

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES,
VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda**

Dissertação de Mestrado em
Engenharia Civil

Michaël Mocho dos Santos

Orientador: Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa

Coorientador: Professor Doutor Alexandre Aníbal Meira Guimarães da Costa



Vila Real, 2015

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES,
VALPAÇOS:**

Propostas de intervenção e salvaguarda

Dissertação de Mestrado em
Engenharia Civil

Michaël Mocho Dos Santos

Orientador: Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa

Coorientador: Professor Doutor Alexandre Aníbal Meira Guimarães da Costa



Vila Real, 2015

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Dissertação submetida à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob orientação científica da Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa, docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, e sob a coorientação científica do Professor Doutor Alexandre Aníbal Meira Guimarães da Costa, docente do Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia Civil do Porto.

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação não seria possível sem o apoio e colaboração de algumas pessoas e entidades. A elas deixo expresso, individualmente, os meus sinceros agradecimentos:

À Professora Doutora Maria Eunice da Costa Salavessa, pela orientação, disponibilidade, empenho, interesse e conhecimentos que me transmitiu, permitindo-me ultrapassar os obstáculos com que me fui deparando ao longo da elaboração desta dissertação.

Ao Professor Doutor Alexandre Aníbal Meira Guimarães Costa, pela colaboração, orientação e, interesse, disponibilidade e contributo com os seus conhecimentos ao longo da execução da modelação numérica da Capela de Santo António, o que me permitiu aprender e solidificar novos conhecimentos.

Ao Professor Doutor Aires Fernando Fernandes Leite Camões de Azevedo, pela acessibilidade, cordialidade e simpatia demonstradas, pela preciosa ajuda ao longo da execução da campanha experimental sobre argamassa de revestimento interior e exterior e pela campanha experimental sobre granitos, o que me permitiu aprender e solidificar novos conhecimentos sobre revestimentos tradicionais à base de cal e por me ter dado a oportunidade de realização dos ensaios no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

Ao Professor Doutor Luís Manuel Oliveira Sousa, pelo profissionalismo, interesse evidenciado e ajuda prestada na realização do meu trabalho, nomeadamente na análise das lâminas das amostras de estuque, no acompanhamento da campanha experimental sobre granitos e na ajuda para recolha do saibro em Picões.

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, que me possibilitou, para além da realização desta dissertação, um contínuo crescimento académico ao longo do meu percurso universitário.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

À Universidade do Minho, que me acolheu com todo o interesse e simpatia, possibilitando a realização dos ensaios da campanha experimental nas suas instalações e por todos os meios colocados à disposição.

Ao Laboratório Nacional de Energia e Geologia, pela colaboração, simpatia, e amabilidade de me permitirem a realização das análises químicas das amostras de Saibro, Cal-hidráulica e Pó de Mármore.

À FRADICAL e ao Engenheiro Fernando Cartaxo, pela disponibilidade, apoio e gentileza em fornecer a cal aérea em pasta D. Fradique,

À OMYA, S.A., pela disponibilidade e contributo ao fornecer o pó de mármore.

À MVALMAR, pela disponibilidade e amabilidade em realizar os cortes dos provetes de granito.

Aos Técnicos do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Minho do Pólo de Guimarães, Carlos Manuel Gonçalves Jesus e Fernando You Lun Pokee, que prontamente aceitaram a realização dos ensaios das campanhas experimentais nas instalações do laboratório. Pela orientação, apoio, empenho, interesse e pelos conhecimentos que me transmitiram ao longo dos ensaios realizados no laboratório.

À Mestre Lisete Fernandes da Unidade de Microscopia Eletrónica da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, pela ajuda e colaboração nos ensaios de SEM/EDS e Raios X.

Ao técnico Tito João Ribeiro de Azevedo pela produção das lâminas das amostras de estuque.

Ao Senhor Augusto Oliveira, Técnico Superior no Laboratório Nacional de Energia e Geologia, pela disponibilidade, gentileza e ajuda no fornecimento do pó de mármore.

Ao Senhor José Gramaxo, pelo excelente trabalho de levantamento topográfico e geométrico dos edifícios que foram objetos deste estudo.

Ao Presidente da Junta de Freguesia de Bouçoães, António Tabuada Taveira, pela disponibilidade, amabilidade, interesse e pela forma prestável com que ajudou a entrar em contacto com os proprietários da Quinta de Picões.

Ao proprietário dos edifícios objeto de estudo, Sr. Manuel Soares, pela disponibilidade e gentileza que sempre demonstrou ao longo deste estudo.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Às proprietárias dos edifícios objeto de estudo, Dona Maria Aline Ferreira e Dona Beatriz Ferreira, pela disponibilidade, amabilidade que sempre demonstraram em me acompanhar ao local de estudo, bem como pela cedência da chave da Capela de Santo António em Picões.

À minha família, em particular aos meus queridos pais, Raul dos Santos e Elisabete de Sá Mocho Santos. Gostaria ainda de exprimir o mais profundo agradecimento, por todo o amor, motivação e pelos valores transmitidos, o que me possibilitou atingir os meus objetivos ao longo do meu percurso pessoal e académico e que contribuíram para me tornar na pessoa que sou.

A minha querida irmã, Kati Mocho Dos Santos, pelo carinho, apoio, amor e por toda a preocupação que sempre teve comigo ao longo de todo o meu crescimento.

A toda a minha família, pelo amor, carinho, amizade e apoio que tiveram para comigo ao longo da minha vida, fazendo-se presente em todos os momentos.

A minha querida namorada, Alexandra Filipa Brito Gomes de Sousa, por toda a dedicação, amor, carinho e paciência, não só ao longo desta dissertação, bem como, ao longo de todo o meu percurso académico.

Ao meu primo, José Alves, pela disponibilidade e amabilidade em transportar a cal aérea em pasta D. Fradique, desde de Lisboa até Chaves.

Ao meu amigo, Paulo Alves, pela disponibilidade e amabilidade em acompanhar-me ao longo das várias visitas ao local de estudo.

Ao meu amigo Eusébio Silva, pela disponibilidade e amabilidade em auxiliar-me na recolha dos blocos de granito no local de estudo.

A todos os meus amigos, que ao longo destes anos de amizade se fizeram presentes em todos os momentos, estando sempre prontos para dar uma palavra amiga, um apoio ou um incentivo.

A todos os meus colegas e amigos da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro que me acompanharam durante o curso de Engenharia Civil.

RESUMO

São inúmeros os edifícios históricos no nosso país. Muitos deles estão abandonados, ficando este património histórico à mercê dos agentes de deterioração. É urgente que sejam desenvolvidas ações de manutenção e conservação dos edifícios antigos com valor patrimonial, correntes e monumentais, da paisagem rural e de salvaguarda do património rural edificado, através de políticas de proteção do património cultural e de incentivos múltiplos.

A presente dissertação visa a caracterização geral do complexo rural da Quinta de Picões (que inclui edifícios de grande valor patrimonial, localizando-se na freguesia de Bouçoães, concelho de Valpaços, no distrito de Vila Real), pretendendo, fundamentalmente, estudar as técnicas não destrutivas de inspeção e exame do estado de conservação de edifícios antigos e determinar intervenções de restauro e reabilitação pouco intrusivas mais adequadas, com base nos princípios e critérios de conservação, reabilitação e restauro de edifícios históricos, nas principais cartas e convenções internacionais de salvaguarda do património cultural, não esquecendo as exigências atuais de conforto e habitabilidade.

Finalmente será feito um estudo sobre as argamassas de revestimento e da rocha granítica presentes nas edificações de Picões dado o estado avançado de degradação das mesmas e a premência de uma intervenção futura. Para isso foram realizados ensaios de caracterização mecânicos da pedra e análises laboratoriais sobre as argamassas. Procedeu-se a uma campanha experimental sobre argamassas de revestimento tradicionais de substituição para o exterior e interior. Desenvolveu-se uma análise numérica segundo o método de elementos finitos num dos edifícios, para determinação do estado de segurança estrutural e implicações no estado de conservação dos estuques históricos que encerra no seu interior.

Palavras-chave: Restauro; Conservação; Reconstrução; Alvenarias de pedra; Inspeção; Diagnóstico; Argamassas; Modelação numérica; Elementos Finitos; Eurocódigo 8; Sismo: SAP2000.

ABSTRACT

There are numerous of historic buildings in our country. Many of them are abandoned, leaving this historic heritage at the mercy of agents of deterioration. It is urgent

that we develop maintenance and conservation of old building whit patrimonial value, current and monumental, the rural landscape and the protection of the rural built heritage through cultural heritage protection policies and multiple incentives.

The present dissertation aims at the overall characterization of the rural complex of the steading of Picões (which includes buildings of great heritage value, being located in Bouçoães parish, Valpaços municipality, Vila Real district), intending to fundamentally study the techniques non-destructive inspection and examination of the conservation state of old buildings and determine restauration work and more appropriate bit intrusive rehabilitation, based on the principles and criteria of conservation, rehabilitation and restauration of historic buildings, the main international charters and conventions of heritage protection cultural, not forgetting the current requirements of comfort and habitability.

Finally there will be done a study of the coating mortars and granite stone present in buildings of Picões given the advanced state of degradation of the same and the urgent need of further intervention. For this mechanical properties testing of stone and laboratory tests were performed on mortars. There has been an experimental campaign mortars coating the exterior and interior traditional replacement. It was developed a numerical analysis according to the finite element method in one of the buildings, to determine the structural state of security and implications for the conservation statues of the historic stucco terminating inside.

Keywords: Restoration; Conservation; Reconstruction; Stone masonry, Inspection; Diagnosis; Mortars; Numerical modeling; Finite elements; Eurocode 8; Earthquake; SAP2000.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	vii
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
ÍNDICE GERAL	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
ÍNDICE DE FOTOS	xxv
ÍNDICE DE TABELAS	xxxi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxxiii
SIMBOLOGIA.....	xxxv
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1.Introdução.....	1
1.2.Objectivos.....	1
1.3 Princípios/ cartas e convenções internacionais sobre o restauro e reabilitação de edifícios históricos.	2
1.3.1 Introdução.....	2
1.3.2. Carta de Atenas sobre o restauro de monumentos	3
1.3.3. Carta de Veneza sobre a conservação e o restauro de monumentos e sítios.....	4
1.3.4. Carta sobre o Turismo Cultural	5
1.3.5. Carta de Villa Vigoni sobre a proteção dos bens culturais da Igreja	5
1.3.6. Documento de Nara sobre a autenticidade do património cultural	6
1.3.7 Carta do Património Arquitectónico Vernáculo.....	7
1.3.8. Recomendações da ICOMOS.....	8

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

1.4. Metodologia	9
1.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO 2 - ANÁLISE ARQUITECTÓNICA, CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO CASO DE ESTUDO	13
2.1. Introdução.....	13
2.2. Enquadramento Histórico.....	19
2.3. Levantamento aéreo e topográfico	23
2.4. Alçados.....	26
2.4.1. Aglomerado de Edifícios em Picões	26
2.4.2. Capela de Santo António em Picões	33
2.5. Caracterização arquitetónica dos edifícios	35
2.6. Caracterização construtiva dos edifícios	43
2.6.1. Fundações.....	43
2.6.2. Pavimentos	44
2.6.3. Alvenarias.....	46
2.6.4. Cantarias.....	48
2.6.5. Coberturas	52
2.6.6. Escadas	55
2.6.7. Revestimentos e acabamentos	55
2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
CAPÍTULO 3 - DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS.....	61
3.1. Introdução.....	61
3.2. Técnicas de Inspeção não destrutivas de elementos estruturais e não estruturais.....	61
3.2.1 Introdução.....	61
3.2.2 Técnicas de ensaio não-destrutivo.....	62
3.3. Diagnóstico das anomalias construtivas.....	65

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

3.3.1. Anomalias nas fundações	65
3.3.2. Anomalias em alvenaria de pedra	70
3.3.2.1. Fissuração	70
3.3.2.2. Desagregação granular	72
3.3.2.3. Humidades do terreno	78
3.3.2.4. Humidade de precipitação	81
3.3.2.5. Vegetação parasitária e Colonização Biológica	84
3.3.3. Anomalias em coberturas	90
3.3.3.1. Deformabilidade	90
3.3.3.2. Humidades de precipitação	92
3.3.3.3. Colonização biológica	97
3.3.4. Anomalias em pavimentos em madeira	100
3.3.4.1. Apodrecimento das tábuas	100
3.3.5. Anomalias em pavimentos em lajeado de granito	102
3.3.5.1. Manchas de humidade	102
3.3.6. Anomalias em reboco	105
3.3.6.1. Destacamento do reboco	105
3.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DAS ARGAMASSAS DOS SÉCULOS XVIII E XIX	113
4.1 Introdução	113
4.2 Evolução histórica das argamassas	114
4.3. Análises laboratoriais sobre as argamassas dos edifícios em estudo	116
4.3.1 Microscópio eletrónico de varrimento e microanálise de raio-X (SEM-EDS)	116
4.3.2 Análise Petrográfica	118
4.4 Resultados dos Ensaios	120
4.4.1. Análise SEM-EDS	120
4.4.2. Análise Petrográfica	125

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

4.5. Campanha experimental sobre argamassa de revestimento interior e exterior	130
4.5.1. Introdução.....	130
4.5.2. Materiais e Métodos	130
4.5.3. Preparação dos componentes das argamassas	133
4.5.4. Ensaio efetuados e equipamento utilizado.....	134
4.5.4.1. Determinação da granulometria por peneiração.....	134
4.5.4.2. Determinação da massa volúmica aparente	136
4.5.4.3. Preparação das argamassas.....	138
4.5.4.3.1. Amassadura e água de amassadura	138
4.5.4.3.2. Misturador mecânico e tempo de mistura	141
4.5.4.3.3. Preparação dos provetes	142
4.5.4.3.4. Moldagem dos provetes	142
4.5.4.3.5. Desmoldagem dos provetes.....	143
4.5.4.4. Determinação das variações dimensionais e ponderais.....	143
4.5.4.5. Determinação do módulo de elasticidade dinâmico.....	146
4.5.4.6. Determinação da resistência mecânica à tração por flexão e compressão	150
4.5.4.6.1 Resistência mecânica à tração por flexão, aos 28 dias.	151
4.5.4.6.2 Resistência mecânica à compressão, aos 28 dias.	154
4.5.4.7. Determinação da densidade aparente e porosidade aberta por absorção.....	156
4.5.4.8. Determinação da absorção de água por capilaridade	159
4.5.4.9. Curva de secagem.....	162
4.5.5. Discussão dos resultados	163
4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE GRANITO DO SÉCULO XVIII – ENSAIOS MECÂNICOS	175
5.1. Introdução.....	175
5.2. Ensaio efetuados e equipamento utilizado.....	178

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

5.3. Determinação da absorção de água por capilaridade	178
5.4. Determinação da densidade aparente e porosidade aberta	180
5.5. Determinação da resistência à compressão	183
5.6. Curva de Secagem	185
5.7. Análise dos Resultados.....	186
5.7.1. Introdução.....	186
5.7.2. Resistência mecânica à compressão	187
5.7.3. Densidade aparente e porosidade aberta	188
5.7.4. Coeficiente de Capilaridade de Água.....	189
5.7.5. Curva de Secagem	189
5.8. Avaliação comparativa entre as características do granito e as características das argamassas de revestimento.	190
5.8.1. Introdução.....	190
5.8.2. Resistência mecânica.....	191
5.8.3. Comportamento à água.....	192
5.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	195
CAPÍTULO 6 - MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA CAPELA DE SANTO ANTÓNIO EM PICÕES	197
6.1. Introdução.....	197
6.2. Considerações Iniciais.....	197
6.3. Ações na estrutura	199
6.3.1. Ação sísmica	199
6.3.1.1. Introdução.....	199
6.3.1.2. Definição da ação sísmica regulamentar	201
6.3.1.2.1 Condições do terreno.....	201
6.3.1.2.2 Zona sísmica.....	202
6.3.1.2.3 Definição do espectro de resposta elástico.....	204

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

6.3.1.2.3.1 Espectro de resposta elástico horizontal.....	204
6.3.1.2.3.2 Espectro de resposta elástico vertical.....	206
6.3.1.2.4 Classes de importância	206
6.3.1.2.5. Combinação de efeitos das componentes horizontais e vertical da ação sísmica ..	207
6.3.2. Outras ações	208
6.3.3. Combinações de ações	209
6.4. Modelação em SAP 2000 v17	211
6.4.1. Introdução.....	211
6.4.2. Métodos dos elementos finitos	211
6.5. Análise sísmica da capela.....	212
6.5.1. Estrutura e materiais.....	212
6.5.2. Restante Cargas permanentes e Sobrecarga	213
6.5.3. Modelo Estrutural.....	213
6.5.4. Ação sísmica	215
6.5.5. Combinações de ações	216
6.5.6. Análise e interpretação dos resultados	216
6.6. Conclusão	219
6.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	221
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO FINAL E PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO FUTURO	223
7.1. Considerações gerais	223
7.2. Conclusões sobre o estado de conservação das alvenarias e sugestões de reparação	224
7.3. Conclusões sobre os materiais e as misturas utilizados nas argamassas.....	227
7.4. Conclusões sobre a modelação numérica da Capela de Santo António	228
7.5. Conclusões sobre as campanhas experimentais e proposta de desenvolvimentos futuros	229
7.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	233
ANEXOS.....	243
ANEXO I - ENQUADRAMENTO FÍSICO E HUMANO DE PICÕES	245
ANEXO II – LEVANTAMENTO E PLANTAS TOPOGRÁFICO DA QUINTA DE PICÕES	245
ANEXO III - FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS USADOS NAS ARGAMASSAS.	247
ANEXO IV - FICHAS DE RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS.....	249
ANEXO V - DIAGRAMA DE TENSÕES DA CAPELA DE SANTO ANTÓNIO.....	251

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Levantamento aéreo da Quinta de Picões (Câmara Municipal de Valpaços).....	23
Figura 2: Levantamento topográfico da Quinta de Picões (Santos, Michaël, 2015).....	24
Figura 3: Levantamento topográfico da Capela de Santo António (Gramaxo, José, 2014).....	25
Figura 4: Alçado Norte do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).....	27
Figura 5: Alçado Sul do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).....	28
Figura 6: Alçado Nascente do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).	29
Figura 7: Alçado Norte do aglomerado secundário em Picões (Gramaxo, José, 2014).....	30
Figura 8: Alçado Poente do aglomerado secundário em Picões (Gramaxo, José, 2014).....	31
Figura 9: Alçado Nascente dos dois aglomerados (Gramaxo, José, 2014).	32
Figura 10: Alçado Norte da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).	33
Figura 11: Alçado Sul da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).....	34
Figura 12: Alçado Nascente da capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).	34
Figura 13: Alçado Poente da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014). ...	35
Figura 14: Ornograma funcional dos edifícios da Quinta de Picões, ao nível do rés-do-chão (Santos, Michaël, 2015).	36
Figura 15: Ornograma funcional dos edifícios da Quinta de Picões, ao nível do andar (Santos, Michaël, 2015).	37
Figura 16: Esquerda: Abóbada românica construída com lajes de pedra a cutelo; Direita: Abóbada aduelada (Segundo Villalba, que cita Puig i Cadafalch (Esquerda) e Viollet-le-Duc (Direita)	54
Figura 17: Localização dos afastamentos e dos blocos de pedra fora da sua posição original	65
Figura 18: Localização das fissuras na Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).....	70
Figura 19: Localização de desagregação granular no paramento exterior das fachadas da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	72
Figura 20: Localização de desagregação granular no paramento exterior dos edifícios destinados a habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).	73

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Figura 21: Localização das humidades do terreno granular no paramento interior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	78
Figura 22: Localização das humidades de precipitação no paramento interior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	81
Figura 23: Localização da colonização biológica no paramento exterior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	84
Figura 24: Localização da colonização biológica no paramento exterior dos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).	85
Figura 25: Localização da deformabilidade da cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	90
Figura 26 Localização das humidades de precipitação na estrutura de madeira da cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	92
Figura 27: Localização das humidades de precipitação na estrutura de madeira da cobertura dos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).	93
Figura 28: Localização da colonização biológica na cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	97
Figura 29: Localização do aprofundamento do soalho nos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).	100
Figura 30: Localização de manchas de humidades no pavimento lajeado em granito na Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	102
Figura 31: Localização do destacamento de reboco no paramento exterior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	105
Figura 32: Diagrama referente à argamassa do revestimento exterior da Capela.	121
Figura 33: Diagrama referente à argamassa do revestimento exterior da Casa Grande.	122
Figura 34: Diagrama referente à argamassa do revestimento interior da Casa Grande.	123
Figura 35: Diagrama referente ao estuque de Flor na parte Exterior da Casa Grande.	124
Figura 36: Ilustração de um equipamento emissor de ondas ultrassônicas.	146
Figura 37: Tipos de transmissão. a) Transmissão direta. b) Transmissão semidireta. c) Transmissão indireta.	148
Figura 38: zonamento do território nacional consoante a casualidade sísmica local.	203
Figura 39: Espectro de resposta elástico	205
Figura 40: Modelação da capela.	215

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Aldeia de Picões (Santos, Michaël, 2015).	19
Foto 2: Castelo de Monforte de Rio Livre (Santos, Michaël, 2015).	20
Foto 3: Solar dos Morgados de Vilartão (Santos, Michaël, 2015).	20
Foto 4: Capela de St ^a António, em Picões (Santos, Michaël, 2015).	22
Foto 5: Pilares grossos em granito (Santos, Michaël, 2015).	38
Foto 6: Pilar grosso em granito em ruínas (Santos, Michaël, 2015).	39
Foto 7: Pilar grosso em granito (Santos, Michaël, 2015).	39
Foto 8: Vista do intradorso da fachada sul dos edifícios destinados ao morgadio de Vilartão e de um Pilar grosso em granito no pátio central (Santos, Michaël, 2015).	40
Foto 9: Pilar grosso em granito em ruínas (Santos, Michaël, 2015).	40
Foto 10: Pilastras com capitéis toscanos, formas onduladas e óculos (Santos, Michaël, 2015).	41
Foto 11: Formas onduladas presentes no frontão que cobre a galilé (Santos, Michaël, 2015).	42
Foto 12: Altar em talha polícroma da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	42
Foto 13: Fundação semi-direta em Picões (Santos, Michaël, 2015).	43
Foto 14: Laje de pedra (Santos, Michaël, 2015).	44
Foto 15: Pavimento de terra batida em Picões (Santos, Michaël, 2015).	45
Foto 16: Pavimento em madeira em Picões (Santos, Michaël, 2015).	45
Foto 17: Viga principal e vigotas que descarregam na parede (Santos, Michaël, 2015).	46
Foto 18: Parede de alvenaria com aparelho poligonal pelásgico (Santos, Michaël, 2015).	47
Foto 19: Muro de alvenaria com aparelho regular (Santos, Michaël, 2015).	48
Foto 20: Cornija e molduras de contorno de janela, com as faces biseladas,	49
Foto 21: Emolduramento do portal, pilastras e óculos (Santos, Michaël, 2015).	49
Foto 22: Cornija de perfil com contornos retos e curvos (Santos, Michaël, 2015).	50
Foto 23: Peanha sobre cunhal (Santos, Michaël, 2015).	50
Foto 24: Pilar da galilé (Santos, Michaël, 2015).	51

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Foto 25: Entablamento e frontão de volutas do portal (Santos, Michaël, 2015).....	51
Foto 26: Cobertura de edifícios em estruturas de madeira, Picões (Santos, Michaël, 2015)..	53
Foto 27: Abóbada de caixotões da Capela de Sto. António em Picões (Santos, Michaël, 2015).	54
Foto 28: Abóbada de cantaria da Capela de Sto. António, em Picões, abóbada de berço de arco de volta inteira (Santos, Michaël, 2015).....	54
Foto 29: Escadas existentes em Picões (Santos, Michaël, 2015).	55
Foto 30: Revestimento de reboco com argamassas de cal e areia na Capela de Santo António de Picões (Santos, Michaël, 2015).	56
Foto 31: Pinturas no interior da Capela de Santo António de Picões (Santos, Michaël, 2015).	57
Foto 32: Estuque decorativo de paramento exterior da Casa Principal de Picões (Santos, Michaël, 2015).	57
Foto 33: Afastamento do arco da galilé relativamente à parede da capela (Santos, Michaël, 2015).....	67
Foto 34: Espaçamento entre os blocos de pedra (Santos, Michaël, 2015).	67
Foto 35: Espaçamento entre os blocos de pedra (Santos, Michaël, 2015).	68
Foto 36: Pedras fora da sua posição original (Santos, Michaël, 2015).	68
Foto 37: Fissura nas cornijas da galilé (Santos, Michaël, 2015).....	71
Foto 38: Fissura nas formas onduladas presentes no frontão que cobre a galilé (Santos, Michaël, 2015).	71
Foto 39: Desagregação granular que leva ao adoçamento das formas das pedras (Santos, Michaël, 2015).	74
Foto 40: Desagregação granular que leva ao arredondamento das arestas das pedras (Santos, Michaël, 2015).	74
Foto 41: Desagregação granular das arestas do pilar (Santos, Michaël, 2015).....	75
Foto 42: Desagregação granular das arestas do pilar, do capitel e cornija (Santos, Michaël, 2015).....	75
Foto 43: Desagregação de argamassa de assentamento (Santos, Michaël, 2015).....	76
Foto 44: Manchas de humidade na junção das paredes da capela (Santos, Michaël, 2015). ...	79
Foto 45: Vestígios de humidade nas paredes laterais (Santos, Michaël, 2015).	79
Foto 46: Manchas de humidade derivado da precipitação (Santos, Michaël, 2015).....	82
Foto 47: Manchas de humidade derivado da precipitação (Santos, Michaël, 2015).....	82

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Foto 48: Manchas de humidades no interior derivado a precipitação (Santos, Michaël, 2015).	83
Foto 49: Colonização biológica no soco e muro envolvente da Capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).	86
Foto 50 Colonização biológica no soco e base dos pilares (Santos, Michaël, 2015).....	86
Foto 51: Colonização biológica na base dos pilares da galilé (Santos, Michaël, 2015).	87
Foto 52: Colonização biológica nas cornijas (Santos, Michaël, 2015).	87
Foto 53: Colonização biológica em escadarias (Santos, Michaël, 2015).....	88
Foto 54: Vegetação parasitária que cobre a fachada de um dos edifícios da quinta (Santos, Michaël, 2015).	88
Foto 55: Deformabilidade do telhado (Santos, Michaël, 2015).	91
Foto 56: Manifestação da humidade na estrutura da cobertura, resultante das infiltrações pelo telhado (Santos, Michaël, 2015).....	94
Foto 57: Manifestação da humidade na estrutura de madeira, originada pela falta de estanquidade da cobertura (Santos, Michaël, 2015).....	94
Foto 58: Manifestação da humidade na estrutura da cobertura da galilé, resultante das infiltrações pelo telhado (Santos, Michaël, 2015).....	95
Foto 59: Fissura num elemento de madeira (linha da asna) (Fonte: Santos,2015).	95
Foto 60: Telhas que se encontram indevidamente sobrepostas (Santos, Michaël, 2015).	98
Foto 61: Aparecimento de colonização biológica nalgumas zonas da cobertura (Santos, Michaël, 2015).	98
Foto 62: Apodrecimento das tábuas do soalho (Santos, Michaël, 2015).	101
Foto 63: Mancha de humidade no pavimento térreo em lajeado de granito da Capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).	103
Foto 64: Destacamento de reboco nas fachadas laterais da capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).	106
Foto 65: Microscópio eletrónico de varrimento.	118
Foto 66. Análise petrográfica.	119
Foto 67: Foto referente a argamassa do revestimento exterior da Capela.	121
Foto 68: Foto referente à argamassa do revestimento exterior da Casa Grande.	122
Foto 69: Foto referente à argamassa do revestimento interior da Casa Grande.....	123
Foto 70: Foto referente ao estuque de Flor na parte Exterior da Casa Grande. Nesta imagem verifica-se uma elevada	124

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Foto 71: a) e b): Análise petrográfica da argamassa de revestimento exterior da Capela.	125
Foto 72: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior, uma interna, outra intermédia de pequena espessura e outra externa, da Capela.....	126
Foto 73: a); b): Análise petrográfica da argamassa de revestimento exterior da Casa Grande.	126
Foto 74: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior da Casa Grande: a camada de textura mais grosseira corresponde à camada interna; a camada intermédia tem menor espessura; a camada de textura mais fina corresponde à camada externa.	127
Foto 75: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento interior da Casa Grande.	127
Foto 76: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento interior da Casa Grande.	128
Foto 77: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento interior da Casa Grande: a camada interna corresponde	128
Foto 78: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior da Casa Grande, de um elemento decorativo em	129
Foto 79: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento decorativo (Flor) exterior da Casa Grande.....	129
Foto 80: Agregados; a) Saibro de granito. b) Pó de mármore (Santos, Michaël, 2015).	131
Foto 81: Ligantes; a) Cal hidráulica. b) Cal aérea em pasta D. Fradique (Santos, Michaël, 2015).....	131
Foto 82: Esquartelador (Santos, Michaël, 2015).....	135
Foto 83: Determinação da relação Água/Ligante pelo método da mesa de espalhamento	139
Foto 84: Recipientes vazios para a determinação da relação água/ligante (Santos, Michaël, 2015).....	140
Foto 85: Pesagens dos recipientes com cal aérea em pasta (Santos, Michaël, 2015).	140
Foto 86: Misturador mecânico (Santos, Michaël, 2015).	141
Foto 87: Medições das variações dimensionais e ponderais dos provetes (Santos, Michaël, 2015).....	144
Foto 88: Calibração do equipamento (Santos, Michaël, 2015).	146
Foto 89: Medição da velocidade de propagação da onda (Santos, Michaël, 2015).	148
Foto 90: Ensaio de resistência mecânica á tração por flexão (Santos, Michaël, 2015).	152
Foto 91: Recipiente de vácuo (Santos, Michaël, 2015).....	156

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Foto 92: Construção tradicional de Picões em alvenaria de pedra seca (Santos, Michaël, 2015).....	175
Foto 93: Local onde as pedras foram recolhidas (Santos, Michaël, 2015).	176
Foto 94: Granito de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).	176
Foto 95: Granito de grão fino (Santos, Michaël, 2015).	176
Foto 96: Blocos com as dimensões de 50 mm x 50 mm x 50 mm (Santos, Michaël, 2015).	177
Foto 97: 12 cubos de cada granito (Santos, Michaël, 2015).	177
Foto 98: Ensaio de determinação de absorção de água po capilaridade nos provetes de granito de grão fino e grosseiro (Santos, Michaël, 2015).....	179

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Resultado do ensaio de difração de raios X para as amostras das argamassas de revestimento	120
Tabela 2: Argamassas e respetivos traços volumétricos da campanha experimental (Santos, Michaël, 2015).	131
Tabela 3: Composição química dos componentes das argamassa em %.	132
Tabela 4: Composição das argamassas (Santos, Michaël, 2015).	133
Tabela 5: Normas de ensaios de caracterização.	134
Tabela 6: Normas dos ensaios de características de comportamento.....	134
Tabela 7: Massa volúmica aparente dos componentes das argamassas (Santos, Michaël, 2015).....	137
Tabela 8: Determinação da relação Água/Ligante pelo método da mesa de espalhamento (Santos, Michaël, 2015).	139
Tabela 9: Determinação da Relação Água/Ligante da cal aérea em pasta (Santos, Michaël, 2015).....	141
Tabela 10: Valores médios das medições após a desmoldagem e aos 28 dias de idade (Santos, Michaël, 2015).	145
Tabela 11: Resultados do ensaio da velocidade de propagação e respetivo Massa volúmica Módulo de elasticidade (Santos, Michaël, 2015).	149
Tabela 12: Resultados do ensaio de Módulo de elasticidade (Santos, Michaël, 2015).....	150
Tabela 13: Resultados do ensaio da resistência mecânica à tração por flexão das argamassas de revestimentos (Santos, Michaël, 2015).	153
Tabela 14: Resultados do ensaio da resistência mecânica à tração por compressão das argamassas de revestimentos (Santos, Michaël, 2015).	155
Tabela 15: Resultados da porosidade aberta das argamassas de revestimentos.....	158
Tabela 16: Resultados da densidade aparente das argamassas de revestimentos	158
Tabela 17: Resultados do ensaio da absorção de água por capilaridade das quatros argamassas aos 28 dias (Santos, Michaël, 2015).	161

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 18: Resultados experimentais das argamassas Provetes 160 mm x 40 mm x 40 mm (Santos, Michaël, 2015).	164
Tabela 19: Normas dos ensaios realizados.....	178
Tabela 20: Resultado da determinação de absorção de água por capilaridade no granito de grão fino e grosso (Santos, Michaël, 2015).....	180
Tabela 21: Resultado da determinação da densidade aparente e porosidade aberta no granito de grão fino (Santos, Michaël, 2015).	182
Tabela 22: Resultado da determinação da densidade aparente e porosidade aberta no granito de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).....	182
Tabela 23: Resultado do ensaio de determinação da resistência à compressão no granito de grão fino	184
Tabela 24: Resultado do ensaio de determinação da resistência à compressão no granito de grão grosseiro	184
Tabela 25: Resultados experimentais dos granitos, provetes de 50 mm x 50 mm x 50 mm (Santos, Michaël, 2015).	187
Tabela 26: Requisitos estabelecidos para as características mecânicas e comportamento de água das argamassas de revestimento para edifícios antigos (Santos, Michaël, 2015).....	191
Tabela 27: Resistência mecânica e comportamento à água dos granitos e das argamassas...	193
Tabela 28: Tipos e Parâmetros dos vários tipos de terreno.....	202
Tabela 29: Aceleração máxima de referência – a_{gR} , nas várias regiões sísmicas.	203
Tabela 30: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para Ação Sísmica Tipo 1.....	205
Tabela 31: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para Ação Sísmica Tipo 2.....	205
Tabela 32: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico vertical.....	206
Tabela 33: Classes de importância.	207
Tabela 34: Coeficientes de importância γ_i	207
Tabela 35: Valores recomendados dos coeficientes Ψ para edifícios	211
Tabela 36: Características mecânicas dos materiais	213
Tabela 37: Valores característicos da restante cargas permanentes a considerar no edifício.	213
Tabela 38: Combinações de ações consideradas.....	216
Tabela 39: Tensões máximas de rotura à compressão e tração.....	218

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica do Saibro de granito (Santos, Michaël, 2015).....	132
Gráfico 2: Gráfico de absorção de água por capilaridade das argamassas de revestimentos aos 28 dias (Santos, Michaël, 2015).	161
Gráfico 3: Curva de secagem das quatro argamassas (Santos, Michaël, 2015).	163
Gráfico 4: Módulo de elasticidade Dinâmico das argamassas (Santos, Michaël, 2015).	166
Gráfico 5: Resistência à tração por compressão e flexão das argamassas (Santos, Michaël, 2015).....	167
Gráfico 6: Densidade aparente das argamassas (Santos, Michaël, 2015).	168
Gráfico 7: Porosidade aberta das argamassas (Santos, Michaël, 2015).	168
Gráfico 8: Coeficiente de capilaridade das argamassas (Santos, Michaël, 2015).....	169
Gráfico 9: Curva de secagem dois tipos de granito (Santos, Michaël, 2015).	186
Gráfico 10: Resistência à compressão do granito de grão fino e de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).	187
Gráfico 11: Densidade aparente do granito de grão fino e de grão grosseiro~	188
Gráfico 12: Porosidade aberta do granito de grão fino e de grão grosseiro~	188
Gráfico 13: Coeficiente de capilaridade do granito de grão fino e de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).	189

SIMBOLOGIA

Simbologia	Grandeza
EN 213	<i>Estrada Nacional 213</i>
A4	<i>Autoestrada 4</i>
°	<i>Graus</i>
'	<i>Minutos</i>
"	<i>Segundos</i>
N	<i>Norte</i>
W	<i>Oeste</i>
µm	<i>Micrómetro</i>
mm	<i>Milímetros</i>
cm	<i>Centímetros</i>
m	<i>Metro</i>
km	<i>Quilómetro</i>
m ²	<i>Metro Quadrado</i>
km ²	<i>Quilómetro Quadrado</i>
há	<i>Hectares</i>
dm ³	<i>Decímetro Cúbico</i>
hab/km ²	<i>Habitante por Quilómetro Quadrado</i>
g	<i>Grama</i>

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

kg	<i>Quilograma</i>
kg/m ³	<i>Quilograma por Metro Cúbico</i>
°C	<i>Grau Centígrado</i>
%	<i>Porcentagem</i>
AC	<i>Antes de Cristo</i>
KV	<i>Quilo Volts</i>
Mg	<i>Magnésio</i>
Al	<i>Alumínio</i>
Si	<i>Silício</i>
S	<i>Enxofre</i>
K	<i>Potássio</i>
Ca	<i>Cálcio</i>
Ti	<i>Titânio</i>
Fe	<i>Ferro</i>
Cu	<i>Cobre</i>
min	<i>Minuto</i>
h	<i>Hora</i>
kN	<i>Quilo Newton</i>
ρ_m	<i>Massa volúmica ou densidade aparente, (kg/m³);</i>
m ₁	<i>Massa do recipiente de medição vazio</i>
m ₂	<i>Massa do recipiente de medição cheio com o material</i>
V	<i>Volume do recipiente de medição</i>

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

KHz	<i>Quilo Hertz</i>
V	<i>Velocidade de onda</i>
Km/s	<i>Quilometro por Segundo</i>
Ed	<i>Módulo de elasticidade dinâmico</i>
KN/mm ²	<i>Quilo Newton por Milímetro Quadrado</i>
P	<i>Massa específica</i>
v	<i>Coefficiente de poisson dinâmico</i>
MPa	<i>Mega Pascal</i>
mm/s	<i>Milímetro por Segundo</i>
R _f	<i>Resistência à flexão</i>
F	<i>Força ou Carga de rotura</i>
N/mm ²	<i>Newton por Milímetro Quadrado</i>
N	<i>Newton</i>
R _c	<i>Resistência à compressão</i>
F _c	<i>Carga máxima na rotura</i>
mmHg	<i>Milímetro de mercúrio</i>
ρ _{th}	<i>Massa volúmica aparente da água a 20 °C</i>
ρ _b	<i>Densidade aparente</i>
m _d	<i>Massa seca do provete</i>
m _h	<i>Massa imersa do provete</i>
m _s	<i>Massa saturada do provete</i>
ρ _o	<i>Porosidade aberta</i>

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

HR	<i>Humidade Relativa</i>
M_i	<i>Massa do provete ao fim dum determinado tempo t_i</i>
M_0	<i>Massa do provete seco</i>
S	<i>Área da face inferior do provete</i>
ΔM	<i>Variação da Massa</i>
C	<i>Coeficiente de Capilaridade</i>
M_2	<i>Massa do provete ao fim dum determinado tempo t_2</i>
M_1	<i>Massa do provete ao fim dum determinado tempo t_1</i>
S	<i>Área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água</i>
t_2	<i>Tempo de sucção</i>
t_1	<i>Tempo de sucção anterior a t_2</i>
W_i	<i>Teor de água</i>
m_i	<i>Massa do provete no instante t_i</i>
m_{seca}	<i>Massa do provete seco em estufa</i>
m_i	<i>Massa do provete ao fim dum determinado tempo t_i</i>
m_d	<i>Massa do provete seco, no início do ensaio</i>
A	<i>Área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água</i>
t_i	<i>Tempo em que a base do provete esteve imersa, em minutos</i>
$\text{Kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$	<i>Quilograma por Metro Quadrado Raiz Quadrado de Horas</i>
$\text{Kg/m}^2 \text{ s}^{1/2}$	<i>Quilograma por Metro Quadrado Raiz Quadrado de Segundos</i>
KPa	<i>Quilo Pascal</i>
MPa/s	<i>Mega Pascal por Segundo</i>

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

R	<i>Resistência à compressão</i>
F	<i>Carga de rotura do provete</i>
A	<i>Área da secção transversal medida antes do ensaio</i>
MPa	<i>Mega Pascal</i>
$v_{s,30}$	<i>Valor da velocidade média das ondas de corte</i>
m/s	<i>Metro por Segundo</i>
a_{gR}	<i>Aceleração máxima de referência</i>
GPa	<i>Giga Pascal</i>
KN/m ³	<i>Quilo Newton por Metro Cúbico</i>

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1.Introdução

A reabilitação de edifícios, hoje em dia, é reconhecida como uma necessidade a nível nacional e tem-se verificado uma grande aposta nesse sentido. Enquanto no passado o conceito de reabilitar destinava-se apenas a monumentos históricos e religiosos, ao longo do século XX alargou-se a outros edifícios de interesse cultural e hoje em dia engloba o parque edificado corrente, como edifícios de habitação, industriais e comerciais.

Devido ao atual contexto económico em que o país se encontra, o qual afetou o sector da construção, a reabilitação tornou-se uma possível solução para o sector. Para além de ser uma necessidade premente, também converge para o desenvolvimento económico, a salvaguarda da identidade coletiva das comunidades, a defesa de bens culturais, patrimoniais e tradicionais e a melhoria das condições de vida e de consumo energético, bem como a dinamização social.

É importante relevar que a reabilitação é um processo de maior dificuldade que a construção nova, devido ao facto de nos edifícios antigos, se terem utilizado técnicas construtivas desconhecidas nos dias de hoje. Adotar uma solução semelhante pode ter um custo elevado, sendo necessário um técnico especializado para encontrar a melhor solução.

Na reabilitação é essencial o conhecimento de técnicas construtivas tradicionais e materiais utilizados, onde a mão-de-obra especializada é fundamental para conseguir realizar intervenções de qualidade.

1.2.Objectivos

Neste trabalho, pretende-se elaborar propostas de intervenção e salvaguarda de edifícios históricos de Picões. No entanto, as ações de manutenção e as intervenções de reabilitação anteveem a realização de um diagnóstico rigoroso baseado em estudos e análises que irão permitir definir a importância do valor histórico do edifício, do seu estado de conservação e a influência das patologias encontradas nas suas condições de segurança.

