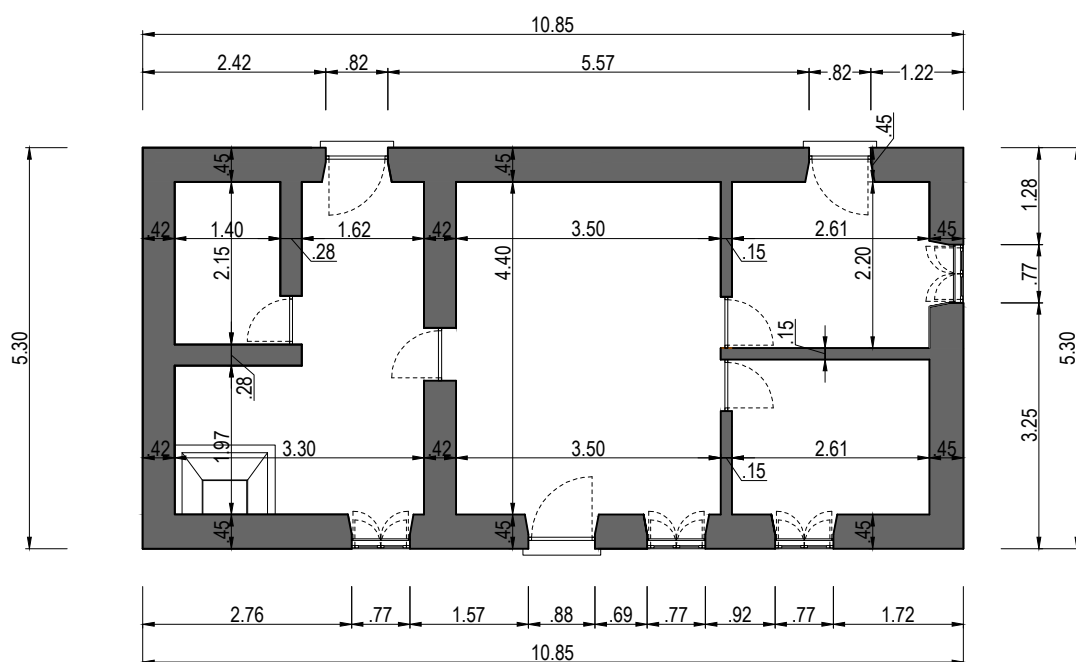
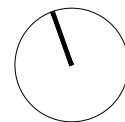


Alçado Oeste

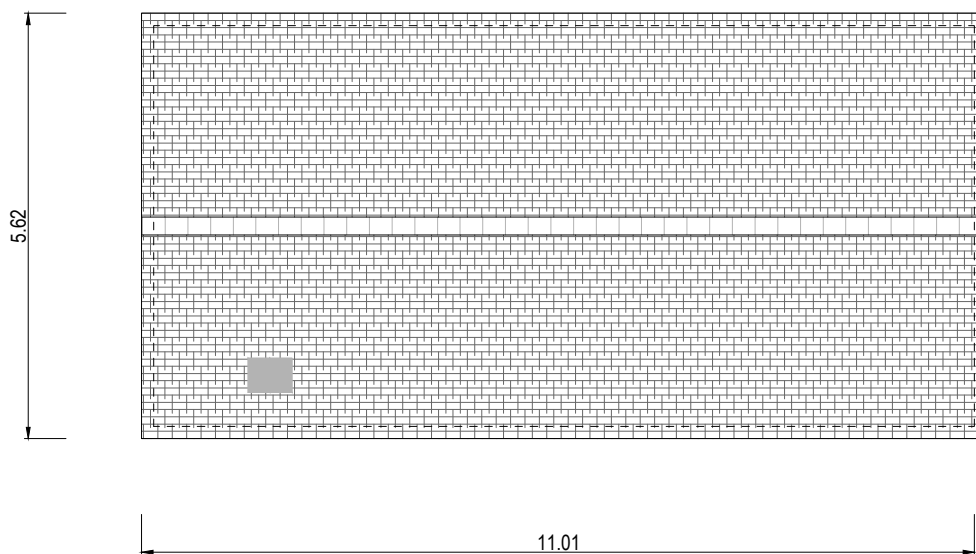


Alçado Este

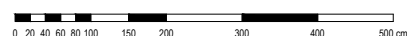


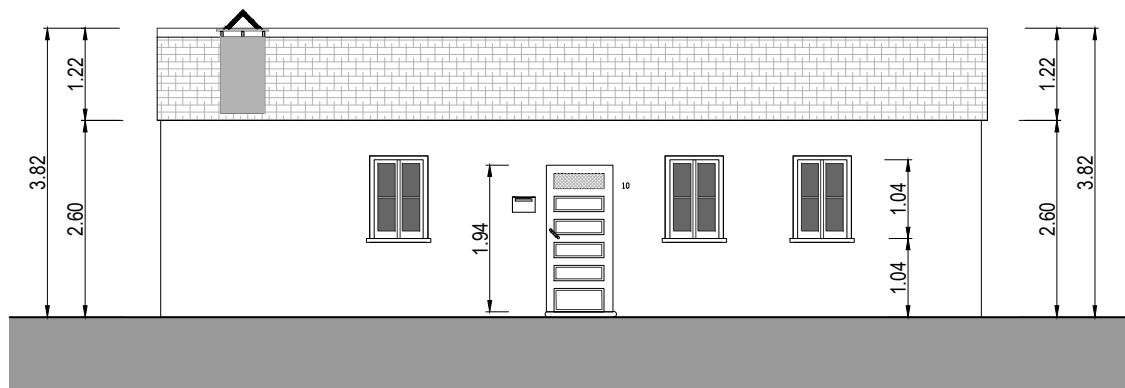


Planta do piso térreo

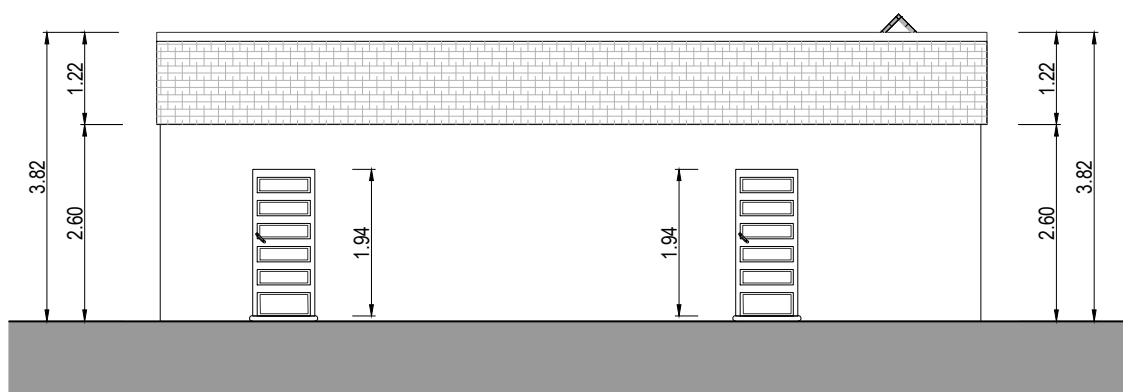


Planta da cobertura

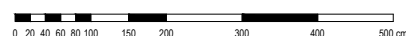


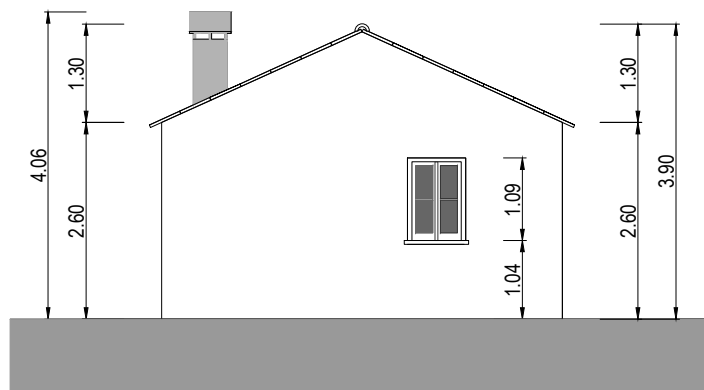


Alçado Sul

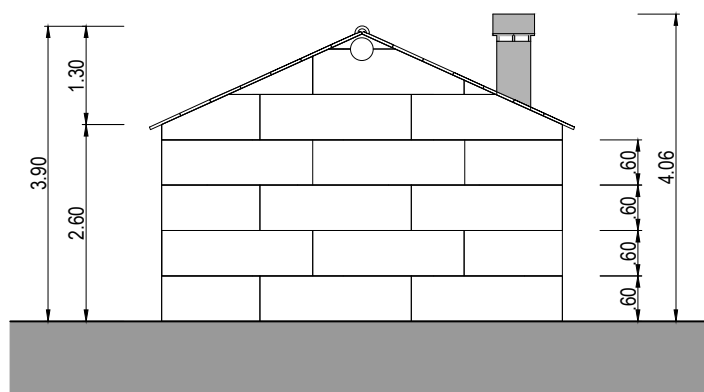


Alçado Norte

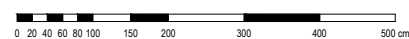




Alçado Este



Alçado Oeste



Anexo III - Recolha oral (conversa/entrevista)

A nível internacional existem diversas campanhas criadas por grupos e associações como a CRATerre que procuraram junto das populações através de questionários e recolhas orais obter o máximo de informação sobre o património edificado de terra. Exemplo disso, é o inventário participativo coordenado pelo arquitecto Emmanuel Mille sobre a herança de adobe na área de Lyon (França, 2017).

Na visita à aldeia de Casal da Quinta (freguesia de Milagres, concelho de Leiria) foi possível contactar, através da senhora dona Rosário, com o senhor António Garrido (mais conhecido por António da Estrada pelos seus conterrâneos), antigo mestre construtor que simpaticamente falou dos seus tempos de trabalho e mocidade. Toda a conversa/entrevista ficou registada por escrito onde se abordaram assuntos como o adobe e a taipa na região, os métodos construtivos, os materiais utilizados e a utilização da cal na construção e a localização dos fornos da cal da região.



Nome completo: António Fonseca Garrido
Data de nascimento: 07/07/1929 (88 anos)
Morada: Casal da Quinta (Leiria)
Profissões: Construtor, Resineiro e Agricultor

O que se segue consiste numa aproximação à entrevista/conversa possível com o senhor António Garrido:

Rosário (R) - Boa tarde Senhor António, podemos ter uma pequena conversa consigo?

António Garrido (AG) – Boa tarde, podemos conversar, mas quem são vocês?