Este trabalho tem como objeto de estudo edifícios históricos da quinta ou aldeia de Picões, que datam dos séculos XVII e XVIII, em alvenarias, cantarias de granito e estuques que vão envolver análises histórica, arquitetónica, material, das técnicas construtiva e do

comportamento estrutural, conduzindo a uma apropriada utilização de técnicas de restauro e conservação, com o objetivo de repor os edifícios nas suas condições originais, de acordo com os princípios de Cartas e Convenções Internacionais de Salvaguarda de Património Arquitetónico.

Como metas deste trabalho de investigação vão-se estabelecer, a identificação das características construtivas e arquitetónicas, o levantamento das anomalias nos edifícios, reformulação de argamassas tradicionais, uma avaliação do comportamento global da Capela de Santo António, soluções de reparações/restauro das anomalias.

1.3 Princípios/ cartas e convenções internacionais sobre o restauro e reabilitação de edifícios históricos.

1.3.1 Introdução

Hoje em dia, deparamo-nos com um cenário de desaparecimento e degradação do património cultural e histórico o que deu lugar a uma crescente preocupação da sociedade sobre a preservação de valores culturais e históricos. Esta preocupação originou um despertar sobre a importância dos valores históricos e culturais, e o reconhecimento de uma obrigação comum de salvaguarda do nosso património cultural e histórico. O património cultural constitui o cerne da identidade das várias comunidades humanas, que ao longo do tempo deixaram a sua marca e a sua presença, contribuindo para a sua relevância na referência cultural e memória das gerações futuras.

O reconhecimento da importância do património histórico, arquitetónico, urbanístico, arqueológico, natural e cultural, originou ao longo dos anos o desenvolvimento de vários tratados a nível internacional, com o objetivo de estabelecer normas e de legislar as intervenções, cabendo a cada Estado a responsabilidade da sua obediência tendo em conta a cultura e o contexto em que se insere.

No âmbito deste trabalho, foram estudadas diferentes cartas, recomendações e convenções para a proteção e preservação do património cultural.

Beneficiando do conteúdo dos documentos consultados tornou-se obrigatório e necessário definir o significado dos conceitos de “*património cultural*”, “*monumento*”, “*conservação*”, “*reabilitação*”, “*restauro*”, “*manutenção*”, “*reparação*” e “*reconstrução*”.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

“*Património cultural*”, consiste em todo o conjunto de todos os bens, materiais ou imateriais, que pela importância do seu próprio valor devem ser classificados de interesse para a conservação e a identidade da cultura de um povo [1.1].

Um “*monumento*”, é uma estrutura construída por razões simbólica e/ou comemorativas, que constituem testemunhos da história, da cultura e de uma civilização particular [1.2].

Por “*conservação*”, compreende-se um conjunto de operações a realizar num edifício a fim de aumentar a sua durabilidade, com medidas de preservação e prevenção da degradação, juntamente com a execução das intervenções da manutenção fundamentais para o bom desempenho de todas as partes e elementos construtivos [1.3].

Por “*reabilitação*”, compreende-se um conjunto de intervenções cuja finalidade é recuperar um edifício, para um uso eficiente e compatível, sem alterar o seu valor histórico, cultural e arquitetónico [1.4].

O “*restauro*”, abrange um conjunto de intervenções específicas de recuperação de materiais e da forma original de um edifício tal como se encontrava num determinado período. Normalmente estas intervenções aplicam-se a monumentos ou partes arqueológicas [1.4].

Por “*manutenção*”, estendem-se as operações de prevenção e de correção, a desenvolverem-se periodicamente a fim de minimizar a deterioração do edifício [1.3].

A “*reparação*”, consiste nas operações de correção e de inspecionamento de modo a manter condições de resistência, estabilidade, durabilidade e funcionalidade dos elementos construtivos do edifício [1.4]

A “*reconstrução*”, consiste na reparação com substituição total ou parcial de um elemento de um certo edifício que desapareceu, está destruído ou foi, intencionalmente demolido [1.3].

1.3.2. Carta de Atenas sobre o restauro de monumentos

A Carta de Atenas surge na conferência sobre a proteção e a conservação de monumentos artísticos e históricos, em 1931, sendo a primeira norma internacional de maior relevância.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Esta carta consagra-se exclusivamente ao restauro, preservação e proteção do património edificado, especialmente aos monumentos que tenham uma importância histórica, artística e cultural.

Também salienta: a consideração do meio envolvente em que se inserem esses monumentos, nomeadamente edifícios antigos na vizinhança; a ameaça devida à poluição atmosférica e à presença de postes, publicidade, fios de comunicação, etc.; a aprovação de materiais modernos para a preservação e o reforço estrutural de edifícios antigos, desde que não se altere a aparência e o carácter do edifício; identificar as anomalias através do seu registo; evitar a desmontagem e deslocação do edifício do seu local de origem; mentalizar as populações da estima que é necessário ter com os monumentos e da importância da necessidade de conservação dos mesmos [1.5].

1.3.3. Carta de Veneza sobre a conservação e o restauro de monumentos e sítios

A carta de Veneza surge em 1964, no II Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, atualizando a Carta de Atenas que se mostrou insuficiente, de modo a definir um novo documento, que teve por objetivo melhorar os princípios envolvidos e resolver os vários problemas mais intrincados da Carta de Atenas.

A carta de Veneza responsabiliza a Humanidade pela conservação dos monumentos ao contrário da carta de Atenas que responsabilizava o Estado.

Também refere que devem ser objeto de preservação, os edifícios mais simples mas com significado cultural, uma vez que a carta de Atenas apenas atendia aos monumentos grandiosos.

Representa deste modo, um documento importante, com o objetivo de impor regras na conservação, manutenção, reabilitação e restauro dos bens patrimoniais e culturais, onde se salientam critérios específicos da conservação de edifícios históricos [1.5].

Estes critérios são:

- Preservação regular dos monumentos;
- Diferenciação e perceção nítida dos diversos estilos, fases construtivas, elementos, e materiais adicionados nas intervenções, evitando dissonâncias estéticas;
- Reversibilidade das intervenções.

1.3.4. Carta sobre o Turismo Cultural

A carta sobre o turismo cultural surge em 1976, após uma reunião da ICOMOS em Bruxelas, durante o Seminário Internacional sobre o Turismo Contemporâneo e Humanismo.

O turismo cultural tem como finalidade principal o conhecimento dos sítios e dos monumentos. Contudo, acarreta efeitos positivos e negativos; quanto aos primeiros, podemos considerar, que contribui para a manutenção e proteção dos locais a visitar e que se converte em benefícios socioculturais e económicos, por outro lado, o turismo cultural é responsável pela ocupação massificada e incontrolada dos monumentos e sítios.

O turismo, considerado um fator irreversível de natureza social, económica, humana e cultural, exerce uma influência importante sobre os monumentos e os sítios.

Esta carta desenvolveu-se sobre o modo de controlar essa influência, mas também salienta o respeito pelo património que deve ser assegurada por uma política de turismo.

As políticas de turismo passam pela responsabilidade dos Estados, que devem investir na informação e na formação dos turistas; educar as crianças de forma a compreender, respeitar e preservar o património, utilizar os recursos mais avançados em tecnologias modernas em proveito da salvaguarda dos monumentos; e na formação dos profissionais que deve ser de natureza interdisciplinar [1.6].

1.3.5. Carta de Villa Vigoni sobre a proteção dos bens culturais da Igreja

A carta de Villa Vigoni surge em 1994, num encontro promovido pelo Secretariado da Conferencia Episcopal Alemã e pela Comissão Pontifícia para os Bens Culturais da Igreja. Este encontro teve como tema a conservação e proteção do património cultural como dever do Estado e da Igreja.

Nesta carta refere-se que os bens culturais da Igreja, parte da herança cultural da Humanidade, são uma das expressões mais elevadas da tradição cristã e testemunham a identidade e tradição dos povos, valores que importam passar às gerações vindouras.

Esta carta promove como principais recomendações:

- O estado e a Igreja têm a responsabilidade de preservar e conservar os bens culturais eclesiais;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

- No caso de uma eventual alteração de uso, deve ser sempre compatível com o carácter religioso do bem cultural;
- A manutenção deve ser considerada a obrigação mais importante;
- As reparações consideradas necessárias têm que atender à substância cultural dos bens e também ao seu conteúdo religioso.

Esta carta apela a todas as dioceses que procedam à elaboração de inventários dos seus bens culturais, zelem pela continuidade de uso de peças na sua função original e procurem responsabilizar as comunidades neste esforço comum [1.6].

1.3.6. Documento de Nara sobre a autenticidade do património cultural

O documento de Nara sobre a autenticidade do património cultural, foi criada em Novembro de 1994, em Nara, Japão, durante uma conferência organizada com a cooperação da UNESCO, ICCROM e ICOMOS.

Este encontro teve como objetivo questionar o pensamento convencional no que toca à conservação do património. De acordo com o momento atual e visto que o mundo está cada vez mais sobre o efeito de globalização, onde se verificam nacionalismos excessivos, que vem deteriorando as culturas que se encontram em minoria, devido aos conflitos existentes entre as diferenças culturais e religiosa, torna-se necessário proteger e respeitar a diversidade cultural.

Este documento reforça que o património cultural de cada povo é o património de todas as culturas, onde a responsabilidade pelo património passa pela comunidade que o preservou.

A autenticidade de uma obra tem como requisitos as característica originais e a evolução histórica. Através da carta de Veneza, a autenticidade tem um papel importante na conservação e restauro do património cultural e também na inscrição de bens culturais na Lista do Património Mundial, devendo ser avaliados segundo critérios que se adaptam aos seus contextos culturais [1.6].

A autenticidade de um edifício é avaliada através da seguinte forma:

- Dos materiais utilizados;
- As funções e os usos;
- Técnicas aplicadas;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

- A localização e o meio envolvente;
- A forma e a conceção;
- A evolução histórica;
- O estado original.

Nesta carta os pontos mais relevantes são:

- Evitar impor fórmulas globais ou procedimentos uniformizados;
- Encorajar as diferentes culturas a desenvolverem metodologias de análise;
- Documentar a natureza da autenticidade dos monumentos e sítios, de modo a constituir um guia prático para futuros tratamentos;
- Alargar a continuação e extensão do diálogo a vários países e culturas do mundo;
- Assegurar a avaliação de autenticidade multidisciplinar;
- Sensibilizar o público em geral.

1.3.7 Carta do Património Arquitetónico Vernáculo

A carta sobre o Património Arquitetónico Vernáculo foi criada em Outubro de 1999, na cidade do México, no México.

O património vernáculo ocupa um lugar central no afeto e no orgulho dos povos. Foi aceite como uma característica e como um produto atrativo da sociedade. É utilitário e ao mesmo tempo possui interesse e beleza e é um foco da vida contemporânea e ao mesmo tempo um registo da história da sociedade.

O património vernáculo é importante, ele é a expressão fundamental da cultura de uma comunidade, do seu relacionamento com o seu território e, ao mesmo tempo, a expressão da diversidade da cultura mundial. É a forma tradicional e natural segundo a qual as comunidades habitavam.

A sobrevivência desta tradição está mundialmente ameaçada pelas forças da homogeneização económica, cultural e arquitetónica.

Com esta carta reconhecem-se as ameaças à sua preservação. A batalha sobre essa ameaça passa pela colaboração das diferentes comunidades, dos governos, urbanistas, arquitetos e conservadores. Portanto, estabeleceram-se princípios para o tratamento e para a

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

proteção do nosso património construído vernáculo, que vão para além da Carta de Veneza. A construção vernácula assenta em 3 princípios, que são [1.6]:

- 1) As construções vernáculas ou tradicionais apresentam as seguintes características:
 - Um modo de construir emanado da própria comunidade;
 - Um carácter marcadamente local ou regional em resposta ao meio ambiente;
 - Uma coerência de estilo bem como o uso de tipos arquitetónicos tradicionalmente estabelecidos;
 - Um conhecimento tradicional da composição e da construção;
 - Uma resposta eficaz às necessidades funcionais, sociais e ambientais;
 - Uma aplicação eficaz das técnicas tradicionais da construção.
- 2) A avaliação e a eficácia da proteção do património cultural dependem do envolvimento e do apoio das comunidades locais.
- 3) Os governos e as autoridades competentes devem reconhecer o direito que todas as comunidades têm de preservar os seus modos de vida tradicionais, de os proteger e de os transmitir às gerações futuras.

1.3.8. Recomendações da ICOMOS

As estruturas do património arquitetónico apresentam dificuldades no diagnóstico e restauro, condicionando a aplicação dos regulamentos e normas atuais sobre as construções.

As recomendações são desejáveis como necessárias, de modo a estabelecer metodologias de análise racionais e métodos de intervenção adequados à conjuntura cultural [1.7].

As recomendações de ICOMOS têm como principais critérios os seguintes:

- Evitar impor fórmulas globais ou procedimentos uniformizados;
- Encorajar as diferentes culturas a desenvolverem metodologias de análise;
- Documentar a natureza da autenticidade dos monumentos e sítios, de modo a constituir um guia prático para futuros tratamentos;
- Cooperar internacionalmente entre todos os interessados pela conservação do património cultural;

- Promover o diálogo entre as várias regiões e culturas do mundo.

1.4. Metodologia

A metodologia utilizada no estudo obedeceu ao seguinte desenvolvimento:

- Estabelecimento de uma hipótese de trabalho;
- Recolha de informação acerca do estudo, de forma a conhecer o seu enquadramento físico, humano, histórico, arquitetónico e paisagístico;
- Recolha de bibliografia relacionada com as técnicas tradicionais de construção, o restauro, reabilitação e as técnicas e os materiais construtivos utilizados na intervenção em edifícios antigos;
- Abordagem dos princípios e critérios de conservação, reabilitação e restauro de edifícios históricos e também cartas e convenções internacionais de salvaguarda do património cultural;
- Visitas aos edifícios da Quinta de Picões, tendo em vista o levantamento arquitetónico e construtivo. Esta etapa do estudo permitiu recolher informação sobre os materiais de construção e as técnicas construtivas utilizadas;
- Análise arquitetónica e construtiva;
- Inspeção visual exaustiva e levantamento fotográfico, para se identificar as anomalias;
- Pesquisa de bibliografia e de exemplos de estudos baseados em experiências na área de inspeção e diagnóstico de patologias;
- Avaliação do estado de conservação dos edifícios através do apuramento e da interpretação das causas que estão na origem das patologias e do seu inter-relacionamento;
- Análises petrográficas de amostras de estuques oitocentistas do edifício em estudo, para aprofundamento do conhecimento das suas características, necessário para uma decisão quanto às características das argamassas de substituição a formular e os requisitos de compatibilidade relativamente às exigências gerais dos rebocos a aplicar sobre alvenarias antigas; ensaios sobre blocos de granito dos edifícios-caso de estudo, para a caracterização do material, determinação do seu estado de decaimento e definição dos parâmetros de resistência mecânica e de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

permeabilidade ao vapor de água a ter em conta numa alvenaria ou cantaria de granito que serve de suporte ao revestimento tradicional à base de cal.

1.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1.1] - PORTUGAL – Leis, Decretos, etc. - Decreto de 8 de Setembro de 2001.

[1.2] - PORTUGAL – Leis, Decretos, etc. - Decreto de 6 de Julho de 1985.

[1.3] - CÓIAS, Vítor. *Guia Prático Para a Conservação de Imóveis*. Edições Dom Quixote; Lisboa 2004; pp. 305 a pp.316.

[1.4] - CÓIAS, Vítor. *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. Edições Argumentum, Lisboa, 2007; pp. 354 a pp. 364.

[1.5] – IPPAR. *Informar para Proteger - Cartas e Recomendações Internacionais*. IPPAR, Lisboa, 1996.

[1.6] - LOPES, Flávio; Correia, Miguel B. *Património arquitetónico e arqueológico: Cartas, recomendações e convenções internacionais*. Livros Horizonte, Lisboa, 2004.

[1.7] – ICOMOS. *Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitetónico*.

CAPÍTULO 2 - ANÁLISE ARQUITECTÓNICA, CARACTERIZAÇÃO CONSTRUTIVA DO CASO DE ESTUDO

2.1.Introdução

Nos séculos XVII e XVIII, altura em que foram construídos os edifícios históricos em Picões, foram vários os estilos arquitetónicos que existiram em Portugal. Os estilos presentes nesses séculos foram: o Maneirismo (1520 - 1650), o Estilo Chão (1580 - 1640), o Barroco (1640 - 1717), o Rococó, e o estilo Pombalino (1755 – 1780) [2.1].

O Maneirismo foi um estilo e um movimento artístico que se desenvolveu na Europa, nos meados do século XVI e prolongou-se até ao século XVII, altura em que atingiu a sua maturidade. Nascido em Itália, este estilo assinalou a transição do Renascimento para uma revisão dos valores clássicos, o Classicismo, retratando um conjunto de mudanças religiosas, sociais e políticas. Se o Renascimento foi da época do otimismo e da crença nas capacidades do Homem, o Maneirismo foi a época das inquietações.

O Maneirismo tem um perfil de difícil definição, é um movimento de elites, pois as obras de arte foram construídas e refletidas para o uso e gozo especial dos mais cultos e abastados, atraídos pelo colecionismo. Mas, globalmente, assinalou-se pela deliberada sofisticação intelectualista, pela valorização da originalidade e das interpretações individuais, pelo dinamismo e complexidade de suas formas, e pelo artificialismo no tratamento dos seus temas, a fim de se conseguir maior emoção, elegância, poder ou tensão [2.2].

É também um movimento artístico academista. O pintor e escritor florentino Vasari encetou, na cidade de Florença, a primeira academia teórica onde se doutrinam e se debatem as disciplinas artísticas de arquitetura, pintura e estética. Este estilo, profetizado nos trabalhos de artistas renascentistas como Michelangelo Buonarroti, Rafael Sanzio e Leonardo da Vinci, determinaram sucintamente uma intencional demência compositiva, pelo uso de cores ácidas na pintura e pelo gosto das posições afetadas, artificiais e pelas formas alongadas.

Bramante e Rafael foram os teóricos da arquitetura, que se separam deste tonificado Classicismo para iniciar uma nova estética saída da reforma religiosa, da pilhada de Roma e de uma penetrante crise que alterou os conteúdos programáticos clássicos. A arquitetura maneirista propôs uma reinterpretação da nomenclatura clássica com maior liberdade,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

recorrendo ao jogo de volumes e de contrastes, destacando algumas partes dos edifícios e utilizando elementos estruturais como decoração e aspetos decorativos originais.

Michelangelo Buonarroti foi o artista revolucionário de obras como a Biblioteca Laurenziana de Florença e a Basílica de S. Pedro de Roma, onde construiu uma inovadora cúpula. Outro nome fundamental da arquitetura maneirista é Vignola, autor de tratados de arquitetura e da Igreja de Gesù em Roma, a sede da congregação religiosa criada por Santo Inácio de Loyola, que se tornou o modelo das igrejas jesuítas. Outras figuras não menos importantes são Serlio e Andrea Palladio, um intelectual com uma forte influência no resto da Europa.

A escultura maneirista não põe de parte o naturalismo tão prezado pelo Renascimento, mas busca novos trilhos recorrendo a formas alongadas e "afetadas" e posições confundidas como "serpentinata". Num período difícil para a Igreja católica, os fundamentos religiosos são trocados por uma escultura mitológica erótica. Este tipo de escultura apareceu com Michelangelo e tornou-se conhecida através de Benvenuto Cellini e Giambologna.

O introdutor do Maneirismo na pintura foi Michelangelo, nomeadamente através do Juízo Final da Capela Sistina. O Maneirismo na pintura mostra-se pelo uso de perspetivas oblíquas, pelo desequilíbrio compositivo, pelos jogos de cores ácidas e pelo movimento. Em Itália destacaram-se Andrea del Sarto e os seus discípulos florentinos; o retratista Bronzino; Correggio, da escola de Parma; Veronese; Tintoretto, da escola de Veneza; e Giulio Romano e Sebastiano del Piombo, de Roma. No resto da Europa, os grandes pintores que professaram este estilo foram por exemplo Brueghel na Flandres, Matias Grünewald, na Alemanha, e El Greco, em Espanha [2.3].

Em Portugal, uma das correntes maneiristas adotou os tratadistas italianos, sobretudo Serlio e Palladio. No nosso país praticava-se a arquitetura românica tanto nas realizações maneiristas como renascentistas. Casos excecionais são o claustro do Convento de Cristo de Tomar, de Diogo de Torralva, e a capela-mor do Mosteiro dos Jerónimos, de Jerónimo de Ruão. Numa corrente de conteúdo mais nacional encontramos instrutores de formação nacional, que edificam igrejas-salão, inspiradas nos Jerónimos, como a Sé de Portalegre. Paralelamente à corrente italiana e à nacional, há uma terceira corrente que segue o modelo da igreja del Gesù de Vignola e reproduz as igrejas jesuítas feitas à medida das necessidades e possibilidades adequadas a cada caso - templo do Espírito Santo em Évora, de Manuel Pires, a igreja de S. Roque, em Lisboa, e a Sé de Leiria, de Afonso Álvares. A corrente inspirada no decorativismo flamengo é minoritária, mas podemos encontrá-la na igreja de Nossa Senhora

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

da Luz, em Lisboa, de Jerónimo de Ruão, e na reedificação da igreja de S. Vicente de Fora, ordenada por Filipe II e dirigida por Baltasar Álvares. Na escultura destacou-se Filipe de Hodarte e na pintura Gregório Lopes, Garcia Fernandes e Gaspar Dias, entre outros. Francisco de Holanda, um teórico amante da cultura clássica, esteve em Itália, onde terá contactado com Michelangelo, deixou-nos um álbum de desenhos *De Aetatis Mundi Imagines*, oferecido a Filipe II [2.2].

O Estilo Chão (*plain architecture*, em inglês) um estilo arquitetónico português marcado pela austeridade das formas. O termo foi criado pelo teórico norte-americano George Kubler, que define este estilo como uma "arquitetura vernácula, mais relacionada com as tradições de um dialeto vivo do que com os grandes autores da Antiguidade Clássica". Este mesmo autor faz remontar a origem deste estilo a sugestões de arquitetos militares italianos, ainda que possam existir influências do Norte da Europa e da própria tradição arquitetónica portuguesa [2.4].

Em Portugal, a influência do estilo “Chão” foi muito forte, são de certo modo raros os edifícios em que o movimento e as massas arquitetónicas exteriores correspondem à estrutura interna, como é característico da pura arquitetura barroca. São usados com intenções decorativas, mas a escultura pode ter a função arquitetural. Nicolau Nasoni, um pintor ilusionista chamado ao nosso país para trabalhar na decoração pictórica da Sé portuense, veio a revelar-se um dos principais introdutores deste estilo em Portugal, atuando primordialmente na Região Norte, na cidade do Porto. Naquele núcleo urbano construiu várias igrejas e palácios, entre os quais o Palácio do Freixo e o de S. João Novo, as igrejas da Misericórdia na Rua das Flores e a igreja e torre dos Clérigos, um conjunto que se assume como o ex-líbris da cidade. A escultura barroca vive das formas luxuriantes e muito movimentadas. Bernini também se notabilizou nesta disciplina artística ao produzir uma das obras escultóricas mais expressivas deste estilo: o “Êxtase de Santa Teresa de Ávila”, uma obra da devoção religiosa, onde a forma esculpida apresenta uma ilustre expressividade. A pintura barroca tem como temas principais as naturezas-mortas, também conhecidas por “bodegon”, cenas da vida familiar e paisagens amenas. Normalmente são representadas muitas personagens, captadas em ações movimentadas e irracionais. Velasquez, Ribera e Murillo destacaram os seus trabalhos em Espanha. Na Flandres, o grande mestre da pintura barroca foi Rubens e na Holanda foi Rembrandt. Na Itália, Caravaggio, o “pintor maldito” que vivia no submundo perseguido pela lei, produzia quadros revolucionários, quer pela técnica, quer pelo tratamento dado às personagens. Os seus trabalhos caracterizam-se pela utilização magistral da técnica do

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

claro-escuro, isto é, o jogo de contrastes entre zonas de sombra e zonas de luz, e pela seleção e representação das suas personagens. Os modelos escolhidos para retratar cenas religiosas ou mitológicas eram encontrados entre a população mas, muitas vezes, também recorria ao autorretrato.

É sobretudo uma arquitetura de influência clássica, usando proporções áureas, métrica, proporção, geometria clássica e o retângulo de ouro; as volumetrias são paralelepípedos retângulos, extremamente compactos e ortogonais. A linha reta é usada para definir quase tudo e a decoração é evitada sempre que possível, tornando os edifícios atarracados, de aspeto fortificado, baixos e depurados. Trata-se de uma atitude arquitetónica tipicamente portuguesa, nascida da tentativa de preservação da identidade nacional, num período de crise política, económica e social [2.4].

O Barroco é o nome dado ao estilo que cresceu entre o final do século XVI e meados do século XVIII, inicialmente em Itália, difundindo-se em seguida pelos países católicos da Europa e da América, antes de atingir, uma forma modificada, as áreas protestantes e alguns pontos do Oriente, mas somente no ano de 1640 o Barroco chega a Portugal.

É o estilo representativo do Antigo Regime e da Arte da segunda Contrarreforma, que espelha um género sociável muito característico e um espírito ao mesmo tempo de misticismo e de paixão.

De certo modo o Barroco foi uma continuação natural do Renascimento, porque ambos os movimentos compartilharam de um profundo interesse pela arte da Antiguidade clássica, embora interpretando-a diferentemente. Este estilo exprimiu-se através da exaltação do movimento, da materialização da emoção e do êxtase, da sensualidade das formas, da monumentalidade cenográfica, do exagero ornamental propositado e do jogo de contrastes intensos, como a sombra/luz, a massas/vazio, as curvas/contracurvas e os côncavos/convexos. É o espelho de uma comunidade cortesã em modificação e da governação absolutista, numa Europa arrasada por conflitos religiosos e vivendo num ambiente de pesado misticismo e de uma fortalecida religiosidade abalada da reforma tridentina do catolicismo. Mas nem sempre essas características são bem evidentes ou se apresentam todas ao mesmo tempo. Houve uma grande variedade de abordagens que foram englobadas sob a denominação genérica de "arte barroca", com certas escolas mais próximas do classicismo renascentista e outras mais afastadas dele, o que tem gerado muita polémica e pouco consenso na conceituação e caracterização do estilo [2.5].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

O Palácio de Versalhes, que acolheu a eminente corte de Luís XIV de França, o "Rei Sol", é a espelho emblemática da governação absolutista. É uma das obras representativas do Barroco, em termos de arquitetura civil, pois nela estão espelhadas algumas das suas principais características, sendo bem vivo o espírito que preside a este género artístico. Versalhes, luxuoso palácio, que enfatiza a monumentalidade de uma estrutura excessivamente decorada, e dotada de magníficos jardins, concebida para honrar e engrandecer o seu impulsionador e oferecer conforto e satisfação àqueles que dele desfrutavam. O convento de Mafra, de Ludovice, foi criado para reproduzir, à escala nacional, o palácio francês. Foi contribuído por D. João V, um monarca que investiu parte das riquezas coloniais brasileiras em obras de arte ao estilo barroco, com a finalidade de engrandecer a nação e a sua governação.

A arquitetura barroca dá um novo sentido à tradição clássica, depondo a simetria e as proporções matemáticas trocadas por relações livres das dimensões. As linhas retas do Maneirismo são preteridas relativamente às linhas curvas e a sobriedade ornamental é superada por um exagero de decoração. Bernini, o arquiteto italiano que planeou a colunata de S. Pedro na cidade do Vaticano, é um dos expoentes maiores da arquitetura barroca, que teve uma grande projeção internacional.

O Rococó, que foi a evolução do Barroco, em Portugal, foi desenvolvido particularmente no norte de Portugal [2.5]. Nasceu em Paris para dar uma resposta da fidalguia francesa contra o Barroco, estilo aplicado na época de Luís XIV [2.3].

Este estilo expressou-se, sobretudo, pelo carácter fidalgo e hedonista, onde manifesta com suavidade, a elegância, sensualidade e graça, e na preferência por temas sentimentais e leves, onde se expressa a linha curva, as cores claras e a assimetria que tinham um papel fundamental na composição da obra [2.5].

O Rococó rapidamente se espalhou pela Europa, mas modificando expressivamente os seus propósitos e conservando do molde francês somente a forma externa, com importantes centros de cultivo na Alemanha, Inglaterra, Áustria e Itália, e com alguma representação também em outros locais, como a Península Ibérica, os países eslavos e nórdicos, chegando até mesmo às Américas [2.3].

Um exemplo dessa época é a obra do arquiteto italiano Nicolau Nasoni, a igreja e a Torre dos Clérigos no Porto [2.5].

O Santuário do Bom Jesus do Monte, perto de Braga, desenhado por Carlos Amarante é um exemplo notável do rococó, contendo uma escadaria barroca com 116 m.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

O estilo Pombalino, tal como o Estilo Chão, foi fruto da necessidade e de inspiração Portuguesa. Recebeu este nome devido ao Marquês de Pombal, principal responsável pela reconstrução da baixa da cidade de Lisboa, após o terramoto de 1755 e o maremoto que destruiu grande parte da capital portuguesa. É um estilo considerado inteligente e bem concebido, por ter sido o primeiro sistema antissísmico e o primeiro método de construção pré-fabricado no mundo.

A “gaiola pombalina” consiste numa estrutura em madeira flexível incorporada nas paredes, coberturas e pavimentos, e que seria coberta por materiais de construção pré-fabricados. A baixa de Lisboa, área que sofreu mais danos, está inserida numa zona instável, onde foi necessário a sua consolidação. Recorreu-se a um sistema antissísmico, composto por estacas enterradas. Não corria risco de apodrecer, visto que estavam expostas à água salgada. O sistema pré-fabricado é totalmente inovador nessa altura. Os edifícios eram totalmente fabricados fora da cidade, e eram transportadas em peças e depois montadas no local. A cidade de Lisboa foi completamente mudada, o traçado medieval das suas ruas, tipo labirinto, deu lugar a um traçado retilíneo ortogonal. Os espaços eram amplos, que permitiram condições de arejamento e de iluminação.

Os edifícios Pombalinos são estruturas de quatro pisos (considerava-se que os quatro pisos eram as ideias para uma nova catástrofe), com arcadas para as lojas no piso térreo, no primeiro andar com varandas e coberturas em água furtada. Todas as construções seguiram a mesma tipologia, diferenciado apenas em pormenores decorativos que seriam acrescentadas nas fachadas conforme a importância do local. Os palácios também foram regulamentados, impondo uma moderação sem manifestação muito impopular na aristocracia, permitindo apenas efeitos decorativos nos portais e janelas mais esbeltas que os prédios de habitação. As igrejas também seguiram o mesmo estilo, onde os princípios construtivos foram os mesmos, e com alguma decoração arquitetónica exterior e tipologias bem definidas. São edifícios de nave única com altares laterais, decoração interna seguindo as formas do Rococó, materiais fingidos em madeira e estuque, alguma pintura, onde se destacam as obras de Pedro Alexandrino de Carvalho e escultura. Os espaços tornam-se agradáveis, luminosos, suaves, apesar da construção pré-fabricada. Destacam-se as Igrejas de Santo António da Sé, da Encarnação, São Domingos, Madalena, Mártires e muitas outras. Conservando o estilo estético e elementos decorativos pré-fabricados houve o cuidado de as personalizar. Em edifícios menos afetados pelo terramoto e maremoto, tentou-se conciliar o estilo pombalino com a decoração existente.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

O pombalino, apesar de ser imposto em Lisboa, encantou e foi construído noutros locais, como na Região do Algarve, mais propriamente em Vila Real de Santo António [2.6].

2.2. Enquadramento Histórico

A Quinta ou Aldeia de Picões, propriedade dos Morgados de Vilartão, situa-se no extremo nordeste do concelho de Valpaços e pertence à freguesia de Bouçoães.



Foto 1: Aldeia de Picões (Santos, Michaël, 2015).

O Morgadio de Vilartão foi instituído em 1644, por Álvaro de Moraes Soares, Governador do Castelo de Monforte de Rio Livre, onde o morgadio era considerado dos melhores da província de Trás-os-Montes. Álvaro de Moraes Soares mandou construir o Morgadio de Vilartão devido às poucas condições que o Castelo de Monforte de Rio Livre apresentava já na altura [2.7].

O morgadio de Vilartão e a quinta de Picões estiveram sempre ligados à família Moraes Soares, bem o como a governação do Castelo de Monforte de Rio Livre esteve ligado também à família [2.7].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 2: Castelo de Monforte de Rio Livre (Santos, Michaël, 2015).

A quinta de Picões era destinada à produção agrícola, onde viviam apenas os caseiros que trabalhavam e cuidavam dos terrenos, pastos e crias da quinta. Na quinta também existiam os lagares de vinho e azeite, o moinho, mas havia também o forno para o fabrico de telha pertencente ao mesmo proprietário. Também existe uma capela na quinta, mandada construir por António de Sá Pereira do Lago, descendente dos Morgados de Vilartão, entre 1730 e 1738, dedicada ao culto Antonino [2.7].



Foto 3: Solar dos Morgados de Vilartão (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Contudo a Quinta de Picões não foi estabelecida juntamente com o Morgadio de Vilartão, segundo alguns registos, Picões existe desde os tempos dos Romanos. O fabrico da telha em Picões foi iniciado já com os romanos. Além de ter deixado o forno de telha como vestígio da sua presença, a quinta de Picões era atravessada por uma via romana de Braga a Astorga. Em abono da questão da via romana, o Padre João Vaz de Amorim referia em 1939, citada pela Maria Aline Ferreira:

“Nas faldas da serra de Esculca, em Picões, rio Rabaçal era atravessado por uma ponte romana de dois arcos, cujos vestígios ainda se encontram patentes a cerca de 500 metros da ponte nova de Rebordelo, construída no sítio conhecido por Rebentão”.

Também refere que “*na Quinta de Picões, propriedade dos Morgados de Vilartão, próximo do rio Rabaçal, há vestígios de construções romanas. Logo um pouco abaixo é o sítio das pontes velhas, já destruídas. Uma delas era do tempo das legiões romanas. Semelhante a outra, perto de Valtelhas, e eis portanto a razão da existência das construções romanas. Ali, por certo, residiam os que guardavam e vigiavam as passagens da Velha Ponte*”.

Também sobre este assunto, as Memórias Paroquiais de 1758 diziam, citada pela Maria Aline Ferreira: *“Da quinta de Picões que fica ao nascente da matriz hum quarto de légoa e tem sete moradores. Fica junto ao rio chamado Rabaçal, caudaloso, corre todo o ano de Norte a Sul. Houve ahí hum ponte de pedra que levou o rio, averá duzentos anos. Depois se fez hum de pau, que teve o mesmo fim. E não se tornou a renovar por incúria dos ministros das terras, sendo tão necessária esta ponte. E se tem afogado neste rio Rabaçal desde o tempo que falta a ponte mais cincoenta pessoas por passarem em huas pedras que estão no meio deste rio a que chamam o salto de Picões e poucos corpos dos que se afogam aparecem por ser o rio muito arrebatado e de muita pedraria forte. Em tempo do Sereníssimo Senhor Dom João Quinto, que Sancta Glória haja, se pôs a pergam a ponte deste rio mas não teve efeito a arrematação pellos interessados quererem comer a metade da arrematação. Esta ponte hé muito necessária para o bem comum desta província e ainda para a Fazenda Real se transportar de Chaves para Bragança”.*

Segundas estas descrições, pode-se concluir que a ponte já se encontrava destruída no século XVI, e que a via romana que atravessava Picões tornar-se-ia mais tarde o “caminho real” e até à primeira década do século XX, a estrada principal de Chaves-Vinhais. Hoje em dia a ponte romana encontra-se submersa pelas águas da mini-hídrica do rio rabaçal [2.8].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Segundo relatos e testemunhos da população local, consta-se que o Morgado de Vilartão, proprietário da quinta de Picões não deixou romper uma nova estrada pelo curso da antiga, em 1915, pelo que originou o abandono das terras. A construção da nova estrada tem o traçado aproximadamente parecido à atual EN 315 [2.8].

Há cerca de 60 anos que a aldeia encontra-se abandonada. Até há bem pouco tempo, Manuel do Rio, deslocava-se a pé todos os dias de Rebordelo a Picões para matar saudades da sua Terra, onde cresceu e viveu a maior parte da sua vida. Hoje em dia, o Sr. Manuel desloca-se raramente a Picões devido aos seus longos e muitos anos, mas faz questão de ainda se deslocar à sua amada Terra, onde é considerado o último guardião de Picões [2.8].

Atualmente, o núcleo da quinta de Picões encontra-se já em ruínas, restando apenas alguns edifícios “íntactos”. O edifício que se encontra em melhor estado de conservação, mas fora do núcleo da quinta, é a capela da quinta de Picões, denominada como a Capela de Stº António, a qual já foi alvo de reparação, mas que já mostra sinais de necessitar de um restauro.



Foto 4: Capela de Stº António, em Picões (Santos, Michaël, 2015).

Outrora a Quinta de Picões, repleta de gente, foi uma pequena localidade de grande atividade agrícola e o sustento de muitas famílias, hoje é apenas mais uma de muitas aldeias abandonadas pelo país fora, ao qual restam apenas as ruínas dos edifícios e a beleza da mãe

natureza, que tem estado a salvo dos inúmeros incêndios que têm assombrado o nosso país ao longo destes anos.

2.3. Levantamento aéreo e topográfico

Neste subcapítulo irão ser apresentadas as figuras correspondentes ao levantamento aéreo e o levantamento topográfico e arquitetónico. Todas as plantas e os cortes dos edifícios encontram-se no Anexo II.

O levantamento topográfico trata-se de um conjunto de operações com a finalidade de determinar a posição relativa de pontos na superfície terrestre, sendo posteriormente representado em carta ou planta.

O levantamento aéreo, figura 1, disponibilizado pela Câmara Municipal de Valpaços. No levantamento fornecido pela Câmara municipal de Valpaços pode-se localizar os edifícios correspondentes da Quinta de Picões. Neste levantamento encontram-se os edifícios correspondentes, mais ao centro, às habitações e estaleiros da quinta de Picões, mais à norte, o lagar de azeite, e mais a sul, a Capela de Santo António.



Figura 1: Levantamento aéreo da Quinta de Picões (Câmara Municipal de Valpaços).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A Quinta de Picões possui no seu conjunto uma área de cerca de 100 ha. Os edifícios da Quinta de Picões são caracterizados por uma construção executada com recurso ao granito, existente no local, de grão grosseiro e de grão médio a fino.

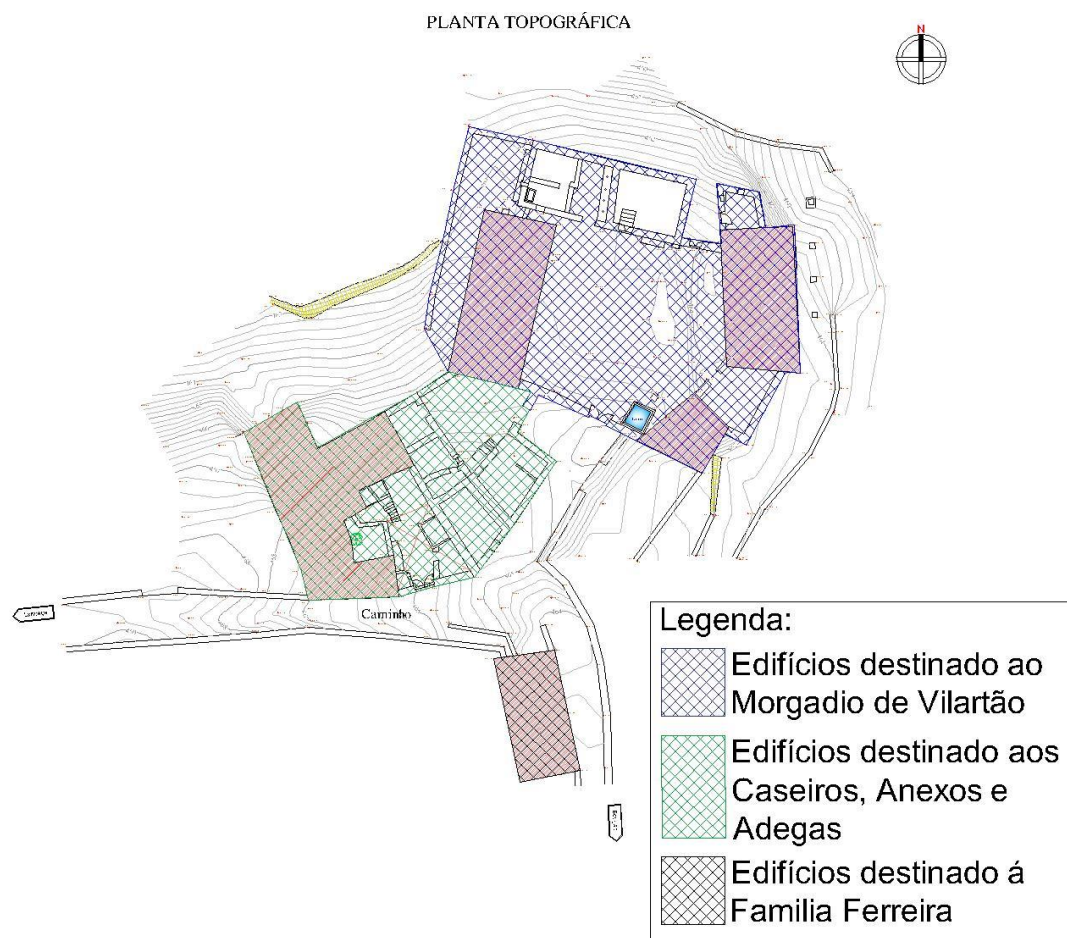


Figura 2: Levantamento topográfico da Quinta de Picões (Santos, Michaël, 2015).

A figura 2 representa o levantamento topográfico do núcleo de edifícios em Picões, que constitui a representação, planimétrica e altimétrica, em carta e planta dos pontos notáveis assim com dos acidentes geográficos e outros pormenores de relevo de uma porção de terreno. Também está representada a implantação dos edifícios da Quinta de Picões.

PLANTA TOPOGRÁFICA

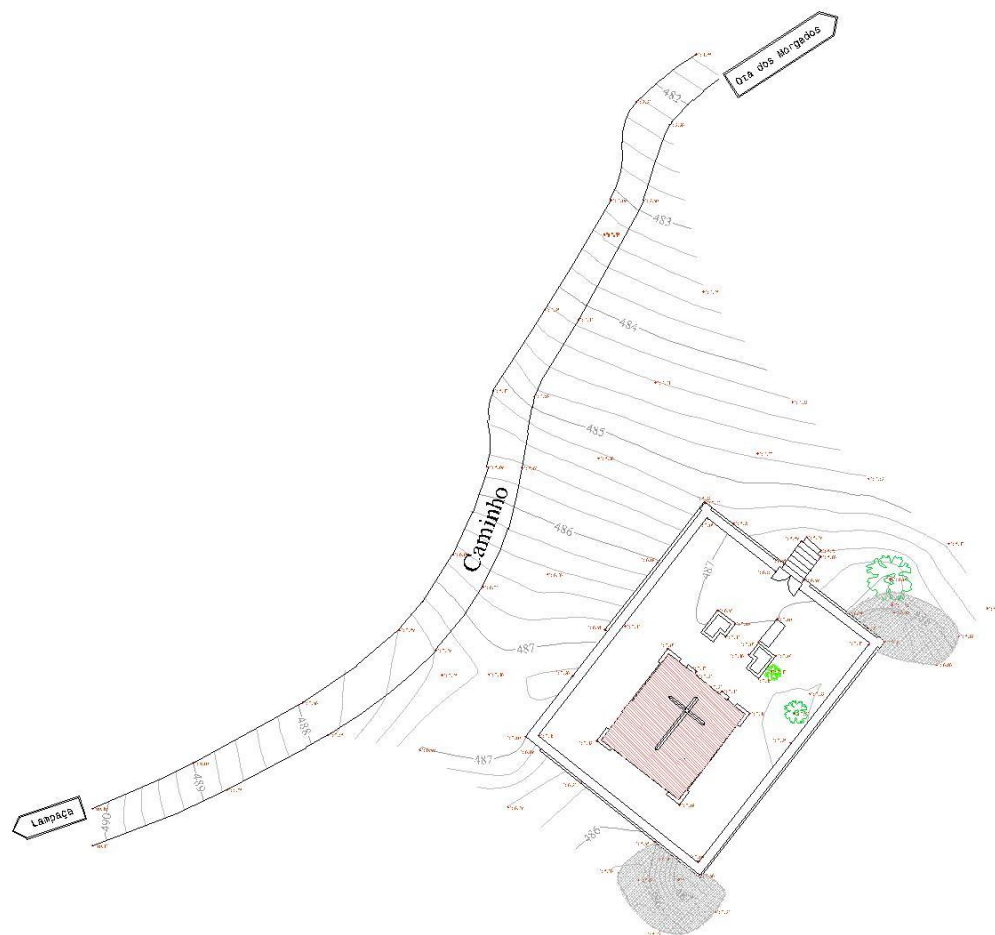


Figura 3: Levantamento topográfico da Capela de Santo António (Gramaxo, José, 2014).

A figura 3 apresenta o levantamento topográfico da Capela de santo António em Picões; constitui a representação, planimétrica e altimétrica, em carta e planta dos pontos notáveis assim como dos acidentes geográficos e outros pormenores de relevo de uma porção de terreno. Também está representada a implantação da Capela de Santo António em Picões.

2.4. Alçados

2.4.1. Aglomerado de Edifícios em Picões

O alçado norte, figura 4, corresponde aos edifícios destinados ao Morgadio de Vilartão, à família Morais de Soares. Este alçado norte corresponde à parte posterior de quando entramos para o pátio interior. Neste alçado, também é visível uma parte do núcleo 2, que é o conjunto de edifícios que se encontram mais à direita na figura 4.

O alçado sul, figura 5, corresponde aos edifícios destinados ao Morgadio de Vilartão, onde se insere a entrada das habitações. Este alçado é visível do nosso lado direito quando nos encontramos no caminho que atravessa a quinta de Picões no sentido Rio Rabaçal-Lampaça.

O alçado nascente, figura 6, corresponde aos edifícios destinados ao Morgadio de Vilartão. Este alçado nascente corresponde a parte direita dos edifícios quando entramos para o pátio interior. Neste alçado também é visível a existência de 3 pilares intactos e 1 pilar em ruínas, que provavelmente serviam de suporte de uma varanda.

O alçado norte, figura 7, corresponde aos edifícios destinados aos caseiros, anexos e adegas. Este alçado norte corresponde a parte posterior dos edifícios, que se encontram à nossa direita quando nos encontramos no caminho que atravessa Picões no sentido Rio Rabaçal-Lampaça. Este alçado encontra-se em condições de difícil acessibilidade devido a encontrar-se coberto por vegetação parasitária.

O alçado poente, figura 8, corresponde aos edifícios destinados aos caseiros, anexos e adegas. Este alçado poente é visível do nosso lado direito quando nos encontramos no caminho que atravessa Picões no sentido Rio Rabaçal-Lampaça.

O alçado nascente, figura 9, corresponde aos edifícios destinados ao Morgadio de Vilartão e aos edifícios destinados aos caseiros, anexos e adegas. Este alçado é visível do nosso lado direito quando nos encontramos no caminho que atravessa Picões no sentido Rio Rabaçal-Lampaça.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

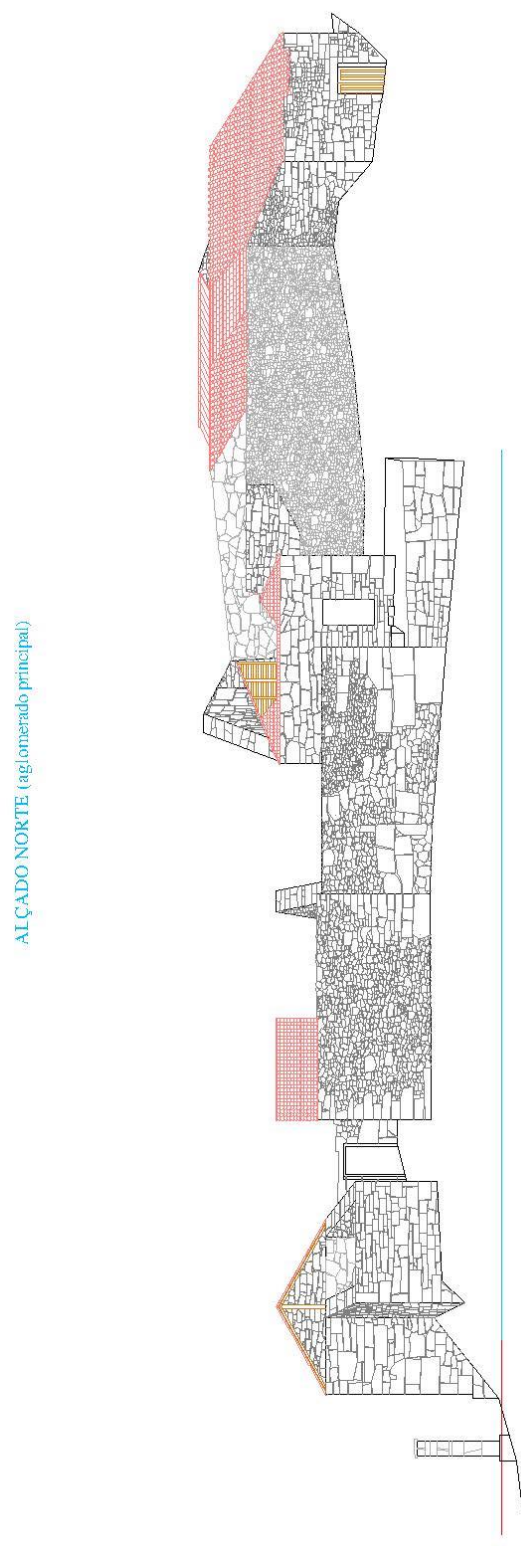


Figura 4: Alçado Norte do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

ALÇADO SUL (aglomerado principal)

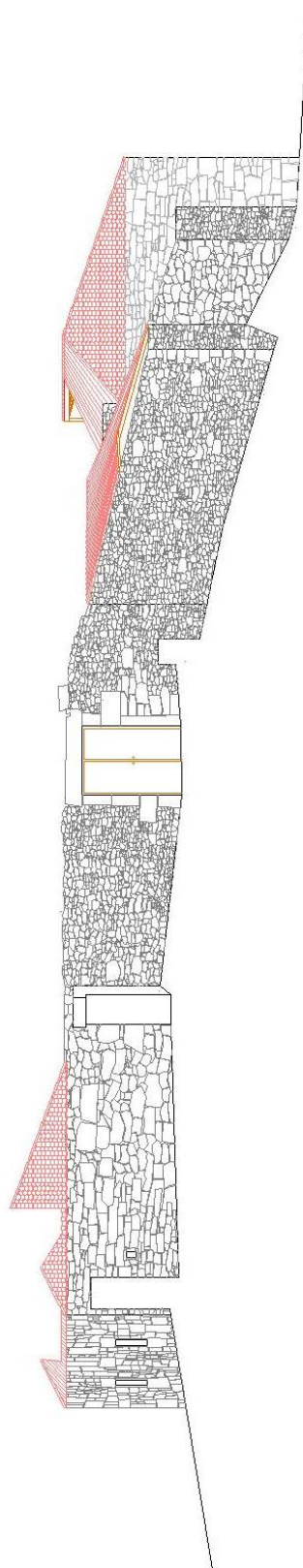


Figura 5: Alçado Sul do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

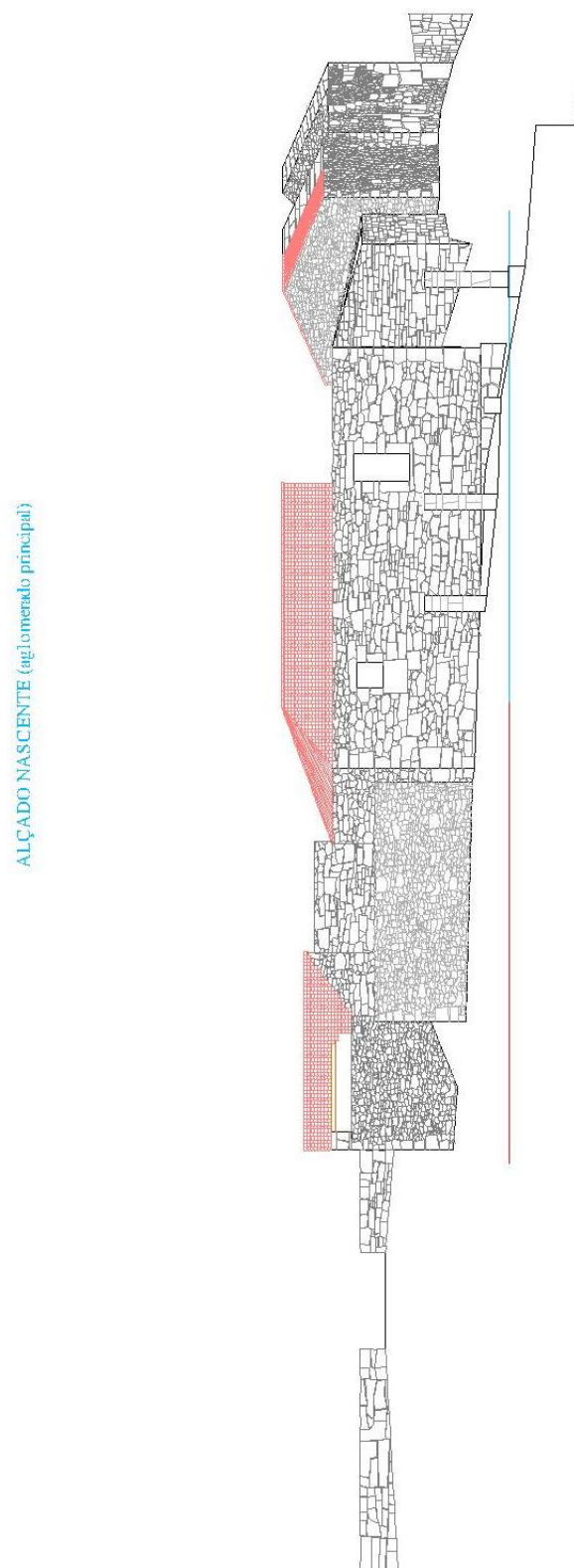


Figura 6: Alçado Nascente do aglomerado principal em Picões (Gramaxo, José, 2014).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

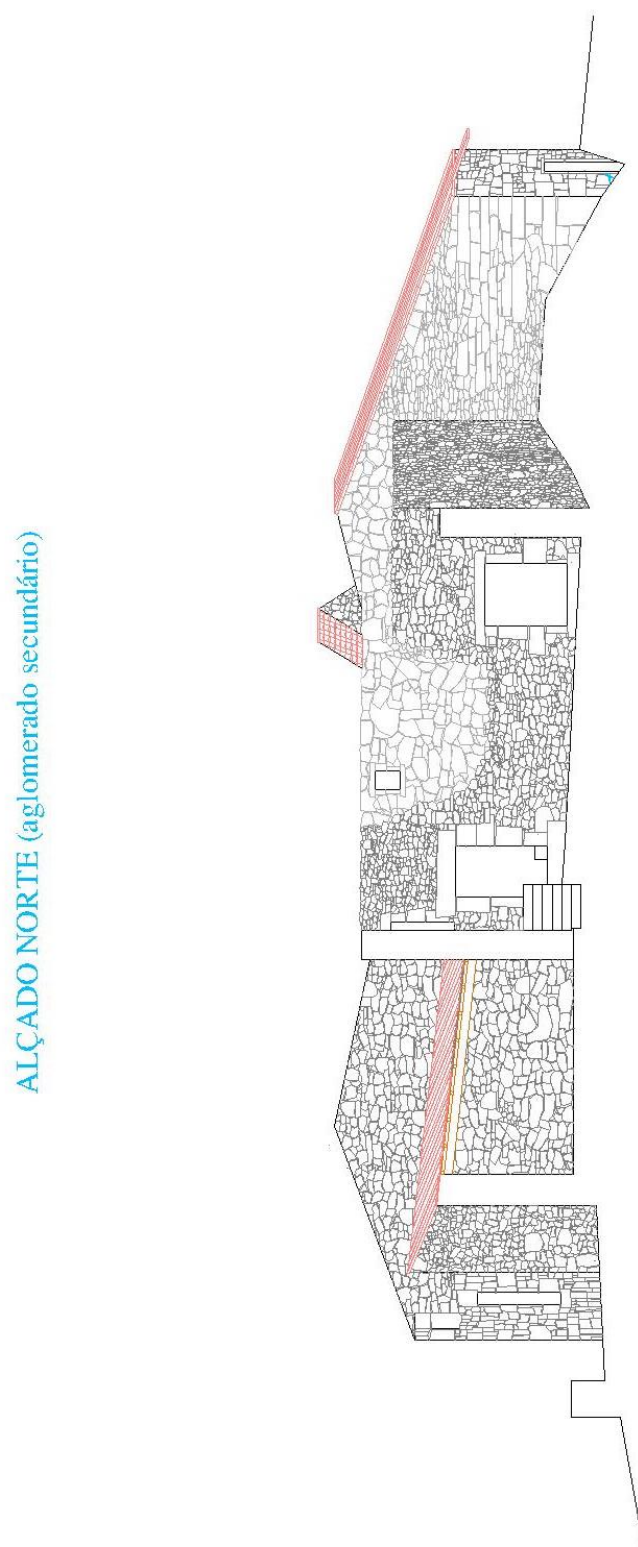


Figura 7: Alçado Norte do aglomerado secundário em Picões (Gramaxo, José, 2014).

ALÇADO POENTE (aglomerado secundário)

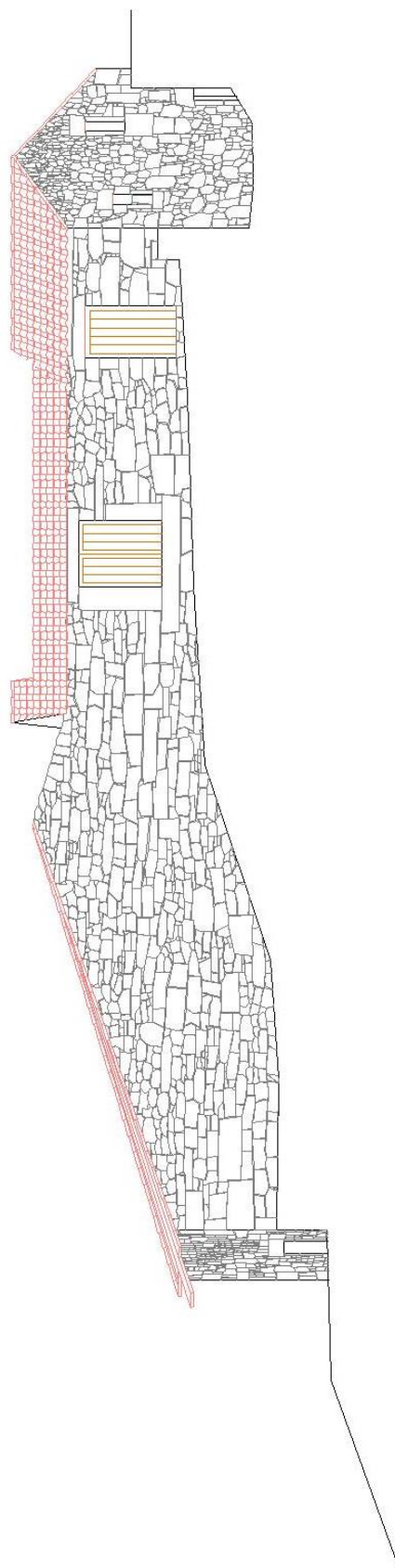


Figura 8: Alçado Poente do aglomerado secundário em Picões (Gramaxo, José, 2014).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

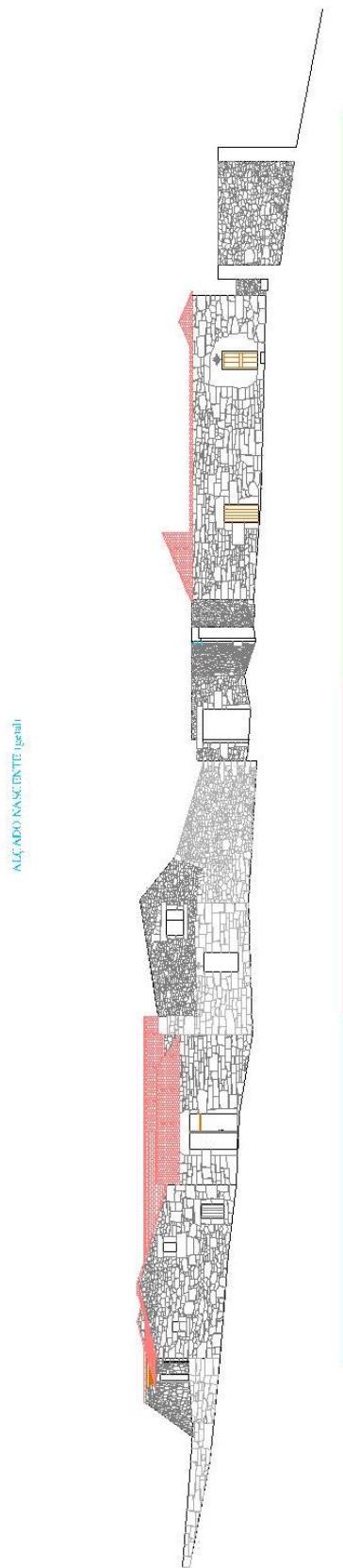


Figura 9: Alçado Nascente dos dois aglomerados (Gramaxo, José, 2014).

2.4.2. Capela de Santo António em Picões

Na figura 10, está representado o alçado norte da Capela de Santo António em Picões, o Alçado Norte é o alçado principal da Capela onde se encontra a entrada da Capela. Este alçado é visível quando se sobe o caminho em direção a Lampaça.



Figura 10: Alçado Norte da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).

Na figura 11, está representado o alçado sul da Capela de Santo António em Picões. O Alçado Sul é o alçado posterior à Capela. Esta fachada encontra-se visível quando descemos o caminho em direção à Picões.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

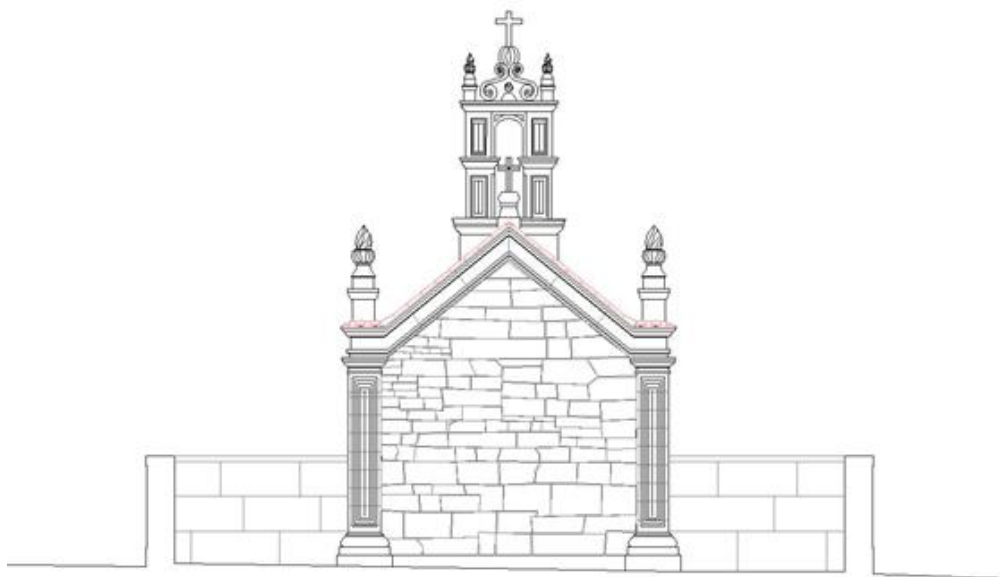


Figura 11: Alçado Sul da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).

Na figura 12, está representado o alçado nascente da Capela de Santo António em Picões. O Alçado Nascente fica virado para o rio Rabaçal. Este alçado encontra-se tapado pelo mato existente ao lado da Capela.

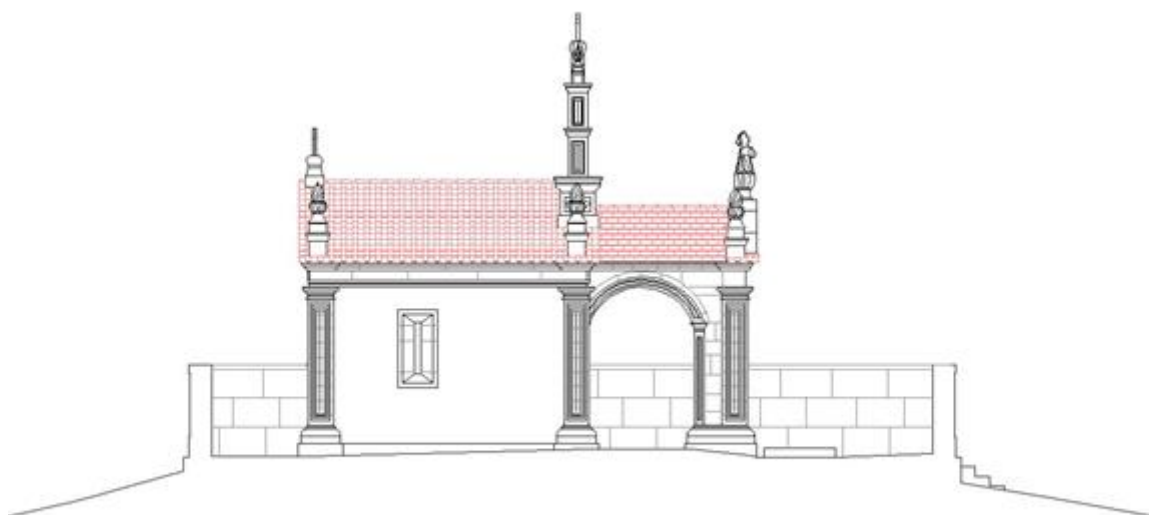


Figura 12: Alçado Nascente da capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Na figura 13, está representado o alçado poente da Capela de Santo António em Picões. O alçado poente fica virado para o caminho que liga Picões à Lampaça.

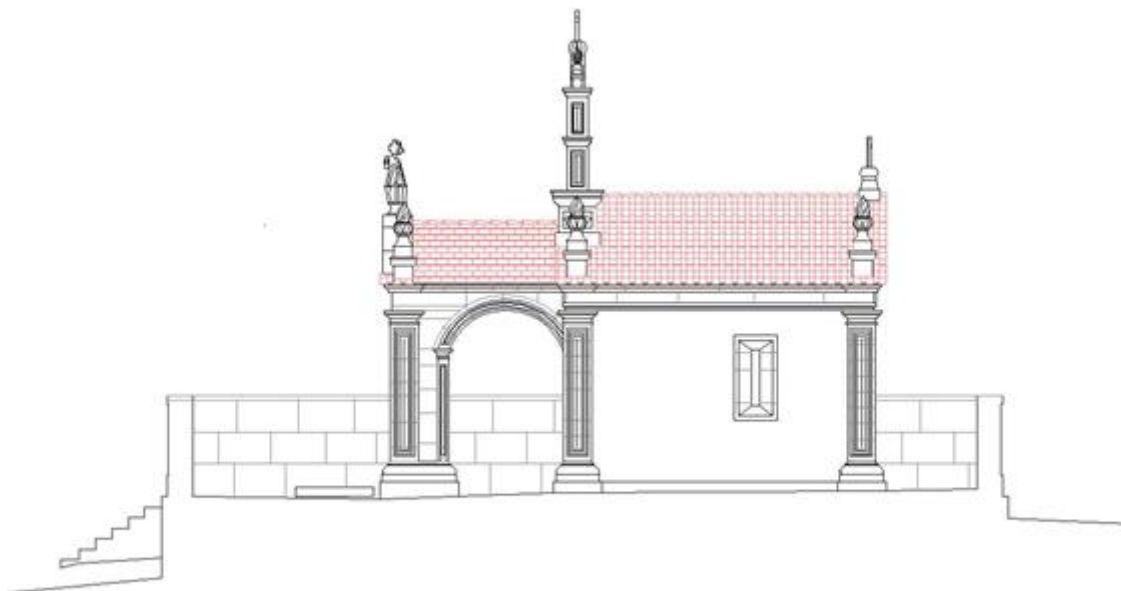


Figura 13: Alçado Poente da Capela de Santo António em Picões (Gramaxo, José, 2014).

2.5. Caracterização arquitetónica dos edifícios

Os edifícios, objetos de estudo desta dissertação que formam um complexo edificado rural na quinta de Picões, devem datar de cerca de 1645, enquanto a Capela de Santo António data de 1730, segundo os registos encontrados.

Em geral os edifícios em Picões, os que se encontram na parte central da quinta, seguem o traçado da arquitetura tradicional portuguesa, enquanto a Capela de Santo António da Quinta de Picões apresenta dois estilos diferentes, o barroco e o estilo manuelino.

A arquitetura tradicional portuguesa é um dos mais significativos e relevantes aspetos da humanização da paisagem em que emergem numerosos condicionalismos, desde geográficos, económicos, sociais, históricos e culturais. É claro considerar, a arquitetura tradicional portuguesa um produto da relação do homem com o meio natural que o rodeia [2.9].

A quinta de Picões apresenta um aglomerado compacto de edifícios, constituído de casas contíguas e uniformes e de feição rústica. Verifica-se a existência de uma casa grande, ao lado das casas contíguas, pertencente à família do morgado, e que possui um pátio central.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Mais abaixo desse pequeno aglomerado verifica-se também uma casa de andar. Visto de longe, o aglomerado de casas parece um único edifício.

Os edifícios da Quinta de Picões, geralmente, têm apenas um piso, verificando-se apenas dois edifícios de andar. No seu conjunto, a quinta é constituída pelas casas de habitação, Capela de Santo António, estábulos, adegas e pátios interiores. O andar térreo, englobando o rés-do-chão das habitações e da capela, tem uma área aproximada de 2218 m², tratando-se do piso com maior diversidade de divisões, desde salas, quartos, cozinhas, estábulos, telheiros, adegas, lagares e anexos. O primeiro piso apresenta uma área de 206 m² formada por compartimentos diferentes: salas, quartos, cozinhas e anexos.

Nas figuras 14 e 15, desenvolveu-se organograma funcional dos edifícios da Quinta de Picões, ao nível do rés-do-chão e ao nível do andar, que se aproxima da hipotética organização espacial e funcional dos edifícios originais; mas devido ao grau de deterioração derivado e ao abandono da quinta não é possível identificar qual era a verdadeira função de todas as divisões com clareza e precisão.

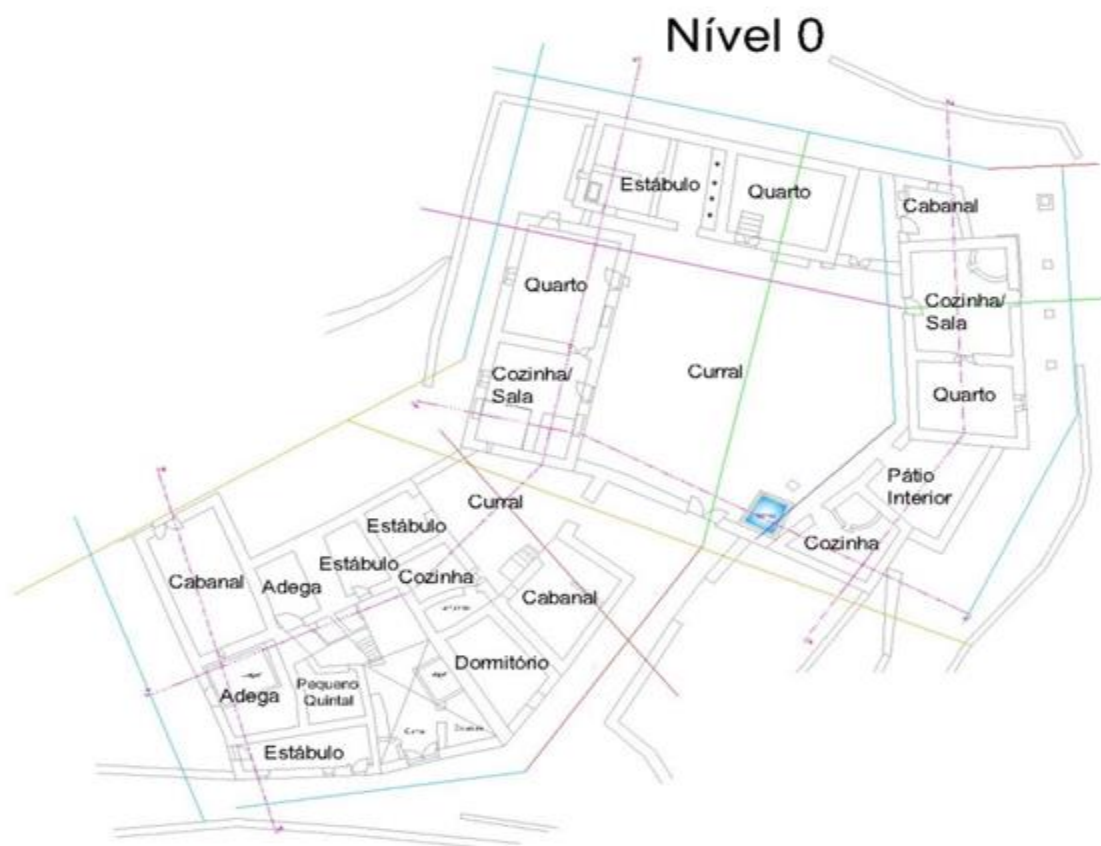


Figura 14: Organograma funcional dos edifícios da Quinta de Picões, ao nível do rés-do-chão (Santos, Michaël, 2015).



Figura 15: Ornograma funcional dos edifícios da Quinta de Picões, ao nível do andar (Santos, Michaël, 2015).

A casa grande, como já foi referido, possuía um pátio grande que leva o nome de “curral” ou “curralada” [2.9], que fica no meio da casa, rodeado por três fachadas. O portal de aceso rasga-se no muro sul da casa. Nas casas pequenas, contíguas e arruadas, a curralada, normalmente, não existe, mas nesta quinta verifica-se em duas casas a existência da curralada.

O material de construção predominante é o granito, formado por pequenos blocos de faces aparelhadas, e outros silhares de feição irregular.

Nas duas pequenas casas, mencionadas anteriormente, com curralada, verifica-se a existência de escadas que são exteriores, e feitas de pedra que conduzem a um patamar de entrada ao piso superior. Estas duas casas são de dois andares.

Os telhados predominantes em Picões são de duas águas, compridas e poucas inclinadas. Também se verifica a existência de telhados de quatro águas, na casa grande. As casas em Picões aparentam ter um telhado seguido, quase único, características da arquitetura tradicional, que as recobre a todas ou parte delas, e onde se verifica um pátio aberto

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

quadrangular irregular no telhado. Esse pátio aberto quadrangular acusa a existência de uma curralada [2.9].

A cobertura é toda feita de telha. Devido a degradação da maioria dos telhados em Picões, não se pode verificar a existência de chaminés e de decorações. Na arquitetura tradicional em Trás-os-Montes os telhados não mostram quaisquer elementos decorativos e as chaminés são raras [2.9]. Daí poder-se concluir, que provavelmente, não deveriam existir chaminés no telhado. Sendo assim, os telhados ficavam em telha-vã ou em forro que deixa um espaço aberto sobre o lar, por cima do qual levantam algumas telhas para a saída de fumos [2.9].

A varanda, verifica-se apenas na casa grande, onde apenas restam três pilares grossos em granito, e um pilar já em ruínas, foto 5 e 6, que provavelmente serviria de suporte a essa varanda. Quando se verifica a curralada no meio da casa, a varanda geralmente corre ao longo das três fachadas [2.9], mas neste caso, a varanda corre apenas numa fachada.



Foto 5: Pilares grossos em granito (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 6: Pilar grosso em granito em ruínas (Santos, Michaël, 2015).

No entanto, não se verifica a existência da escada de acesso à parte do vestíbulo do andar térreo [2.9]. Nas casas contíguas não há existência de varandas.

Na casa grande verifica-se a existência de um pilar, foto 7, que devia servir de base de suporte para cobertura juntamente com outros pilares, foto 9, que já se encontram em ruínas.



Foto 7: Pilar grosso em granito (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 8: Vista do intradorso da fachada sul dos edifícios destinados ao morgadio de Vilartão e de um Pilar grosso em granito no pátio central (Santos, Michaël, 2015).



Foto 9: Pilar grosso em granito em ruínas (Santos, Michaël, 2015).

Interiormente, as casas não apresentam quaisquer particularidades distintivas. A divisão essencial da casa é a cozinha, onde decorria a parte mais importante da vida familiar. Nas casas de andar, a cozinha, geralmente, situa-se no andar superior [2.9].

A capela de Santo António, em Picões, trata-se de uma construção arquitetónica manuelina e barroca.

Introduzida em 1520, a arquitetura manuelina, tem um delineação de difícil definição, mas em termos gerais é caracterizada por uma certa sofisticação intelectual, pelo aumento da originalidade e das representações individuais, pela energia e complexidade das suas formas, e pelo artificialismo no trato dos seus temas, com o objetivo de atingir uma maior emoção, elegância, poder e tensão [2.2].

Do estilo Manuelino apenas se verifica uma característica e pormenor construtivo desse estilo que é a galilé, uma construção arquitetónica na entrada da capela situada no exterior, sendo constituída por cobertura, que protege a entrada da Capela, decorada com arcos.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A construção arquitetónica barroca, introduzida em Portugal em 1640 e chegando mais tarde ainda às zonas periféricas dos grandes centros culturais, é caracterizada pela complexidade na construção do espaço e pela busca de efeitos impactantes e teatrais, uma predileção por plantas axiais ou centralizadas, pelo uso de contrastes entre cheios e vazios, entre formas convexas e côncavas, pela exploração de efeitos dramáticos de luz e sombra, e pela inclusão entre a arquitetura e a pintura, a escultura e as artes decorativas em geral [2.5].

As pilastras presentes na capela de Picões que apresentam capitéis toscanos, as bases das pilastras e das cornijas são de perfil reto, os balaústres, a talha do altar e as formas onduladas presentes por cima da galilé e da entrada da capela são todas características e pormenores construtivos do Barroco.



Foto 10: Pilastras com capitéis toscanos, formas onduladas e óculos (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 11: Formas onduladas presentes no frontão que cobre a galilé (Santos, Michaël, 2015).



Foto 12: Altar em talha polícroma da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2.6. Caracterização construtiva dos edifícios

2.6.1. Fundações

As fundações são as estruturas necessárias para obter um apoio sólido e firme das paredes, isto é, as estruturas que vão transmitir as solicitações das construções ao solo.

Nas construções de edifícios antigos as fundações são basicamente de três tipos, as fundações diretas, as fundações semidirectas e as fundações indirectas. As fundações diretas são constituídas pelo prolongamento das paredes resistentes, com as mesmas larguras em função das propriedades do terreno, até ao terreno firme. As fundações semidirectas são constituídas por poços de alvenaria de pedra. As fundações indirectas são constituídas por estacarias de madeira que atravessam aterros e formações recentes e que acabam por atingir estratos de solo resistente [2.10].

No que respeito ao tipo de fundações utilizada em Picões, o tipo de fundação predominante são as fundações diretas e verifica-se também a presença de fundações semidirectas, foto 13.



Foto 13: Fundação semi-direta em Picões (Santos, Michaël, 2015).

Relativamente aos problemas/anomalias que estão relacionados com o desempenho das fundações das edificações manifestam-se normalmente no resto da estrutura. Verificam-se

nas paredes através das fissuras que estão associadas à ocorrência de assentamentos diferenciais das fundações ou à rotação de um elemento de fundação [2.10].

2.6.2. Pavimentos

Os pavimentos são as camadas constituídas por um ou mais materiais que se coloca sobre o terreno natural ou terraplenado, para aumentar sua resistência. Existem coberturas para os pavimentos em ambientes internos e externos.

Os pavimentos dos edifícios antigos têm composições distintas conforme são pavimentos térreos ou elevados. Relativamente à constituição dos pavimentos térreos são assentes, geralmente, em enrocamento de pedra ou em terra batida, sobre o qual se poussa um revestimento que pode ser de lajes de pedra, tijoleira cerâmica, ladrilhos e soalhos de madeira. Em relação aos pavimentos elevados (sobrados), estes são efetuados normalmente em madeira, como uma solução mais frequente e simples [2.10].

Os pavimentos em Picões distinguem-se em três tipos, em terra batida, em lajes de pedra e em madeira. Na capela de Picões, o pavimento é em lajes de pedra. O pavimento de lajes de granito, na capela de Picões, foto 14, tem as seguintes dimensões 60 cm de largura e 140 cm em comprimento, a sua espessura deve-se situar entre 8 e 12 cm [2.11]. As lajes em pedra assentam sobre a terra natural.



Foto 14: Laje de pedra (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Nos restantes edifícios, os pavimentos do rés-do-chão é em terra batida, foto15, e os pavimentos situados no nível superior são em madeira, foto 16.

Em relação aos pavimentos do rés-do-chão, no pavimento de terra batida verifica-se compactação da terra.



Foto 15: Pavimento de terra batida em Picões (Santos, Michaël, 2015).



Foto 16: Pavimento em madeira em Picões (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

No que respeita ao pavimento do nível superior, o pavimento de madeira assenta em vigotas afastadas de cerca de 0,40 m, vigotas que descarregam sobre uma viga principal e sobre as paredes. A viga principal, de madeira, que suporta as vigotas, descarrega nas paredes resistentes do edifício. A viga principal e as vigotas apresentam-se arredondadas e sem geometria linear, muitas próximas do seu estado natural.



Foto 17: Viga principal e vigotas que descarregam na parede (Santos, Michaël, 2015).

2.6.3. Alvenarias

As paredes resistentes são paredes espessas de duas folhas construídas em alvenaria de granito com enchimento de pedras de pequenas dimensões entre as duas folhas. A espessura das paredes da capela varia entre 1,15 m e 1,25 m, enquanto as paredes dos restantes edifícios varia entre 0,60 m e 0,80 m.

As pedras de granito foram quase todas aplicadas sob a sua forma natural, verificando-se que apenas algumas delas sofreram tratamento geométrico, como nos cunhais, no emolduramento dos vãos de portas e janelas e nalgumas pedras que se encontram no meio das alvenarias. Estas passam por um procedimento de escacilhamento mais cuidadosos sendo trabalhadas até atingir uma forma linear. Os blocos de granito assentam a seco.

As construções do aglomerado de edifícios existentes em Picões, foto 18, apresentam um aparelho poligonal pelásgico. No aparelho poligonal pelásgico, as pedras ou blocos de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

pedra são irregulares, não havendo fiadas horizontais, mas talhadas e colocadas de modo a ajustarem à geometria das pedras envolventes. Mesmo com as formas irregulares das pedras tinha-se a preocupação de formar uma parede plana e vertical [2.12].



Foto 18: Parede de alvenaria com aparelho poligonal pelásgico (Santos, Michaël, 2015).

Além das paredes, existe um muro de alvenaria, de contenção de terras do aterro de implantação do edifício e que serve de vedação à Capela de Santo António, foto 19. Este muro tem uma espessura de 55 cm e apresenta um aparelho regular. O aparelho regular,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

consiste em cortar as pedras no formato de paralelepípedos, com tamanhos invariáveis. Assim formam-se fiadas de igual altura e as juntas verticais têm correspondência verticalmente em fiadas alternadas [2.12].



Foto 19: Muro de alvenaria com aparelho regular (Santos, Michaël, 2015).