Rosário (R) - É a Rosário (R) aqui do Casal da Quinta e este rapaz é o Micael Ferreira (MF) das Meirinhas que tem algumas perguntas para lhe fazer sobre o adobe e taipa...

AG – Então perguntem lá...

MF – Senhor António, disseram-me que o senhor em novo construiu casas de terra, sabe-me dizer o que é o adobo ou adobe?

AG – É verdade sim senhor, o adobo são uns blocos de terra que nós fazíamos para construir as casas antes de haver o tijolo...

MF – Então e como é que faziam para extrair a terra e onde é que a iam buscar?

AG – A terra era cavada logo no terreno e tirava-se do fundo cá para cima... nem toda a terra prestava...

MF – Senhor António, nem toda a terra prestava? O que quer dizer com isso?

AG – A terra era cavada até se encontrar uma terra gorda que não fosse só areia e nem só barro...

MF – Então e encontravam em qualquer zona essa terra boa para fazer os adobes?

AG – Aqui nestas bandas quase toda a terra é boa para isso... mais lá mais para cima (apontando com o dedo para norte) as terras começam a não ser... tem mais pedras grossas...

MF – Eu na zona de Pombal tenho visto mais construções de taipa que adobe... acha que é por essa razão?

AG – É capaz, mas quem sou eu para ter certeza...

R – Então e diga-me uma coisa, aqui no Casal da Quinta construiu mais com taipa ou com adobe?

AG – Aqui era só adobe, era raro fazer taipa...

MF – Então e quando faziam os adobes misturavam alguma coisa? Como cal ou palha?

AG – A palha dávamos aos animais (riu-se) ... e a cal? (fez cara séria) ... rapaz...a cal era cara e mal empregue para misturar com a terra...

MF – Mal empregue? Então não usavam a cal na construção?

AG – Sim a terra não precisava da cal para nada. A cal era mais para outras coisas...mas aqui (casal da quinta) existiam 4 fornos da cal...dois eram no “Rato” e os outros não me lembro...

R – Eu ainda conheço um e penso que ainda existem vestígios... fica na “Insua”... brinquei lá em moça..

AG – Sim o da “Insua” ... tirava-se muita pedra de lá... e uma carroça puxada só com uma vaca puxava as pedras para o forno e depois de prontas eram vendidas...

MF – Quanto tempo a pedra estava nos fornos? Sabe-me dizer?

AG – Penso que 5 a 7 dias a cozer... o forno era redondo com a lenha ao centro e pedra à volta... a lenha era levada também num carro de bois...depois colocava-se a lenha por cima* e acendia-se a fogueira... depois de frente entrava a pedra e fechava-se a porta... todos os dias tinha de ir la um homem responsável pelo forno virar as pedras para cozerem...

*(*O forno era composto por uma abertura superior onde se colocava a lenha de forma a alimentar a chama, evitando desta forma abrir a porta frontal e assim evitar a perda de calor)*

MF – Senhor António, então e os blocos de terra eram feitos com algum molde?

AG – Sim tínhamos uns moldes de madeira para isso...

MF – E quem fazia os moldes? Falavam a algum carpinteiro?

AG – Não falávamos a ninguém, havia sempre alguém com jeito para isso e fazíamos o molde no dia... que depois dava para outras casas até se estragar...

MF – Então e depois de ter o molde como faziam o bloco de terra?

AG – A terra que achávamos boa era posta dentro do molde e calcada a pé... depois tirávamos o bloco e ficava a secar uns dias...

MF – Quantos dias ficava o adobe a secar?

AG – Não me lembro bem... dependia se estava tempo de calor ou não... mas em dias de calor era rápido...

MF – Então e relativamente à taipa, chegou a construir muita casa em taipa?

AG – Eu sozinho não construía em taipa, o adobe eu fazia... a taipa era o Pardal e o Manuel “Pedreiro” que faziam... eu apenas ajudava...

MF – Então e como era feita a taipa?

AG – As paredes de taipa eram feitas também de terra, mas dentro de uns caixotes de madeira... e íamos la para dentro calcar a terra enquanto outros enchiam...

MF – E calcavam a terra com o quê?

AG – Com os pés descalços, e com barrotes de madeira... era o que tínhamos à mão...

MF – Lembra-se como se montavam e desmontavam os taipais?

AG – Isso não sabia fazer... nem eles (Sr. Pardal e Sr. Manuel) me deixavam fazer por ser novo...

MF – E sabe-me dizer porque é que nas paredes de taipa se vêem uns buracos?

AG – Isso eram uns barrotes que prendiam as tábuas do taipal... depois podiam-se fechar... mas quase ninguém fechava quando eram paredes para abrigar os animais.

MF – Senhor António, diga-me só mais uma coisa... entre a taipa e o adobe... em qual se usava mais água?

AG – Os blocos de terra levavam mais água... mas aqui nestas zonas temos água em todo o lado... e antigamente havia mais ribeiras... e ia-se lá à água para os blocos.

MF – Senhor António, construiu casas em adobe até quando?

AG – Até vir o tijolo... talvez 1950 ou 60...

MF – Porque é que o adobe e a taipa foram substituídos pelo tijolo?

AG – Era mais barato... e já era comprado feito...

-Obrigado à Senhora Dona Rosário, ao Senhor António Garrido e seu sobrinho pela possibilidade de realizar esta pequena conversa... a todos muito obrigado

Anexo IV - Resultados individuais dos ensaios

1. Análise granulométrica – Peneiração

Casa nº16 (T1)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (335,9 g)		Amostra 2 (355,0 g)		Amostra 3 (597,7 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	1"	25,400	94,8	28,3	22,5	6,4	0,0	0,0	11,5	11,5	88,5
	• 3/4 "	19,100	0,0	0,0	4,1	1,2	17,7	3,0	1,4	12,9	87,1
	1/2"	12,700	8,3	2,5	0,0	0,0	10,3	1,7	1,4	14,3	85,7
	• 3/8 "	9,520	3,2	0,9	0,0	0,0	6,0	1,0	0,6	15,0	85,0
	• nº4	4,760	17,2	5,1	9,5	2,7	50,8	8,5	5,4	20,4	79,6
	• nº8	2,380	32,7	9,7	39,6	11,2	93,3	15,6	12,2	32,6	67,4
	• nº16	1,190	30,2	9,0	58,5	16,5	82,7	13,8	13,1	45,7	54,3
	• nº30	0,595	24,3	7,2	42,2	11,9	64,9	10,9	10,0	55,7	44,3
• nº50	0,297	30,6	9,1	50,1	14,1	77,5	13,0	12,1	67,8	32,2	
• nº100	0,149	30,4	9,1	24,0	6,8	66,9	11,2	9,0	76,8	23,2	
nº200	0,075	20,3	6,1	58,9	16,6	57,8	9,7	10,8	87,6	12,4	
Refugo	0,010	43,2	12,9	45,3	12,8	69,6	11,7	12,4	100,0	0,0	
Totais		335,2	100,0	354,6	100,0	597,4	100,0	100			

Casa nº28 (T2)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (1318,2 g)		Amostra 2 (676,1 g)		Amostra 3 (597,7 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	515,1	39,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	13,0	87,0
	1"	25,400	60,8	4,6	90,8	13,4	0,0	0,0	6,0	19,1	80,9
	• 3/4 "	19,100	91,4	6,9	0,0	0,0	16,9	2,8	3,3	22,3	77,7
	1/2"	12,700	11,5	0,9	5,4	0,8	17,8	3,0	1,6	23,9	76,1
	• 3/8 "	9,520	15,5	1,2	11,9	1,8	13,3	2,2	1,7	25,6	74,4
	• nº4	4,760	38,1	2,9	33,2	4,9	30,1	5,0	4,3	29,9	70,1
	• nº8	2,380	74,4	5,6	75,6	11,2	66,4	11,1	9,3	39,2	60,8
	• nº16	1,190	97,4	7,4	91,3	13,5	78,0	13,1	11,3	50,5	49,5
	• nº30	0,595	79,4	6,0	76,4	11,3	67,1	11,3	9,5	60,0	40,0
• nº50	0,297	100,1	7,6	83,9	12,4	81,6	13,7	11,2	71,3	28,7	
• nº100	0,149	133,1	10,1	101,2	15,0	113,7	19,0	14,7	86,0	14,0	
nº200	0,075	46,7	3,5	58,4	8,6	51,0	8,5	6,9	92,9	7,1	
Refugo	0,010	53,8	4,1	47,4	7,0	60,9	10,2	7,1	100,0	0,0	
Totais		1317,3	100,0	675,6	100,0	596,7	100,0	100			

Casa nº30 (T3)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (604,7 g)		Amostra 2 (352,6 g)		Amostra 3 (283,2 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	1"	25,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	• 3/4 "	19,100	0,0	0,0	11,0	3,1	9,1	3,2	2,1	2,1	97,9
	1/2"	12,700	16,0	2,6	0,0	0,0	7,3	2,6	1,7	3,9	96,1
	• 3/8 "	9,520	6,0	1,0	3,0	0,8	7,5	2,6	1,5	5,4	94,6
	• nº4	4,760	56,6	9,4	35,3	10,0	19,2	6,8	8,7	14,1	85,9
	• nº8	2,380	76,8	12,7	41,2	11,7	37,8	13,4	12,6	26,7	73,3
	• nº16	1,190	79,6	13,2	45,5	12,9	38,1	13,5	13,2	39,9	60,1
	• nº30	0,595	68,9	11,4	39,4	11,2	31,3	11,1	11,2	51,1	48,9
• nº50	0,297	85,7	14,2	52,5	14,9	36,4	12,9	14,0	65,1	34,9	
• nº100	0,149	108,7	18,0	54,0	15,3	41,5	14,7	16,0	81,1	18,9	
nº200	0,075	42,5	7,0	45,3	12,8	14,0	5,0	8,3	89,4	10,6	
Refugo	0,010	62,9	10,4	25,2	7,2	40,2	14,2	10,6	100,0	0,0	
Totais		603,8	100	352,5	100	282,3	100	100			