2.6.4. Cantarias

As cantarias são comuns em construções antigas. A cantaria tem uma função estrutural de grande importância encontrando-se nas zonas de maior relevância dos edifícios, contorno de abertura de janelas e portas, cunhais, socos, pilastras cornijas, entre outros. Além de ter uma função estrutural também desempenha uma função decorativa, que caracterizava a qualidade dos edifícios, isto é, a imagem que o edifício transmitia para o exterior, o seu valor correspondia à qualidade e à quantidade de cantarias utilizadas [2.10].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 20: Cornija e molduras de contorno de janela, com as faces biseladas, constituindo um vão em seteira (Santos, Michaël, 2015).



Foto 21: Emolduramento do portal, pilastras e óculos (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 22: Cornija de perfil com contornos retos e curvos (Santos, Michaël, 2015).



Foto 23: Peanha sobre cunhal (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 24: Pilar da galilé (Santos, Michaël, 2015).



Foto 25: Entablamento e frontão de volutas do portal (Santos, Michaël, 2015).

2.6.5. Coberturas

As coberturas apresentam inúmeras soluções, relativamente à geometria, à forma estrutural e aos materiais utilizados. A função de uma cobertura consiste em proteger o espaço interior do edifício do ambiente exterior, dar conforto aos moradores através de impermeabilização, proteção térmica e acústica [2.13].

Relativamente à forma de uma cobertura de edifícios antigos, estas podem ser inclinadas, planas, em terraço e em abóbadas ou cúpulas. Normalmente, a maioria das coberturas tem como material mais usual a madeira, esta por ser facilmente trabalhável. As estruturas de madeira mais utilizadas são as asnas triangulares compostas de elementos ligados entre si. A triangulação dos elementos simplesmente ligados entre si tem a vantagem de se adaptar a geometrias diversificadas das coberturas [2.14]. As ligações entre os elementos que constituem a estrutura das coberturas, normalmente, são executadas através de pregagens ou utilizando peças auxiliares de ferro e colagens. As asnas cravam os seus apoios nas paredes de alvenaria ou em elementos específicos, tipo consolas ou mísulas. Quando elas são apoiadas diretamente nas paredes de alvenaria deve-se ter em conta a existência de um berço, onde se vai colocar o apoio da asna, e melhorar as características das ligações de apoio através de peças metálicas pregadas ou aparafusadas na asna e chumbadas na parede [2.15].

Em coberturas de tipo arcos e abóbadas de alvenaria normalmente deixa-se à vista a pedra de cantaria, embora também se encontre outra solução comum que consista em rebocar o intradorso com argamassas à base de cal e areia, recebendo depois uma camada de estuques simples ou decorativo [2.10].

Em Picões existem dois tipos de coberturas, coberturas com estrutura de madeira e coberturas de tipo abóbada. As coberturas de estrutura de madeira encontram-se nas edificações que se destinavam à habitação, enquanto a cobertura do tipo abóbada encontra-se na Capela de Santo António.

As coberturas de madeira, foto 26, são compostas por asnas que formam as tais triangulações dos elementos que ligam entre si, e são apoiadas diretamente nas paredes de alvenaria.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 26: Cobertura de edifícios em estruturas de madeira, Picões (Santos, Michaël, 2015).

A cobertura do tipo abóbada é constituída por alvenaria, foto 27. A abóbada em questão trata-se de uma abóbada de berço, de caixotões e pedra de cantaria à vista com as lajes assentes numa armação constituída por arcos ou aduelas ligadas por nervuras longitudinais e é decorada com pinturas que representam anjos, foto 28. A telha dessa cobertura, ao contrário do que geralmente se encontra, não assenta em estrutura de madeira, mas sim em terra. Este método consiste no enchimento, através de terra, desde o extradorso da abóbada até encontrar a pendente desejada da cobertura, onde depois assenta a telha.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

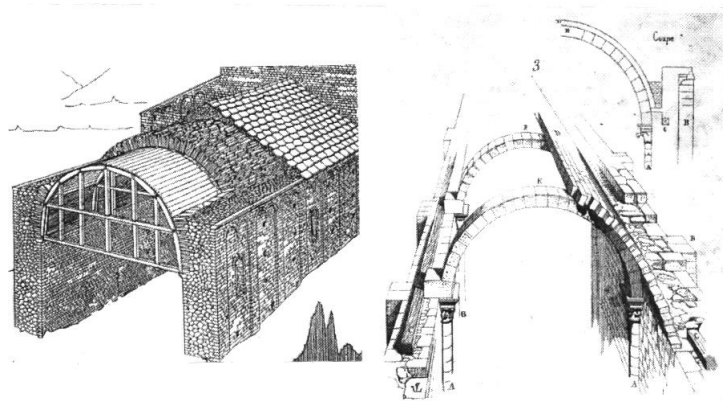


Figura 16: Esquerda: Abóbada românica construída com lajes de pedra a cutelo; Direita: Abóbada aduelada
(Segundo Villalba, que cita Puig i Cadafalch (Esquerda) e Viollet-le-Duc (Direita))



Foto 27: Abóbada de caixotões da Capela de Sto. António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

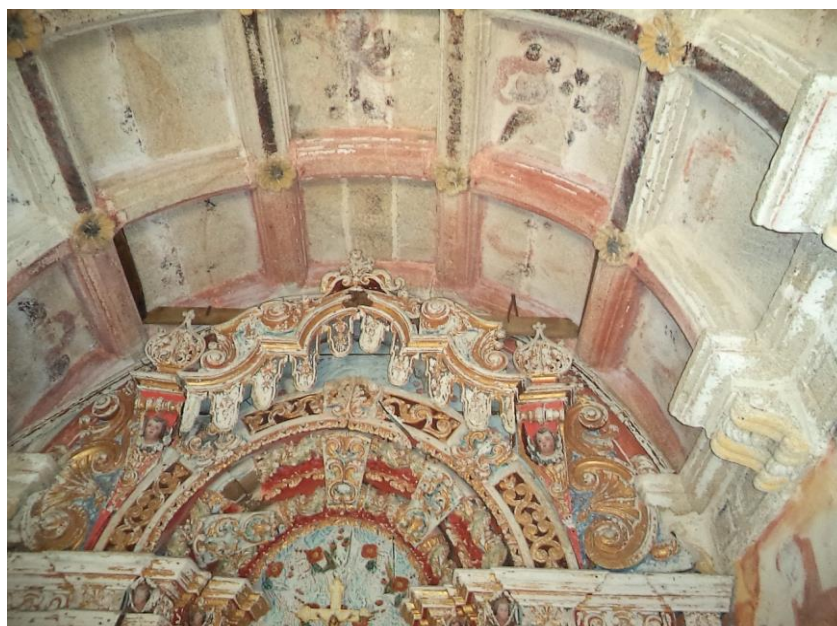


Foto 28: Abóbada de cantaria da Capela de Sto. António, em Picões, abóbada de berço de arco de volta inteira
(Santos, Michaël, 2015).

2.6.6. Escadas

As escadas têm como finalidade fazer a ligação de uns andares para outros. Normalmente, em edifícios antigos, as escadas são habitualmente em alvenaria ou em madeira. As escadas em alvenaria eram utilizadas mais frequentemente no exterior, normalmente em edifícios de dois pisos quando o piso superior tinha acesso independente pelo exterior. Enquanto as escadas em alvenaria eram mais utilizadas no exterior, já as escadas em madeira era apenas exclusivamente utilizadas no interior dos edifícios [2.10].

Os degraus de uma escada devem ter sempre a mesma altura. Normalmente, a altura dos degraus nunca é inferior a 13 cm e superior a 18 cm [2.16].

Em Picões, as escadas existentes, têm os degraus de cantaria de granito assentes numa caixa de escada de alvenaria. Todas elas encontram-se no exterior dos edifícios, fazendo a ligação ao piso superior pelo exterior.



Foto 29: Escadas existentes em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2.6.7. Revestimentos e acabamentos

O revestimento e acabamento de elementos de parede têm um papel importante a desempenhar, para além de constituir a textura e o embelezamento de uma construção, que consiste em proteger a parede. Ao fim ao cabo um revestimento e acabamento acaba por ser a pele de uma parede que tem uma grande importância na durabilidade da construção, visto que estão expostas às ações agressivas da natureza. São estes os elementos que se encontram sujeitos à maior degradação e são também aqueles que sofrem mais intervenções de reparação ou restauro.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Nas paredes dos edifícios antigos, os revestimentos mais utilizados são à base de argamassas de cal aérea e areia e em determinadas regiões barro e areia [2.10].

Em Picões, existe revestimento de reboco com argamassas de cal e areia, nomeadamente no exterior da Capela de Santo António de Picões.



Foto 30: Revestimento de reboco com argamassas de cal e areia na Capela de Santo António de Picões (Santos, Michaël, 2015).

No interior da Capela de Santo António de Picões, os paramentos são revestidos a estuque com pinturas que retratam o nascimento de Jesus Cristo.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 31: Pinturas no interior da Capela de Santo António de Picões (Santos, Michaël, 2015).



Foto 32: Estuque decorativo de paramento exterior da Casa Principal de Picões (Santos, Michaël, 2015).

2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [2.1] – FERNANDES, José Manuel. *A Arquitetura*. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, 1991.
- [2.2] – SERRÃO, Vítor. *História da Arte em Portugal - O Maneirismo*, Volume 7, Publicações Alfa, Lisboa, 1986.
- [2.3] – JANSON, H. W. *História da Arte*. 4ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1989.
- [2.4] – KUBLER, George. *A Arquitetura Portuguesa Chã – Entre as Especiarias e os Diamantes: 1521 – 1706*. Editorial Veja, Lisboa, 1988.
- [2.5] – PEREIRA, José Fernandes. *Arquitetura Barroca em Portugal*, 1ª Edição. Coleção Biblioteca Breve, Lisboa, 1986.
- [2.6] – FRANÇA, José Augusto. *A reconstrução de Lisboa e a Arquitetura Pombalina*, 3ª Edição. Coleção Biblioteca Breve, Lisboa, 1989
- [2.7] - FERREIRA, Maria Aline. Dr. Armando Morais Soares, O último João Semana, 2ª Edição. Gráfica de Coimbra 2, Coimbra, 2008.
- [2.8] – FERREIRA, Maria Aline. Os caminhos da memória: Freguesia de Bouçoais. Gráfica de Coimbra 2, Coimbra, 2008.
- [2.9] – OLIVEIRA; Ernesto Veiga de; GALHANO, Fernando. *Arquitetura Tradicional Portuguesa*. 4ª Edição. Publicações Dom Quixote, Lisboa, 2000.
- [2.10] - APPLETON, João A. S. *Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e técnicas de Intervenção*. 1ª Edição. Edições Orion, Amadora, 2003.
- [2.11] – SEGURADO, João Emílio dos Santos. *Acabamentos das Construções, Estuques, Pintura, Etc.* 5ª Edição. Livraria Bertrand, Lisboa, 1949.
- [2.12] – SEGURADO, João Emílio dos Santos. *Alvenaria e Cantaria*. 4ª Edição. Livraria Bertrand, Lisboa.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

[2.13] - LOPES, Miguel A. C. *Tipificação de soluções de Reabilitação de Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado. FEUP. Porto, 2007.

[2.14] - SEGURADO, João E. dos S. *Trabalhos de Carpintaria Civil*. Lisboa, 1909.

[2.15] - SALAVESSA, E. *História da Construção/ Construção Renascentista*. Apontamentos da unidade curricular de arquitetura do curso de engenharia civil. UTAD. Vila Real, 2013.

[2.16] - LEITÃO, Luiz Augusto. *Curso Elementar de Construções, CAPITULO III, Madeiramento, Escadas*.

CAPÍTULO 3 - DIAGNÓSTICO DAS ANOMALIAS ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS

3.1.Introdução

Neste capítulo ir-se-á efetuar o levantamento das diferentes patologias existentes nos edifícios da Quinta de Picões. Também serão abordadas neste capítulo as possíveis soluções de reparação, a nível estrutural e a nível não estrutural. Para dar início a este estudo, realizaram-se várias visitas aos edifícios da quinta de Picões, onde ocorreu durante essas visitas o diagnóstico das patologias. Através dessas visitas procedeu-se ao registo das patologias, correlacionando-as com a sua causa visível que conduziu ao estado atual da degradação do edifício. Abordada a descrição da patologia e a sua causa, irá ser sugerida a respetiva solução de reparação, baseada em estudos efetuados sobre edifícios históricos e antigos.

No entanto, estas soluções de reparação que se sugerem não serão definitivas, visto que é preciso um diagnóstico mais aprofundado. Para estas sugestões de reparação recorreu-se a estudos diversos na área da reabilitação e conservação de edifícios tradicionais e técnicas padrão para cada tipo de patologia.

3.2. Técnicas de Inspeção não destrutivas de elementos estruturais e não estruturais

3.2.1 Introdução

Antes de iniciar reabilitação de um edifício é necessário numa primeira fase realizar várias inspeções rigorosas do estado de conservação do mesmo, recorrendo a visitas minuciosas ao local, bem como conhecer a origem e os processos construtivos originais, para poder concluir, em função das patologias, quais os elementos que necessitam de reparação e de que maneira essa reparação irá ser realizada. Sendo assim, pode-se afirmar que a inspeção é uma tarefa de avaliação do estado de conservação do edifício e das suas partes constituintes com o objetivo de orientar as atividades de manutenção [3.1].

As informações, recolhidas durante as inspeções, são relevantes e devem ser examinadas sempre que haja registos das mesmas. É possível identificar quais os aspetos críticos num edifício e efetuar uma campanha de ensaios mais rigorosos e objetivos em função das características do edifício, mesmo com o conhecimento dos materiais, do comportamento estrutural e das técnicas construtivas, deve-se seguir técnicas de inspeção rigorosas, se possível com a realização de ensaios não destrutivos ou pouco destrutivos [3.2].

Quanto mais antigo é o edifício, mais difícil se torna a recolha de dados, ou mesmo a existência de elementos informativos, como os projetos originais, dificultando em grande parte o trabalho dos técnicos. Para além disso, muitas das técnicas construtivas e materiais utilizados na época da construção, foram ao longo dos anos desaparecendo e fazendo com que seja pouco provável a existência de técnicos especializados nessas técnicas antigas de construção.

Para efetuar-se uma recolha de informações adequada, relativamente às características mecânicas, físicas e químicas dos materiais que compõe os edifícios antigos, particularmente os elementos estruturais, é de extrema importância e relevância que se efetuem ensaios. Os ensaios são definidos como não destrutivos, pouco destrutivos ou destrutivos. Determinada a composição das estruturas dos edifícios antigos é infundavelmente melhor optar-se pela utilização de técnicas não destrutivas ou pouco destrutivas, mesmo assim este tipo de informação torna-se pouca conclusiva. Sendo assim, torna-se necessário optar por técnicas que não originam anomalias estruturais nos edifícios; no entanto, e se necessário, o levantamento abrangerá as sondagens exigíveis para que essas anomalias sejam eliminadas. Antes de iniciar-se os ensaios, é indispensável realizar uma rigorosa inspeção ao edifício para depois iniciar-se os ensaios essenciais nos locais mais indicados [3.3] [3.4].

3.2.2 Técnicas de ensaio não-destrutivo

Os ensaios não-destrutivos caracterizam-se por não terem uma ação direta ou destrutiva na estrutura a inspecionar e permitirem obter alguns resultados qualitativos para caracterizar o comportamento dos materiais que a constituem, e até mesmo detetar anomalias ocultas, que só poderiam ser conhecidas através de ensaios mais ou menos destrutivos.

Os principais métodos não-destrutivos são:

- Ensaio de ultrassom;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

- Tomografia sónica;
- Radar de prospeção geotécnica;
- Termografia;
- Estetoscopia

Estes ensaios podem ser utilizados para [3.5]:

- Detetar elementos estruturais ocultos, como os pilares, os arcos, as estruturas de pisos intermédios e etc.;
- Qualificar materiais e caracterização das zonas de heterogeneidade dos mesmos;
- Avaliar a extensão dos danos mecânicos em estruturas fissuradas;
- Detetar vazios e cavidades;
- Avaliar o teor de humidade e da altura de ascensão capilar;
- Detetar a degradação superficial;
- Avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos materiais.

Resumidamente vai-se enunciar e descrever as principais, e mais utilizadas técnicas de ensaio não-destrutivo:

1. Ensaio de ultrassom [3.5] [3.6] [3.7]: Esta técnica de ensaio é baseada na geração de um impulso de ultrassónica num ponto da estrutura, sendo o sinal captado por um recetor noutro ponto da estrutura. Através deste ensaio é possível adquirir as várias informações:
 - i) O módulo de elasticidade e da resistência à compressão;
 - ii) Homogeneidade das características dos materiais constituintes;
 - iii) Presença de fendas no material contínuo;
 - iv) Presença e efeitos de anteriores reforços.
2. Tomografia sónica [3.5] [3.6] [3.8] [3.9]: Esta técnica de ensaio é baseada no ensaio enunciado anteriormente. A principal diferença entre os dois ensaios é a maior complexidade da tomografia na análise e processamento dos dados relativamente ao ensaio de ultrassom. Esta consiste na transmissão de ondas sónicas através dos materiais, em várias direções, obtendo-se um mapa pormenorizado da distribuição da velocidade do som numa secção plana da estrutura. Este ensaio é um método adequado para a obtenção e análise de informações qualitativas no interior da alvenaria, especialmente, na deteção de diferentes materiais, na presença de vazios e cavidades. Este ensaio é muito útil na avaliação da eficácia de injeções de consolidação das paredes de edifícios antigos. Devido à sofisticação das técnicas do processamento e análise, a realização deste ensaio é limitada porque requer uma especialização técnica que torna os custos elevados.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:

Propostas de intervenção e salvaguarda

3. Radar de prospeção geotécnica [3.8] [3.10]: Esta técnica de ensaio consiste no uso de ondas eletromagnéticas de alta-frequência, entre 100MHz à 1GHz. Emitidas com impulsos muito curtos que permitem a localização das superfícies de separação entre materiais de diferentes características. Estas localizações encontram-se, onde ocorrem o reflexo das ondas eletromagnéticas. O estudo desta reflexão possibilita determinar modificações ou imperfeições nos materiais constituintes da estrutura, proporcionando a deteção de juntas, defeitos ou cavidades na alvenaria, também permite encontrar estruturas ou tubagens ocultas, etc. Trata-se de um ensaio de elevados custos e de uma utilização destinadas a casos especiais, tal como na tomografia sónica.
4. Termografia [3.11] [3.12]: Este ensaio baseia-se no princípio de que todos os corpos emitem radiação térmica. Pode ser classificada em passiva ou ativa. Na termografia passiva, a parede não é submetida a qualquer excitação térmica artificial. Na termografia ativa é efetuada uma estimulação térmica na parede através de projetores de luz ou outros sistemas geradores de calor. O equipamento utilizado para o ensaio termográfico é uma câmara termográfica sensível à radiação infravermelha onde possibilita a elaboração de um termograma da superfície da parede de alvenaria. Em edifícios antigos permite a identificação de vários materiais constituintes das paredes, assim como a presença ou inexistência de humidade.
5. Estetoscopia [3.7] [3.13] [3.14]: Este ensaio é vantajoso para diferenciar a presença de diferentes materiais numa parede de alvenaria e apurar se o revestimento encontra-se separado do suporte. Neste método os materiais utilizados são um estetoscópio e um martelo de geólogo. Auscultando a parede com o estetoscópio e à medida que se vai percutindo com o martelo é possível, com base no tipo de ressonância ouvida, identificar os materiais.

3.3. Diagnóstico das anomalias construtivas

3.3.1. Anomalias nas fundações

1. Localização da patologia:

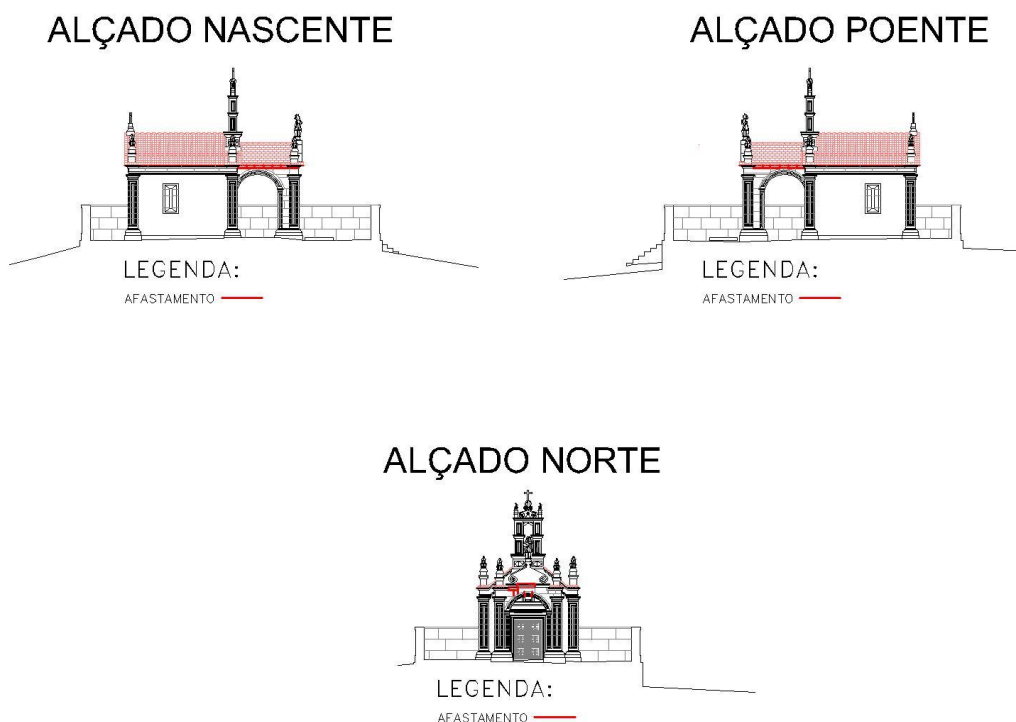


Figura 17: Localização dos afastamentos e dos blocos de pedra fora da sua posição original na Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

As principais anomalias das fundações de edifícios antigos podem ser causadas por:

- I. Aumento das cargas;
- II. Movimentos ou alterações do terreno.

A degradação dos materiais que compõem as fundações e os erros construtivos originam a diminuição da capacidade resistente.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

As alterações e movimentos do terreno podem ter origem devida a várias causas: escavações ou construções próximas, abertura de túneis, ação de raízes, existência de terrenos heterogéneos, alterações do nível freático ou do teor de humidade, ação do homem ou da natureza, rotura de canalizações de águas ou de esgotos na proximidade e liquefação do solo devido à ação sísmica [3.15] [3.16].

As deformações consequentes de um assentamento diferencial de fundações podem conduzir a fissuração e alterações geométricas importantes nas alvenarias antigas, como deformação de vãos, desnivelamento dos pavimentos, desaprumo das paredes, deformações, fraturas de paredes e etc.. As distribuições das cargas podem ser alteradas podendo comprometer a estabilidade da estrutura [3.13] [3.15].

O aumento das tensões na fundação pode resultar do incremento das cargas de utilização (resultantes de diferentes usos, ou acrescentos no edifício), ou alterações da estrutura.

As alterações da estrutura passam pelo acréscimo de pisos, que causa aumento de cargas de fundações e o enfraquecimento da base de edifícios, e pela abertura de montras para o comércio, onde é eliminada a continuidade dos nembos de alvenaria ao nível do piso térreo [3.15] [3.16].

Na Capela de Santo António da Quinta de Picões é possível observar a ocorrência de assentamentos diferenciais que deram origem ao afastamento do arco da galilé relativamente à parede frontal, foto 33; verifica-se na junção do arco com a parede da capela, um afastamento de alguns centímetros podendo-se comentar a possibilidade de existência de anomalias nas fundações que podem pôr em causa a integridade estrutural do edifício ou também poderá estar relacionada com a construção original da capela, onde os pilares da galilé não se encontram nivelados. Também é possível verificar em várias partes da galilé o espaçamento entre blocos de pedra, foto 34 e 35, e pedras fora da sua posição original, foto 36. A causa possível para as pedras que se encontram fora da sua posição original e com espaçamento, provavelmente, dever-se-á a um possível assentamento no terreno ou à defeituosa construção de origem da capela, como já foi enunciado anteriormente.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

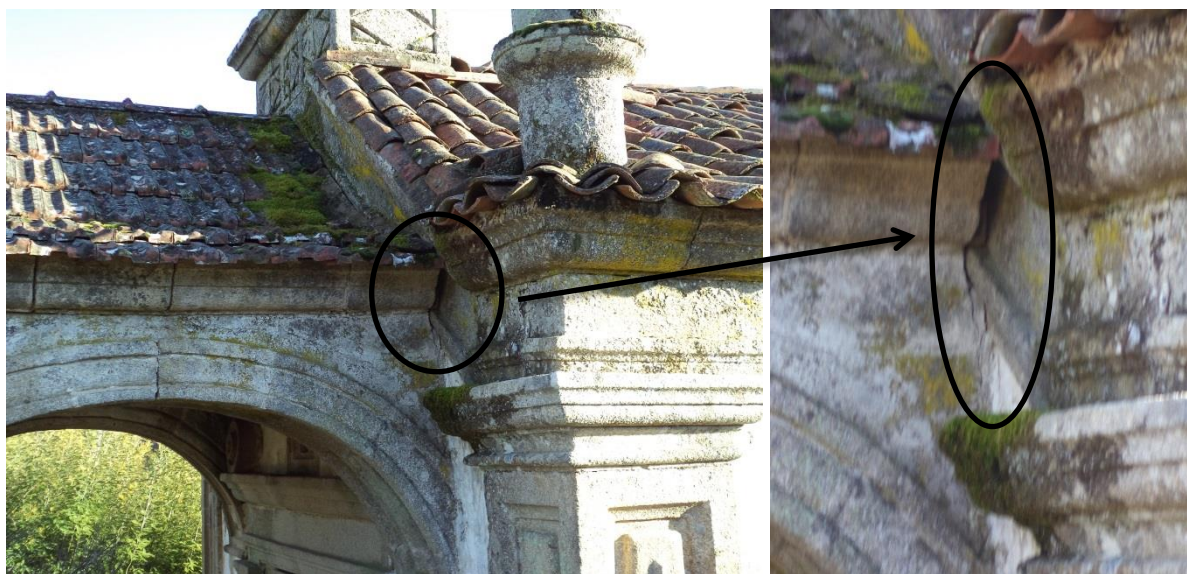


Foto 33: Afastamento do arco da galilé relativamente à parede da capela (Santos, Michaël, 2015).

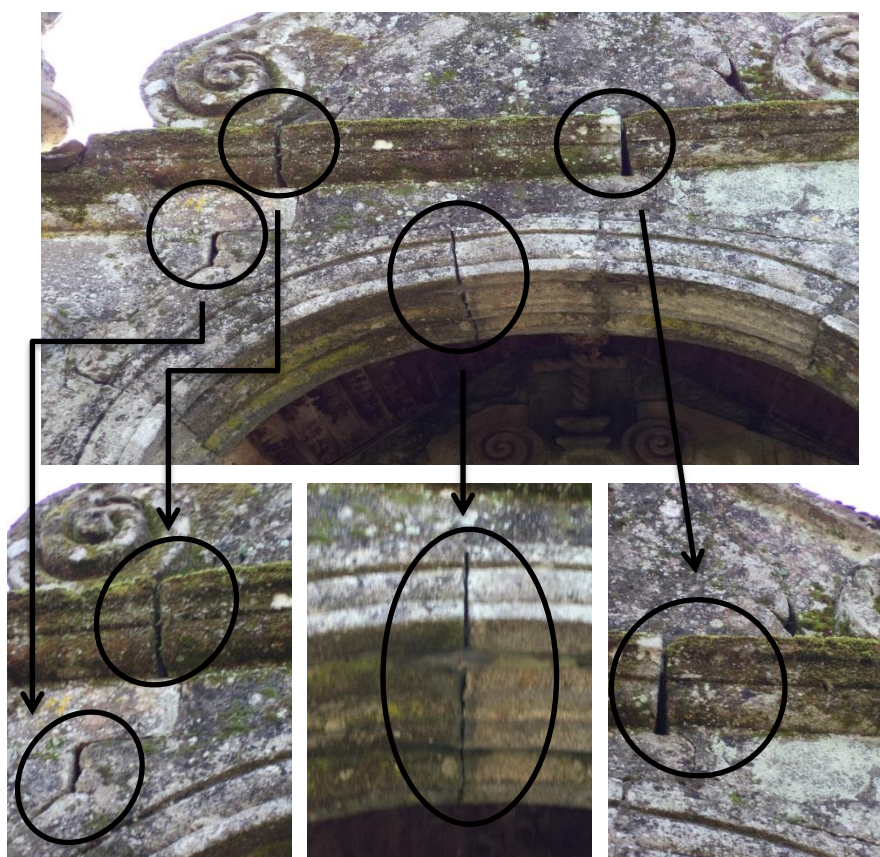


Foto 34: Espaçamento entre os blocos de pedra (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 35: Espaçamento entre os blocos de pedra (Santos, Michaël, 2015).



Foto 36: Pedras fora da sua posição original (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

As causas mais comuns nos assentamentos uniformes e diferenciais devem-se habitualmente à presença de água no terreno. A presença de água pode dever-se às infiltrações de águas pluviais, provocando alterações ou movimentações nas condições do terreno [3.18].

No caso da Capela de Santo António a possível causa para o aparecimento dos assentamentos diferenciais pode estar relacionada de facto com a presença de água, mas também poderá pôr-se em questão se esta anomalia não estará relacionada com um possível erro construtivo, neste caso, os pilares da galilé não se encontrarem nivelados.

4. Exame:

Relativamente às fundações, para a identificação das anomalias das fundações é necessário recorrer à execução de poços de sondagem e sondagens geotécnicas em

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

profundidade. Os poços de sondagem é o principal método de inspeção e diagnóstico de anomalias ao nível das fundações. Estes poços permitem uma observação visual das características dos materiais, recolha de amostras, para uma eventual caracterização física, química e mecânica, medições de fissuras ou assentamentos, identificação do tipo de fundação e levantamento dimensional [3.7] [3.15] [3.17].

As sondagens têm por objetivo averiguar a natureza do solo, a espessura das diversas camadas, a profundidade, a extensão da camada mais resistente que deverá receber as cargas da construção, e determinar o tipo da estrutura de fundação. Dependendo do tipo solo, a sondagem deverá usar o melhor processo que forneça indicações precisas, sem deixar margem para dúvidas quanto ao estabelecimento da relação causa-efeito e que permitam resultados conclusivos, indicando claramente a solução a adotar. As sondagens efetuadas com maior frequência em solos penetráveis são as sondagens SPT (*Standard Penetration Test*). É um ensaio de penetração dinâmico, que consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem, devidamente limpo, um amostrador padrão [3.15].

5. Sugestão de reparação:

Antes de efetuar a intervenção seria necessário proceder à execução de poços de sondagem ou sondagens geotécnicas em profundidade sobre as fundações, para realmente encontrar a origem da anomalia. No caso de se verificar que a origem de a anomalia está relacionada com as infiltrações de águas pluviais e confirmando que o terreno de fundação se apresenta desagregado será necessário proceder à sua consolidação. Este processo passará pela injeção de cimento de forma a obter o preenchimento dos vazios que existem no terreno [3.18].

3.3.2. Anomalias em alvenaria de pedra

3.3.2.1. Fissuração

1. Localização da patologia:

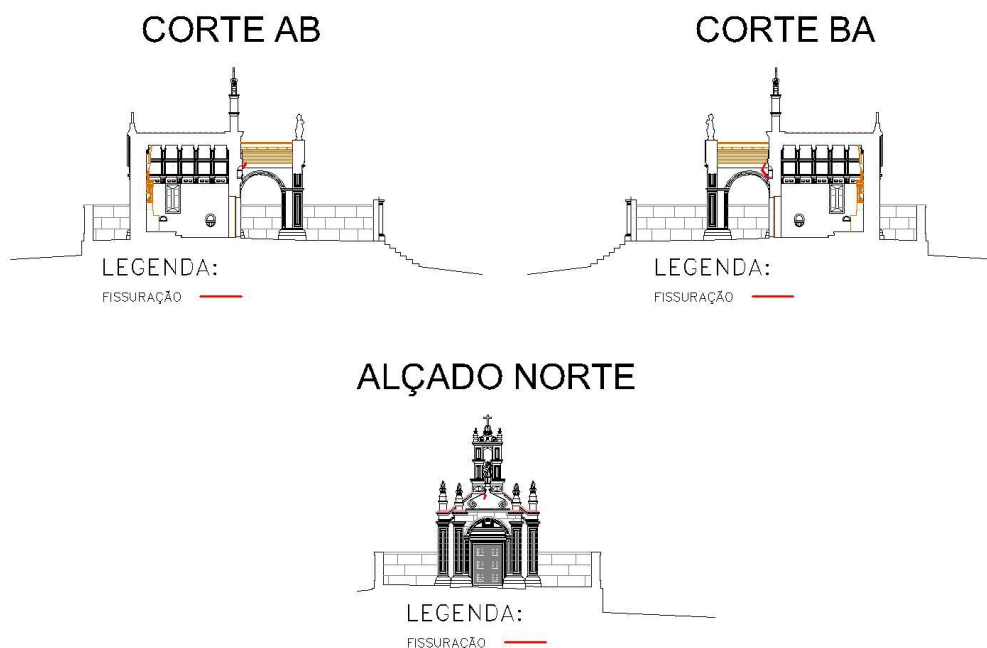


Figura 18: Localização das fissuras na Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

A fissuração é uma anomalia que, usualmente, se pode manifestar de diferentes formas. Esta anomalia está associada aos assentamentos diferenciais. Pode ser agravada pela existência de fissuração das paredes e também é influenciada pela variação de calor e frio, a ausência de conservação e manutenção e presença de pedras brandas e de má qualidade [3.19].

No caso de fissuração, foto 37 e 38, ela manifesta-se na diagonal, pela presença de uma fissura que percorre na diagonal da alvenaria, indicando geralmente a ocorrência de assentamento das fundações do edifício [3.19].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 37: Fissura nas cornijas da galilé (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

As fendas, fotos 37 e 38, têm origem nos assentamentos diferenciais. Pode, no entanto, haver outras causas para esta manifestação, como por exemplo: fundações assentes em terrenos que ao longo do tempo e devido à presença de água vão perdendo os finos, criando espaços vazios e consequentemente assentamentos. Outra razão para o aparecimento de fissuras passa pela presença de pontos de acumulação de tensões. Após a abertura destas fendas a água da chuva introduz-se nos orifícios, o que origina ao agravamento das aberturas [3.19] [3.21].



Foto 38: Fissura nas formas onduladas presentes no frontão que cobre a galilé (Santos, Michaël, 2015).

4. Exame:

Uma inspeção visual permite detetar a olho nu as fendas mais abertas, pode-se recorrer a uma lupa ou fotografia digital que por meio de análise em computador se poderá ampliar. Mas para um correto diagnóstico deve-se efetuar uma verificação da estabilização das

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

fissurações. Todos os potenciadores de degradação estrutural devem ser analisados, como a descompressão do solo e o aumento das cargas atuantes. A avaliação da estabilidade estrutural dos locais afetados conduziria a um diagnóstico mais conclusivo sobre as sugestões de reparação mais eficientes para aplicar na intervenção de restauro [3.23].

5. Sugestão de reparação:

De modo a evitar que estas fendas se estendam, temos que corrigir o problema sobre a causa da lesão, ou seja, evitar que aconteçam assentamentos diferenciais nas fundações. Outra solução para evitar a curto prazo estas fendas, mas não a eliminando definitivamente, é através do preenchimento das fissuras com colas e pastas. Estas pastas são preparadas com pó de sílica, adicionando-se um pigmento para obter a cor da pedra. É imprescindível limpar a pedra antes de fazer o preenchimento das fendas [3.18].

3.3.2.2. Desagregação granular

1. Localização da patologia:

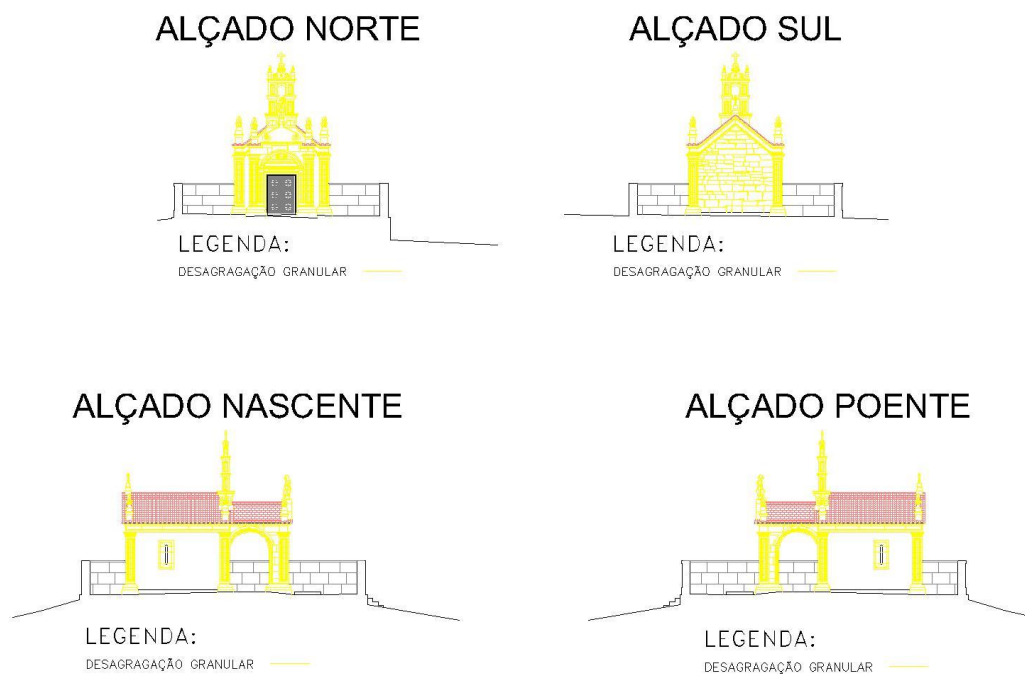


Figura 19: Localização de desagregação granular no paramento exterior das fachadas da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Figura 20: Localização de desagregação granular no paramento exterior dos edifícios destinados a habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

A desagregação é uma anomalia que, usualmente, está associada a infiltrações e ações da água, como a chuva, o efeito de capilaridade e a condensação. Esta anomalia pode ser agravada pela existência de fissuração de paredes e também é influenciada pela variação de calor e frio, a ausência de ações de conservação e manutenção e presença de pedras brandas e de má qualidade [3.19].

3. Causa aparente:

Como consequência da desagregação granular, verifica-se o arredondamento das arestas, o adoçamento das formas das pedras, fotos 39 e 40, e a perda de pormenores de cantarias e esculturas, foto 41 e 42, podendo alterar as características mecânicas das alvenarias nomeadamente na resistência à compressão e ao corte [3.15]. A desagregação granular pode dividir-se em uniforme ou diferencial, sendo que a primeira conduz ao recuo de toda a superfície da pedra paralelamente à superfície original e a segunda conduz à formação de zonas em relevo relativamente às mais afetadas pela deterioração [3.19]. Esta situação é

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

mais frequente em paredes exteriores e mais grave ao nível do rés-do-chão dos edifícios. A água é o principal agente que causa a desagregação das alvenarias, dado que as humidades que se infiltram nas paredes procuram os pontos mais fracos, as fendas e os vazios, originando depois uma rede de percursos, através das juntas de argamassa de assentamento das pedras. No entanto, a água que ascende por capilaridade nas fundações e paredes vai dissolvendo ao longo do seu percurso os sais solúveis oriundos do solo ou das argamassas e outros elementos que compõem a alvenaria, modificando a estrutura da parede que vai ficando cada vez mais rica em sais dissolvidos, até que as condições de humidade e temperatura ambientes promovam a sua evaporação, com a cristalização daqueles sais, através de duas formas distintas: à superfície ou entre o reboco e o toско da parede [3.19] [3.20].

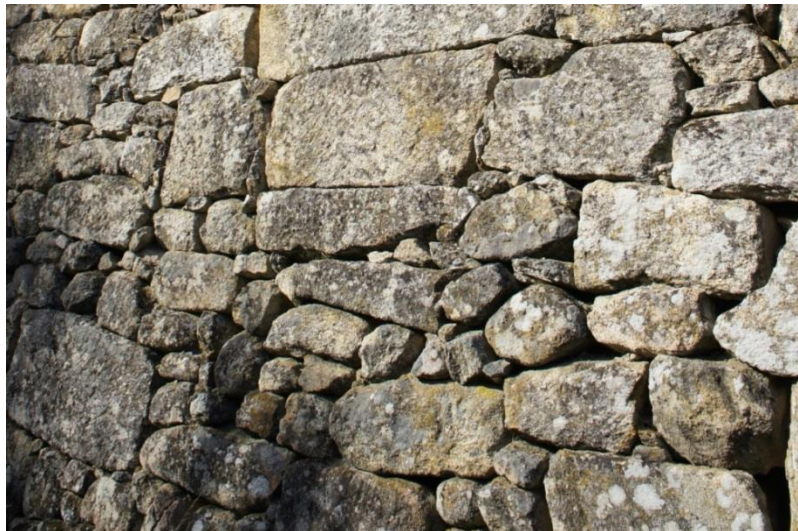


Foto 39: Desagregação granular que leva ao adoçamento das formas das pedras (Santos, Michaël, 2015).



Foto 40: Desagregação granular que leva ao arredondamento das arestas das pedras (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 41: Desagregação granular das arestas do pilar (Santos, Michaël, 2015).



Foto 42: Desagregação granular das arestas do pilar, do capitel e cornija (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Como consequência da desagregação de argamassa de assentamento, a argamassa cimentada das juntas durante os ciclos de molhagem-secagem, acarreta os sais que entram na constituição do material, para os blocos de granito adjacentes, agravando o fenómeno de arenização e lascamento do granito, foto 43.