Casa nº7 (A1)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (705,9 g)		Amostra 2 (630,6 g)		Amostra 3 (375,6 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	1"	25,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	• 3/4 "	19,100	28,8	4,1	14,3	2,3	27,3	7,3	4,5	4,5	95,5
	1/2"	12,700	23,9	3,4	0,0	0,0	2,0	0,5	1,3	5,9	94,1
	• 3/8 "	9,520	20,3	2,9	7,5	1,2	1,6	0,4	1,5	7,3	92,7
	• nº4	4,760	46,7	6,6	51,5	8,2	22,9	6,1	7,0	14,3	85,7
	• nº8	2,380	116,8	16,6	82,7	13,1	47,7	12,7	14,1	28,5	71,5
	• nº16	1,190	95,5	13,5	83,8	13,3	51,7	13,8	13,5	42,0	58,0
	• nº30	0,595	76,2	10,8	73,5	11,7	43,8	11,7	11,4	53,4	46,6
• nº50	0,297	88,8	12,6	92,5	14,7	53,0	14,1	13,8	67,2	32,8	
• nº100	0,149	104,9	14,9	115,0	18,2	53,9	14,4	15,8	83,0	17,0	
nº200	0,075	17,4	2,5	22,2	3,5	19,0	5,1	3,7	86,7	13,3	
Refugo	0,010	85,8	12,2	87,4	13,9	52,0	13,9	13,3	100,0	0,0	
Totais		705,1	100,0	630,3	100,0	374,7	100,0	100,0			

Casa nº69 (A2)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (584,5 g)		Amostra 2 (407,3 g)		Amostra 3 (301,0 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	1"	25,400	0,0	0,0	39,5	9,7	0,0	0,0	3,2	3,2	96,8
	• 3/4 "	19,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	96,8
	1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	96,8
	• 3/8 "	9,520	7,5	1,3	0,8	0,2	0,7	0,2	0,6	3,8	96,2
	• nº4	4,760	26,9	4,6	13,8	3,4	13,0	4,3	4,1	7,9	92,1
	• nº8	2,380	63,3	10,8	40,2	9,9	29,2	9,7	10,1	18,1	81,9
	• nº16	1,190	59,9	10,3	42,8	10,5	28,1	9,3	10,0	28,1	71,9
	• nº30	0,595	72,3	12,4	51,1	12,6	34,4	11,5	12,1	40,2	59,8
• nº50	0,297	199,4	34,1	131,7	32,4	115,1	38,3	34,9	75,2	24,8	
• nº100	0,149	105,4	18,1	46,6	11,5	64,1	21,3	16,9	92,1	7,9	
nº200	0,075	34,1	5,8	27,7	6,8	10,1	3,4	5,3	97,5	2,5	
Refugo	0,010	15,2	2,6	12,5	3,1	5,9	1,9	2,5	100,0	0,0	
Totais		583,98	100,0	406,7	100,0	300,4	100,0	100			

Casa nº87 (A3)	Peneiro	malha [mm]	Retido								Passado acumulado [%]
			Amostra1 (751,2 g)		Amostra 2 (520,2 g)		Amostra 3 (474,5 g)		Média do retido [%]	Média do retido acumulado [%]	
			Massa [g]	%	Massa [g]	%	Massa [g]	%			
	• 1 " 1/2	38,100	0,0	0,0	47,2	9,1	0,0	0,0	3,0	3,0	97,0
	1"	25,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	97,0
	• 3/4 "	19,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	97,0
	1/2"	12,700	13,8	1,8	9,2	1,8	5,9	1,2	1,6	4,6	95,4
	• 3/8 "	9,520	3,2	0,4	1,7	0,3	4,2	0,9	0,5	5,2	94,8
	• nº4	4,760	43,8	5,8	26,6	5,1	37,9	8,0	6,3	11,5	88,5
	• nº8	2,380	100,2	13,3	61,1	11,8	73,5	15,5	13,5	25,0	75,0
	• nº16	1,190	93,1	12,4	64,5	12,4	60,6	12,8	12,5	37,6	62,4
	• nº30	0,595	89,9	12,0	55,8	10,7	56,7	11,9	11,6	49,1	50,9
• nº50	0,297	163,7	21,8	89,9	17,3	85,0	17,9	19,0	68,1	31,9	
• nº100	0,149	148,1	19,7	79,7	15,3	89,8	18,9	18,0	86,1	13,9	
nº200	0,075	37,2	5,0	35,6	6,9	19,7	4,1	5,3	91,4	8,6	
Refugo	0,010	57,5	7,7	48,5	9,3	41,1	8,7	8,6	100,0	0,0	
Totais		750,34	100,0	519,7	100,0	474,2	100,0	100			

2. Análise granulométrica – Sedimentação

Designação	Massa peneirada [Kg]	Massa não utilizada [Kg]	Massa utilizada [Kg]	Perda de massa [Kg]
Casa nº16 - T1	1,284	0,166	1,117	0,001
Casa nº 28 - T2	3,530	1,004	2,510	0,015
Casa nº30 - T3	1,231	0,055	1,175	0,001
Casa nº7 - A1	1,706	0,128	1,577	0,001
Casa nº69 - A2	1,347	0,049	1,298	0,001
Casa nº87 - A3	1,740	0,096	1,641	0,003

3. Velocidade de propagação de ultrassons

Designação	Amostras	Distância [m]	Medições [μs]			Velocidade [m/s]			Média [m/s]	Desv. Pad. [m/s]	Média [m/s]	Desv. Pad. [m/s]
T1	T1_A	0,10	98,10	97,70	98,70	1019,37	1023,54	1013,17	1018,94	60,30	874,63	147,06
		0,15	158,60	158,60	158,40	945,78	945,78	946,97				
		0,20	181,20	187,10	181,30	1103,75	1068,95	1103,14				
	T1_B	0,10	179,90	180,40	181,20	555,86	554,32	551,88	713,97	115,50		
		0,15	195,90	195,80	196,30	765,70	766,09	764,14				
		0,20	243,50	242,90	243,00	821,36	823,38	823,05				
	T1_C	0,10	115,90	116,30	115,00	862,81	859,85	869,57	890,97	31,68		
		0,15	159,00	157,50	169,30	943,40	952,38	886,00				
		0,20	226,60	227,10	226,90	882,61	880,67	881,45				
T2	T2_A	0,10	182,00	186,90	183,10	549,45	535,05	546,15	609,50	70,12	609,50	70,12
		0,15	264,10	265,80	246,70	567,97	564,33	608,03				
		0,20	282,40	282,60	286,30	708,22	707,71	698,57				
T3	T3_A	0,10	154,30	150,30	159,20	648,09	665,34	628,14	475,15	131,66	475,15	131,66
		0,15	327,60	348,40	326,80	457,88	430,54	459,00				
		0,20	610,20	607,70	605,10	327,76	329,11	330,52				
A1	A1_A	0,10	97,70	97,90	97,90	1023,54	1021,45	1021,45	860,20	120,25	921,07	262,73
		0,15	182,10	182,10	181,90	823,72	823,72	824,63				
		0,20	270,00	272,90	274,10	740,74	732,87	729,66				
	A1_B	0,10	76,40	78,00	87,70	1308,90	1282,05	1140,25	1101,29	109,59		
		0,15	144,70	144,20	144,70	1036,63	1040,22	1036,63				
		0,20	195,40	195,90	195,60	1023,54	1020,93	1022,49				
	A1_C	0,10	92,90	92,70	92,80	1076,43	1078,75	1077,59	1169,75	111,00		
		0,15	113,00	113,20	113,20	1327,43	1325,09	1325,09				
		0,20	180,70	181,00	180,90	1106,81	1104,97	1105,58				
	A1_D	0,10	176,10	176,30	164,80	567,86	567,21	606,80	553,02	61,82		
		0,15	227,30	262,10	262,90	659,92	572,30	570,56				
		0,20	403,80	452,30	404,00	495,29	442,18	495,05				
A2	A2_A	0,10	236,60	342,10	359,20	422,65	292,31	278,40	339,42	46,15	339,42	46,15
		0,15	412,30	451,20	526,80	363,81	332,45	284,74				
		0,20	541,30	525,70	605,10	369,48	380,45	330,52				
A3	A3_A	0,10	329,20	429,30	429,50	303,77	232,94	232,83	272,50	36,45	272,50	36,45
		0,15	476,10	578,20	626,80	315,06	259,43	239,31				
		0,20	671,70	607,70	825,50	297,75	329,11	242,28				

4. Condutibilidade térmica

Designação	Amostras	Nº de Leituras	λ [W/m.°C]	Média [W/m.°C]	Desv. Pad. [W/m.°C]	Média [W/m.°C]	Desv. Pad. [W/m.°C]
T1	T1_A	1	0,55	0,54	0,03	0,54	0,07
		2	0,51				
		3	0,57				
	T1_B	1	0,69	0,55	0,09		
		2	0,47				
		3	0,51				
	T1_C	1	0,55	0,52	0,08		
		2	0,42				
		3	0,61				
T2	T2_A	1	0,43	0,48	0,05	0,48	0,05
		2	0,55				
		3	0,45				
T3	T3_A	1	0,45	0,48	0,02	0,48	0,02
		2	0,49				
		3	0,50				
A1	A1_A	1	0,63	0,56	0,05	0,69	0,13
		2	0,52				
		3	0,52				
	A1_B	1	0,70	0,64	0,09		
		2	0,52				
		3	0,69				
	A1_C	1	0,64	0,71	0,07		
		2	0,70				
		3	0,81				
	A1_D	1	0,80	0,86	0,05		
		2	0,86				
		3	0,92				
A2	A2_A	1	0,40	0,42	0,01	0,42	0,01
		2	0,43				
		3	0,41				
A3	A3_A	1	0,47	0,41	0,04	0,41	0,04
		2	0,37				
		3	0,39				

5. Dureza superficial

Designação	Amostra	Nº de Leituras	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Média	Desv. Padrão	Média	Desv. Padrão
T1	T1_A	1	45	52	35	39	60	49,76	10,27	56,28	14,72
		2	33	56	50	65	43				
		3	36	50	44	48	35				
		4	45	48	52	70	71				
		5	42	58	56	57	54				
	T1_B	1	75	79	69	30	65	65,72	13,36		
		2	81	78	70	48	48				
		3	86	82	65	52	50				
		4	82	65	62	58	59				
		5	64	64	76	79	56				
	T1_C	1	33	53	58	68	51	53,36	15,05		
		2	24	44	78	41	67				
		3	51	29	35	85	58				
		4	49	39	63	58	51				
		5	63	42	57	76	61				
T2	T2_A	1	42	61	48	64	25	51,04	14,55	51,04	14,55
		2	23	47	78	48	43				
		3	64	55	36	57	38				
		4	71	74	70	61	48				
		5	50	28	54	41	50				
T3	T3_A	1	40	36	47	35	43	48,52	15,59	48,52	15,59
		2	86	31	62	79	50				
		3	38	38	49	30	36				
		4	52	70	29	77	44				
		5	37	62	51	51	40				
A1	A1_A	1	69	71	69	84	71	63,44	16,82	55,13	17,38
		2	34	54	58	32	89				
		3	58	37	83	82	81				
		4	32	68	69	71	72				
		5	72	55	71	37	67				
	A1_B	1	49	42	35	49	57	52,52	16,42		
		2	20	51	47	78	29				
		3	62	27	62	63	41				
		4	53	68	78	44	71				
		5	78	71	43	32	63				
	A1_C	1	51	39	45	-	-	55,40	15,58		
		2	81	27	46	-	-				
		3	59	41	45	-	-				
		4	54	74	69	-	-				
		5	68	81	51	-	-				
	A1_D	1	50	42	40	-	-	45,33	14,98		
		2	21	39	38	-	-				
		3	34	58	65	-	-				
		4	65	75	51	-	-				
		5	21	42	39	-	-				
A2	A2_A	1	74	86	57	-	-	52,33	20,84	52,33	20,84
		2	27	25	75	-	-				
		3	72	85	28	-	-				
		4	43	42	46	-	-				
		5	28	42	55	-	-				
A3	A3_A	1	47	84	57	-	-	62,00	18,09	62,00	18,09
		2	28	37	46	-	-				
		3	57	86	86	-	-				
		4	63	46	67	-	-				
		5	75	84	67	-	-				