Foto 43: Desagregação de argamassa de assentamento (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

4. Exame:

Para um exame exato das da rocha e das suas características é necessário realizar ensaios e análises que permitam determinar a sua composição química, resistência mecânica, absorção e porosidade. Estes são essenciais a uma proposta final de intervenção. Também é necessário verificar o tipo de exposição a que as pedras mais desagregadas estão sujeitas.

Para a execução de um exame mais completo deveria ser elaborado o ensaio sónico, que se baseia na determinação da velocidade de propagação das ondas sonoras geradas por impulsos de baixa ou alta frequência. Esta determinação permite qualificar a morfologia das secções identificando os defeitos e danos e a presença de materiais distintos [3.23].

5. Sugestão de reparação:

As soluções de reparação para a desagregação granular são várias, tudo depende em que local da estrutura ocorre a desagregação.

Quando ela se manifesta nas juntas de argamassa é possível executar a reconstrução da parte afetada através da utilização de blocos ou partes de blocos originais. Para a remover os blocos desagregados é imprescindível que haja o cuidado de amparar a parede. Os blocos deverão ser reaplicados na parede após limpeza dos mesmos [3.18] [3.19].

Se a desagregação manifesta-se nos blocos, a solução passa pela troca dos blocos degradados por outros semelhantes e compatíveis com os materiais existentes [3.18] [3.19].

Quando a degradação é apenas superficial, quando esta não ponha em causa a integridade do bloco nem da junta da argamassa, a solução passa pela aplicação de um novo reboco. Este poderá ser armado com uma malha de reforço, com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas do conjunto [3.18] [3.19].

Em locais de aplicação de granito á vista, como as cantarias, a solução passa inicialmente por uma limpeza das pedras por jacto de água. Após a secagem, aplica-se um produto hidrófugo criando desta forma uma barreira repelente da água, permitindo a sua respiração embora não permitindo que esta humidifique [3.18] [3.19].

3.3.2.3. Humidades do terreno

1. Localização da patologia:

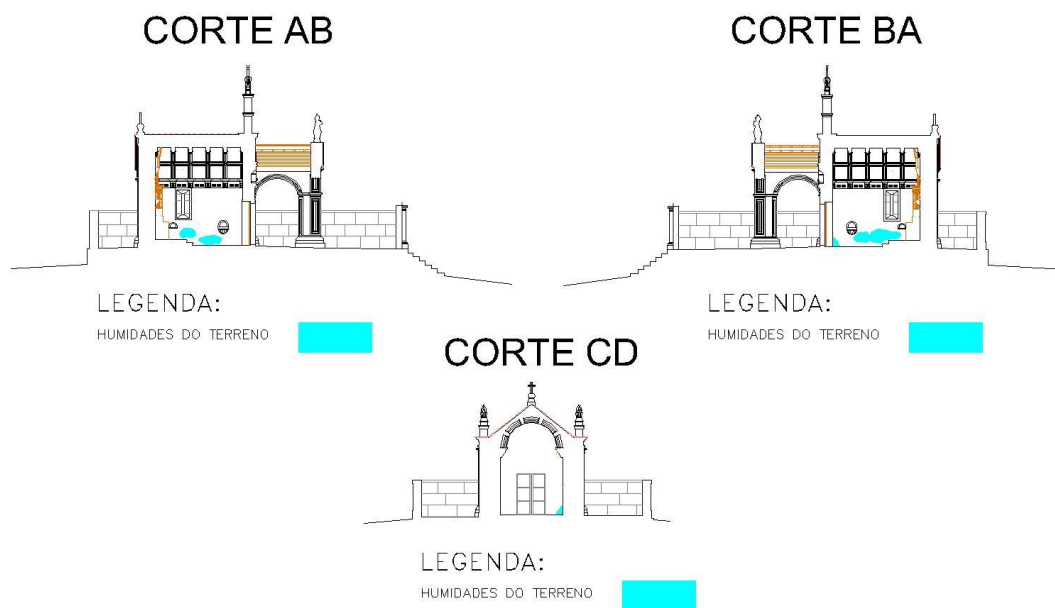


Figura 21: Localização das humidades do terreno granular no paramento interior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

As humidades do terreno é uma anomalia associada às águas da chuva que se infiltram no terreno e que ascendem por efeito de capilaridade pelas paredes. Esta anomalia pode ser agravada pela existência de fissuração de paredes. No interior da Capela de Santo António em Picões aparecem manchas de humidade na junção das paredes da capela, foto 44, e nas paredes laterais aparecem vestígios de humidade, foto 45 [3.15] [3.19].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 44: Manchas de humidade na junção das paredes da capela (Santos, Michaël, 2015).



Foto 45: Vestígios de humidade nas paredes laterais (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A causa desta anomalia é devido a existência da humidade junto às fundações que sobe por capilaridade pelas paredes. A humidade é infiltrada diretamente do terreno para as paredes exteriores nas zonas em que estas se encontram soterradas, através da ascensão, e transmissão de humidade do paramento exterior para o paramento interior dessas paredes exteriores. A água pode ter origem nas pingas que caem do telhado, salpicando a parede e infiltrando-se no solo, junto às fundações [3.19] [3.23]. Outra causa que poderá estar relacionada com a entrada de água poderá ser derivado ao nível freático que se encontra por baixo da Capela de Santo António, que poderá se situar ao nível das fundações que depois ascenda por capilaridade [3.19] [3.23].

4. Exame:

Uma inspeção visual permite detetar as humidades nas bases das paredes nalguns locais, em especial, nas proximidades do pavimento, até cerca de 1,0 m de altura deste. Para um exame mais completo poderá ser necessário recorrer a outras inspeções. Por exemplo, pode recorrer-

se à abertura de poços de prospeção junto á base das paredes para verificação do nível freático. Também poderá verificar-se a altura da parede soterrada e comparar essa medida com a altura interior da humidade. E por fim, passa pela verificação do tipo de construção e da existência de barreiras impermeabilizantes [3.1] [3.11] [3.12] [3.15] [3.19].

5. Sugestão de reparação:

Como forma de resolver estes problemas deverá construir-se, em toda a extensão soterrada do muro da Capela, um sistema drenante/filtrante, para evitar que a água entre em contacto com os elementos estruturais. A realização deste sistema tem como função, recolher a água que atinge o paramento exterior da parede. O sistema será composto por um filtro, uma camada drenante e um tubo de drenagem. O filtro terá que ter como função reter as partículas finas. A drenagem será assegurada por uma camada adjacente aos sistemas de impermeabilização e pela tubagem de recolha, que deverá ser tão permeável quanto possível para permitir o escoamento de um elevado caudal. A tubagem deverá ter uma inclinação mínima de 1% de forma a limitar a sua sedimentação no seu interior das partículas em suspensão na água. Para tornar a resolução deste problema mais eficaz, a tubagem terá que ter ainda a função de ventilação das fundações, de modo a retirar o ar imbuído com a água através da circulação constante do ar. Esta circulação do ar deverá ser feita em sentido inverso ao da drenagem da água. Esta solução descrita para se tornar ainda mais eficaz, será indispensável produzir uma barreira química que obstrua a subida da humidade por capilaridade. Este procedimento reside na execução de uma fila de furos ao longo da base da parede, espaçados com cerca de 15 cm e a uma altura de 15 cm da soleira da parede. Nesses furos serão colocadas unidades de transfusão que lentamente irão impregnando os materiais da parede com um produto hidrófugo, criando uma faixa da parede quimicamente modificada, estanque às infiltrações de água [3.1] [3.11] [3.12] [3.15].

3.3.2.4. Humidade de precipitação

1. Localização da patologia:

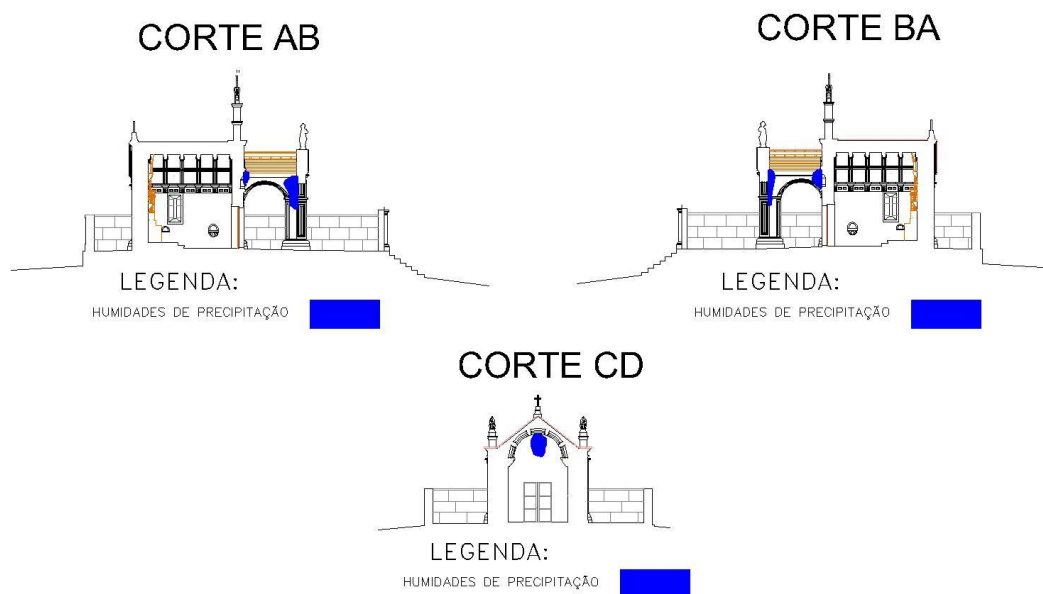


Figura 22: Localização das humidades de precipitação no paramento interior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

As humidades de precipitação é uma anomalia que se manifesta, através de manchas, durante a época de chuvas. A água da chuva provoca a formação de uma crosta de cálcio à superfícies das pedras expostas à atmosfera, facilitando assim a ligação das sujidades ao material principalmente na zona mais a Sul da capela. Esta anomalia ocorre na galilé da Capela, fotos 46 e 47, e na parede frontal pelo seu interior, foto 48 [3.1] [3.15] [3.19].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 46: Manchas de humidade derivado da precipitação (Santos, Michaël, 2015).



Foto 47: Manchas de humidade derivado da precipitação (Santos, Michaël, 2015).



Foto 48: Manchas de humidades no interior derivado a precipitação (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A humidade de precipitação deve-se ao facto de as alvenarias não terem qualquer tipo de tratamento e devido ao estado de conservação da cobertura, a qual permite a penetração direta da água das chuvas nas paredes, aumentando progressivamente o estado de deterioração destas [3.1] [3.9] [3.15].

4. Exame:

Para a examinação desta anomalia e como as infiltrações ocorrem pelo próprio telhado, bastará uma inspeção visual que permite detetar onde as águas da chuva conseguem infiltrar originando as manchas de humidades. Para tal é necessário proceder a uma inspeção na parte afetada da estrutura [3.1] [3.9] [3.15].

5. Sugestão de reparação:

Como as infiltrações ocorrem diretamente pela cobertura a qual se encontra num estado de conservação muito deficiente, apresentando telhas desprendidas, madeira da cobertura apodrecida. Para resolver o problema das infiltrações diretas será necessário proceder á reconstrução total da cobertura, uma vez que a longa exposição à agua e aos ataques parasitários, deteriorou irreversivelmente os elementos estruturais que compõem a

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

totalidade da cobertura. A reconstrução deverá ter por base os métodos construtivos da época, século XVIII. Também poderá proceder-se à lavagem das paredes e à aplicação de um hidrófugo para melhorar a impermeabilização e durabilidade das paredes [3.1] [3.12] [3.15].

3.3.2.5. Vegetação parasitária e Colonização Biológica

1. Localização da patologia:

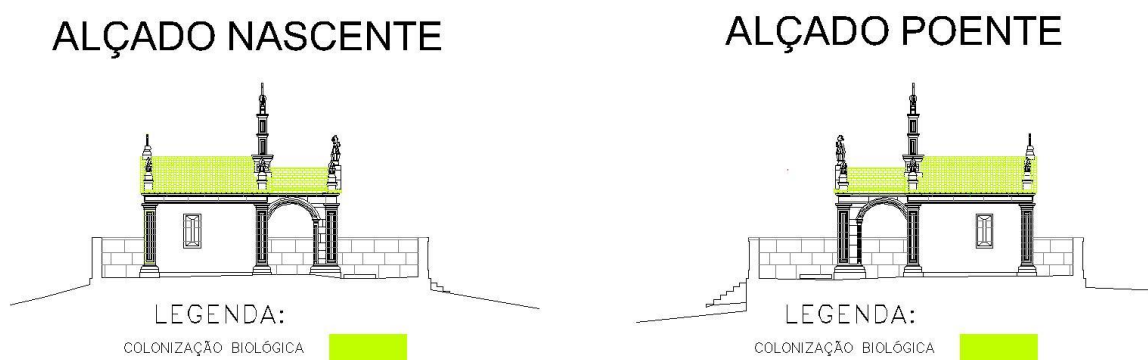


Figura 23: Localização da colonização biológica no paramento exterior da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

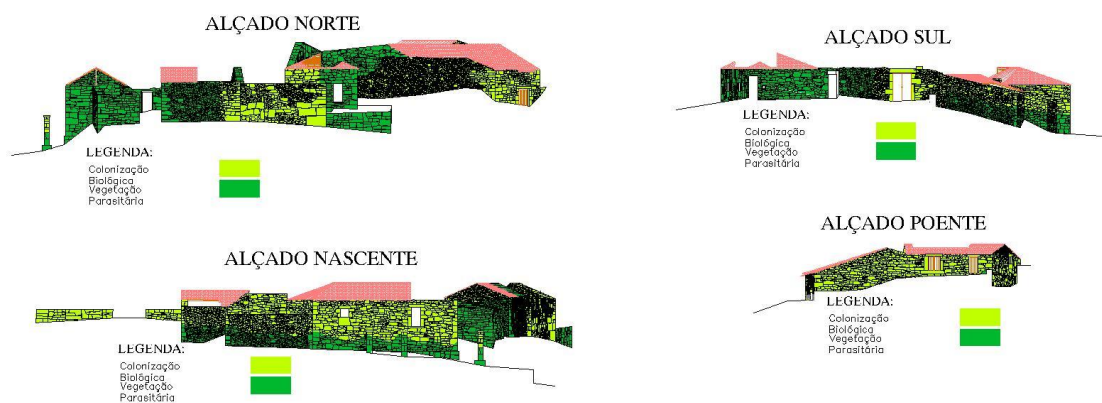


Figura 24: Localização da colonização biológica no paramento exterior dos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

A vegetação parasitária é uma anomalia que se manifesta devido às águas da chuva. A envolvente de uma Capela apresentava zonas de colonização biológica intensa, principalmente junto ao pavimento, fotos 49, 50 e 51, tendo-se observado o crescimento de alguns líquenes e musgos. Também se verifica essa manifestação nas cornijas, foto 52, sendo o problema mais acentuado ao nível da fachada frontal.

O aparecimento de vegetação parasitária fez-se notar também, nas escadas, foto 53, onde podemos verificar as manifestações estéticas desagradáveis devido ao aparecimento de plantas, musgos, fungos e líquenes com maior predominância nas zonas de contacto com o solo. Nalguns casos, as fachadas já se encontram totalmente cobertas por vegetações parasitárias, foto 54.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 49: Colonização biológica no soco e muro envolvente da Capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).



Foto 50 Colonização biológica no soco e base dos pilares (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 51: Colonização biológica na base dos pilares da galilé (Santos, Michaël, 2015).



Foto 52: Colonização biológica nas cornijas (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 53: Colonização biológica em escadarias (Santos, Michaël, 2015).



Foto 54: Vegetação parasitária que cobre a fachada de um dos edifícios da quinta (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A colonização biológica da superfície de pedra da fachada junto ao pavimento deve-se principalmente à presença de humidade. Nas zonas mais altas, nas cornijas, verifica-se a permanência nas superfícies horizontais e escorrência nos paramentos verticais de águas pluviais devido à inexistências de caleiras; de notar que a colonização biológica nas cornijas é de maior incidência na fachada frontal, devido ser a fachada mais sombria. Relativamente às fachadas que já se encontram totalmente cobertas por vegetação parasitária e colonização

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

biológica, esta infestação deve-se tanto às escorrências das águas de chuva como à falta de manutenção e limpeza [3.1] [3.15].

4. Exame:

Através de uma simples inspeção, são claramente visíveis em diversos locais do edifício a presença de musgos, fungos, líquenes, vegetação parasitária e a inexistência de sistemas de recolha de água, como caleiras e tubos de queda. Também pode-se verificar no local, a perda de estanquidade e as condições de exposição das paredes dos edifícios às águas pluviais [3.1] [3.15].

5. Sugestão de reparação:

A vegetação de maior porte, deverá ser extraída pelas raízes, ou recorrendo a um herbicida sem efeitos prejudiciais para o ambiente. Para a remoção de musgos e líquenes, deve proceder-se à remoção e escovagem com escova metálica e iniciar-se a lavagem das áreas afetadas com a aplicação de um produto específico deixando-o atuar durante aproximadamente duas semanas. Por fim, deve ser implementado um sistema eficaz de recolha de águas pluviais, de forma a evitar as escorrências, os salpicos de água e a humedificação das fachadas [3.1] [3.15].

3.3.3. Anomalias em coberturas

3.3.3.1. Deformabilidade

1. Localização da patologia:

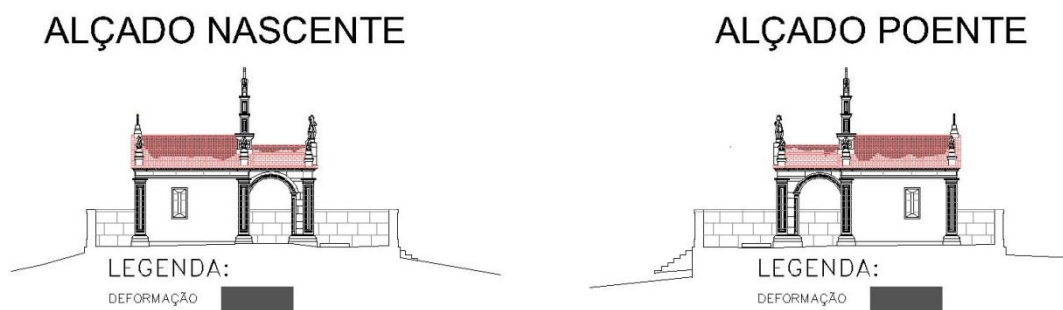


Figura 25: Localização da deformabilidade da cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

Pela observação exterior das coberturas, foto 55, verifica-se uma deformação excessiva na cumeeira e nas vertentes. Nesta cobertura revestida a telha, a perda da perfeição geométrica conduz à abertura de juntas entre as telhas, reduzindo-se o efeito da sobreposição entre telhas consecutivas e, desta forma, promovendo-se a penetração direta das águas da chuva.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 55: Deformabilidade do telhado (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A água da chuva batida pelo vento encontra um percurso mais facilitado, sendo possível que a pressão devida ao vento passe a ser suficiente para que a água vença o desnível entre os bordos das telhas sobrepostas. Desse fenómeno, resultam deformações na cobertura, que por sua vez, aumenta a abertura das juntas entre as telhas, facilitando a infiltração das águas pluviais. O facto de não ter havido uma preocupação, em termos de manutenção periódica das coberturas, originou essa deformabilidade [3.15] [3.24].

4. Exame:

Através de uma simples inspeção dos edifícios, começando por examinar a parte exterior verificando as deformações tanto na cumeeira como nas vertentes, a fissuração e o deslizamento das telhas e a inexistência de elementos de fixação das telhas. Também deve-se efetuar uma medição de inclinações e deformações da cobertura, bem como registo do estado de conservação, registo de informação relativamente aos revestimentos, tipo de telha, forma, beirados, larós, rincões, cumeeiras, etc. Recolher informações relativamente à história dos edifícios, às obras, alterações e acrescentos, que foram executados, bem como as técnicas construtivas utilizadas, e ainda o tipo de utilização do edifício ao longo do tempo [3.15] [3.24] [3.25].

5. Sugestão de reparação:

Neste tipo de intervenções deve haver uma preocupação acrescida em termos de segurança na execução dos trabalhos. Visto que não existe nenhum elemento de estrutura de madeira para suportar e assentar a cobertura, mas sim uma camada de terra onde assenta a cobertura, seria necessária a colocação de nova estrutura de suporte da cobertura de elementos

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

de madeira com a integração de um sistema de impermeabilização adequado. A correção e uniformização das inclinações das vertentes da cobertura facilitariam o escoamento da água da chuva. É importante mencionar, que é aconselhável realizar ensaios destrutivos ou não destrutivos nos elementos que irão compor as estruturas, de forma a determinar as propriedades da madeira e, posteriormente, analisar a capacidade de resistência das estruturas [3.15] [3.25].

3.3.3.2. Humidades de precipitação

1. Localização da patologia:

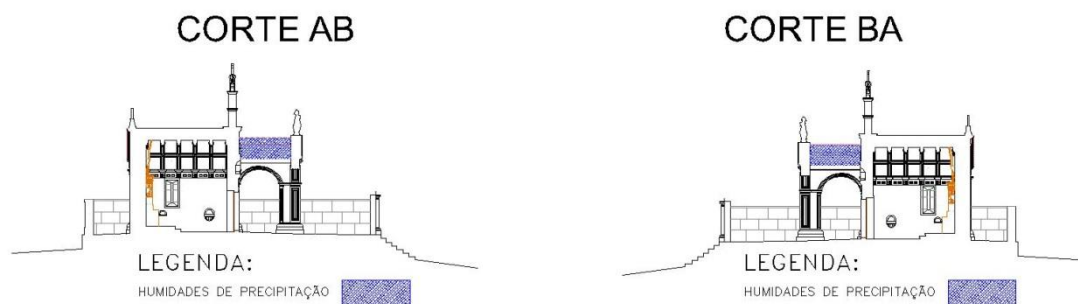


Figura 26 Localização das humidades de precipitação na estrutura de madeira da cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

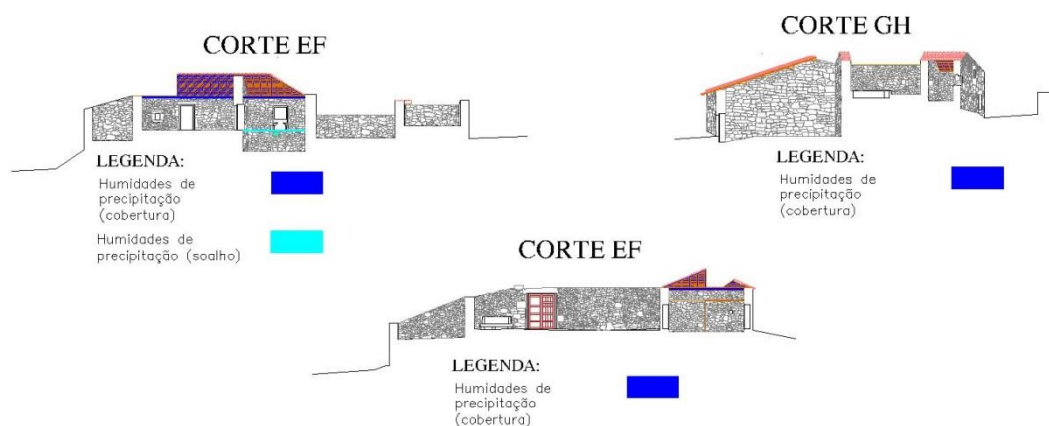


Figura 27: Localização das humidades de precipitação na estrutura de madeira da cobertura dos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

As estruturas de madeira apresentam-se bastante afetadas pela humidade permanente nos períodos de chuva, fotos 56, 57 e 58. Nas coberturas que ainda permanecem no local, são visíveis as manifestações de humidade de precipitação nos elementos estruturais de madeira, que em alguns casos estão associadas ao apodrecimento da madeira e ao aparecimento de manchas esbranquiçadas, que correspondem a fungos, e a perda da secção da madeira e a existência de aberturas sob a forma de laminado, foto 59.

Para além da humidade e do apodrecimento, algumas das ligações entre os elementos estruturais e os apoios, estão deterioradas, fazendo com que haja uma diminuição da capacidade de suporte das estruturas de madeira podendo, em determinados casos, conduzir a uma situação de risco devido à insuficiente capacidade resistente [3.15] [3.25].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 56: Manifestação da humidade na estrutura da cobertura, resultante das infiltrações pelo telhado (Santos, Michaël, 2015).



Foto 57: Manifestação da humidade na estrutura de madeira, originada pela falta de estanquidade da cobertura (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 58: Manifestação da humidade na estrutura da cobertura da galilé, resultante das infiltrações pelo telhado (Santos, Michaël, 2015).



Foto 59: Fissura num elemento de madeira (linha da asna) (Fonte: Santos,2015).

3. Causa aparente:

As causas aparentes desta anomalia nos elementos estruturais de madeiras, resultam da ação dos agentes bióticos, como os fungos e insetos e dos agentes abióticos como a água da chuva. Com o passar dos anos, e sem qualquer tipo de tratamento para essas condições, há uma tendência para que surjam pequenas deformações nas estruturas de madeira originadas pela fluência do material [3.15] [3.24] [3.25].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:

Propostas de intervenção e salvaguarda

4. Exame:

Para uma avaliação do estado dos elementos de madeira neste tipo de anomalias deve-se analisar as condições de estanquidade da cobertura quando exposta às águas pluviais, verificando-se a humidade de precipitação na estrutura e tetos subjacentes, os ataques de fungos e insetos, a perda de secção, as eflorescências, o apodrecimento e os empenos. Também deve-se medir as inclinações e deformações dos diferentes elementos, bem como o registo do estado de conservação desses elementos, incluindo os nós de ligação e as zonas de apoio dos elementos de madeira, como as zonas de entrega das vigas nas alvenarias [3.15] [3.24] [3.25].

5. Sugestão de reparação:

Neste tipo de intervenções deve haver uma preocupação acrescida em termos de segurança na execução dos trabalhos. Como tal, os elementos estruturais devem ser devidamente escorados e só depois proceder à remoção integral das telhas. O contacto da estrutura com água, origina deformações excessivas em algumas zonas dos elementos de madeira, sendo necessário corrigir esse efeito recorrendo a possíveis soluções de reparação, tais como a colocação de novas estruturas de suporte da cobertura; a aplicação de tirantes metálicos; a reparação por reforço dos elementos estruturais; a reparação por substituição de elementos estruturais.

Os ciclos de molhagem/secagem, também originam empenamentos e fendas, que podem ser reparados pela reparação de fendas com parafusos; a reparação de fendas por cintagem; a selagem e injeção de resina de epóxico; a reparação de fendas com adesivo de epóxico e varões de aço embebidos.

Por outro lado, o apodrecimento dos elementos estruturais provoca a diminuição da secção desses elementos, que podem ser solucionados pelo reforço de elementos de madeira por aumento de secção com nova madeira; pelo reforço por aplicação de empalmes; pelo reforço de elementos de madeira através de aplicação de resinas de epóxico e varões embebidos; pelo reforço com armaduras longitudinais com laminados de fibras de carbono ou chapas de aço na peça de madeira; pela substituição de madeira por perfis metálicos; pela execução de novos elementos estruturais de madeira; e pela reparação por substituição de elementos estruturais. Aplicação de um tratamento químico na madeira, de forma a esta adquirir resistência aos ataques de fungos e insetos, no futuro. Esta aplicação terá que ser consoante a espécie da madeira, o risco de ataque a que esta se encontra sujeita e as condições de temperatura e humidade do ambiente [3.15] [3.25].

3.3.3.3. Colonização biológica

1. Localização da patologia:

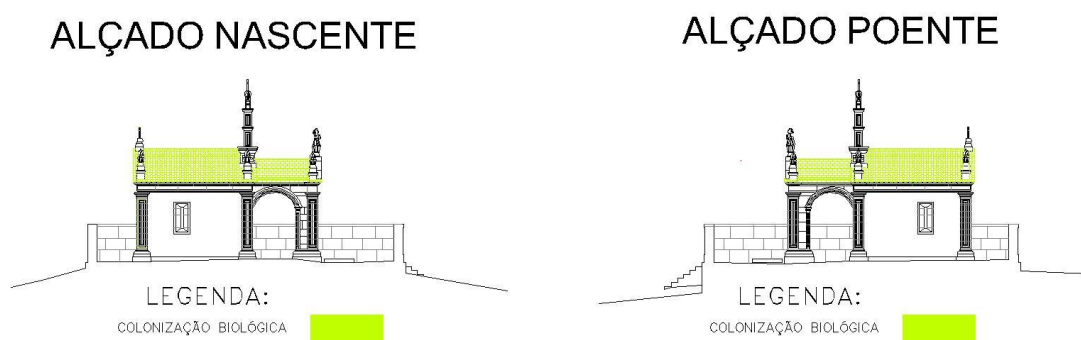


Figura 28: Localização da colonização biológica na cobertura da Capela de Santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

Algumas telhas encontram-se indevidamente sobrepostas, foto 60, resultante do escorregamento decorrente da deformação excessiva da estrutura de madeira, outras estão partidas e lascadas, outras levantadas pelo vento, fazendo com que não haja estanquidade nos telhados. Em determinadas zonas das coberturas verifica-se o aparecimento de colonização biológica, foto 61, que impede o normal escoamento das águas pluviais.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 60: Telhas que se encontram indevidamente sobrepostas (Santos, Michaël, 2015).



Foto 61: Aparecimento de colonização biológica nalgumas zonas da cobertura (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A exposição à ação direta da radiação solar, da água da chuva e do vento, assim como a alternância de temperaturas, sem dúvida são fatores que muito contribuem para o envelhecimento e degradação destes elementos de construção. A deficiente inclinação dificulta o escoamento da água da chuva e contribui para a acumulação de musgos e pequenas plantas. A ausência de dispositivos de recolha e drenagem da água também contribui para o aparecimento das colonizações biológicas.

Por fim, a longevidade e o facto de não ter havido uma preocupação, em termos de limpeza e manutenção periódica das coberturas, de forma a assegurar a sua operacionalidade, contribuiu de forma significativa para a ocorrência e para o agravamento dessas patologias [3.15] [3.24].

4. Exame:

Para uma avaliação concreta deve-se fazer uma inspeção da fissuração, do deslizamento das telhas e da inexistência de elementos de fixação das telhas. Deve-se inspecionar: a existência de sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais; a estanquidade das telhas; e ainda as inclinações e deformações da cobertura. Recomenda-se: a verificação e o registo de informação relativamente aos revestimentos, tipo de telha, forma, beirados, larós, rincões, cumeeiras, etc.; recolher a informação relativamente à história dos edifícios, às obras que foram executados, bem como as técnicas construtivas utilizadas, e ainda o tipo de utilização do edifício ao longo do tempo [3.15] [3.24] [3.25].

5. Sugestão de reparação:

Neste tipo de intervenções deve haver uma preocupação acrescida em termos de segurança na execução dos trabalhos. Como tal, os elementos estruturais devem ser devidamente escorados e só depois proceder à remoção integral das telhas. Como sugestão de reparação, propõe-se a substituição integral das telhas por outras novas, do tipo tradicional de capa e canal. É preferível esta proposta à remoção e escovagem com escova metálica das áreas afetadas e aplicação de um produto específico de forma a eliminar toda a colonização biológica. As telhas dos edifícios em estudo estão de tal modo fragilizadas que torna-se mais adequado a sua substituição. Também deve-se colocar um sistema de dispositivos de recolha e drenagem de águas pluviais, tais como rufos, caleiras e tubos de queda, visto que não existe nenhum [3.15] [3.25].

3.3.4. Anomalias em pavimentos em madeira

3.3.4.1. Apodrecimento das tábuas

1. Localização da patologia:

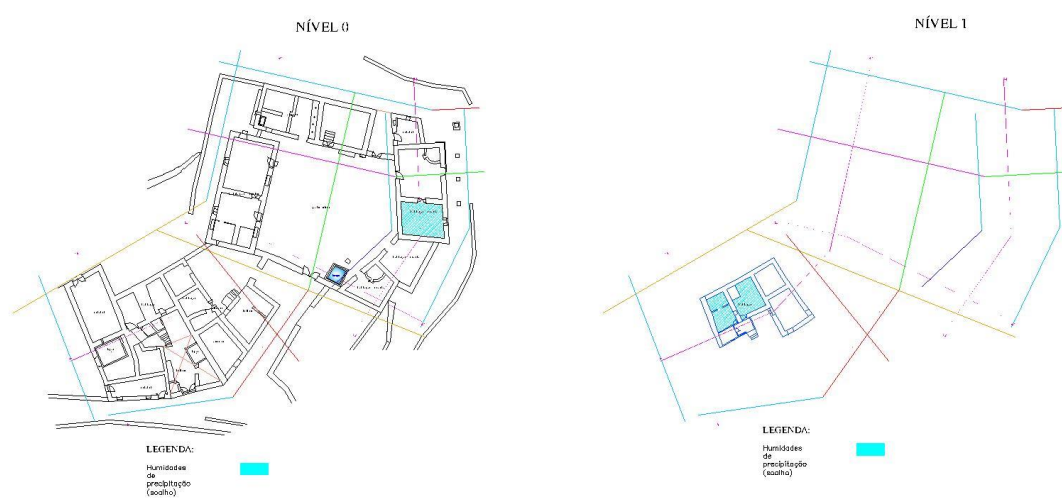


Figura 29: Localização do apodrecimento do soalho nos edifícios destinados à habitação em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

Regra geral, verifica-se o processo e o estado avançado de envelhecimento do soalho. O soalho apresenta tábuas que se encontram apodrecidas, com frinchas entre elas, e apresentando a degradação das características mecânicas.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 62: Apodrecimento das tábuas do soalho (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

Como já foi mencionado anteriormente, os edifícios têm deficiências graves na cobertura. Sendo assim, a água tem maior facilidade em penetrar no seu interior e acabando por entrar em contato com o soalho. A humidade intensifica a propagação dos ataques de agentes biológicos, contribuindo para a degradação das características mecânicas, para a deformação e para o apodrecimento das tábuas do soalho. A falta de manutenção periódica das coberturas, portas, janelas e paredes, de forma a poder assegurar a estanquidade, contribuiu para a degradação destes elementos e para a evolução do processo de envelhecimento da madeira [3.15].

4. Exame:

Para uma avaliação concreta deve-se verificar no interior dos edifícios, o apodrecimento e os empenos dos sobrados de madeira, medir os afastamentos entre os vigamentos e verificar na cobertura, as condições de estanquidade [3.15].

5. Sugestão de reparação:

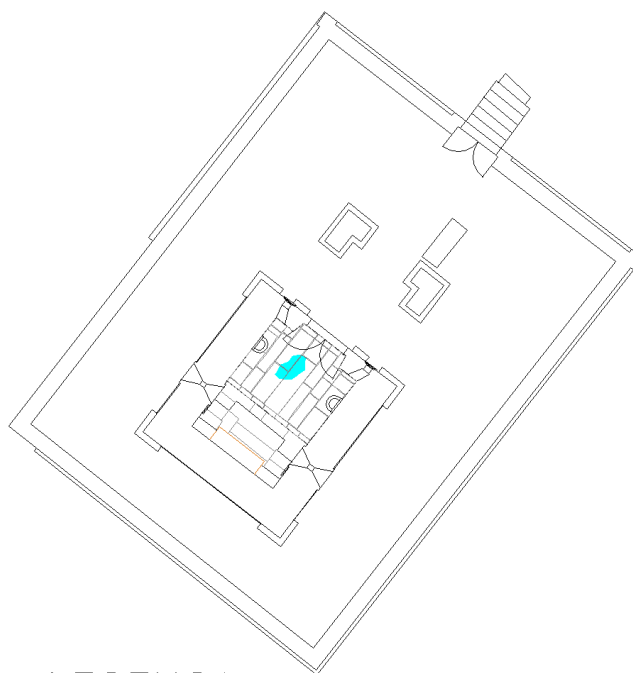
Neste tipo de intervenções deve haver uma preocupação acrescida em termos de segurança na execução dos trabalhos. Numa fase inicial, será necessária a reparação da cobertura, das portas e das janelas. Depois seguir-se-á a reparação estrutural dos sobrados, é indispensável a substituição integral do soalho por elementos novos de madeira de boa qualidade. A madeira a aplicar deverá ter tratamento químico adequado de forma a adquirir resistência à água e aos ataques parasitários [3.15].

3.3.5. Anomalias em pavimentos em lajeado de granito

3.3.5.1. Manchas de humidade

1. Localização da patologia:

VISTA SUPERIOR



LEGENGA:

MANCHAS DE HUMIDADE



Figura 30: Localização de manchas de humidades no pavimento lajeado em granito na Capela de santo António em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

O lajeado em granito do pavimento térreo da Capela apresenta uma mancha de humidade, encontrando-se completamente saturado de água, foto 63.

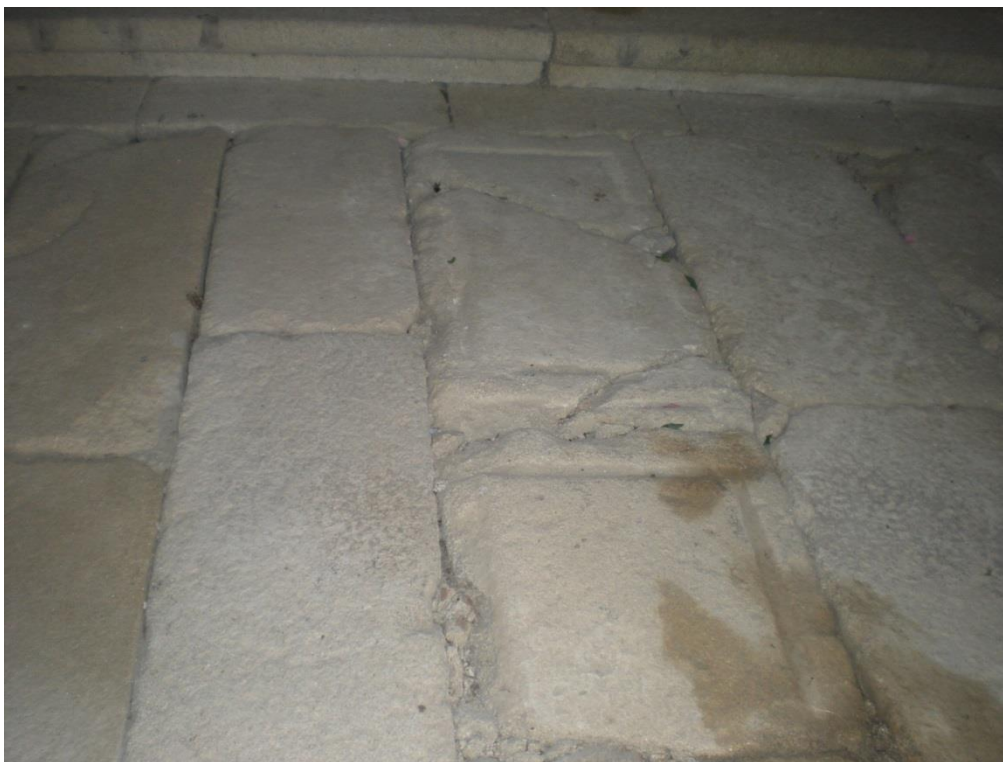


Foto 63: Mancha de humidade no pavimento térreo em lajeado de granito da Capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

As manchas existentes no pavimento surgiram devido à humidade ascensional associada à existência de um lençol de água subterrâneo, à dificuldade de secagem dos elementos construtivos em contacto com o terreno. A humidade ascensional manifesta-se quando os elementos estão em contacto com água ou com solo húmido, sempre que os materiais constituintes apresentam elevada capilaridade e quando não existe um corte hídrico. A ascensão capilar progride até que se verifique o equilíbrio entre a evaporação e a capilaridade [3.15] [3.16].

4. Exame:

Para uma avaliação concreta devem-se realizar-se sondagens para identificação da constituição do pavimento, também deve-se verificar a existência de um sistema de drenagem de águas pluviais e freáticas. Deve-se efetuar um conjunto de medidas de forma a caracterizar as condições ambientais, tais como a temperatura e o teor de humidade superficial do pavimento, e verificar no interior da Capela a humidade relativa e a ventilação. E para finalizar, deve-se realizar a medição do nível freático [3.15] [3.16].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

5. Sugestão de reparação:

Para evitar o aparecimento de manchas de humidade devido à humidade ascensional, deve ser criado um sistema de drenagem de águas pluviais e freáticas adequadas á Capela. Deve-se também, aplicar um sistema de impermeabilização, antes da recolocação do lajeado [3.15] [3.16].

3.3.6. Anomalias em reboco

3.3.6.1. Destacamento do reboco

1. Localização da patologia:

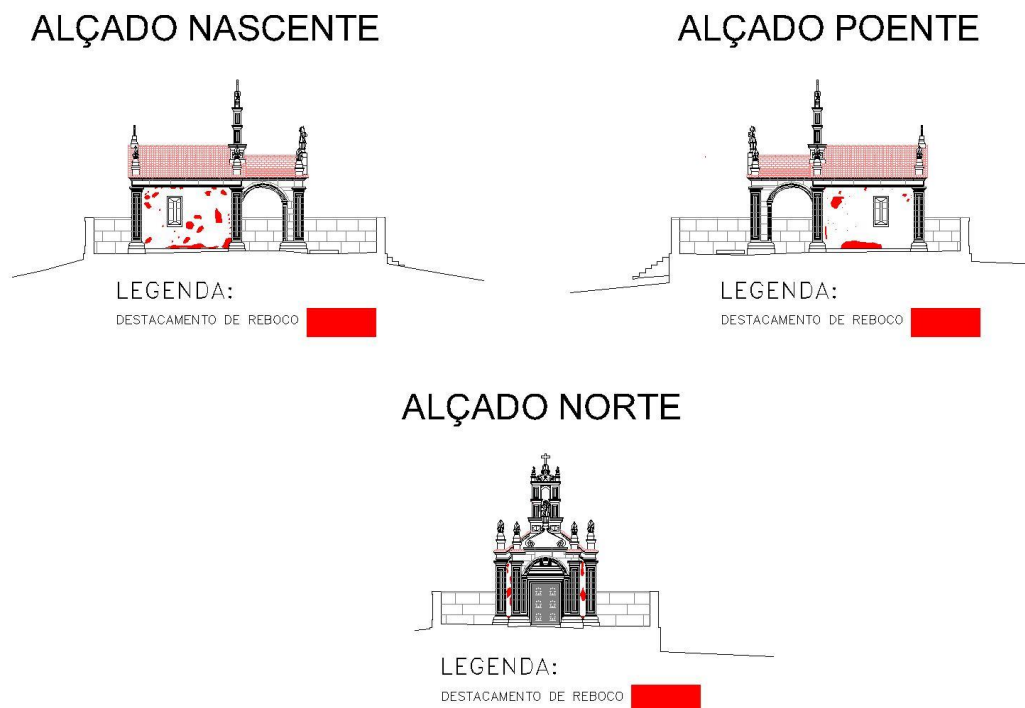


Figura 31: Localização do destacamento de reboco no paramento exterior da Capela de santa Antónia em Picões (Santos, Michaël, 2015).