6. Massa volúmica aparente

Designação	Bloco		m [kg]	l [dm]	b [dm]	h [dm]	Volume [dm ³]	Massa Volúmica [kg/dm ³]	Massa Volúmica [kg/m ³]	Média Total [kg/m ³]	Desv. Pad. [kg/m ³]
T1	T1_A	T1_AP1	7,80	3,14	1,54	1,13	5,46	1,43	1428,3	1508,6	108,8
		T1_AP2	8,48	3,12	1,36	1,34	5,68	1,49	1494,4		
	T1_B	T1_BP1	11,70	3,80	1,56	1,39	8,23	1,42	1421,2		
	T1_C	T1_CP1	13,96	3,65	1,57	1,44	8,26	1,69	1690,4		
T2	T2_A	T2_AP1	10,45	3,20	1,56	1,47	7,35	1,42	1422,9	1364,0	42,5
		T2_AP2	7,66	2,80	1,37	1,48	5,69	1,34	1344,9		
		T2_AP3	8,55	3,05	1,44	1,47	6,46	1,32	1324,3		
T3	T3_A	T3_AP1	13,65	3,98	1,61	1,47	9,41	1,45	1450,7	1787,4	275,8
		T3_AP2	10,78	3,64	1,43	1,16	6,04	1,79	1785,3		
		T3_AP3	12,39	3,28	1,41	1,26	5,83	2,13	2126,2		
A1	A1_A	A1_AP1	12,08	3,95	1,46	1,25	7,21	1,68	1676,5	1730,6	59,2
		A1_AP2	10,75	3,85	1,35	1,17	6,06	1,77	1772,4		
	A1_B	A1_BP1	13,11	4,38	1,40	1,28	7,85	1,67	1668,7		
		A1_BP2	15,05	4,25	1,42	1,38	8,34	1,80	1804,8		
A2	A2_A	A2_AP1	8,13	2,45	1,63	1,43	5,70	1,43	1428,3	1457,8	46,8
		A2_AP2	5,17	2,36	1,41	1,02	3,39	1,52	1523,9		
		A2_AP3	5,05	2,28	1,38	1,13	3,56	1,42	1421,2		
A3	A3_A	A3_AP1	8,74	2,89	1,58	1,34	6,12	1,43	1428,3	1448,0	33,0
		A3_AP2	5,71	2,46	1,34	1,16	3,82	1,49	1494,4		
		A3_AP3	4,89	2,82	1,14	1,07	3,44	1,42	1421,2		

7. Resistência à tracção

Designação			l [mm]	b [mm]	h[mm]	L entre apoios [mm]	F _c [N]	Média [kN]	Força média [N]	s _f [MPa]	Média [MPa]	Desv. Pad. [MPa]
T1	T1_A	T1_AP1	314	154	113	150	2071,46	2,21	2207,38	0,24	0,19	0,03
		T1_AP2	312	136	134	150	1793,55			0,17		
	T1_B	T1_BP1	380	156	139	150	1982,39			0,15		
		T1_CP1	365	157	144	150	2982,10			0,21		
T2	T2_A	T2_AP1	320	156	147	150	1658,68	1,74	1739,63	0,11	0,12	0,01
		T2_AP2	280	137	148	150	1806,74			0,14		
		T2_AP3	305	144	147	150	1753,47			0,13		
T3	T3_A	T3_AP1	398	161	147	150	1282,10	1,21	1207,58	0,08	0,11	0,03
		T3_AP2	364	143	116	150	1242,60			0,15		
		T3_AP3	328	141	126	150	1098,03			0,11		
A1	A1_A	A1_AP1	395	146	125	150	1491,70	2,78	2776,18	0,15	0,27	0,08
		A1_AP2	385	135	117	150	2533,50			0,31		
	A1_B	A1_BP1	438	140	128	150	2811,60			0,28		
		A1_BP2	425	142	138	150	4267,90			0,35		
A2	A2_A	A2_AP1	245	163	147	150	1071,60	1,48	1482,69	0,07	0,11	0,03
		A2_AP2	236	141	148	150	1793,55			0,13		
		A2_AP3	228	138	147	150	1582,93			0,12		
A3	A3_A	A3_AP1	289	158	147	150	705,86	0,83	834,02	0,05	0,09	0,03
		A3_AP2	246	134	116	150	960,47			0,12		
		A3_AP3	282	114	126	150	835,74			0,10		

8. Resistência à compressão

8.1 Relação altura/largura

Bloco		l [mm]	b [mm]	h [mm]	Relação altura/largura
T1	T1_A	150	150	120	0,80
	T1_B	140	150	130	0,93
	T1_C	150	160	140	0,93
T2	T2_A	155	145	130	0,84
	T2_B	150	140	135	0,90
	T2_C	140	160	150	1,07
	T2_D	170	150	140	0,82
T3	T3_A	150	130	160	1,07
	T3_B	150	145	70	0,47
	T3_C	140	150	60	0,43
	T3_D	160	145	75	0,47
A1	A1_A	140	140	120	0,86
	A1_B	130	140	125	0,96
	A1_C	135	145	130	0,96
	A1_D	145	145	130	0,90
	A1_E	145	145	145	1,00
	A1_F	140	140	120	0,86
A2	A2_A	140	140	140	1,00
	A2_B	140	130	80	0,57
	A2_C	110	125	90	0,82

8.2 Resultados individuais do ensaio de compressão

Designação	Bloco	l [mm]	b [mm]	h[mm]	Área de compressão [mm²]	F _c [N]	F _c [kN]	Média [kN]	R _c [N/mm²]	Média [N/mm²]	Desv. Pad. [N/mm²]
T1	T1_A	150	150	120	10000	2840,8	2,8	4,4	0,28	0,44	0,17
	T1_B	140	150	130	10000	3691,7	3,7		0,37		
	T1_C	150	160	140	10000	6771,4	6,8		0,68		
T2	T2_A	155	145	130	10000	8679,7	8,7	7,4	0,87	0,74	0,26
	T2_B	150	140	135	10000	5607,6	5,6		0,56		
	T2_C	140	160	150	10000	4351,3	4,4		0,44		
	T2_D	170	150	140	10000	10984,1	11,0		1,10		
T3	T3_A	150	130	160	10000	7984,2	8,0	7,3	0,80	0,73	0,19
	T3_B	150	145	70	10000	6994,4	7,0		0,70		
	T3_C	140	150	60	10000	9704,0	9,7		0,97		
	T3_D	160	145	75	10000	4325,3	4,3		0,43		
A1	A1_A	140	140	120	10000	10623,0	10,6	10,6	1,06	1,06	0,22
	A1_B	130	140	125	10000	7731,9	7,7		0,77		
	A1_C	135	145	130	10000	8527,9	8,5		0,85		
	A1_D	145	145	130	10000	14722,3	14,7		1,47		
	A1_E	145	145	145	10000	11159,2	11,2		1,12		
	A1_F	140	140	120	10000	10984,1	11,0		1,10		
A2	A2_A	140	140	140	10000	7800,2	7,8	6,9	0,78	0,69	0,35
	A2_B	140	130	80	10000	10620,2	10,6		1,06		
	A2_C	110	125	90	10000	2230,1	2,2		0,22		

9. Abrasão a seco

Designação	Bloco		Provete cúbico	Massa i [g]	Massa f [g]	Diferença de massa [g]	Diferença de massa média [g]	Desv. Pad. [g]	S (área de desgaste) [cm²]	Perda de massa por área [g/cm²]								
										Valor ind.	Média	Desv. Pad.						
T1	T1_A	T1_AP1	T1_AP1_a	3713,0	3701,2	11,8	9,7	2,2	25,9	0,46	0,38	0,08						
			T1_AP1_b	3684,2	3672,0	12,2			25,9	0,47								
		T1_AP2	T1_AP2_a	3983,1	3972,4	10,7			25,9	0,41								
			T1_AP2_b	3744,0	3737,8	6,2			25,9	0,24								
	T1_B	T1_BP1	T1_BP1_a	2289,8	2281,0	8,8			25,9	0,34								
			T1_BP1_b	3850,8	3840,6	10,2			25,9	0,39								
		T1_CP1	T1_CP1_a	5009,1	4997,7	11,4			25,9	0,44								
			T1_CP1_b	2198,9	2192,3	6,6			25,9	0,25								
	T2	T2_A	T2_AP1	T2_AP1_a	4789,5	4780,6			8,9	8,6			2,3	25,9	0,34	0,33	0,09	
				T2_AP1_b	4646,6	4638,2			8,4					25,9	0,32			
T2_AP2			T2_AP2_a	4149,9	4144,7	5,2	25,9	0,20										
			T2_AP2_b	6138,8	6127,0	11,8	25,9	0,46										
T3			T3_A	T3_AP1	T3_AP1_a	4706,5	4693,5	13,0	18,6		9,9	25,9		0,50	0,72			0,38
					T3_AP1_b	4945,3	4912,7	32,6				25,9		1,26				
	T3_AP1_c	5397,1			5386,8	10,3	25,9	0,40										
A1	A1_A	A1_AP1	A1_AP1_a	4278,1	4268,7	9,4	18,3	7,1	25,9	0,36	0,71	0,27						
			A1_AP1_b	4331,7	4308,1	23,6			25,9	0,91								
		A1_AP2	A1_AP2_a	4020,1	3999,9	20,2			25,9	0,78								
			A1_AP2_b	5095,8	5070,6	25,2			25,9	0,97								
	A1_B	A1_BP1	A1_BP1_a	4324,7	4302,0	22,7			25,9	0,88								
			A1_BP1_b	3932,8	3916,7	16,1			25,9	0,62								
		A1_BP2	A1_BP2_a	4997,1	4972,9	24,2			25,9	0,93								
			A1_BP2_b	4286,6	4281,8	4,8			25,9	0,19								
		A2	A2_A	A2_AP1	A2_AP1_a	2085,2			2063,7	21,5			12,7	7,1	25,9	0,83	0,49	0,27
					A2_AP1_b	1455,5			1451,4	4,1					25,9	0,16		
A2_AP1_c	1398,1				1385,5	12,6	26,9	0,47										
A3_AP1_a	844,9				832,2	12,7	25,9	0,49										
A3	A3_A	A3_AP1	A3_AP1_b	824,8	812,3	12,5	10,9	2,4	25,9	0,48	0,42	0,09						
			A3_AP1_c	808,7	801,2	7,5			25,9	0,29								

10. Absorção de água por capilaridade

Identificação	Hora de início	Massa do provete [g]	Massa do conjunto seco (m0) [g]	Tempo em minutos															
				0	5	10	15	20	25	30	35	40	60	90	180	300	480	1440	2880
				Pesagens															
T1_a	08:30:00	371,49	401,82	401,82	419,71	423,63	427,35	428,54	430,45	432,54	434,55	435,93	436,74	438,17	445,23	450,41	452,15	454,52	455,16
T1_b	08:30:10	225,22	252,70	252,70	268,72	272,25	275,83	278,70	280,76	283,06	284,71	285,79	286,21	287,18	287,39	288,16	288,16	288,82	290,21
T1_c	08:30:20	183,87	211,90	211,90	225,23	227,77	230,62	232,80	234,62	236,20	236,93	237,46	237,47	237,89	238,40	238,83	238,92	239,41	239,48
T1			288,81	288,81	304,55	307,88	311,27	313,35	315,27	317,27	318,73	319,73	320,14	321,08	323,67	325,80	326,41	327,58	328,28
T2_a	08:30:30	271,82	293,15	293,15	305,07	306,33	307,81	309,39	310,88	312,56	314,00	315,05	315,74	317,31	322,62	329,16	332,53	335,48	336,70
T2_b	08:30:40	231,45	265,47	265,47	281,26	283,78	287,13	289,43	291,69	293,36	294,76	295,48	296,09	297,37	299,62	300,57	301,26	301,26	301,65
T2_c	08:30:50	151,35	161,80	161,80	170,98	171,65	173,87	175,22	176,59	178,05	179,13	179,94	180,59	181,76	183,82	184,34	184,55	185,22	186,13
T2			240,14	240,14	252,43	253,92	256,27	258,01	259,72	261,32	262,63	263,49	264,14	265,48	268,68	271,36	272,78	273,98	274,82
T3_a	08:31:00	200,03	222,74	222,74	239,49	241,77	245,84	248,29	251,05	252,55	253,69	253,88	254,15	254,51	254,22	254,42	254,84	255,04	256,95
T3_b	08:31:10	163,36	187,12	187,12	197,24	197,67	199,54	200,53	201,67	202,67	203,77	204,40	204,95	206,41	209,20	210,46	210,96	212,00	212,33
T3_c	08:31:20	146,82	161,11	161,11	170,06	170,06	171,35	172,46	173,64	174,67	175,42	176,04	176,41	177,66	180,09	181,41	181,93	182,88	183,57
T3			190,32	190,32	202,26	203,17	205,57	207,10	208,78	209,96	210,96	211,44	211,83	212,86	214,50	215,43	215,91	216,64	217,62
A1_a	08:31:30	217,34	244,16	244,16	261,32	261,95	264,46	266,80	266,80	267,83	268,50	268,56	268,61	268,65	268,66	270,27	271,58	274,07	274,76
A1_b	08:31:40	332,28	361,30	361,30	376,46	377,06	379,70	381,68	383,31	385,60	387,33	388,23	388,95	390,59	391,20	392,37	394,49	397,08	399,06
A1_c	08:31:50	379,93	409,63	409,63	419,42	421,42	423,61	427,01	428,62	430,83	432,38	433,80	434,66	437,04	440,79	444,91	445,96	447,51	449,31
A1			338,36	338,36	352,40	353,48	355,92	358,49	359,57	361,42	362,74	363,53	364,07	365,42	366,88	369,18	370,68	372,89	374,38
A2_a	08:32:00	131,40	145,32	145,32	157,23	159,95	162,06	163,53	164,55	165,51	166,13	166,53	166,54	167,17	167,34	167,69	167,88	168,41	169,38
A2_b	08:32:10	162,40	186,47	186,47	195,96	196,22	198,00	198,56	199,74	200,77	201,44	202,01	202,02	202,35	204,54	206,39	207,24	208,82	209,24
A2_c	08:32:20	194,87	222,29	222,29	228,06	228,74	228,74	228,78	229,48	230,29	230,86	231,04	231,63	232,21	234,23	237,20	241,69	246,48	248,67
A2			184,69	184,69	193,75	194,97	196,27	196,96	197,93	198,86	199,48	199,86	200,06	200,57	202,03	203,76	205,60	207,90	209,10
A3_a	08:32:30	147,29	161,20	161,20	169,64	170,06	170,60	171,62	172,68	173,45	173,76	174,32	174,47	175,05	177,23	179,87	183,12	187,91	188,69
A3_b	08:32:40	226,28	252,03	252,03	264,49	267,40	268,33	269,04	269,63	270,69	271,73	271,96	272,56	273,56	278,72	285,81	291,83	293,23	293,47
T3_c	08:32:50	209,66	233,11	233,11	243,51	244,85	245,97	247,32	249,09	249,97	251,47	251,53	252,20	253,05	257,21	263,44	268,00	269,50	269,70
A3			215,45	215,45	225,88	227,44	228,30	229,33	230,47	231,37	232,32	232,60	233,07	233,89	237,72	243,04	247,65	250,21	250,62

Identificação	m0 [g]	Área de superfície de contacto [m²]	Raiz do tempo [min ^{1/2}]																Declive (CC) [kg/m².min ^{1/2}]			Valor assintótico (VA) [kg/m²]		
			0,00	2,24	3,16	3,87	4,47	5,00	5,48	5,92	6,32	7,75	9,49	13,42	17,32	21,91	37,95	53,67						
			Massa de água absorvida [kg/m²]																Unitário	Média	DP	Unitário	Média	DP
T1_a	401,815	0,0064	0,00	2,78	3,39	3,97	4,16	4,45	4,78	5,09	5,31	5,43	5,65	6,75	7,56	7,83	8,20	8,30	0,64	1,12	0,34	8,30	10,22	1,45
T1_b	252,699	0,0032	0,00	5,04	6,16	7,28	8,19	8,83	9,56	10,08	10,42	10,55	10,85	10,92	11,16	11,16	11,37	11,81	1,41			11,81		
T1_c	211,903	0,0026	0,00	5,10	6,07	7,16	8,00	8,69	9,30	9,58	9,78	9,79	9,95	10,14	10,31	10,34	10,53	10,56	1,31			10,56		
Média			0,00	4,31	5,21	6,14	6,78	7,33	7,88	8,25	8,50	8,59	8,82	9,27	9,68	9,78	10,03	10,22						
T2_a	293,152	0,0032	0,00	3,74	4,14	4,61	5,10	5,57	6,10	6,55	6,88	7,10	7,59	9,26	11,32	12,37	13,30	13,69	0,60	0,99	0,36	13,69	13,02	1,37
T2_b	265,472	0,0025	0,00	6,22	7,22	8,54	9,44	10,34	10,99	11,55	11,83	12,07	12,57	13,46	13,84	14,11	14,11	14,26	1,47			14,26		
T2_c	161,799	0,0022	0,00	4,19	4,50	5,51	6,13	6,75	7,42	7,91	8,28	8,58	9,11	10,05	10,29	10,39	10,69	11,11	0,90			11,11		
Média			0,00	4,72	5,29	6,22	6,89	7,55	8,17	8,67	9,00	9,25	9,76	10,93	11,81	12,29	12,70	13,02						
T3_a	222,737	0,0034	0,00	4,99	5,68	6,89	7,62	8,44	8,89	9,23	9,29	9,37	9,47	9,39	9,45	9,57	9,63	10,20	1,21	0,74	0,33	10,20	9,53	0,48
T3_b	187,123	0,0028	0,00	3,65	3,81	4,48	4,84	5,25	5,62	6,01	6,24	6,44	6,96	7,97	8,43	8,61	8,99	9,10	0,56			9,10		
T3_c	161,11	0,0024	0,00	3,70	3,70	4,23	4,70	5,18	5,61	5,92	6,17	6,33	6,84	7,85	8,40	8,61	9,00	9,29	0,46			9,29		
Média			0,00	4,12	4,40	5,20	5,72	6,29	6,70	7,05	7,23	7,38	7,76	8,40	8,76	8,93	9,21	9,53						
A1_a	244,162	0,0046	0,00	3,70	3,84	4,38	4,89	4,89	5,11	5,25	5,26	5,28	5,29	5,29	5,64	5,92	6,45	6,60	0,53	0,48	0,08	6,60	6,35	0,37
A1_b	361,3	0,0065	0,00	2,34	2,43	2,84	3,15	3,40	3,75	4,02	4,16	4,27	4,52	4,62	4,80	5,13	5,53	5,83	0,37			5,83		
A1_c	409,628	0,0060	0,00	1,63	1,97	2,33	2,90	3,17	3,54	3,79	4,03	4,17	4,57	5,20	5,88	6,06	6,32	6,62	0,55			6,62		
Média			0,00	2,56	2,75	3,18	3,64	3,82	4,13	4,36	4,49	4,57	4,79	5,03	5,44	5,70	6,10	6,35						
A2_a	145,315	0,0027	0,00	4,35	5,35	6,12	6,66	7,03	7,38	7,61	7,76	7,76	7,99	8,05	8,18	8,25	8,44	8,80	1,04	0,49	0,40	8,80	7,45	0,97
A2_b	186,466	0,0035	0,00	2,72	2,79	3,30	3,47	3,80	4,10	4,29	4,45	4,46	4,55	5,18	5,71	5,95	6,40	6,52	0,36			6,52		
A2_c	222,292	0,0037	0,00	1,54	1,72	1,72	1,73	1,92	2,13	2,29	2,33	2,49	2,64	3,19	3,98	5,17	6,45	7,04	0,08			7,04		
Média			0,00	2,87	3,29	3,71	3,95	4,25	4,54	4,73	4,85	4,90	5,06	5,47	5,95	6,46	7,10	7,45						
A3_a	161,201	0,0026	0,00	3,26	3,42	3,63	4,02	4,43	4,73	4,85	5,06	5,12	5,35	6,19	7,21	8,46	10,31	10,62	0,33	0,37	0,03	10,62	8,99	1,15
A3_b	252,032	0,0051	0,00	2,46	3,04	3,22	3,36	3,48	3,69	3,90	3,94	4,06	4,26	5,28	6,68	7,87	8,15	8,20	0,40			8,20		
A3_c	233,113	0,0045	0,00	2,32	2,62	2,87	3,17	3,57	3,76	4,10	4,11	4,26	4,45	5,38	6,77	7,78	8,12	8,16	0,37			8,16		
Média			0,00	2,68	3,03	3,24	3,52	3,83	4,06	4,28	4,37	4,48	4,68	5,61	6,89	8,04	8,86	8,99						