2. Descrição da patologia:

Destacamento parcial do reboco em grandes extensões, foto 64, com predominância nos paramentos exteriores em zonas mais próximas da cobertura.



Foto 64: Destacamento de reboco nas fachadas laterais da capela de Santo António (Santos, Michaël, 2015).

3. Causa aparente:

A causa aparente desta anomalia é devido ao escoamento de água pelas fachadas, devido á inexistência de um sistema de recolha e drenagem das águas pluviais e pelas deficiências de estanquidade da cobertura. A falta de aderência da argamassa às paredes, a ausência de ações de manutenção como a substituição dos rebocos degradados e a provável presença de sujidade na parede quando foi feito o reboco podem ser também causas desta anomalia.

4. Exame:

Para uma avaliação concreta desta anomalia deve-se proceder à verificação da presença de humidade no paramento da parede e de remoção de material da parede agarrado ao reboco. Também deve-se verificar a existência de sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais e se possível realizar uma análise laboratorial das argamassas de revestimento para a reformulação de argamassas de substituição com características semelhantes às argamassas de revestimento à base de cal e areia, com boa compatibilidade com a parede de suporte [3.15].

5. Sugestão de reparação:

A reparação do reboco implica a eliminação inicial de algumas das possíveis fontes que originam a degradação do reboco. Deste modo é essencial reparar a cobertura e

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

impossibilitar que a humidade do terreno se transmita à parede por ascensão capilar. Também deve-se colocar dispositivos de recolha e drenagem de águas pluviais, caleiras e tubos de queda, de modo a defender os paramentos das escorrências das águas. Dado o mau estado de conservação do reboco não destacado, deve-se proceder-se á remoção de todo o reboco existente. Após este processo, deve-se deixar secar completamente as paredes. Após a eliminação da fonte de humidade, dá-se início ao processo de aplicação do novo reboco tradicional [3.15].

3.4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [3.1] – CÓIAS, Vítor. *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. Edições Argumentum, Lisboa, 2007.
- [3.2] – CARDOSO, M. R. *Vulnerabilidade Sísmica de Estruturas Antigas de Alvenaria – Aplicação a um Edifício Pombalino*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Estruturas. IST, Lisboa, 2002.
- [3.3] - PELLERIN, R. F. and ROSS, J. *Nondestructive Evaluation of Wood*. Forest Products Society. USA, 2002.
- [3.4] – HIGHLEY, T. and L.; SCHEFFER, T. *Controlling decay in waterfront structures. Evaluation, Prevention, and Remedial Treatments*. Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, 1989.
- [3.5] – BINDA, L. and SAISI, A. *Non destructive testing applied to historic buildings. The case of some Sicilia Churches*. Historical Constructions, P.B.Lourenço, P.Roca (eds.), Guimarães, 2001.
- [3.6] - BINDA, L. and SAISI, A. *State of the Art of Research on Historic Structures*, in Italy. Dept. of Structural Engineering, Polytechnic of Milan, Italy, 2001.
- [3.7] – PINHO, F. *Paredes de Alvenaria Ordinária – Estudo Experimental com modelos Simples e Reforçados*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2007.
- [3.8] - ARÊDE, A.; COSTA, A. *Inspeção e Diagnóstico Estrutural de Construções Históricas*. Seminário "A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação", FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.
- [3.9] - CÓIAS, V. *Inspeções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios*. IST Press, Lisboa, 2006.
- [3.10] - FERNANDES, F.; LOURENÇO, P. *Aplicações do georadar na reabilitação e deteção de anomalias*. Congresso Construção 2007 – 3º Congresso Nacional, Coimbra, 2007.
- [3.11] - PINHO, F; BAIÃO, M.; LÚCIO, V. *Técnicas de consolidação de paredes de edifícios antigos. Materiais e técnicas de reabilitação*. 3º ENCORE, LNEC, Lisboa, 2003.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

- [3.12] – CÓIAS, João M. – Técnicas tradicionais de construção de alvenarias – Editora, Livros Horizonte; Lisboa, 2002.
- [3.13] - ROQUE, J. *Reabilitação estrutural de paredes de alvenaria antiga*. Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães, 2002.
- [3.14] - CARDOSO, R.; LOPES, M.; BENTO, R. *Avaliação Sísmica de Edifícios Antigos de Alvenaria*. Proc. Sísmica 2001, S. Miguel - Açores, 2001.
- [3.15] - APPLETON, João A. S. *Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e técnicas de Intervenção*. 1ª Edição. Edições Orion, Amadora, 2003.
- [3.16] -. RATO, V. *Conservação do património histórico edificado – Princípios de intervenção*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Construção. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002.
- [3.17] - BINDA, L., ANZANI, A. and SAISI, A. *Preservation of the Historic Structures: Investigation and Diagnosis as Essential Steps for Compatible Choices*. ICPCM – International Conference on Performance of Construction Materials - A New Era of Building, Cairo, Egypt, 2003.
- [3.18] – Guia para a reabilitação: *Sistema estrutural, Projeto “Cooperar para reabilitar”*, InovaDomus, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.
- [3.19] – PINHO, F. *Construções em Alvenaria de Pedra Tradicional - Principais Anomalias e Técnicas de Reabilitação*. Publicação UNIC/UNL, 2003.
- [3.20] - BEGONHA, A. *Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da Cidade do Porto*, 1ª Edição, FEUP edições, 2001
- [3.21] - PINHO, F. *Paredes de Edifícios Antigos em Portugal*. Coleção Edifícios. Nº 8. LNEC, Lisboa, 2000.
- [3.22] - CORREIA, J.. *Análise experimental de um murete de alvenaria de pedra tradicional de grandes dimensões*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

[3.23] – GUIMARÃES.J. *Técnicas tradicionais de construção, anomalias e técnicas de intervenção em fachadas e coberturas de edifícios antigos*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

[3.24] – CRUZ, Hélder Maurício Antunes, AGUIAR, José Barroso. *Patologias em Pavimentos e Coberturas de Edifícios*, in 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto, 18-20 de Março, 2009.

[3.25] – LOPES, Miguel A. C. *Tipificação de soluções de Reabilitação de Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado. FEUP. Porto, 2007.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DAS ARGAMASSAS DOS SÉCULOS XVIII E XIX

4.1 Introdução

As paredes dos edifícios antigos apresentam diversos tipos de revestimentos, dependendo da natureza, da função e da importância dos mesmos. Os revestimentos exteriores estão expostos ao desgaste causado pelos agentes climáticos como a chuva e o vento e, em regra, correspondem a materiais resistentes como a pedra ou a camadas de proteção como os rebocos de argamassa. Os revestimentos interiores consistem, vulgarmente, em estuques, madeira e azulejo, podendo estes dois últimos materiais aparecer em lambris de paredes interiores e de escadas.

A solução mais comum em revestimentos exteriores de edifícios antigos, consiste no reboco de argamassa, caiado ou pintado, constituindo a principal camada de proteção dos edifícios em relação aos agentes exteriores e, por conseguinte, representam, pelas suas próprias características específicas, a camada de sacrifício. Em princípio, os rebocos exteriores históricos são de argamassa de cal e areia ao traço 1:3 (embora também se verifiquem soluções ao traço 1:2, mais habitual em argamassas de assentamento e ao traço 1:1 em zonas especialmente vulneráveis).

Em interiores, os estuques de gesso e cal são aplicados quer sobre rebocos de cal que cobrem as alvenarias ordinárias ou os paramentos de frontais ou tabiques de fasquiado de madeira.

Um dos dilemas da degradação dos edifícios históricos está relacionado com a manutenção e o restauro dos rebocos e estuques que é um trabalho que exige estudos científicos e intervenções específicas, a partir do diagnóstico de anomalias que afetam estes revestimentos e da análise das suas características intrínsecas. O principal cuidado é conservar o aspeto e a qualidade com a utilização da tecnologia original, de forma a garantir a continuidade e compatibilidade com o passado.

Por isso, prevenir o desempenho dos edifícios históricos nos quais os materiais constituintes diferem, e muito, dos aplicados hoje em dia, é de grande importância nos procedimentos de restauro do património arquitetónico. Assim, o estudo de materiais de conservação e restauro tem sido desenvolvido como uma área específica da ciência durante os

últimos 30 anos. O desaparecimento de alguns materiais e da experiência da prática de trabalhar com os mesmos tem trazido algumas dificuldades, durante as intervenções de conservação de edifícios antigos [4.1] [4.3].

Para dar-se início à uma operação de restauro, inicialmente é necessário garantir a compatibilidade de resistências físico-químicas e mecânicas entre as argamassas de restauro e o suporte, sem alterar o aspeto original do edifício.

Erros graves são cometidos em edifícios onde argamassas antigas são recuperadas com materiais modernos, acabando muitas vezes, por acontecer a incompatibilidade física, mecânica e química entre a nova argamassa e o suporte antigo [4.2].

Sendo assim, um dos principais objetivos de um restauro passa pela reposição das condições de estabilidade de todos os elementos de construção que manifestem sinais de instabilidade, quer pela eliminação de agentes causadores de degradação dos materiais, pela obtenção de melhores condições de resistência à ação dos agentes climáticos, e pela limpeza generalizada de toda a sujidade existente [4.3].

4.2 Evolução histórica das argamassas

Desde a Antiguidade que a evolução das argamassas tem vindo a contribuir para a melhoria do desempenho dos edifícios. Dentro dos recursos naturais, o homem criou as necessárias condições para se defender, construindo abrigos. A geologia do terreno condicionava a seleção dos materiais de construção. Em zonas rochosas a construção seria de alvenaria de pedra. Quando não existia pedra no terreno utilizava-se lamas argilosas utilizadas na constituição de “taipa” ou paliçadas, secas ao sol e cobrindo paredes de tábuas e paus de madeira. Depois, iniciou-se a produção de elementos de alvenaria, secando ao sol blocos de lama, adobes, frequentemente misturados com palha. Na colagem dos adobes, utilizava-se lamas argilosas.

Nos dias de hoje, ainda existem construções, datadas de 6500 AC, cujas alvenarias foram feitas com adobes; outros povos desenvolveram uma massa plástica contendo cal, gesso, areia, pedras, fragmentos de tijolo e água, de modo a obter maior estabilidade e resistência das construções [4.4] [4.8] [4.9].

Os primeiros fornos surgiram há cerca de 10 000 anos, onde era produzida cal por cozimento de pedra calcária [4.4] [4.7].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Os Romanos aperfeiçoaram as técnicas de construção obtendo uma melhoria significativa na qualidade das argamassas. Passaram a ser basicamente constituídas por cinzas vulcânicas ou pozolanas, pó de tijolo ou de telha, cal hidratada, areias e por materiais orgânicos. A combinação da cal com a pozolana, uma cinza vulcânica do monte Vesúvio na zona de Pozzuoli, concedia uma grande resistência à argamassa quando em contacto com água.

Estas argamassas foram bastante usadas, pelos povos Romanos mas também pelas civilizações Fenícias e Gregas. Há mais de 3000 anos que este tipo de material tem vindo a ser utilizado nas diferentes construções. Esta argamassa desenvolvida pelos Romanos tornou-se altamente durável, já que grandes monumentos como o Coliseu de Roma e a Basílica de Constantino foram construídos com este material [4.4] [4.5] [4.6].

No século XVI, recupera-se uma tradição veneziana para vivendas populares, incorporando os estuques nos interiores, onde Andrea Palladio manifesta extraordinária mestria. A principal razão para esta incorporação deve-se ao facto de as superfícies brancas regulares servirem melhor o novo conceito de projeto arquitetónico, onde se destacam as formas das ordens compositivas clássicas. O resultado do estuque branco, sobre o qual se destaca a composição de elementos de “petra serena” florentina, de cor acinzentada que Brunelleschi usou conscientemente na Sagrestia Vecchia, é extraordinariamente decorativo. Este recurso é utilizado exaustivamente, à *posteriori* [4.34].

A evolução das argamassas sofreu mais um passo importante. No século XVIII, o Engenheiro britânico John Smeaton confrontado com a necessidade de produzir uma estrutura resistente para o Farol de Eddystone e após algumas experiências encontrou uma argamassa à base de pedra de calcário com uma certa percentagem de argila que, endurecia mesmo debaixo de água [4.4] [4.5].

Em 1824 deu-se o passo mais importante na evolução das argamassas, o inglês Joseph Aspdin descobriu e iniciou o fabrico do cimento Portland. Mesmo tendo na altura ainda fracas propriedades, devido a ser apenas uma cal hidráulica. O seu método de produção consistia em cozer argila e calcário num forno giratório reduzindo-os a pó, de forma a alcançar clínquer que depois era moído até se transformar em cimento. O produto depois de moído tinha a cor e características semelhantes às das pedras da ilha de Portland, daí surgir o nome de cimento Portland [4.4] [4.5] [4.7] [4.8] [4.9].

Porém variadas alterações foram feitas na tentativa de melhorar as suas características. O próprio filho de Aspdin, William Aspdin, que casualmente obteve um cimento mais

resistente, conseqüente das elevadas temperaturas de calcinação, que permitiam uma fusão parcial dos constituintes [4.9].

Os cimentos Portland que conhecemos atualmente foram obtidos devido às várias alterações e ao aparecimento de novas tecnologias. Esta descoberta conduziu a uma alteração no método da construção dos edifícios, concedendo maior garantia de qualidade às construções. Oriundo das matérias-primas que a natureza disponibiliza, o betão é hoje o produto mais usado pelo homem para a construção, superando o aço e só excedido pela água.

4.3. Análises laboratoriais sobre as argamassas dos edifícios em estudo

4.3.1 Microscópio eletrónico de varrimento e microanálise de raio-X (SEM-EDS)

O microscópio eletrónico de varrimento, em inglês *Scanning Electron Microscopy* (SEM) é um equipamento capaz de produzir imagens de alta ampliação, até 300000 vezes, e resolução. As imagens proporcionadas pelo SEM têm um caráter virtual, pois a sua visualização através do monitor do aparelho é a transcodificação da energia enviada pelos eletrões, ao oposto da radiação de luz à qual estamos geralmente habituados.

A função do SEM consiste na emissão de feixes de eletrões por um filamento capilar de tungstênio, elétrodo negativo, mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Esta diferença promove a variação da aceleração dos eletrões, e também provoca o aquecimento do filamento. A parte positiva em relação ao filamento do microscópio, elétrodo positivo, empolga fortemente os eletrões gerados, originando numa aceleração em direção ao eletrólito positivo. A correção do percurso dos feixes é realizada pelas lentes condensadoras que alinham os feixes em direção à abertura da objetiva. A objetiva ajusta o foco dos feixes de eletrões antes dos eletrões atingirem a amostra analisada [4.10].

O espectrometria de dispersão de energia de raios-X, em inglês *energy dispersive x-ray detector* (EDS ou EDX) é um acessório fundamental no estudo de análise microscópica de materiais. Quando o feixe de eletrões incide sobre um mineral, os eletrões mais externos dos átomos e os iões constituintes são estimulados, modificando os níveis energéticos. Ao

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

retornarem para sua posição inicial, libertam a energia adquirida da qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-X. Um detetor instalado na câmara de vácuo do SEM mede a energia associada a esse eletrão. Como os eletrões de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado. O diâmetro reduzido do feixe permite a determinação da composição mineral em amostras de tamanhos muito reduzidos, menor do que 5 μm , na qual permite uma análise praticamente pontual.

O uso em conjunto do EDS com o SEM é de grande relevância na análise petrográfica e estudo petrológico nas geociências. Enquanto o SEM oferece imagens nítidas, o EDS possibilita uma identificação direta. Além da identificação mineral, o equipamento permite o mapeamento da repartição de elementos químicos por minerais, criando mapas composicionais de elementos desejados.

O SEM tem sido abundantemente aplicado na análise de minérios. A sua grande vantagem consiste na observação direta de bordas ou contornos de grãos e, também, em seções polidas, e na caracterização de porosidade inter e intragranular.

As bordas de grãos, são locais onde se concentram um grande número de defeitos cristalinos. Nessas regiões estão presentes grandes números de poros e estruturas resultantes da atuação de diversos processos no agregado policristalino, incluindo diagênese, deformação e metamorfismo, e processos resultantes da exposição do minério aos agentes atmosféricos. Determinar as feições, atribuindo-as a cada processo específico, ou seja, caracterizar as microestruturas e identificar seus mecanismos formadores é um passo fundamental para se conhecer um determinado minério, bem como prever seu comportamento nas diversas etapas do seu beneficiamento e processamento industrial.

Um outro aspeto importante na análise de minérios é a determinação de sua composição química. O SEM que encontra-se equipado com EDS, em conjunto, são de fundamental importância na determinação da composição dos minérios. É possível determinar a composição química pontual das fases minerais que compõem o minério, com SEM-EDS.



Foto 65: Microscópio eletrônico de varrimento.

O EDS é uma ferramenta indispensável na caracterização e distribuição espacial de elementos químicos. Mesmo os elementos que por muitas vezes podem estar presentes em fases minerais de tamanho muito reduzido, o que torna impossível a sua identificação em microscopia ótica, ou por métodos de análises químicas da rocha total, com SEM-EDS, a identificação pontual, de 1 μm , dessas fases passa a ser algo rápido e preciso. Pode-se inclusive determinar a distribuição espacial de elementos químicos em toda a amostra analisada com geração de mapas composicionais de raios-X [4.11].

4.3.2 Análise Petrográfica

A análise petrográfica é executada conforme a norma ASTM C 27-93, havendo outras normas para o caso do betão [4.12].

A análise petrográfica requer equipamentos apropriados para o efeito, principalmente para: extração das amostras, realização de lâminas delgadas, análise das lâminas. É considerada como um ensaio do tipo parcialmente destrutivo, já que se procede à extração de amostras.



Foto 66. Análise petrográfica.

Para os betões e argamassas é realizada por meio de lâminas retiradas de amostras. A execução de lâminas de materiais como rochas é idêntico, porém as de outros materiais precisam de procedimentos particulares.

As lâminas de materiais mais frágeis são executadas a partir de um corte micrométrico de grande rigor, de forma a não induzir danos, não só na pasta ligante, mas também nos agregados, para não comprometer a fiabilidade da amostra.

Para o efeito é efetuado um corte inicial de maior espessura, sendo a amostra embebida, no vácuo, em resina epoxy, de baixa viscosidade e com pigmento amarelo adequado. Este preenche os vazios, consolida a amostra e confere a coloração necessária a este tipo de análise. Após este procedimento, é realizado outro corte na amostra, de espessura inferior e segue-se a execução da lâmina em máquina apropriada.

Esta lâmina de amostra, com apenas 25 microns, é analisada posteriormente por meio de microscópio óptico, onde através de filtros próprios se podem observar a composição da amostra, com base em percentagens de ligante, agregados e vazios; a natureza dos constituintes; a reação dos ligantes com os outros componentes; a existência de microfissuras; a carbonatação; a existência de produtos químicos na amostra; as características mineralógicas e de resistência; as ligações entre diversos materiais; ao grau de alteração diferencial; as reações secundárias de microestrutura; a qualidade dos métodos de trabalho empregues; e a presença de micro-sítios de cristalização [4.13].

4.4 Resultados dos Ensaio

4.4.1. Análise SEM-EDS

Na elaboração desta análise, extraiu-se amostras de uma parte das argamassas de revestimentos, recolhidas dos edifícios da quinta de Picões. As amostras recolhidas foram dos seguintes edifícios:

- No exterior da capela de Santo António;
- No exterior da Casa Grande;
- No interior da Casa Grande;
- Num estuque que representa uma flor, situada na parte exterior da Casa Grande.

Obtendo-se os resultados que se apresentam na tabela 1.

Pode-se, a partir desta análise, sugerir que as argamassas de revestimento objeto de estudo, são à base de cal aérea e cal hidráulica e saibro de granito, sendo a componente argilosa menos expressiva nas camadas do revestimento interior.

Tabela 1: Resultado do ensaio de difração de raios X para as amostras das argamassas de revestimento

Elemento	Argamassa do revestimento do exterior da Capela Wt %	Argamassa do revestimento do exterior da Casa Grande Wt %	Argamassa do revestimento do interior da Casa Grande Wt %	Estuque de Flor na parte Exterior da Casa Grande Wt %
Mg	0,89	8,93	4,80	11,75
Al	12,75	18,83	5,12	12,52
Si	41,82	25,66	5,94	19,67
K	7,49	3,62	0,59	4,55
Ca	28,00	36,55	81,62	44,94
Ti	0,79	0,55	-	0,71
Fe	7,83	4,68	1,69	4,84
Cu	0,43	1,18	-	0,68
S	-	-	0,24	0,34
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

C:\Fotos\2014\Eunice Salavessa\Michael\Arg ext capela.spc

Label A: Arg ext capela

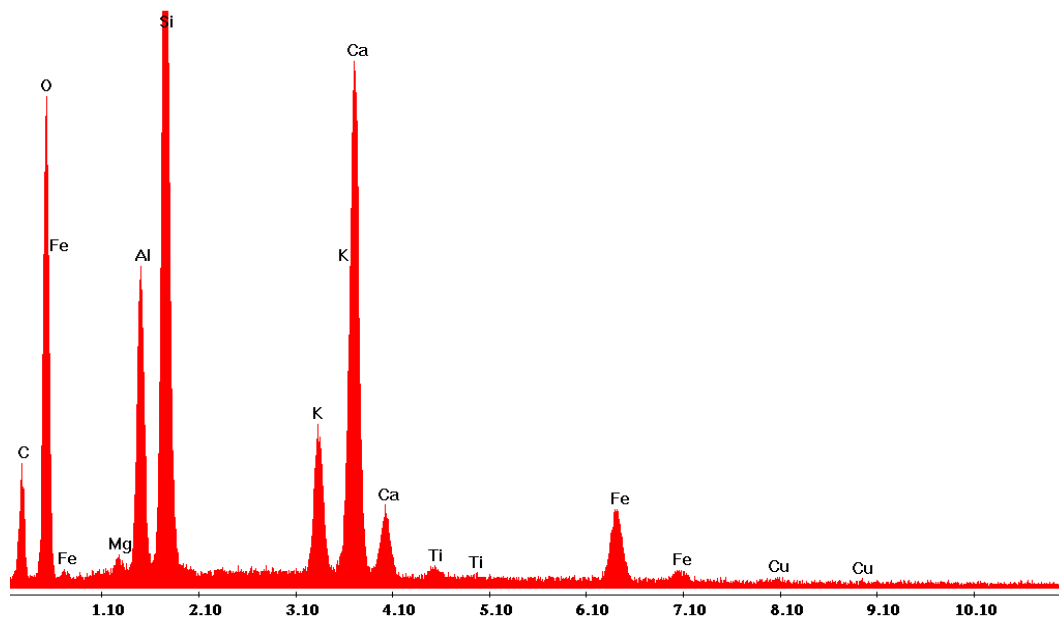


Figura 32: Diagrama referente à argamassa do revestimento exterior da Capela.

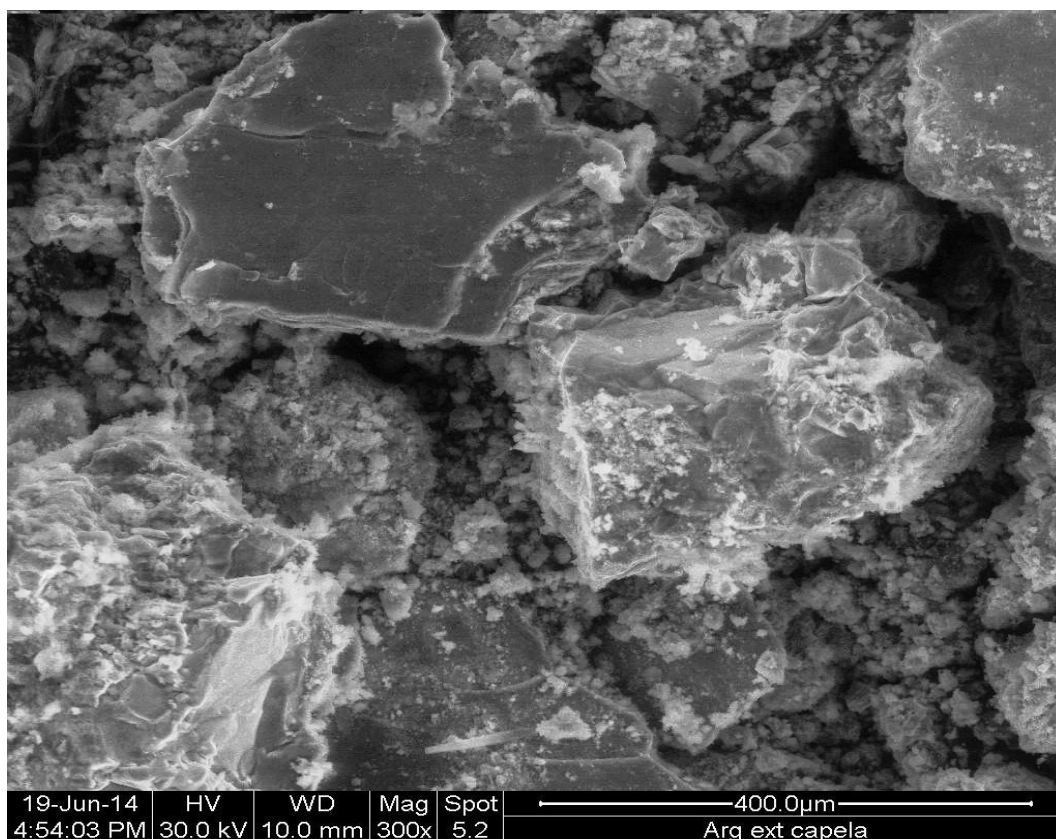


Foto 67: Foto referente a argamassa do revestimento exterior da Capela.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

C:\Fotos\2014\Eunice Salavessa\Michael\Arg ext casa.spc

Label A: Arg ext casa

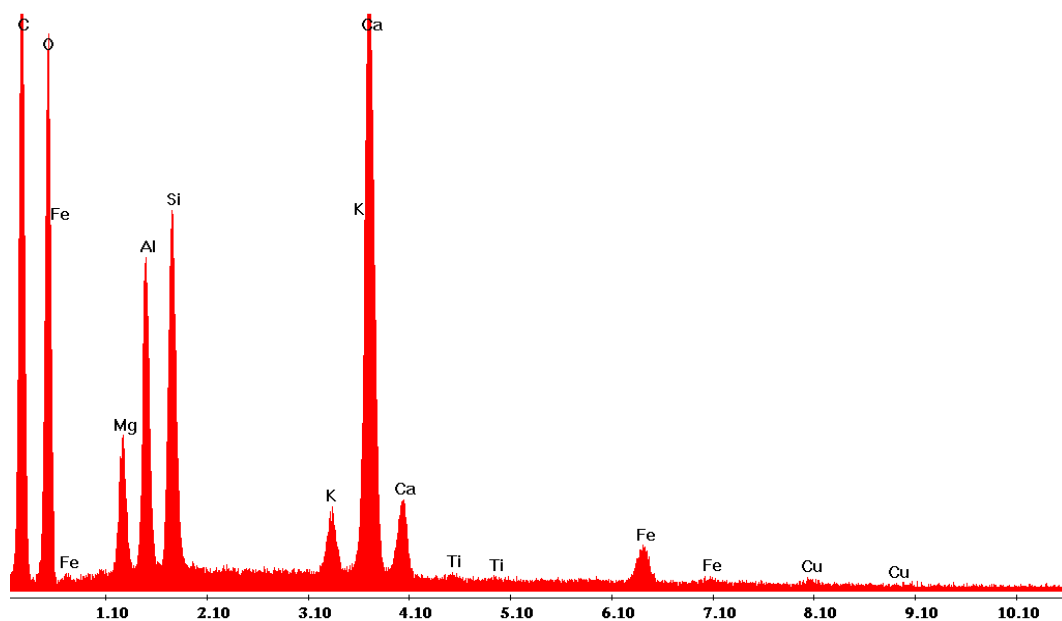


Figura 33: Diagrama referente à argamassa do revestimento exterior da Casa Grande.

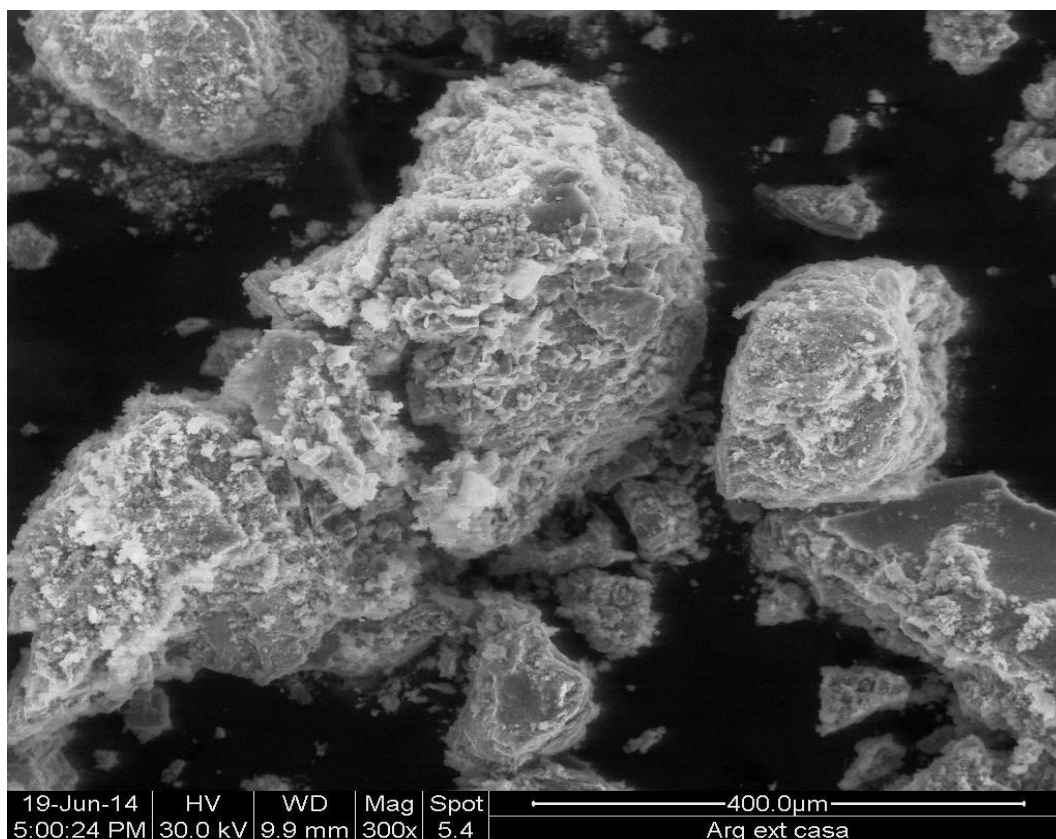


Foto 68: Foto referente à argamassa do revestimento exterior da Casa Grande.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

C:\Fotos\2014\Eunice Salavessa\Michael\Rev int picoes_matriz.spc

Label A: Rev int picoes_matriz

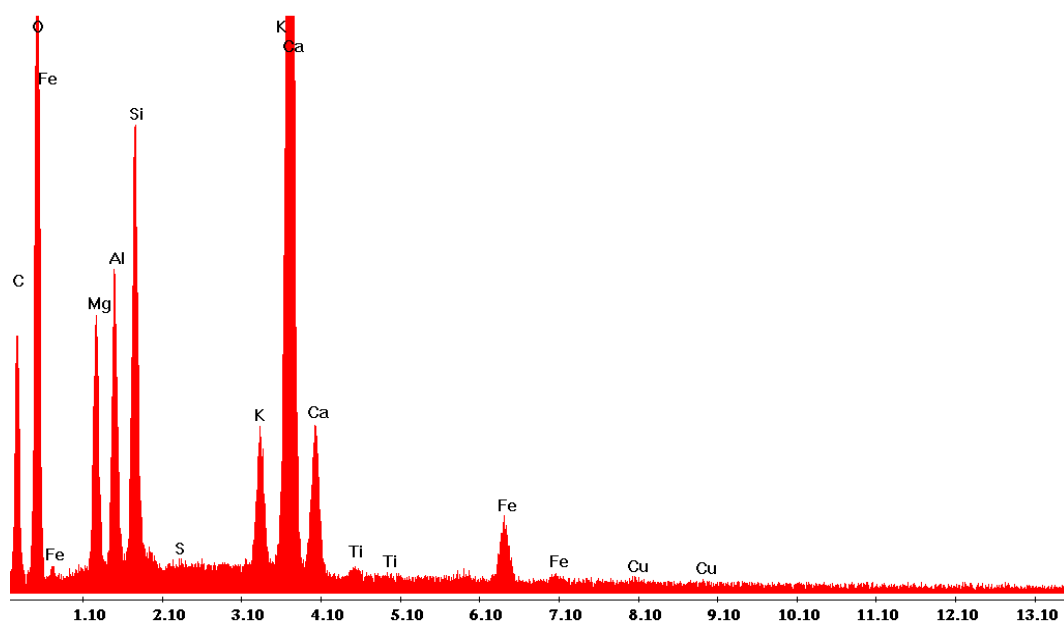


Figura 34: Diagrama referente à argamassa do revestimento interior da Casa Grande.

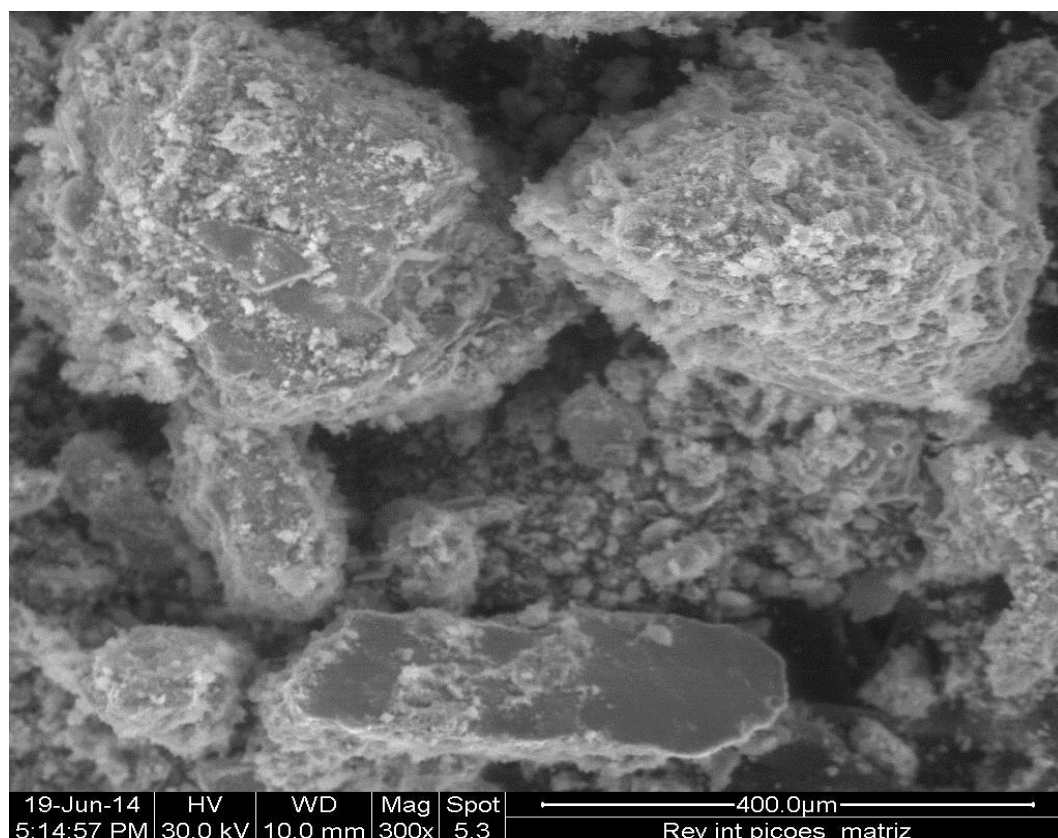


Foto 69: Foto referente à argamassa do revestimento interior da Casa Grande.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

C:\Fotos\2014\Eunice Salavessa\Michael\Rev int picles_pigmento.spc

Label A: Rev int picles_pigmento

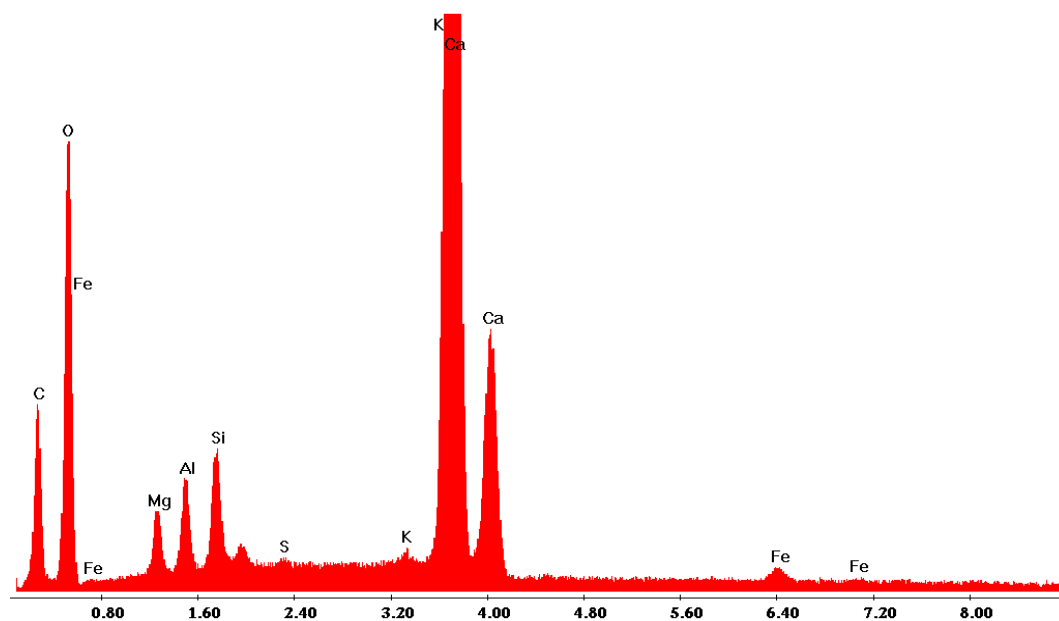


Figura 35: Diagrama referente ao estuque de Flor na parte Exterior da Casa Grande.

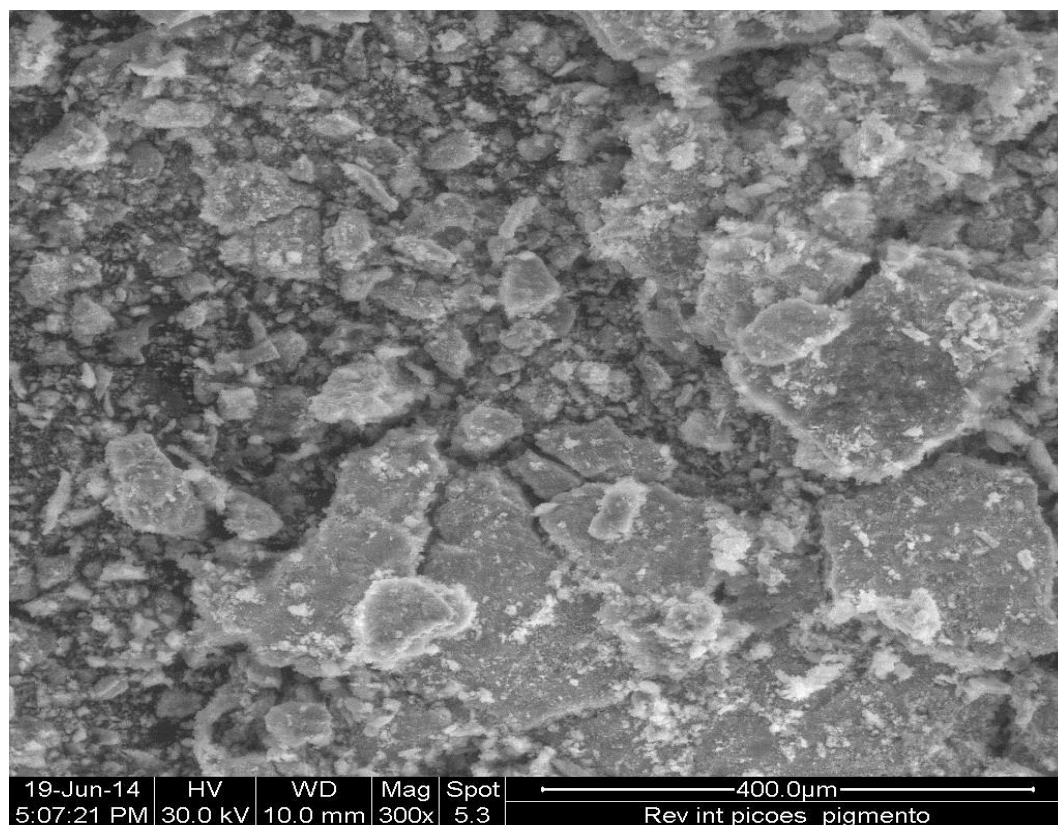


Foto 70: Foto referente ao estuque de Flor na parte Exterior da Casa Grande. Nesta imagem verifica-se uma elevada proporção de finos, provavelmente de pedra calcária ou areia fina..