11. Secagem

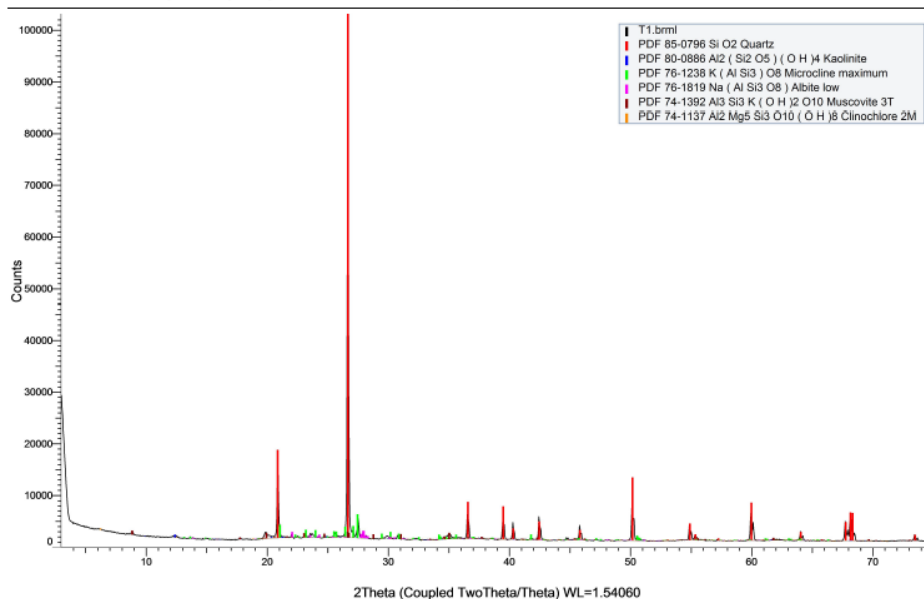
Identificação	Provete	Hora de início	Massa do conjunto saturado (m0) [g]	Tempo [horas]																
				0	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1	2	3	6	24	48	72	96	120	144	168
				Mi [kg/m²]																
T1	T1_a	09:00:00	455,16	455,16	454,96	454,56	454,24	454,03	453,83	453,66	452,10	450,24	445,98	422,15	408,06	404,44	402,78	402,25	402,03	402,03
	T1_b	09:00:10	290,21	290,21	289,52	289,25	289,03	288,86	288,67	288,51	287,17	285,67	282,47	265,56	255,44	253,48	252,73	252,54	252,46	252,46
	T1_c	09:00:20	239,48	239,48	239,43	239,35	239,14	239,09	238,84	238,72	237,49	236,13	233,34	218,20	213,02	212,03	211,78	211,74	211,73	211,72
	Média		328,28	328,28	327,97	327,72	327,47	327,33	327,11	326,96	325,59	324,01	320,60	301,97	292,17	289,98	289,09	288,84	288,74	288,74
T2	T2_a	09:00:30	336,70	336,70	336,01	335,66	335,40	335,18	334,99	334,83	333,63	332,18	328,76	309,47	297,43	294,76	293,71	293,48	293,41	293,41
	T2_b	09:00:40	301,65	301,65	301,65	301,60	301,54	301,53	301,52	301,48	300,77	299,78	297,41	285,08	275,22	270,88	268,30	267,03	266,28	266,28
	T2_c	09:00:50	186,13	186,13	185,56	185,44	185,34	185,26	185,19	185,12	184,53	183,80	181,98	172,23	165,95	163,79	162,67	162,26	162,05	162,05
	Média		274,82	274,82	274,41	274,23	274,09	273,99	273,90	273,81	272,98	271,92	269,39	255,59	246,20	243,14	241,56	240,92	240,58	240,58
T3	T3_a	09:01:00	256,95	256,95	256,40	256,20	256,01	255,80	255,60	255,43	254,19	252,81	249,73	232,24	224,45	223,07	222,58	222,48	222,45	222,45
	T3_b	09:01:10	212,33	212,33	212,31	212,27	212,24	212,10	211,99	211,90	211,01	209,99	207,88	196,54	189,93	188,02	187,20	187,01	186,95	186,95
	T3_c	09:01:20	183,57	183,57	183,05	182,97	182,86	182,75	182,67	182,59	181,98	181,20	179,44	169,97	164,41	162,48	161,47	161,10	160,90	160,90
	Média		217,62	217,62	217,25	217,15	217,04	216,88	216,76	216,64	215,73	214,67	212,35	199,58	192,93	191,19	190,42	190,19	190,10	190,10
A1	A1_a	09:01:30	274,76	274,76	274,71	274,63	274,63	274,54	274,40	274,28	272,09	269,97	265,29	246,95	243,33	242,73	242,62	242,62	242,62	242,62
	A1_b	09:01:40	399,06	399,06	398,69	398,41	398,20	398,06	397,86	397,72	395,72	393,77	389,30	367,77	361,91	360,34	359,79	359,71	359,71	359,70
	A1_c	09:01:50	449,31	449,31	449,25	449,16	449,09	449,09	449,03	448,98	447,12	445,09	440,55	419,84	413,42	411,53	410,71	410,53	410,50	410,50
	Média		374,38	374,38	374,22	374,07	373,97	373,89	373,76	373,66	371,64	369,61	365,05	344,85	339,56	338,20	337,71	337,62	337,61	337,61
A2	A2_a	09:02:00	169,38	169,38	169,22	169,09	168,93	168,83	168,76	168,69	167,63	166,58	163,91	149,63	145,34	144,78	144,69	144,68	144,68	144,68
	A2_b	09:02:10	209,24	209,24	209,20	209,02	208,89	208,56	208,35	208,22	207,05	205,79	202,65	188,92	186,01	185,58	185,52	185,51	185,51	185,51
	A2_c	09:02:20	248,67	248,67	248,56	248,00	247,76	247,51	247,33	247,14	245,86	244,44	241,60	229,15	224,60	223,27	222,61	222,36	222,29	222,29
	Média		209,10	209,10	208,99	208,70	208,53	208,30	208,14	208,02	206,85	205,60	202,72	189,23	185,32	184,54	184,27	184,19	184,16	184,16
A3	A3_a	09:02:30	188,69	188,69	188,37	188,02	187,98	187,91	187,85	187,79	186,82	185,70	183,11	170,41	162,67	161,06	160,39	160,21	160,14	160,13
	A3_b	09:02:40	293,47	293,47	293,38	292,61	292,15	291,73	291,40	291,06	289,33	287,61	283,48	261,44	250,32	247,94	247,04	246,79	246,70	246,70
	A3_c	09:02:50	269,70	269,70	268,67	268,49	268,39	268,23	268,11	267,99	266,87	265,41	262,33	245,80	234,40	231,80	230,76	230,45	230,32	230,32
	Média		250,62	250,62	250,14	249,71	249,51	249,29	249,12	248,95	247,67	246,24	242,97	225,88	215,80	213,60	212,73	212,48	212,39	212,39

Identificação	Provete	Área do provete [m²]	Tempo [horas]																	Declive (TS1) [kg/(m²,h)]			Declive (TS2) [kg/(m²,h ^{1/2})]		
			0	0,167	0,333	0,500	0,667	0,833	1	2	3	6	24	48	72	96	120	144	168						
			Tempo [horas ^{1/2}]																	Unitário	Média	DP	Unitário	Média	DP
			0,00	0,41	0,58	0,71	0,82	0,91	1,00	1,41	1,73	2,45	4,90	6,93	8,49	9,80	10,95	12,00	12,96						
			Mi [kg/m²]																						
T1	T1_a	0,0146	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,0	1,4	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,12	0,13	0,05	0,67	0,71	0,03
	T1_b	0,0099	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,5	3,4	3,0	1,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19			0,70		
	T1_c	0,0082	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3	3,1	3,0	2,6	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08			0,75		
	Média		3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,2	2,9	1,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0						
T2	T2_a	0,0109	4,0	3,9	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,7	3,6	3,2	1,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,20	0,14	0,08	0,64	0,61	0,03
	T2_b	0,0080	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,2	3,9	2,4	1,1	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,03			0,62		
	T2_c	0,0063	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,4	3,1	1,6	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,19			0,57		
	Média		4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,7	3,4	1,8	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0						
T3	T3_a	0,0086	4,0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,7	3,5	3,2	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	0,13	0,06	0,66	0,57	0,08
	T3_b	0,0071	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,0	1,4	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04			0,57		
	T3_c	0,0071	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	2,6	1,3	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,16			0,48		
	Média		3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,2	2,9	1,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0						
A1	A1_a	0,0092	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0	2,5	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,06	0,04	0,59	0,49	0,07
	A1_b	0,0141	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,4	2,1	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,11			0,46		
	A1_c	0,0148	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02			0,43		
	Média		3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,7	2,6	2,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
A2	A2_a	0,0079	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,4	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,11	0,14	0,04	0,53	0,47	0,05
	A2_b	0,0079	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,7	2,6	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13			0,48		
	A2_c	0,0095	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,20			0,41		
	Média		3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,2	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
A3	A3_a	0,0074	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,4	3,1	1,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,16	0,23	0,07	0,62	0,72	0,10
	A3_b	0,0088	5,3	5,3	5,2	5,2	5,1	5,1	5,0	4,8	4,6	4,2	1,7	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,32			0,85		
	A3_c	0,0089	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	3,9	3,6	1,7	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22			0,70		
	Média		4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,2	4,0	3,6	1,6	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0						

12. Difraccão de raios X

T1

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

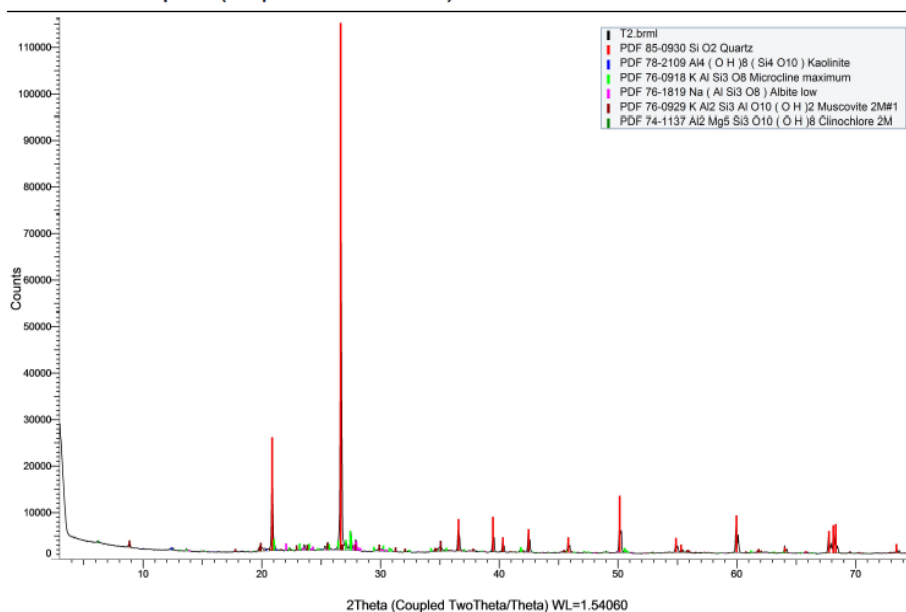
Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 85-0796	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 85-0796	Quartz
Yes			1	PDF 80-0886	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 80-0886	Kaolinite
Yes			2	PDF 76-1238	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 76-1238	Microcline maximum
Yes			3	PDF 76-1819	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 76-1819	Albite low
Yes			4	PDF 74-1392	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 74-1392	Muscovite 3T
Yes			5	PDF 74-1137	Pattern List#3	T1.brml#1	PDF 74-1137	Clinocllore 2M

Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Added Reference	d x by
SiO ₂	Calculated	112.4609 %	3.100		72.41 %		1.0000
Al ₂ (Si ₂ O ₅) (OH) ₄	Calculated	0.6146 %	1.080		1.14 %		1.0000
K (AlSi ₃)O ₈	Calculated	5.0108 %	0.600		16.67 %		1.0000
Na (AlSi ₃ O ₈)	Calculated	1.5806 %	0.640		4.93 %		1.0000
Al ₃ Si ₃ K (OH) ₂ O ₁₀	Calculated	1.3218 %	0.610		4.33 %		1.0000
Al ₂ Mg ₅ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₈	Calculated	0.2614 %	0.990		0.53 %		1.0000

Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c	alpha	beta	gamma
Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.91180		5.40340			
Yes	1.54060	Triclinic	P1 (1)	5.15770	8.94170	7.39670	91.672	104.860	89.898
Yes	1.54060	Triclinic	P-1 (2)	7.92050	7.62190	7.21880	76.550	104.380	66.870
Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.13800	12.78900	7.15600	94.330	116.570	87.650
Yes	1.54060	Hexagonal	P3112 (151)	5.19630		29.97050			
Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.30400	9.18700	28.49400		97.144	

Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
3	112.90	2.651	No	F29= 999.9(0.0001, 29)
0	329.57	2.601	No	F30= 999.9(0.0000, 36)
2	360.56	2.550	No	F30= 80.9(0.0082, 45)
4	332.10	2.622	No	F30= 160.5(0.0048, 39)
3	700.83	2.831	No	F30= 496.3(0.0017, 36)
4	1377.67	2.679	No	F30= 699.7(0.0012, 35)

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 85-0930	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 85-0930	Quartz
Yes			1	PDF 78-2109	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 78-2109	Kaolinite
Yes			2	PDF 76-0918	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 76-0918	Microcline maximum
Yes			3	PDF 76-1819	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 76-1819	Albite low
Yes			4	PDF 76-0929	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 76-0929	Muscovite 2M#1
Yes			5	PDF 74-1137	Pattern List#3	T2.brml#1	PDF 74-1137	Clinocllore 2M

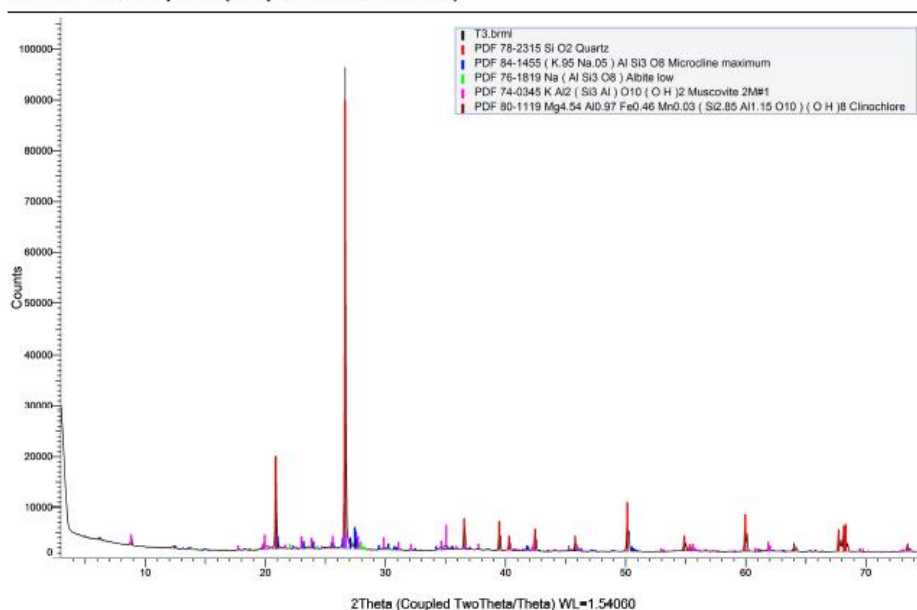
Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Added Reference	d x by
Si O2	Calculated	109.2190 %	3.070		68.24 %		1.0000
Al4 (OH)8 (Si4 O10)	Calculated	0.5535 %	0.820		1.29 %		1.0000
K Al Si3 O8	Calculated	4.0810 %	0.600		13.05 %		1.0000
Na (Al Si3 O8)	Calculated	1.8992 %	0.640		5.69 %		1.0000
K Al2 Si3 Al O10 (OH)2	Calculated	2.1978 %	0.390		10.81 %		1.0000
Al2 Mg5 Si3 O10 (OH)8	Calculated	0.4761 %	0.990		0.92 %		1.0000

Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c	alpha	beta	gamma
Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.91100		5.40700			
Yes	1.54060	Triclinic	P1 (1)	5.14900	8.93350	7.38440	91.930	105.042	89.791
Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.57260	12.96180	7.21880	90.570	115.920	87.750
Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.13800	12.78900	7.15600	94.330	116.570	87.650
Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.19060	9.00800	20.04700		95.757	
Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.30400	9.18700	28.49400		97.144	

Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
3	112.93	2.650	No	F29= 999.9(0.0001, 29)
1	327.84	2.615	No	F30= 207.5(0.0037, 39)
4	360.43	2.550	No	F30= 210.2(0.0035, 41)
4	332.10	2.622	No	F30= 160.5(0.0048, 39)
4	932.61	2.836	No	F30= 367.1(0.0022, 37)
4	1377.67	2.679	No	F30= 699.7(0.0012, 35)

T3

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 78-2315	Pattern List #3	T3.brml #1	PDF 78-2315	Quartz
Yes			1	PDF 84-1455	Pattern List #3	T3.brml #1	PDF 84-1455	Microcline maximum
Yes			2	PDF 76-1819	Pattern List #3	T3.brml #1	PDF 76-1819	Albite low
Yes			3	PDF 74-0345	Pattern List #3	T3.brml #1	PDF 74-0345	Muscovite 2M#1
Yes			4	PDF 80-1119	Pattern List #3	T3.brml #1	PDF 80-1119	Clinocllore

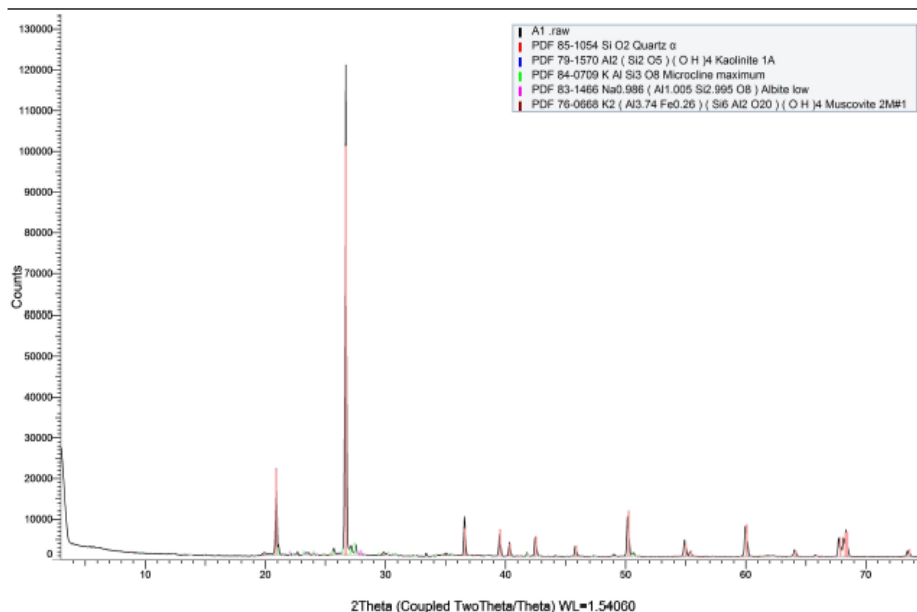
Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q
Si O2	Calculated	93.0286 %	3.100		58.42 %
(K.95 Na.05) Al Si3 O8	Calculated	4.5593 %	0.580		15.30 %
Na (Al Si3 O8)	Calculated	1.3654 %	0.640		4.15 %
K Al2 (Si3 Al) O10 (O H)2	Calculated	5.1990 %	0.490		20.66 %
Mg4.54 Al0.97 Fe0.46 Mn0.03 (Si2.85 Al1.15 O10) (O H)8	Calculated	0.5133 %	0.680		1.47 %