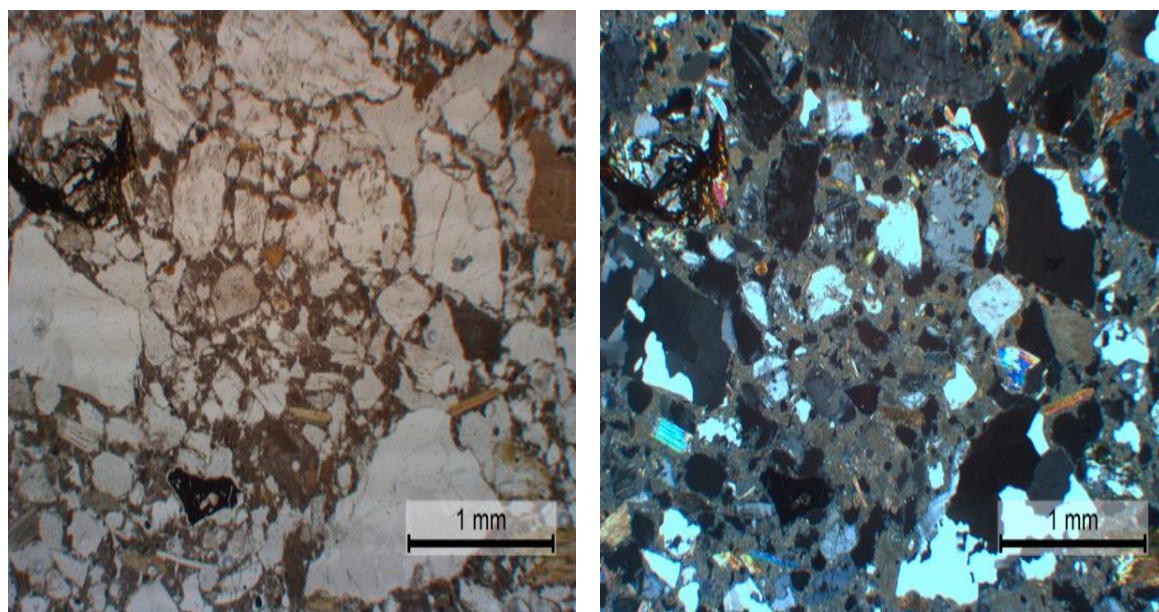
Através dos resultados das análises SEM-EDS, verifica-se que as argamassas de revestimentos existentes em Picões, apresenta o cálcio como elemento mais representativo seguido do silício, alumínio e magnésio. Também verifica-se mas em menor quantidade à presença de potássio, de enxofre, de titânio, de ferro e cobre.

4.4.2. Análise Petrográfica

Na elaboração deste ensaio, extraiu-se amostras de uma parte das argamassas de revestimentos, recolhidas dos edifícios da Quinta de Picões. As amostras recolhidas foram dos seguintes edifícios:

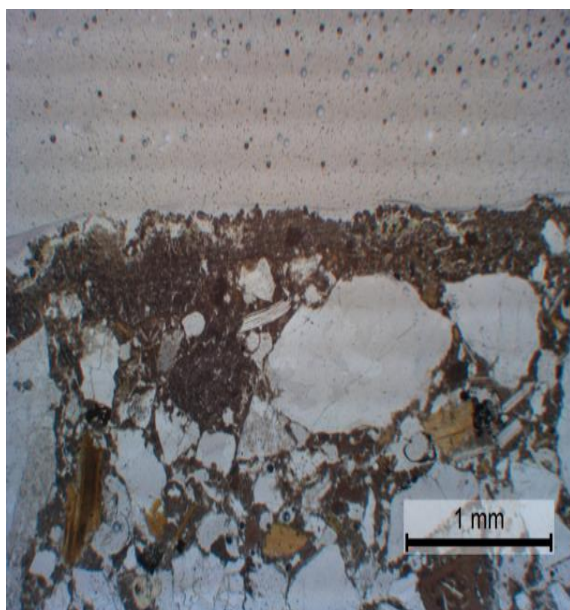
- No exterior da capela de Santo António;
- No exterior da Casa Grande;
- No interior da Casa Grande;
- Num estuque que representa uma flor, situada na parte exterior da Casa Grande.

Nas seguintes imagens pode-se constatar o aspeto textural das argamassas de revestimentos existentes em Picões.

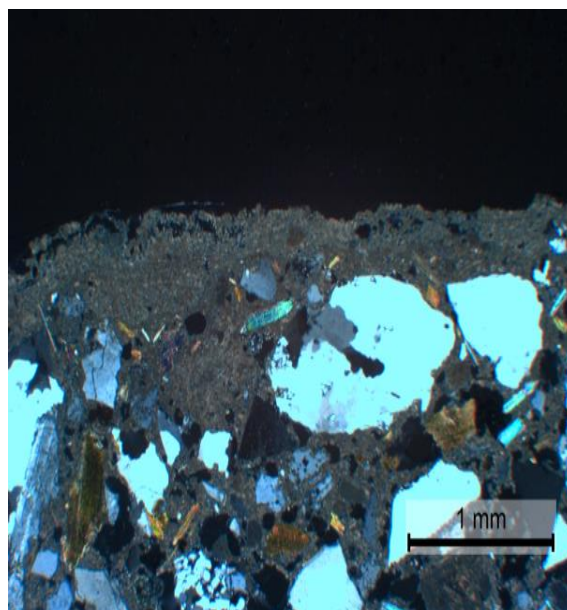


a) b)
Foto 71: a) e b): Análise petrográfica da argamassa de revestimento exterior da Capela.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

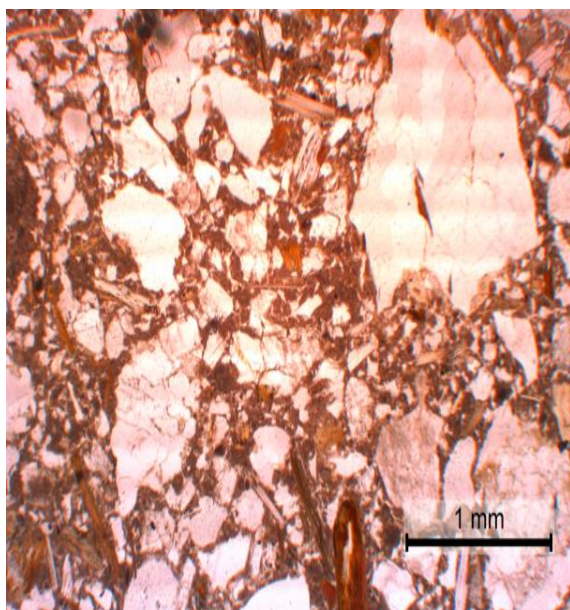


a)

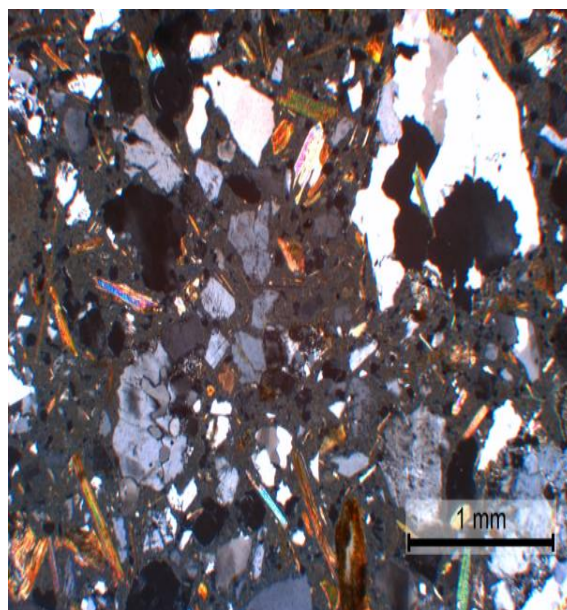


b)

Foto 72: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior, uma interna, outra intermédia de pequena espessura e outra externa, da Capela.



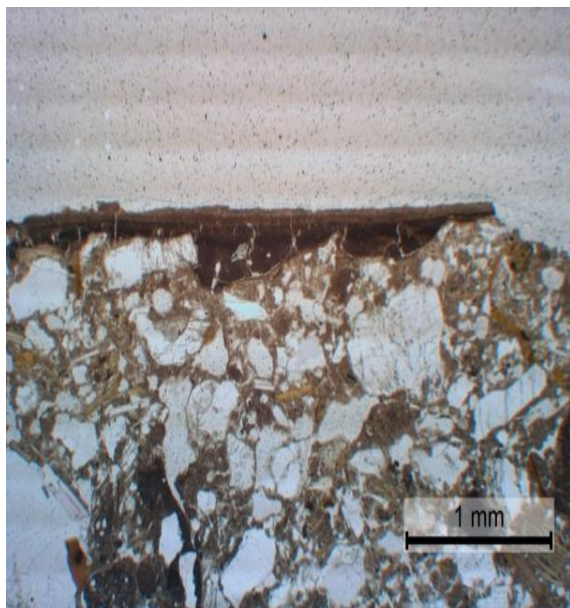
a)



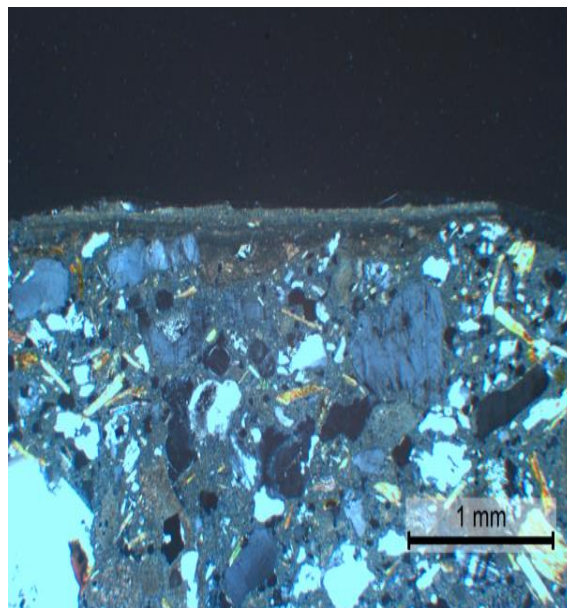
b)

Foto 73: a); b): Análise petrográfica da argamassa de revestimento exterior da Casa Grande.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

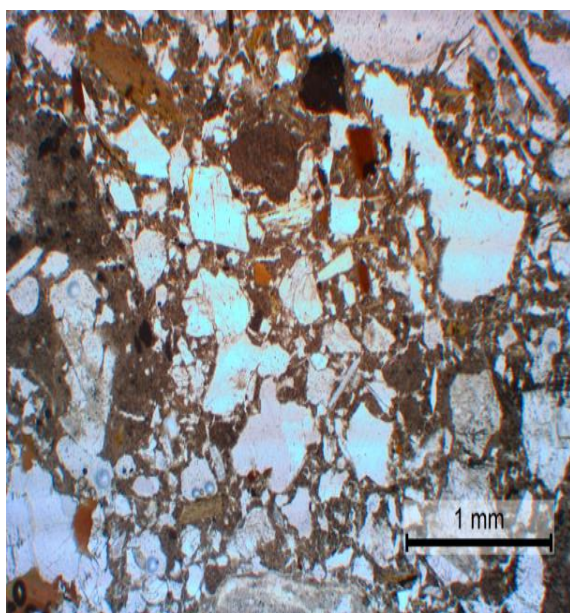


a)

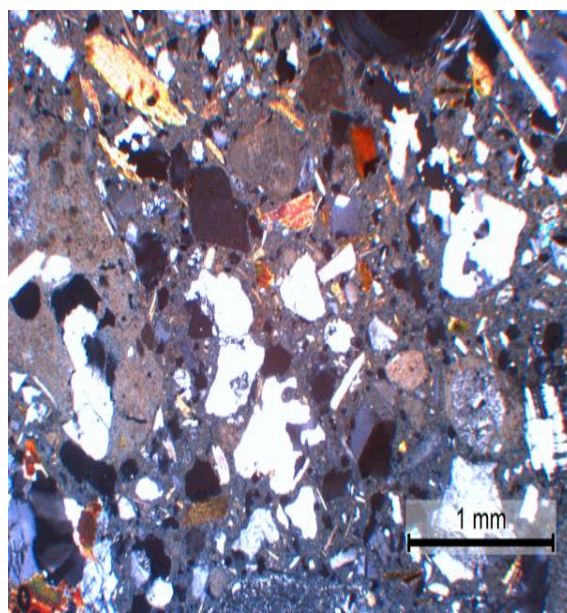


b)

Foto 74: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior da Casa Grande: a camada de textura mais grosseira corresponde à camada interna; a camada intermédia tem menor espessura; a camada de textura mais fina corresponde à camada externa.



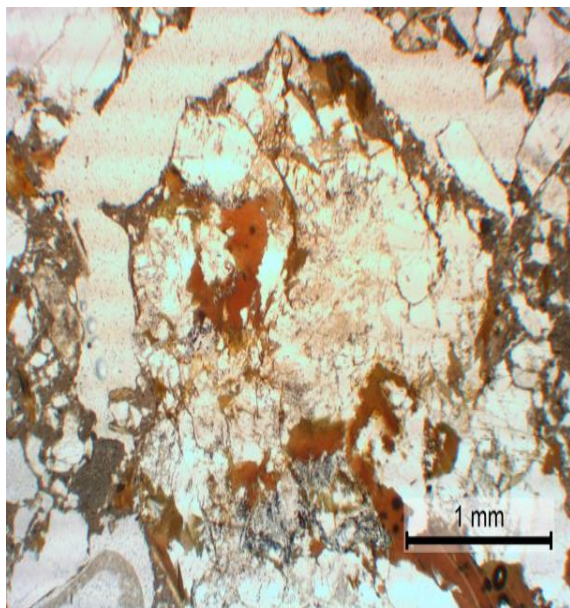
a)



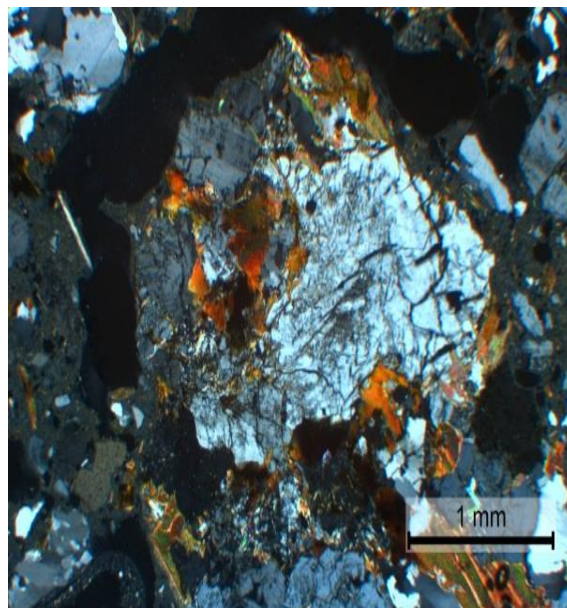
b)

Foto 75: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento interior da Casa Grande.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

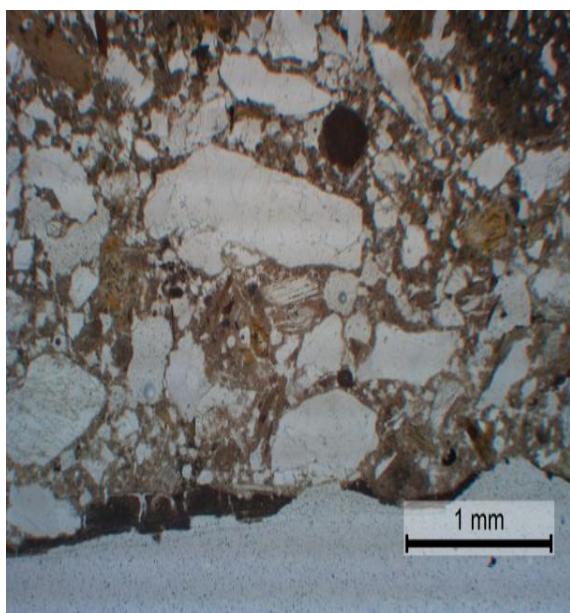


a)

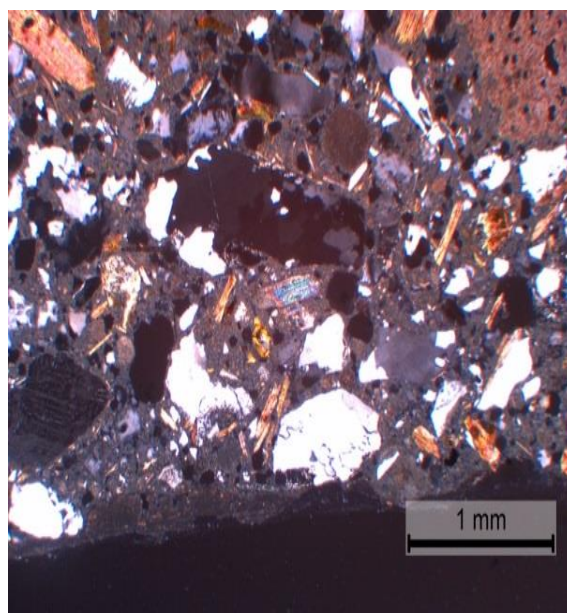


b)

Foto 76: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento interior da Casa Grande.



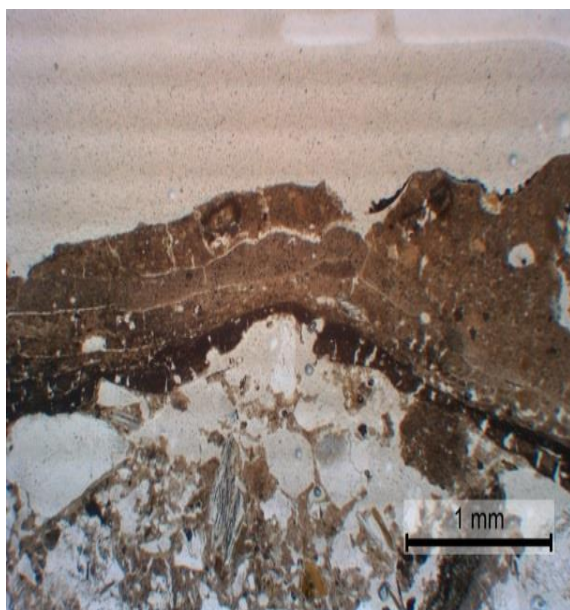
a)



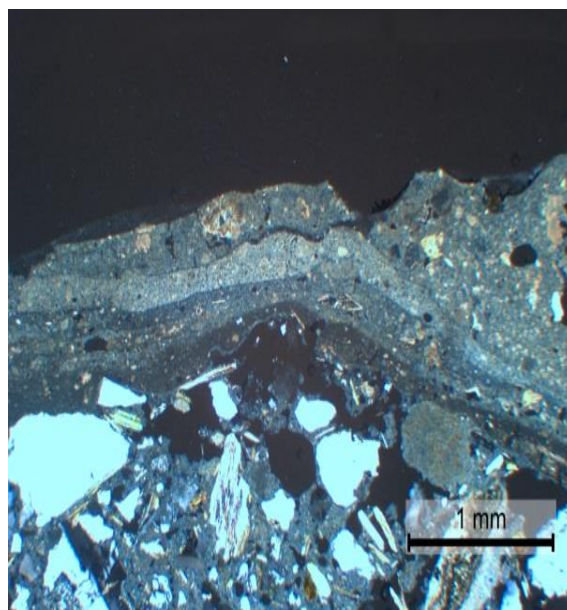
b)

Foto 77: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento interior da Casa Grande: a camada interna corresponde à de textura grosseira; a camada intermédia é a menos espessa; a camada externa corresponde à de textura mais fina.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

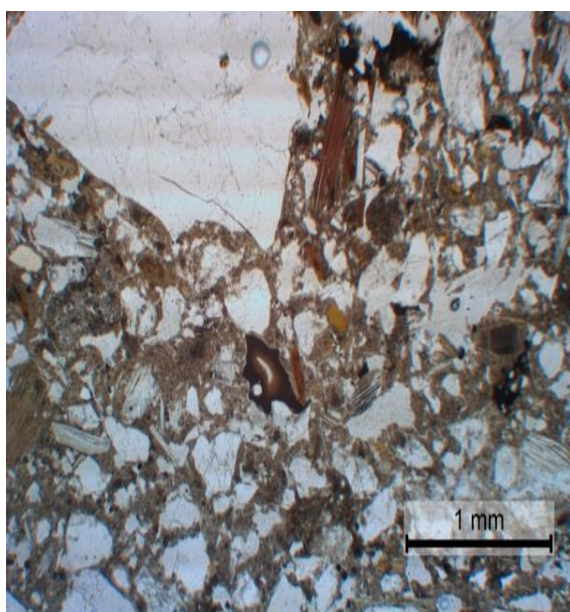


a)

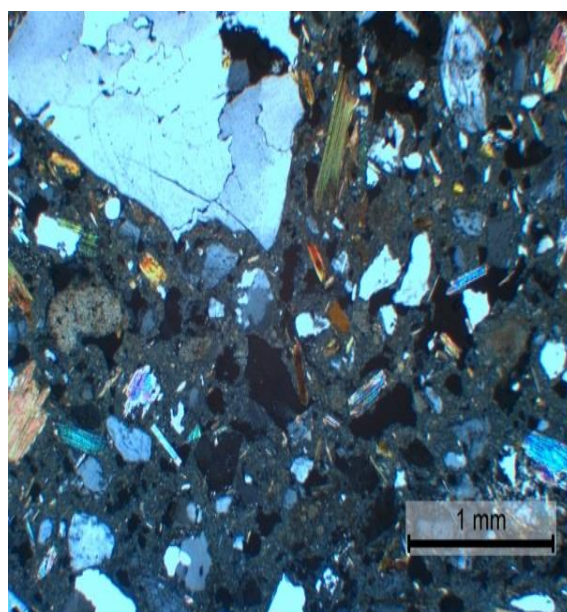


b)

Foto 78: a); b): Três camadas de argamassa de revestimento exterior da Cas Grande, de um elemento decorativo em relevo (Flor); a camada de textura mais grosseira, corresponde à camada interna; a camada intermédia de menor espessura é constituída de 3 subcamadas; a camada externa apresenta textura mais fina.



a)



b)

Foto 79: a); b): Análise petrográfica de argamassa de revestimento decorativo (Flor) exterior da Casa Grande.

4.5. Campanha experimental sobre argamassa de revestimento interior e exterior

4.5.1. Introdução

Neste subcapítulo, será desenvolvida uma campanha experimental sobre argamassas de revestimento tradicionais à base de cal, reformuladas de acordo com a literatura técnica do século XIX e meados do século XX de modo a aproximarem-se das características daquelas existentes nos edifícios-caso de estudo. Para uma melhor interpretação das argamassas de traços antigos, a reconstrução experimental tornou-se importante para poder obter uma interpretação correta. Sendo assim, é possível reconstruir uma argamassa com aproximações das características das argamassas históricas, que são necessárias para realizar argamassas para intervenções de restauro.

O principal objetivo desta campanha experimental é apresentar e discutir resultados sobre argamassas de traço antigo. Nesta campanha experimental prepararam-se as argamassas, os provetes e determinaram-se as suas propriedades no estado fresco, ao fim de 28 dias, como a massa volúmica aparente, a consistência de espalhamento, a absorção de água por capilaridade, a porosidade aberta, a resistência à tração por flexão, a resistência à compressão, o módulo de elasticidade dinâmico e a determinação da curva de secagem.

A campanha experimental desenvolveu-se no laboratório de materiais de construção do departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

4.5.2. Materiais e Métodos

Para esta campanha experimental, os componentes utilizados para a realização das argamassas foram, como ligantes, a cal aérea em pasta D. Fradique (Palhais, Charneca da Caparica), foto 81 b); e a cal hidráulica Secil HL 5 (Outão, Setúbal), foto 81 a); e como agregados, o pó de mármore, que foi fornecido pela empresa OMYA S. A. (Soure, Coimbra), foto 80 b); e o saibro de granito retirado no local de estudo, foto 80 a).

A tabela 2 refere as argamassas e os traços que foram objeto desta campanha experimental e que estão de acordo com a literatura técnica do século XIX, segundo os

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

tratados de: Jean Rondelet [4.14], Luís Augusto Leitão [4.15]; João Emílio dos Santos Segurado [4.16].

Tabela 2: Argamassas e respetivos traços volumétricos da campanha experimental (Santos, Michaël, 2015).

Revestimento	Argamassa	Cal aérea em pasta	Saibro de granito	Cal hidráulica	Pó de mármore	Autores/Data da obra
Revestimento Exterior	Massa de esboçar	1	2	-	-	Segurado 1910
	Massa de estender	-	-	1	1	Rondelet 1802
Revestimento Interior	Massa de esboçar	1	1	-	-	Leitão 1896
	Massa de estender	1	-	-	1	Rondelet 1802



Foto 80: Agregados; a) Saibro de granito. b) Pó de mármore (Santos, Michaël, 2015).



Foto 81: Ligantes; a) Cal hidráulica. b) Cal aérea em pasta D. Fradique (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Quanto a composição química dos componentes das argamassas é especificada na tabela 3, as análises químicas do saibro de granito, da cal hidráulica e do pó de mármore pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG). A análise química da cal aérea em pasta foi retirada da análise química do artigo científico “*Historical plasterwork techniques inspire new formulations*” de Eunice Salavessa, Said Jalali, Luís Sousa, Lisete Fernandes, Ana Maria Duarte [4.17].

Tabela 3: Composição química dos componentes das argamassa em %.

	Cal aérea em pasta [4.17]	Saibro de granito	Cal hidráulica	Pó de mármore
CaCO ₃	99,2 %	-	-	-
MgO	0,2 %	0,35 %	2,09 %	0,61 %
SiO ₂	0,3 %	66,29 %	13,77 %	1,24 %
Al ₂ O ₃	0,1 %	18,45 %	3,9 %	0,4 %
Fe Total (Fe ₂ O ₃)	-	1,84 %	1,65 %	<0,08 %
MnO	-	0,03 %	0,02 %	<0,02 %
CaO	-	0,07 %	56,94 %	54,47 %
Na ₂ O	-	0,54 %	0,25 %	<0,20 %
K ₂ O	-	5,77 %	0,95 %	0,06 %
TiO ₂	-	0,3%	0,15 %	<0,04 %
P ₂ O ₅	-	0,1 %	0,07 %	<0,04 %
P. Rubro	-	6,05 %	20,12 %	42,97 %

A granulometria do saibro de granito é discriminada no gráfico 1.

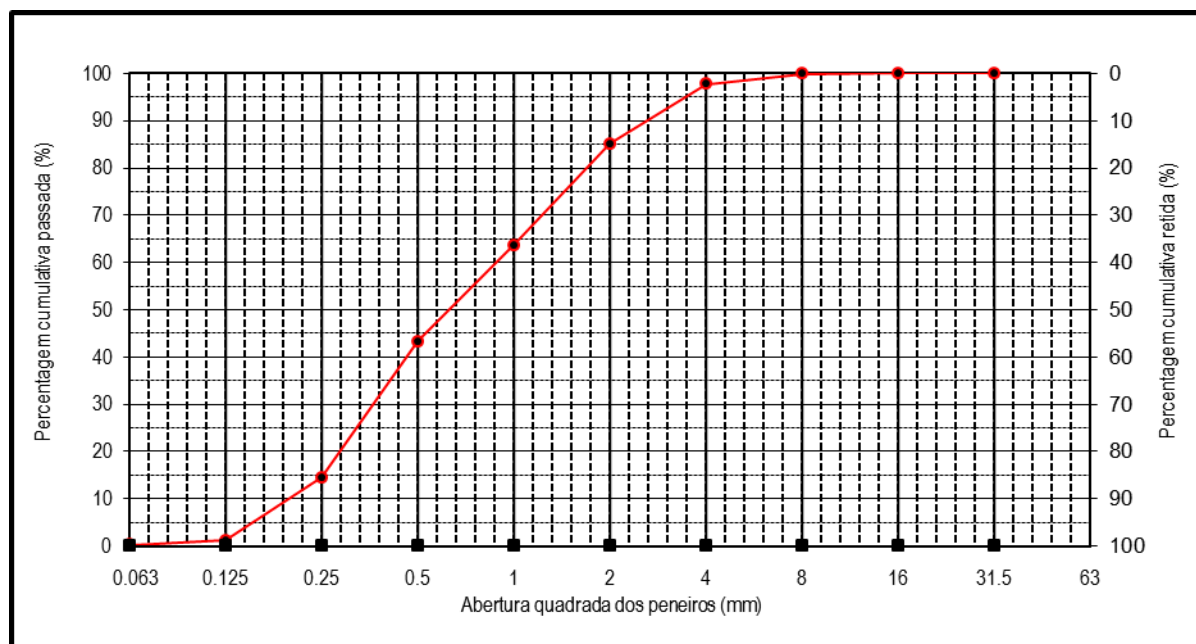


Gráfico 1: Curva granulométrica do Saibro de granito (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A composição das argamassas é pormenorizada na tabela 4.

Tabela 4: Composição das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

Argamassa	Componentes	Peso (g)	Relação Ligante /Agregado
Massa de Esboçar, Revestimento Exterior, Segurado (1910)	Cal aérea em pasta	1045,80	1 cal aérea em pasta
	Saibro de granito	1978,30	2 saibro de granito
	Água	210,00	
Massa de Estender, Revestimento Exterior, Rondelet (1802)	Cal hidráulica	880,00	1 cal hidráulica
	Pó de Mármore	1118,80	1 pó de mármore
	Água	495,00	
Massa de Esboçar, Revestimento Interior, Leitão (1896)	Cal aérea em pasta	1568,8	1 cal aérea em pasta
	Saibro de granito	1483,80	1 saibro de granito
	Água	23,5	
Massa de Estender, Revestimento Interior, Rondelet (1802)	Cal aérea em pasta	1568,8	1 cal aérea em pasta
	Pó de Mármore	1118,8	1 pó de mármore
	Água	35	

4.5.3. Preparação dos componentes das argamassas

Para dar início à reformulação das argamassas, inicialmente foram calculadas as quantidades dos componentes para a realização de 6 provetes para cada argamassa de acordo com a norma europeia EN 1015-2. Fez-se corresponder que 3 kg de argamassa correspondia a 3 provetes.

A cal aérea em pasta, encontra-se embalada em sacos de plásticos de 15 litros, foi convenientemente arrumada de modo a evitar a sua desidratação ou carbonatação. A cal hidráulica, o saibro de granito e o pó de mármore foram devidamente embalados e secos em estufa à temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, até atingirem a massa constante. Ao fim de 48 horas, foram retirados da estufa quando as pesagens contínuas diferenciavam menos de 0.1%, com um espaço de 24 horas, de acordo com a EN 1015-2. De seguida foram deixados a arrefecer à temperatura ambiente, foram pesados em volumes de $500\text{ g} \pm 5\%$, selados e identificados [4.21].

Os provetes das argamassas foram submetidos a um ambiente de condicionamento e de ensaio caracterizado à uma temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a humidade relativa de $65\% \pm 5\%$ durante os 28 dias.

4.5.4. Ensaio efetuados e equipamento utilizado

A campanha experimental, como já foi referido, tem como objetivo principal a caracterização das quatro argamassas reformuladas a partir de traços volumétricos referidos na literatura técnica do século XIX e meados do século XX, submetidas a ensaios de caracterização das suas propriedades como revestimentos interiores e exteriores. Os ensaios se realizaram nesta campanha experimental estão referenciados na tabela 5 e na tabela 6.

Tabela 5: Normas de ensaios de caracterização.

Produto	Ensaio de identificação e caracterização	Técnica de Ensaio.
Produto e m Pó	Determinação da massa volúmica aparente	NP EN 1097-6
	Determinação da granulometria por peneiração	NP EN 933-1
Produto em Pasta	Preparação de argamassas e provetes	EN 1015-2
	Determinação da relação Água/Ligante pelo método da mesa de espalhamento	EN 1015-3

Tabela 6: Normas dos ensaios de características de comportamento.

Características de comportamento	Técnica de ensaio
Variações dimensionais e ponderais	EN 12808-4
Densidade Aparente e Porosidade aberta	Recomendações RILEM, Ensaios I.1 e I.2
Absorção de água por capilaridade	EN 1015 - 18
Curva de Secagem	Recomendações do RILEM, ensaio nº II. 5
Resistência à tração por flexão	EN 1015-11
Resistência à compressão	EN 1015-11
Módulo de elasticidade dinâmico por ultrassons aos 28 dias	ABNT NBR 15630:2008, versão corrigida 2009

Todas as técnicas de ensaio utilizadas nesta campanha experimental baseiam-se em Normas Europeias e/ou projetos de EN, Recomendações, em Normas Portuguesas, Relatórios e Especificações do LNEC e em fichas de Ensaio do LNEC e do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Minho [4.18].

4.5.4.1. Determinação da granulometria por peneiração

A análise granulométrica de um agregado tem como função a separação de uma amostra desse agregado em classes. Cada classe granulométrica contém partículas com diferentes dimensões, iguais às aberturas dos peneiros limites.

Para análise granulométrica recorreu-se a norma portuguesa NP EN 933- 1 que consiste em ensaios para determinação das propriedades geométricas dos agregados. O

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

princípio desta norma consiste em separar um material, por meio de um conjunto de peneiros, em diversas classes granulométricas de granulometria decrescente.

Para a preparação do provete, inicialmente, fez-se uma redução do tamanho da amostra para 500 g. Existem vários métodos para a redução do tamanho de uma amostra, são elas:

1. Redutor de amostras rotativo;
2. Divisor, esquartelador ou crivo;
3. Método de esquartelamento;
4. Método de fracionamento com pá.

Utilizou-se o segundo método através de um divisor, representado na foto 82.



Foto 82: Esquartelador (Santos, Michaël, 2015).

Depois secou-se a amostra reduzida à uma temperatura de 110 °C até atingir a massa constante, com pesagens sucessivas após secagem com pelo menos 1 h de intervalo e não diferindo mais de 0,1 %, e deixou-se arrefecer amostra. Após a amostra ter arrefecido iniciou-se a pesagem da amostra.

No procedimento do ensaio, iniciou-se pela lavagem da amostra e secou-se à 110 °C $\pm$ 5°C até atingir a massa constante, com pesagens sucessivas após secagem com pelo menos 1h de intervalo e não diferindo mais de 0,1 %, deixou-se arrefecer e pesou-se a amostra. Depois passou-se ao procedimento da peneiração.

A peneiração consiste na agitação manual ou mecanizada da amostra pelos peneiros, neste caso de estudo optou-se pela agitação manual. Depois retira-se os peneiros um a um, agitando cada peneiro manualmente garantido que não existe perda de material. Depois

pesou-se o material retido em cada amostra e introduziu-se a pesagem de cada peneiro num relatório do ensaio, em formato Excel, que calcula automaticamente a percentagem das partículas passadas e nos fornece automaticamente um gráfico com a curva granulométrica. A peneiração só pode ser considerada completa quando a massa do material retido não se alterar mais de que 1 % durante 1 minuto da peneiração [4.19].

A ficha de resultados da análise granulométrica encontra-se no anexo IV.

4.5.4.2. Determinação da massa volúmica aparente

Na determinação da massa volúmica aparente recorreu-se a norma portuguesa NP EN 1097-6. A massa volúmica aparente é o quociente entre a massa do agregado seco sem compactação num dado recipiente pela capacidade do recipiente. O princípio deste ensaio consiste na pesagem da massa seca dos agregados, a preencher num dado recipiente, e onde a massa volúmica aparente correspondente é calculada.

Para a realização deste ensaio utilizaram-se diversos aparelhos e utensílios, sendo eles discriminados de seguida:

- Recipiente com um volume de $0,45 \text{ dm}^3$ e de massa de 31 g;
- Uma balança com um erro máximo admissível de 0,1 %;
- Aparelho constituído por um cone em aço de inox com volume superior ao da medida cilíndrica, um suporte coma anel metálico onde o cone é fixado, invertido, com a maior abertura voltada para cima;
- Uma pá de dimensão adequada;
- Uma régua em aço, de um comprimento superior ao diâmetro do recipiente;
- Uma placa de vidro suficientemente grande para fechar a menor abertura do cone.

No procedimento do ensaio pesou-se o recipiente vazio e devidamente seco e limpo. Depois pousou-se o recipiente por baixo do cone, tapou-se com a placa de vidro a menor abertura de cone e procedeu-se ao enchimento, até ao topo do cone com o respetivo material. Após o enchimento do cone retirou-se a placa de vidro e deu-se o enchimento do copo. Em nenhum momento o topo do recipiente e a menor abertura do cone deve estar a mais de 50 mm. Removeu-se com muito cuidado todo o excedente no cimo do recipiente, de maneira a que a superfície seja visível de forma regular para evitar a segregação. De seguida alisou-se a superfície do recipiente com a ajuda da régua metálica, tendo o cuidado de não compactar nenhuma parte da superfície. Pesou-se o recipiente cheio e registou-se a sua massa na ficha de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

registo. Efetuou-se este procedimento 3 vezes e verificou-se que cada determinação não tinha desvio da média superior a 10 %. Caso se verifica-se um desvio da média superior a 10 %, devia-se repetir com mais provetes da mesma amostra, e se o excesso persistir, devia-se recomeçar o ensaio com nova amostra [4.20]. Este ensaio apenas se aplicou aos seguintes materiais:

- Saibro de granito;
- Cal hidráulica;
- Pó de mármore.

A massa volúmica aparente calcula-se da seguinte maneira:

$$\rho_m = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Em que:

ρ_m é a massa volúmica ou densidade aparente, (kg/m³);

m_1 é a massa do recipiente de medição vazio, (g);

m_2 é massa do recipiente de medição cheio com o material, (g);

V o volume do recipiente de medição, (dm³).

As fichas dos resultados da determinação da massa volúmica aparente encontram-se no anexo IV.

Para a pasta de cal aérea adotou-se o valor da massa volúmica aparente calculada no artigo científico “*Historical plasterwork techniques inspire new formulations*” de Eunice Salavessa, Said Jalali, Luís Sousa, Lisete Fernandes, Ana Maria Duarte [4.17].

Na tabela 7 verifica-se os valores da massa volúmica aparente de cada material utilizada na campanha.

Tabela 7: Massa volúmica aparente dos componentes das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

Componentes	Massa Volúmica Aparente (Kg/m ³)
Cal aérea em pasta	1255 [4.17]
Saibro de granito	1187
Cal hidráulica	704
Pó de mármore	895

4.5.4.3. Preparação das argamassas

A composição das argamassas estudadas está indicada na tabela 4. A argamassa fresca foi inserida em moldes prismáticos, para a realização de provetes com as dimensões de 40 mm x 40 mm x 160 mm, que foram submetidos a ensaios depois de 28 dias de carbonatação. Para cada argamassa efetuaram-se 6 prismas. O volume da argamassa fresca, ou o conteúdo sólido de argamassa, a preparar, foram calculados em 2,5 dm³ ou 3 kg correspondente a realização de 3 provetes de acordo com a EN 1015-2. Por conseguinte será necessário realizar 2 amassaduras para cada argamassa para obtenção dos 6 provetes [4.21].

4.5.4.3.1. Amassadura e água de amassadura

As argamassas frescas para serem submetidas aos ensaios físicos-mecânicos, foram elaboradas de modo a obter a consistência apropriada para esse efeito. Todas as argamassas foram objeto do ensaio de determinação da relação água/ligante e ao método de espalhamento.

O ensaio é realizado segundo as normas europeias EN 1015-3. Fez-se corresponder como espalhamento de referência de 175 mm $\pm$ 10 mm. O valor do espalhamento é verificado pela medição do diâmetro de uma pequena bola de argamassa fresca que foi inserida num disco de mesa de espalhamento através de um molde troncocónico, dando um determinados números pancadas verticais. Ao elevar a mesa de espalhamento, permite que argamassa caia livremente a partir de uma dada altura.

Para este ensaio foi utilizado o seguinte material:

- Misturador;
- Mesa de espalhamento com diâmetro de 300 mm;
- Um molde troncocónico de aço inoxidável com as seguintes dimensões 60 mm de altura, 100 mm de diâmetro interno na base e 70 mm de diâmetro interno no topo.

Antes de realizar o ensaio, o disco e a superfície interior e as arestas do molde troncocónico, foram devidamente limpos e olearam-se, com um óleo mineral não-resinoso de baixa viscosidade, as superfícies.

Para a realização do ensaio, foto 83, colocou-se o molde troncocónico centrado na mesa de espalhamento e introduziu-se a argamassas em duas camadas, sendo compactadas cada camada por 10 pancadas verticais e curtas com uma vareta, de forma a assegurar o

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

enchimento uniforme do molde. Perante o enchimento do molde, segurou-se firmemente o molde sobre a mesa de espalhamento utilizando a mão. Após o enchimento do molde, removeu-se a argamassa em excesso com uma espátula. Após 15 segundos, removeu-se o molde e iniciou-se as 15 pancadas com uma frequência de uma pancada por segundo. De seguida mediu-se o diâmetro da argamassa em duas direções perpendiculares e registaram-se os dados [4.22].

Os resultados do método de espalhamento encontram-se na tabela 8.



Foto 83: Determinação da relação Água/Ligante pelo método da mesa de espalhamento
(Santos, Michaël, 2015).

Tabela 8: Determinação da relação Água/Ligante pelo método da mesa de espalhamento (Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Medição 1 (mm)	Medição 2 (mm)	Média (mm)
Revestimento Exterior Massa de Esboçar	172	171	172
Revestimento Exterior Massa de Estender	180	179	180
Revestimento Interior Massa de Esboçar	170	172	171
Revestimento Interior Massa de Estender	176	174	175

Antes de iniciar o método de espalhamento, determinou-se a relação Água/Ligante da cal aérea em pasta, visto que de acordo com o fabricante em pasta, não é necessário adicionar

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

mais água à pasta, quanto esta é misturada com agregados [4.18]. Para determinar essa relação, ela foi calculada a partir da massa seca. Inicialmente pesou-se 3 recipientes vazios, foto 84, onde posteriormente foi acrescentada a cal aérea em pasta nos recipientes e de seguida pesados, foto 85.