Added Reference	d x by	Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c
	1.0000	Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.91239		5.40385
	1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.57140	12.96460	7.22170
	1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.13800	12.78900	7.15600
	1.0000	Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.18900	8.99600	20.09600
	1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	5.32500	9.23400	14.35800

alpha	beta	gamma	Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
			3	112.93	2.650	No	F28= 999.9(0.0001, 29)
90.636	115.949	87.679	4	360.50	2.556	No	F30= 115.5(0.0062, 42)
94.330	116.570	87.650	4	332.10	2.622	No	F30= 160.5(0.0048, 39)
	95.180		4	934.26	2.800	No	F30= 311.2(0.0024, 41)
90.330	97.380	90.000	2	350.07	2.708	No	F30= 75.9(0.0079, 50)

A1

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 85-1054	Pattern List #3	A1 .raw #1	PDF 85-1054	Quartz α
Yes			1	PDF 79-1570	Pattern List #3	A1 .raw #1	PDF 79-1570	Kaolinite 1A
Yes			2	PDF 84-0709	Pattern List #3	A1 .raw #1	PDF 84-0709	Microcline maximum
Yes			3	PDF 83-1466	Pattern List #3	A1 .raw #1	PDF 83-1466	Albite low
Yes			4	PDF 76-0668	Pattern List #3	A1 .raw #1	PDF 76-0668	Muscovite 2M#1

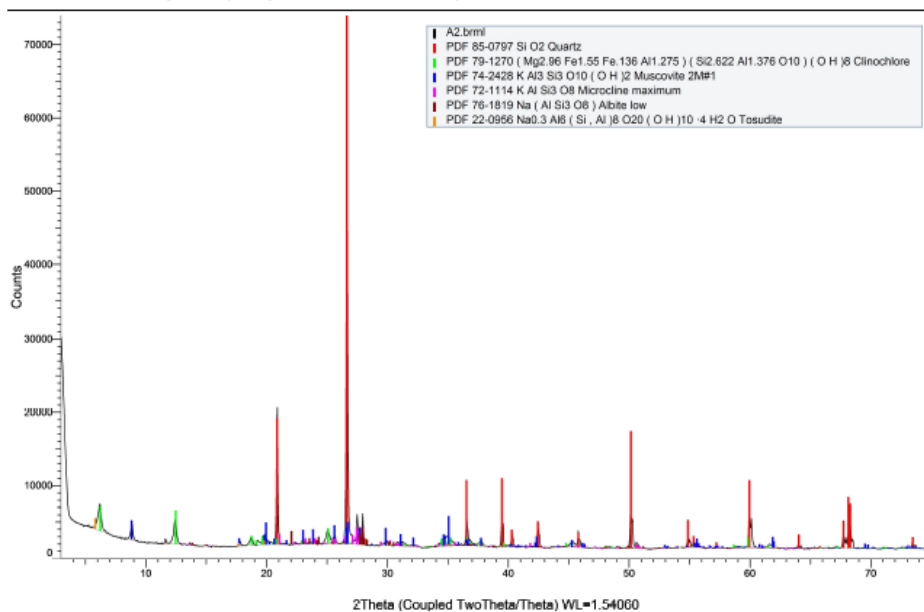
Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Added Reference
Si O2	Calculated	83.3907 %	3.070		80.99 %	
Al2 (Si2 O5) (O H)4	Calculated	0.1612 %	0.980		0.49 %	
K Al Si3 O8	Calculated	2.4703 %	0.580		12.70 %	
Na0.986 (Al1.005 Si2.995 O8)	Calculated	0.9927 %	0.640		4.62 %	
K2 (Al3.74 Fe0.26) (Si6 Al2 O20) (O H)4	Calculated	0.1640 %	0.410		1.19 %	

d x by	Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c	alpha	beta
1.0000	Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.90390		5.39430		
1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C1 (1)	5.15540	8.94480	7.40480	91.700	104.862
1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.57240	12.96420	7.22310	90.647	115.946
1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.14200	12.78500	7.15900	94.190	116.610
1.0000	Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.19180	9.01530	20.04570		95.735

gamma	Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
	3	112.34	2.664	No	F28= 999.9(0.0001, 29)
89.822	2	164.95	2.598	No	F30= 635.3(0.0015, 32)
87.641	4	360.60	2.550	No	F30= 123.1(0.0057, 43)
87.680	4	332.24	2.617	No	F30= 150.2(0.0050, 40)
	2	933.56	2.800	No	F30= 456.6(0.0018, 36)

A.58

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

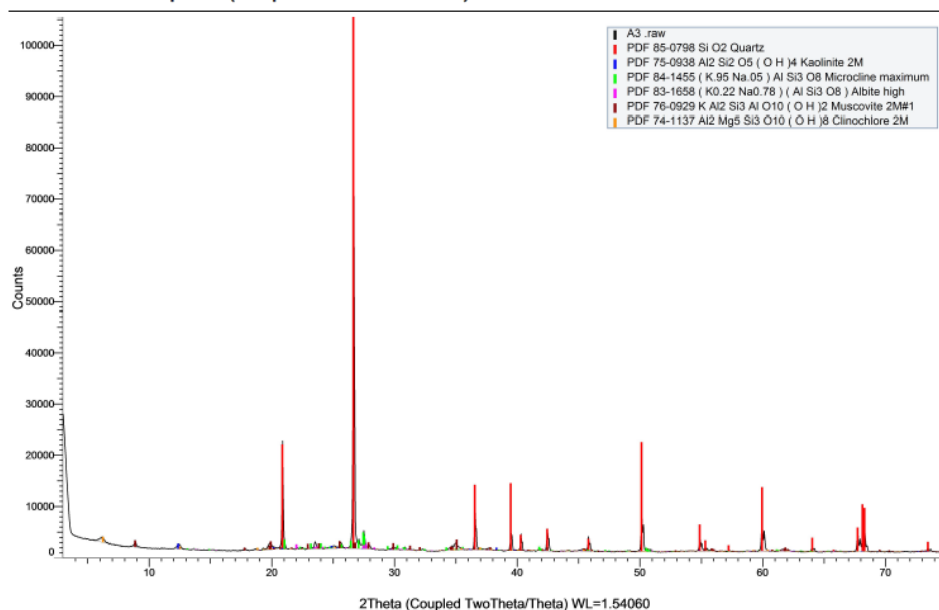
Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 85-0797	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 85-0797	Quartz
Yes			1	PDF 79-1270	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 79-1270	Clinoclhire
Yes			2	PDF 74-2428	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 74-2428	Muscovite 2M#1
Yes			3	PDF 72-1114	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 72-1114	Microcline maximum
Yes			4	PDF 76-1819	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 76-1819	Albite low
Yes			5	PDF 22-0956	Pattern List#3	A2.brml#1	PDF 22-0956	Tosudite

Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q
Si O ₂	Calculated	199.2295 %	3.310		61.24 %
(Mg _{2.96} Fe _{1.55} Fe _{.136} Al _{1.275}) (Si _{2.622} Al _{1.376} O ₁₀) (OH) ₈	Calculated	7.0255 %	1.000		7.15 %
K Al ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	Calculated	6.3049 %	0.390		16.45 %
K Al Si ₃ O ₈	Calculated	3.6101 %	0.590		6.23 %
Na (Al Si ₃ O ₈)	Calculated	3.7092 %	0.640		5.90 %
Na _{0.3} Al ₆ (Si, Al) ₈ O ₂₀ (OH) ₁₀ · 4 H ₂ O	Blank	2.9913 %	(1)		3.04 %

Added Reference	d x by	Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c
	1.0000	Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.91410		5.40440
	1.0000	Yes	1.54060	Monoclinic	C2/m (12)	5.35000	9.26700	14.27000
	1.0000	Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.18900	8.99500	20.09700
	1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.56000	12.96400	7.21500
	1.0000	Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.13800	12.78900	7.15600
	1.0000	Yes	1.54060	Hexagonal	P (0)	5.12500		29.78000

alpha	beta	gamma	Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
			3	113.02	2.648	No	F28= 999.9(0.0001, 29)
	96.350		2	703.14	2.868	No	F30= 498.3(0.0017, 36)
	95.180		4	934.20	2.831	No	F30= 346.1(0.0023, 38)
90.650	115.830	87.700	4	360.04	2.550	No	F30= 86.6(0.0082, 42)
94.330	116.570	87.650	4	332.10	2.622	No	F30= 160.5(0.0048, 39)
			1	677.40	2.420	No	F19= 2.0(0.1190, 80)

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



Pattern List #3

Show	Icon	Color	Index	Name	Parent	Scan	Pattern #	Compound Name
Yes			0	PDF 85-0798	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 85-0798	Quartz
Yes			1	PDF 75-0938	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 75-0938	Kaolinite 2M
Yes			2	PDF 84-1455	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 84-1455	Microcline maximum
Yes			3	PDF 83-1658	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 83-1658	Albite high
Yes			4	PDF 76-0929	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 76-0929	Muscovite 2M#1
Yes			5	PDF 74-1137	Pattern List#3	A3_raw #1	PDF 74-1137	Clinocllore 2M

Formula	Quality	Y-Scale	I/Ic DB	I/Ic User	S-Q	Added Reference	d x by
Si O2	Calculated	184.4471 %	3.340		77.62 %		1.0000
Al2 Si2 O5 (OH)4	Calculated	1.1036 %	1.050		1.48 %		1.0000
(K.95 Na.05) Al Si3 O8	Calculated	3.3998 %	0.580		8.24 %		1.0000
(K0.22 Na0.78) (Al Si3 O8)	Calculated	1.3785 %	0.620		3.13 %		1.0000
K Al2 Si3 Al O10 (OH)2	Calculated	2.1856 %	0.390		7.88 %		1.0000
Al2 Mg5 Si3 O10 (OH)8	Calculated	1.1674 %	0.990		1.66 %		1.0000

Scan WL	Wavelength	System	Space Group	a	b	c	alpha	beta	gamma
Yes	1.54060	Hexagonal	P3221 (154)	4.91400		5.40500			
Yes	1.54060	Monoclinic	Cc (9)	5.14800	8.92000	14.53500		100.200	
Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.57140	12.96460	7.22170	90.636	115.949	87.679
Yes	1.54060	Triclinic	C-1 (2)	8.14400	12.98900	7.16000	92.100	116.560	90.210
Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.19060	9.00800	20.04700		95.757	
Yes	1.54060	Monoclinic	C2/c (15)	5.30400	9.18700	28.49400		97.144	

Z	Volume	Density	Cell Tuned	F (N)
3	113.03	2.648	No	F29= 999.9(0.0001, 29)
4	656.90	2.610	No	F30= 999.9(0.0005, 38)
4	360.50	2.556	No	F30= 115.5(0.0062, 42)
4	338.42	2.570	No	F30= 196.8(0.0044, 35)
4	932.61	2.836	No	F30= 367.1(0.0022, 37)
4	1377.67	2.679	No	F30= 699.7(0.0012, 35)