Foto 84: Recipientes vazios para a determinação da relação água/ligante (Santos, Michaël, 2015).



Foto 85: Pesagens dos recipientes com cal aérea em pasta (Santos, Michaël, 2015).

Colocaram-se os três recipientes num forno à 200 °C durante 1h 30 min. Passado esse tempo, foram retirados os recipientes do forno e foram pesados e determinou-se que a relação Água/Ligante da cal aérea em pasta era 1,10. Ver tabela 9.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 9: Determinação da Relação Água/Ligante da cal aérea em pasta (Santos, Michaël, 2015).

Amostra	Recipiente (g)	Recipiente + Massa (g)	Massa (g)	Após 1h30 min à 200 °C	Massa Seca (g)	Água (g)	Relação A/L	Média A/L
A	40,689	63,751	23,062	52,793	12,104	10,958	1,10	
B	42,372	62,704	20,332	52,701	10,329	10,003	1,03	1,10
C	48,212	75,863	27,651	63,143	14,931	12,720	1,17	

Mencionar que as amostras da cal aérea em pasta foram retiradas de vários locais do saco. A amostra C foi retirada da parte superior do saco, a amostra B da parte inferior do saco e a amostra A foi retirada do meio do saco.

4.5.4.3.2. Misturador mecânico e tempo de mistura

O misturador do laboratório é formado por um recipiente e uma pá de aço inoxidável, com cerca de 3 litros de capacidade, acionada por um motor elétrico, foto 86.



Foto 86: Misturador mecânico (Santos, Michaël, 2015).

A mistura com o misturador pode-se realizar em duas velocidades, uma num movimento lento com cerca de 140 voltas por minutos e outra num movimento rápido com cerca de 285 voltas por minuto. O misturador move-se sobre o eixo e num movimento de translação em redor do eixo do motor.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Para as argamassa que contém cal aérea em pasta, procedeu-se a mistura da seguinte maneira. Inicialmente introduziu-se a cal aérea em pasta necessária, já determinada, e pôs-se em funcionamento o misturador à velocidade lenta durante 30 segundos. Depois introduziu-se o agregado previamente determinado, correspondente a cada argamassa, e pôs-se em funcionamento o misturador, na mesma velocidade lenta durante os 30 segundos. Durante esses 30 segundos foi acrescentado a água necessária para cada argamassa para obter o espalhamento pretendido, ver tabela 4 e 8. Ao fim deste tempo, desligou-se o misturador, ficando parado durante 90 segundos. Durante esses 90 segundos, nos primeiros 30 segundos, retirou-se por meio de uma espátula de borracha toda a argamassa aderente às paredes e ao fundo recipiente e colocando-a no meio do recipiente. Após a paragem de 90 segundos, continuou-se a amassadura à velocidade rápida durante 60 segundos.

Para a outra argamassa, à base da cal hidráulica, o procedimento foi diferente. Colocou-se primeiro água necessária, sobre a qual foi-se deitando o agregado e a cal hidráulica. Depois iniciou-se a mistura com o misturador durante 60 segundos à velocidade lenta. Procedeu-se à pausa de 90 segundos e nos primeiros 30 segundos retirou-se a argamassa aderente às paredes e ao fundo recipiente e colocando-a no meio do recipiente. Depois completaram-se a mistura durante mais 60 segundos à velocidade lenta e de seguida a velocidade rápida durante 180 segundos [4.18].

4.5.4.3.3. Preparação dos provetes

Os moldes contém 3 compartimentos horizontais que permitem a realização de 3 provetes prismáticos com as dimensões 40 mm x 40 mm x 160 mm. O molde é feito de aço com paredes de 10 mm de espessura. O molde manteve-se rígido e seguramente fixado à base. As peças dos moldes estão numeradas para facilitar a montagem do molde. Depois da montagem dos moldes procedeu-se à aplicação de uma camada fina de óleo de base mineral, para olear as faces internas dos moldes. A preparação dos provetes baseou-se na NP EN 196-1 [4.23].

4.5.4.3.4. Moldagem dos provetes

Depois da realização das argamassas, foram moldados os provetes. Inicialmente introduziu-se diretamente do recipiente de mistura, com uma colher de pedreiro, uma primeira

camada de argamassa, com cerca de 300 g, em cada compartimento de molde e estendeu-se a camada uniformemente ao longo de cada compartimento do molde. De seguida, compactou-se essa camada com 25 pancadas com uma vareta de vidro. Essas pancadas foram dadas verticalmente. Em seguida, introduziu-se uma segunda camada de argamassa e efetuou-se o mesmo procedimento que para a primeira camada. Após a introdução e compactação da segunda camada, inclinou-se o molde levando-o a cerca de 10 mm, para ambos os lados alternadamente, para deixá-lo cair sobre a mesa durante 10 vezes. Este processo faz o efeito de pancadas de compactação. Após o efeito de pancadas de compactação, retirou-se o excesso de argamassa com uma régua metálica plana, mantendo a régua quase vertical, com leves movimentos transversais uma vez para cada direção. De seguida alisou-se a superfícies dos provetes, com uma talocha segurada a um ângulo mais agudo. Antes de colocar os moldes a secar, identificou-se cada um dos moldes e colocaram-se num ambiente em condições atmosféricas de temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de $65\% \pm 5\%$, [4.18].

A maioria das argamassas secou rapidamente e completamente ao fim de três dias, com exceção da massa de estender do revestimento interior, que levou cerca de uma semana para secar completamente.

4.5.4.3.5. Desmoldagem dos provetes

Os provetes foram desmoldados após as argamassas se encontrarem secas. Para algumas situações foram necessárias recorrer a espátula e martelo para a sua desmoldagem. Depois de os moldes se encontrarem desmoldados, os provetes foram todos corretamente identificados com uma tinta resistente à água.

De seguida os provetes foram colocados numa caixa e em condições atmosféricas já referidas anteriormente, de temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de $65\% \pm 5\%$, até ao início dos ensaios [4.18].

4.5.4.4. Determinação das variações dimensionais e ponderais

A retração das argamassas deve-se a diminuição do volume das argamassas como consequência da evaporação da água da argamassa ou da carbonatação e hidratação do ligante. Esta tem influência na durabilidade da argamassa, porque pode conduzir à fissuração que permite a penetração de água e substâncias agressivas que pode levar a degradação da

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

argamassa [4.24]. A retração pode ser avaliada de várias formas. Pode ser observada pela retração restringida, que é observada através da existência de fissuração da argamassa após a sua aplicação no suporte. Também pode ser determinada pela retração livre, que é determinada por ensaios ou por medição da variação das dimensões dos provetes de argamassas [4.18].

Neste caso de estudo, optou-se pela medição da variação das dimensões dos provetes de argamassas. No entanto, não foi possível obter uma medição com regularidade. As medições foram realizadas, depois de terem secado, ao fim de 3 dias, e ao fim do período de presa de 28 dias. Este ensaio foi realizado de acordo com a EN 12808-4 [4.25]. Nas argamassas ensaiadas mediu-se as variações dimensionais e ponderais dos provetes.

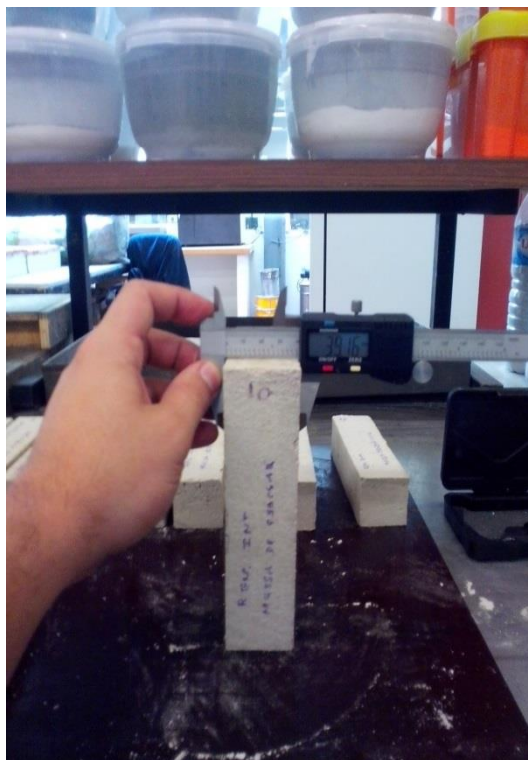


Foto 87: Medições das variações dimensionais e ponderais dos provetes (Santos, Michaël, 2015).

Apresenta-se os valores médios de medição com craveira, das três dimensões lineares em relação aos valores que se verificaram depois da moldagem. Também se apresentam valores do peso médio dos provetes de cada argamassa após a desmoldagem e aos 28 dias de idade para comparação dos pesos das diferentes argamassas.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 10: Valores médios das medições após a desmoldagem e aos 28 dias de idade (Santos, Michaël, 2015).

0 dias de idade						28 dias de idade			
Argamassas	Provetes	Massa (g)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Massa (g)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Revestimento Exterior - Massa Esboçar	1	446,410	156,920	39,020	39,130	427,355	156,620	38,910	39,040
	2	452,561	156,990	39,200	39,160	438,180	156,650	38,940	39,040
	3	450,757	157,210	39,080	39,160	438,515	156,850	38,930	39,070
	4	453,381	157,180	39,200	39,170	439,948	156,920	39,040	39,050
	5	447,750	157,160	39,190	39,210	433,758	156,880	39,030	39,010
	6	452,325	157,200	39,140	39,220	437,096	156,820	38,990	39,080
	Valor Médio	451,541	157,170	39,170	39,170	437,640	156,840	38,970	39,050
	Desvio Padrão	2,589	0,113	0,068	0,031	4,231	0,114	0,050	0,023
	Coefficiente de variação (%)	0,006	0,001	0,002	0,001	0,010	0,001	0,001	0,001
Revestimento Interior - Massa Esboçar	7	429,345	162,180	39,080	39,070	413,545	155,450	38,800	38,880
	8	422,980	162,130	38,690	38,730	408,461	155,080	38,350	38,570
	9	430,613	159,980	39,070	39,060	414,857	149,960	38,770	38,900
	10	428,471	160,080	39,100	39,110	410,994	155,380	38,800	38,760
	11	423,675	155,550	38,640	38,490	403,238	155,020	38,390	38,380
	12	426,007	159,900	39,060	39,070	391,637	155,000	38,720	38,830
	Valor Médio	427,239	160,030	39,070	39,070	409,730	155,050	38,750	38,800
	Desvio Padrão	2,851	2,202	0,195	0,232	7,882	1,955	0,192	0,187
	Coefficiente de variação (%)	0,007	0,014	0,005	0,006	0,019	0,013	0,005	0,005
Revestimento Exterior - Massa Estender	13	448,804	159,080	39,930	39,910	430,785	159,200	39,850	39,850
	14	454,955	158,990	40,040	40,050	442,192	159,020	39,980	39,980
	15	454,036	159,100	39,540	39,520	441,654	159,210	39,480	39,460
	16	440,384	159,030	39,480	39,480	430,963	159,100	39,380	39,370
	17	452,187	159,090	39,780	39,960	437,004	159,120	39,700	39,860
	18	451,126	159,100	39,920	40,030	426,894	159,010	39,890	39,970
	Valor Médio	451,657	159,090	39,850	39,940	433,980	159,110	39,780	39,860
	Desvio Padrão	4,838	0,041	0,207	0,235	5,770	0,078	0,219	0,242
	Coefficiente de variação (%)	0,011	0,000	0,005	0,006	0,013	0,000	0,005	0,006
Revestimento Interior - Massa Estender	19	314,552	152,350	37,840	38,320	310,967	152,060	37,730	38,020
	20	315,119	152,150	38,160	37,940	312,027	151,900	38,090	37,880
	21	316,150	152,230	38,170	38,250	313,605	152,230	38,050	38,100
	22	317,042	152,350	38,290	38,040	314,787	152,070	38,230	37,990
	23	314,645	152,590	38,040	37,980	312,685	152,290	38,020	37,950
	24	311,352	152,110	37,870	37,700	308,996	151,930	37,790	37,650
	Valor Médio	314,882	152,290	38,100	38,010	312,360	152,070	38,040	37,9700
	Desvio Padrão	1,776	0,159	0,163	0,205	1,858	0,143	0,173	0,143
	Coefficiente de variação (%)	0,006	0,001	0,004	0,005	0,006	0,001	0,005	0,004

4.5.4.5. Determinação do módulo de elasticidade dinâmico

O objetivo deste ensaio, que vem prescrito na norma brasileira ABNT NBR 15630:2008, versão corrigida 2009, foi correlacionar os módulos de elasticidade das argamassas obtidos por métodos não-destrutivo. Para este ensaio, utilizou-se um equipamento emissor de ondas ultrassônicas, figura 36, com transmissores de faces planas de 54 kHz.

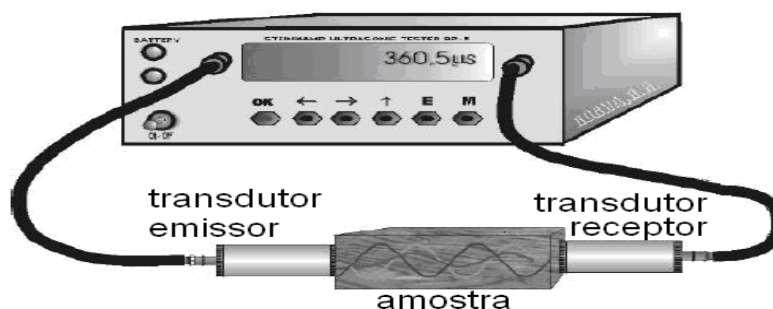


Figura 36: Ilustração de um equipamento emissor de ondas ultrassônicas.

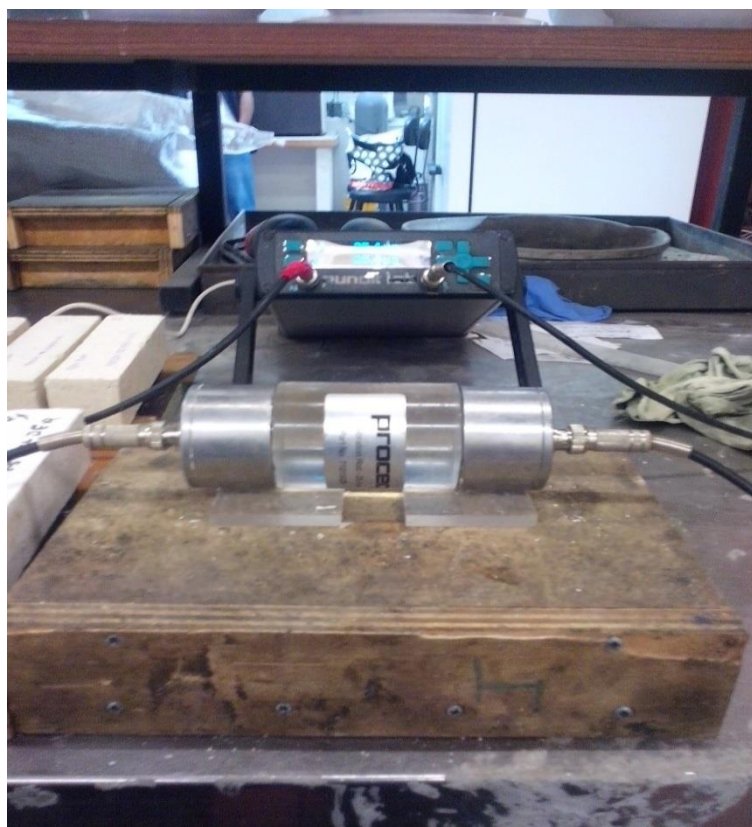


Foto 88: Calibração do equipamento (Santos, Michaël, 2015).

A velocidade ultrassônica foi determinada por medição direta, considerando-se a transmissão da onda ao longo do comprimento dos provetes, que apresentavam dimensões nominais de 40 mm x 40 mm x 160 mm, de espessura, largura e comprimento,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

respetivamente. Com base na relação entre velocidade ultrassônica e massa específica das argamassas determinou-se o módulo de elasticidade dinâmico.

O módulo de elasticidade dinâmico, E_d , foi determinado utilizando à equação mencionado em baixo, de acordo com a norma BS-1881 Parte 203:1986, que prescreve o ensaio de forma similar à norma brasileira ABNT NBR 15630:2008. [4.26].

$$E_d = \rho \times V^2 \times \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

onde,

V = velocidade de onda, Km/s.

E_d = módulo de elasticidade dinâmico, MPa.

ρ = Massa específica, Kg/m³.

ν = Coeficiente de Poisson dinâmico, 0,2.

A velocidade de onda de ultrassom foi obtida utilizando à equação seguinte:

$$V = \frac{d}{t}$$

onde,

V = velocidade de onda, Km/s.

d = altura do corpo-de-prova, Km.

t = tempo que a onda ultrassónica leva a percorrer uma distância d , s.

O método baseia-se no fato de que a velocidade de propagação das ondas é influenciada pela qualidade do material. O ensaio consiste na medição, por meio eletrónico, o tempo de propagação de ondas ultrassónicas através do material, entre o emissor e o recetor. O comprimento percorrido entre os transmissores é dividido pelo tempo de propagação, resultando na velocidade média de propagação da onda.

A velocidade da onda depende principalmente dos seguintes fatores: coeficiente de Poisson, módulo de elasticidade e massa específica do material, neste caso da argamassa [4.27] [4.28].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

O ensaio de ultrassom pode ser feito com 3 tipos de transmissão: direta, semidirecta e indirecta, como pode ser visto na figura 37.

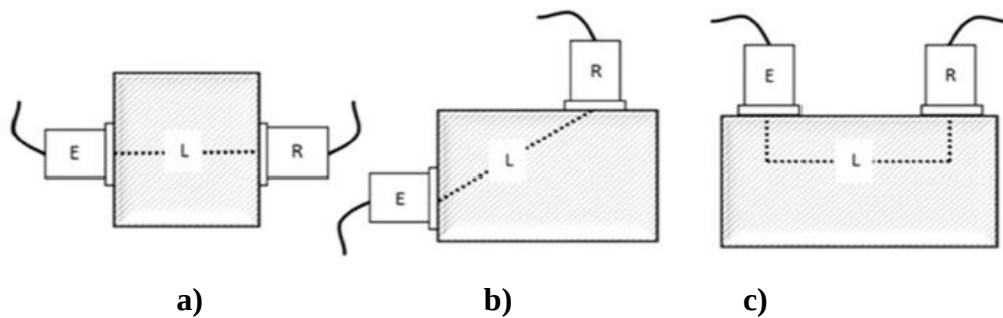


Figura 37: Tipos de transmissão. a) Transmissão direta. b) Transmissão semidirecta. c) Transmissão indirecta.



Foto 89: Medição da velocidade de propagação da onda (Santos, Michaël, 2015).

Neste ensaio utilizou-se a norma, descrevendo um método para a determinação da velocidade de propagação dos impulsos das ondas longitudinais ultrassônicas nas argamassas de revestimento. Para tal, é gerido um impulso de vibrações longitudinais com um transdutor elétrico-acústico em contato com a superfície dos provetes ensaiados. Após atravessar o comprimento do provete, o impulso de vibração é transformado num sinal elétrico através de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:

Propostas de intervenção e salvaguarda

um segundo transdutor e os circuitos temporizadores eletrónicos permitem que seja medido o tempo de propagação do impulso.

Na realização deste ensaio colocou-se os transdutores em faces opostas do provete, transmissão direta, onde as faces foram envolvidas com gel e iniciou-se à medição da velocidade do impulso. A transmissão direta é a mais adequada visto que a máxima energia do impulso é conduzida segundo a direção normal ao transdutor emissor [4.27] [4.28]. Para cada argamassa foram ensaiados 6 provetes.

Os resultados da determinação do ensaio de ultrassons foram os seguintes:

Tabela 11: Resultados do ensaio da velocidade de propagação e respetivo Massa volúmica Módulo de elasticidade (Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Provete	Velocidade de propagação (km/s)	Massa volúmica (kg/m ³)	Média Massa volúmica (kg/m ³)	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa Esboçar	1	1,584	1796	1826	30	16,029	0,009
	2	1,555	1840		-14		
	3	1,563	1839		-13		
	4	1,534	1839		-13		
	5	1,549	1816		10		
	6	1,539	1829		-3		
Revestimento Interior - Massa Esboçar	7	1,255	1763	1764	1	44,916	0,025
	8	1,241	1781		-17		
	9	1,186	1834		-70		
	10	1,234	1759		5		
	11	1,223	1765		-1		
	12	1,314	1681		83		
Revestimento Exterior - Massa Estender	13	1,959	1704	1731	27	31,822	0,018
	14	1,970	1739		-8		
	15	1,935	1780		-49		
	16	2,001	1747		-16		
	17	1,966	1736		-5		
	18	1,941	1680		51		
Revestimento Interior - Massa Estender	19	1,652	1426	1425	-1	2,566	0,002
	20	1,633	1423		2		
	21	1,487	1421		4		
	22	1,329	1425		0		
	23	1,488	1423		2		
	24	1,687	1429		-4		

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 12: Resultados do ensaio de Módulo de elasticidade (Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Provete	Módulo de Elasticidade (MPa)	Média Módulo de Elasticidade (MPa)	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa Esboçar	1	4053,500	3970,120	-83,380	72,903	0,018
	2	4004,070		-33,950		
	3	4045,540		-75,420		
	4	3896,830		73,290		
	5	3922,160		47,960		
	6	3898,640		71,480		
Revestimento Interior - Massa Esboçar	7	2499,360	2447,490	-51,870	102,116	0,042
	8	2466,530		-19,040		
	9	2322,340		125,150		
	10	2408,700		38,790		
	11	2376,550		70,940		
	12	2611,460		-163,970		
Revestimento Exterior - Massa Estender	13	5885,840	5997,500	111,660	199,507	0,033
	14	6074,180		-76,680		
	15	5996,820		0,680		
	16	6295,190		-297,690		
	17	6039,030		-41,530		
	18	5696,960		300,540		
Revestimento Interior - Massa Estender	19	3499,880	3124,37	-375,510	530,583	0,170
	20	3414,180		-289,810		
	21	2829,940		294,430		
	22	2266,670		857,700		
	23	2834,560		289,810		
	24	3659,170		-534,800		

4.5.4.6. Determinação da resistência mecânica à tração por flexão e compressão

Cada material possui características próprias de dureza, fragilidade, resistência, impermeabilidade, elasticidade, condução de calor [4.29].

As propriedades mecânicas revelam-se quando o material está sujeito a esforços de natureza mecânica. Isso quer dizer que essas propriedades determinam a maior ou menor capacidade que o material tem para transmitir ou resistir aos esforços que lhe são aplicados. Essa capacidade é necessária não só durante o processo de fabrico, mas também durante sua

utilização. Esse conjunto de propriedades é considerado o mais importante para a escolha de uma matéria-prima [4.29].

Entre as propriedades mecânicas, a mais importante é a resistência mecânica. Essa propriedade permite que o material seja capaz de resistir à ação de determinados tipos de esforços, como a tração e a compressão [4.29]. A resistência mecânica de um material traduz o seu comportamento quando é submetido a forças mecânicas exteriores. É resultante da resistência dos componentes que entram na sua constituição assim como das suas ligações infraestruturais. Corresponde à tensão crítica que provoca a rotura ou fissuração de um provete. A resistência depende da força de rotura que exerce o efeito mecânico sobre o provete examinado.

A resistência mecânica é a propriedade das argamassas de revestimento suportarem ações mecânicas de diferente natureza, resultantes da abrasão superficial, do impacto, da contração higroscópica, das tensões de corte devidas a movimentação do substrato e variações térmicas e hidrotérmicas. À partida, os revestimentos devem suportar estes esforços sem se danificarem [4.30].

4.5.4.6.1 Resistência mecânica à tração por flexão, aos 28 dias.

Quanto maior for a resistência à tração por flexão de uma argamassa, maior é a sua capacidade de não fissurar. Este ensaio sobre argamassas vem prescrito na norma europeia EN 1015-11 [4.30].

Este ensaio tem como princípio a determinação da força necessária para a rotura de prismas, com as dimensões de 160 mm x 40 mm x 40 mm.

Para este ensaio, utilizaram-se uma estufa ventilada, uma craveira digital e uma máquina de ensaios mecânicos.

A determinação da resistência à flexão, foi obtida por controlo de deslocamento no qual foi aplicada uma velocidade de ensaio de 0,04 mm/s. Optou-se pelo controlo de deslocamento devido aos provetes prismáticos serem compostos por argamassas muito frágeis.

O ensaio foi efetuado 28 dias após a moldagem dos provetes, tendo estado durante esse período de tempo acondicionados num ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $65\text{ \%} \pm 5\text{ \%}$ de humidade relativa. O teste foi efetuado em três provetes prismáticos de 160 mm x 40 mm x 40 mm. Inicialmente, os provetes foram secos em estufa a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir massa

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

constante, isto é, a diferença entre duas pesagens sucessivas com um intervalo de 2 h ser inferior a 0,2 % da massa dos provetes secos, e de seguida deixaram-se arrefecer.

Após a secagem dos provetes, foram submetidas a uma medição das suas dimensões, com uma craveira digital e à pesagem, antes de serem submetidas ao ensaio de flexão. Os provetes foram, de seguida, levados para a sala onde se encontrava a máquina dos ensaios mecânicos. Aqui, os provetes foram limpos com um pano limpo, assim como os acessórios da máquina, para remover qualquer material friável.

A carga foi concentrada a meio vão. Colocou-se o prisma com uma face lateral de moldagem sobre os cilindros de apoio e o seu eixo longitudinal perpendicular aos apoios. A carga foi aplicada verticalmente através do cilindro de carga sobre a face lateral oposta do prisma, aumentando-se uniformemente à velocidade de 0,04 mm/s, até à rotura. Ficou, durante o ensaio, determinada e registada a largura e a altura do provete na zona de rotura. A força de rotura é a força máxima aplicada durante o ensaio. O programa computacional de que a máquina de ensaios está dotada, permitiu obter o cálculo automático da resistência à flexão e respetivo gráfico, sendo estes dados impressos e gravados.



Foto 90: Ensaio de resistência mecânica á tração por flexão (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Calcula-se a resistência à flexão, R_f , em N/mm², segundo a norma europeia EN 1015-11, usando a seguinte fórmula [4.30]:

$$R_f = 1,5 \times \frac{Fl}{bd^2}$$

Em que, para cada provete:

R_f – é a resistência à flexão, em N/mm²;

F – é a força de rotura, ou a carga de rotura aplicada no centro do prisma, em N;

b, d – são os lados de moldagem da secção quadrada do prisma, em mm;

l – é a distância entre os pontos de apoio, em mm.

Foi determinada a resistência à flexão de cada provete com aproximação a 0,1 N/mm². Calculou-se a média com aproximação a 0,1 N/mm². Os resultados foram acompanhados da idade dos provetes de ensaio e da data de desmoldagem.

Para cada argamassa foram ensaiados 3 provetes. Os resultados da determinação do ensaio resistência mecânica à tração por flexão foram os seguintes (tabela 13):

Tabela 13: Resultados do ensaio da resistência mecânica à tração por flexão das argamassas de revestimentos (Santos, Michaël, 2015).

Ensaio da resistência mecânica à tração por flexão, aos 28 dias								
Argamassa	Proвете	Force Max. (N)	Resistência à flexão (N/mm ²)	Média Force (N)	Média Resistência à flexão (N/mm ²)	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa de Esboçar	4	315,28	0,74	337,21	0,79	0,05	0,08	0,10
	5	337,21	0,79			0,00		
	6	384,3	0,90			-0,11		
Revestimento Interior - Massa de Esboçar	10	210,62	0,49	210,62	0,49	0,30	0,09	0,19
	11	202,6	0,47			0,32		
	12	275,27	0,65			0,15		
Revestimento Exterior - Massa de Estender	16	573,74	1,34	573,74	1,34	-0,55	0,04	0,03
	17	572,76	1,34			-0,55		
	18	599,54	1,41			-0,61		
Revestimento Interior - Massa de Estender	22	196,36	0,46	196,36	0,46	0,33	0,07	0,15
	23	147,51	0,35			0,44		
	24	200,51	0,47			0,32		

4.5.4.6.2 Resistência mecânica à compressão, aos 28 dias.

Quanto menor for a resistência à compressão de uma argamassa, maior é as não-linearidades do conjunto. A resistência de rotura à compressão está sujeita a força de rotura que o efeito mecânico executa sobre o provete examinado. A tensão de rotura uniaxial em compressão pode ser determinada pelo ensaio de compressão simples. Este ensaio foi efetuado sobre duas metades do prisma rompido no ensaio de flexão, conforme descrito em 5.4.4.1.3., tendo sido comprimidos até à rotura.

Este ensaio de resistência à compressão, que também caracteriza a coesão interna do material, vem prescrito na norma europeia EN 1015-11 [4.28].

No ensaio da resistência à compressão foi aplicada uma velocidade de 50 N/s. A resistência dos provetes à compressão foi determinada aplicando uma determinada carga sobre as duas metades dos provetes rompidos no ensaio de resistência à flexão.

Ensaíram-se os semi-prismas à compressão sobre as faces laterais de moldagem. Os semi-prismas foram colocados entre os pratos de modo a que as faces de moldagem ficassem em contacto com os pratos numa secção de 40 mm x 40 mm.

Centrou-se lateralmente cada semi-prisma em relação aos pratos da máquina a $\pm 0,5$ mm e longitudinalmente de modo que a base do prisma ficasse saliente em relação aos pratos ou às placas auxiliares cerca de 10 mm. O prato superior foi inclinado para obter o contacto perfeito entre a peça de ensaio e o prato. O eixo de rotação do prato superior passa através do centro das superfícies que iam ser comprimidas. Os semi-prismas foram submetidos à aplicação da carga até à rotura.

O valor médio da resistência à compressão dos 6 provetes foi calculado e expresso em N/mm^2 . A resistência à compressão R_c é calculada segundo a fórmula [4.28]:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

Em que:

R_c – é a resistência à compressão, em N/mm^2 ;

F_c – é a carga máxima na rotura, em N;

1600 – 40 mm x 40 mm é a área dos pratos, em mm^2 .

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Determinou-se a média com aproximação a $0,1 \text{ N/mm}^2$. Registou-se a idade dos provetes e a data de desmoldagem. A tabela 14 apresenta os valores da Resistência à compressão das argamassas aos 28 dias de idade.

Os resultados da determinação do ensaio resistência mecânica à compressão foram os seguintes (tabela 14):

Tabela 14: Resultados do ensaio da resistência mecânica à tração por compressão das argamassas de revestimentos
(Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Proвете	Força (N)	Tensão (N/mm^2)	Tensão Média (N/mm^2)	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa de Esboçar	4 A	3171,10	1,98	1,80	-0,19	0,20	11,31%
	4 B	2603,57	1,63		0,17		
	5 A	2937,12	1,84		-0,04		
	5 B	3050,11	1,91		-0,11		
	6 A	3193,44	2,00		-0,20		
	6 B	2293,97	1,43		0,36		
Revestimento Interior - Massa de Esboçar	10 A	2143,99	1,34	1,51	0,17	0,15	9,69%
	10 B	2184,25	1,37		0,15		
	11 A	2474,15	1,55		-0,03		
	11 B	2307,43	1,44		0,07		
	12 A	2787,04	1,74		-0,23		
	12 B	2640,96	1,65		-0,14		
Revestimento Exterior - Massa de Estender	16 A	6840,14	4,28	4,35	0,07	0,17	3,88%
	16 B	7519,92	4,70		-0,35		
	17 A	6867,09	4,29		0,06		
	17 B	6790,16	4,24		0,11		
	18 A	7038,39	4,40		-0,05		
	18 B	6703,14	4,19		0,16		
Revestimento Interior - Massa de Estender	22 A	1572,54	0,98	0,83	-0,16	0,21	25,52%
	22 B	1307,80	0,82		0,01		
	23 A	1462,17	0,91		-0,09		
	23 B	1663,46	1,04		-0,21		
	24 A	1313,89	0,82		0,01		
	24 B	624,94	0,39		0,44		

4.5.4.7. Determinação da densidade aparente e porosidade aberta por absorção

Na densidade aparente e a porosidade aberta foi adotada o procedimento estabelecido pelas recomendações RILEM, Ensaios I.1 e I.2, método usado tanto para pedras e cerâmicos como para argamassas [4.31]. Este procedimento define que após a secagem até massa constante, a densidade aparente e a porosidade aberta são determinadas através da absorção de água sob vácuo e da pesagem de provetes imersos.

Para a realização dos ensaios são necessários: uma estufa ventilada capaz de manter uma temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, um recipiente de vácuo capaz de manter uma pressão de 20 mmHg e que permita a imersão gradual dos provetes e uma balança com uma exatidão de pelo menos 0,1 g da massa a ser pesada.



Foto 91: Recipiente de vácuo (Santos, Michaël, 2015).

Os provetes foram secos até massa constante à temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Assume-se que a massa constante é atingida quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, efetuadas com um intervalo de 24 horas, não for superior a 0,1 % da massa do provete. Após de retirar os provetes da estufa, deixou-se arrefecer os provetes até atingirem a temperatura ambiente.

Após ao arrefecimento dos provetes, procedeu-se à pesagem de cada provete, m_d , e colocaram-se os provetes no recipiente do vácuo até atingir uma pressão de 20 mmHg. Esta pressão manteve-se durante 3 horas para eliminar o ar nos poros abertos dos provetes. Após essas três horas em vácuo, deu-se início a introdução a água destilada lentamente, até que os provetes fiquem completamente imersos. Após a introdução da água, deu-se novamente a

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

criação do vácuo durante três horas á mesma pressão. Após as três horas de vácuo registou-se a massa imersa em água dos provetes, m_h , e a massa saturada, m_s .

A densidade aparente é a razão entre a massa do provete seco e o seu volume aparente e é calculada através da equação:

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh}$$

Em que

ρ_{rh} = valor da massa volúmica aparente da água a 20 °C e é 998 kg/m³.

ρ_b = a densidade aparente;

m_d = a massa seca do provete, em g.

m_h = a massa imersa do provete, em g.

m_s = a massa saturada do provete, em g.

A porosidade aberta é a razão, sob a forma percentual, entre o volume dos poros abertos e o volume aparente do provete e é calculada através da equação:

$$p_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

Em que:

p_o = a porosidade aberta;

m_d = a massa seca do provete, em g.

m_h = a massa imersa do provete, em g.

m_s = a massa saturada do provete, em g.

Os resultados da determinação do ensaio da determinação da densidade aberta e a porosidade aberta foram os seguintes (tabela 15 e 16):

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 15: Resultados da porosidade aberta das argamassas de revestimentos

(Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Provete	Massa (g)	Massa saturada (g)	Massa imersa em água (g)	Porosidade	Média Porosidade	Diferença	Desvio-padrão Porosidade	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa de Esboçar	1	382	467,3	231,5	36,175		0,000		
	2	382,4	468,2	231,3	36,218	36,175	-0,043	0,065	0,002
	3	381,2	466,2	230,5	36,063		0,112		
Revestimento Interior - Massa de Esboçar	7	345,9	435,9	205,5	39,063		0,066		
	8	340,2	429,9	202,7	39,481	39,129	-0,352	0,184	0,005
	9	348,6	439,3	207,5	39,129		0,000		
Revestimento Exterior - Massa de Estender	13	375,8	483	230	42,372		-0,491		
	14	380	485,5	231,4	41,519	41,881	0,362	0,349	0,008
	15	376,8	482,8	229,7	41,881		0,000		
Revestimento Interior - Massa de Estender	19	311,3	401,2	186,3	41,833		0,000		
	20	312,1	403,4	186,9	42,171	41,833	-0,337	0,211	0,005
	21	314,5	404,7	188,2	41,663		0,171		

Tabela 16: Resultados da densidade aparente das argamassas de revestimentos

(Santos, Michaël, 2015)

Argamassas	Provete	Massa (g)	Massa saturada (g)	Massa imersa em água (g)	Densidade aparente	Média Densidade Aparente	Diferença	Desvio-padrão Densidade Aparente	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa de Esboçar	1	382	467,3	231,5	1616,78		-2,70		
	2	382,4	468,2	231,3	1610,95	1614,08	3,12	2,379	0,001
	3	381,2	466,2	230,5	1614,08		0,00		
Revestimento Interior - Massa de Esboçar	7	345,9	435,9	205,5	1498,30		0,00		
	8	340,2	429,9	202,7	1494,36	1498,30	3,94	2,677	0,002
	9	348,6	439,3	207,5	1500,87		-2,58		
Revestimento Exterior - Massa de Estender	13	375,8	483	230	1482,40		3,36		
	14	380	485,5	231,4	1492,48	1485,76	-6,72	4,190	0,003
	15	376,8	482,8	229,7	1485,76		0,00		
Revestimento Interior - Massa de Estender	19	311,3	401,2	186,3	1445,68		0,00		
	20	312,1	403,4	186,9	1438,69	1445,68	7,00	4,569	0,003
	21	314,5	404,7	188,2	1449,75		-4,07		

4.5.4.8. Determinação da absorção de água por capilaridade

Na determinação da absorção de água por capilaridade foi utilizada a norma europeia EN 1015-18 - *Determination of coefficient due to capillary*. Esta norma europeia especifica um método para a determinação do coeficiente de absorção de água nas argamassas endurecidas, devido à ação da capilaridade que é medida usando prismas de argamassa, neste caso de 160 mm x 40 mm x 40 mm. Após a sua secagem até massa constante, uma face do provete é imersa em 5 a 10 mm de água para um período de tempo e o aumento da massa é determinado [4.32].

O ensaio foi efetuado sobre 3 provetes prismáticos de 160 mm x 40 mm x 40 mm de cada uma das quatro argamassas a ensaiar. Os provetes foram preparados de acordo com as normas Europeias EN1015-2 e EN 1015-11. Aos 28 dias de idade, alguns provetes foram cortados manualmente com uma serra, em dois semi-prismas. Apenas três semi-prismas de cada argamassa foram aproveitados para este ensaio.

Antes de dar início ao ensaio, os provetes foram secos numa estufa a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir a massa constante e posteriormente foram deixadas arrefecer à temperatura ambiente. Quanto aos semi-provetes a ensaiar, as 4 faces laterais dos semi-provetes foram encobertas com um silicone impermeabilizante, ficando apenas livres as duas faces opostas. Os provetes foram medidos nas duas direções axiais da secção, com uma craveira digital, e pesados numa balança com um erro de resolução de 0,1 g, visto não estar disponível no laboratório uma balança com erro de resolução de 0,01 g. As medições foram registadas nas folhas de registo adequadas. Os semi-prismáticos foram colocados numa tina com água. Os semi-prismas foram colocados com as faces de rotura mergulhadas em 5 mm de altura de água [4.18] [4.32].

O nível de água foi mantido constante durante o ensaio, juntando água, sempre que necessário. Não foi necessário cobrir o recipiente para impedir a evaporação, pois o ensaio realizou-se numa câmara a temperatura e humidade relativa constantes, $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $65\% \pm 5\%$ HR, respetivamente. Os provetes foram limpos levemente com uma camurça e pesados, de imediato, a intervalos de tempo curtos, gradualmente maiores, e colocados de novo na tina de água. Os sucessivos períodos de tempo de pesagem deviam ser de 1, 3, 5, 10, 15 e 30 minutos, e 1, 8 e 24 horas. Devido à grande quantidade de provetes que foram ensaiados na mesma altura os intervalos de tempo foram condicionados. Os intervalos de tempo

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

estabelecidos para as sucessivas pesagens foram de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 240, 360, 480, 1440 e 2880 minutos [4.18] [4.32].

A absorção de água por capilaridade C , no tempo t_i , foi calculada dividindo o aumento de massa ($M_i - M_0$) pela área da face inferior do semi-provete que esteve em contacto com a água:

$$\frac{\Delta M}{S} = \frac{(M_i - M_0)}{S} \text{ kg/m}^2$$

em que:

M_i – é a massa do provete ao fim dum determinado tempo t_i em que a base do provete esteve imersa, em kg;

M_0 – é a massa do provete seco, no início do ensaio, em kg;

S – é a área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água durante o ensaio, em m^2 .

Foram também calculados os coeficientes de absorção para o período de tempo entre os 10 e os 90 minutos, e também ao fim de 24 horas, através das seguintes fórmulas:

$$C = \frac{(M_2 - M_1)}{S} \times \frac{1}{\sqrt{t_2}} - \frac{1}{\sqrt{t_1}} \text{ Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min}^{\frac{1}{2}})$$

ou

$$C = \frac{(M_2 - M_1)}{S} \times \frac{1}{\sqrt{t_2}} - \frac{1}{\sqrt{t_1}} \text{ Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{\frac{1}{2}})$$

em que:

M_2 – é a massa do provete ao fim dum determinado tempo t_2 em que a base do provete esteve imersa, em kg;

M_1 – é a massa do provete ao fim dum determinado tempo t_1 em que a base do provete esteve imersa, em kg;

S – é a área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água durante o ensaio, em m^2 ;

t_2 – é o tempo de sucção, o instante em que se fez a pesagem do provete, em minutos (min) ou horas (h);

t_1 – é o tempo de sucção anterior a t_2 , o instante em que se fez a pesagem do provete, em minutos (min) ou horas (h).

Os resultados da determinação do ensaio da determinação da absorção de água por capilaridade das argamassas aos 28 dias de idade foram os seguintes (tabela 17 e gráfico 2):

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 17: Resultados do ensaio da absorção de água por capilaridade das quatro argamassas aos 28 dias (Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Provede	Massa Seca (g)	Massa Após 10 min de imersão (g)	Massa após 90 min de imersão (g)	Massa após 24h de imersão (g)	C. Cap. ¹⁰⁻⁹⁰ (kg/m ² s ^{1/2})	C. Cap. ¹⁰⁻⁹⁰ MEDIA (kg/m ² s ^{1/2})	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)	C. Cap. ^{24h} (kg/m ² h ^{1/2})	C. Cap. ^{24h} MEDIA (kg/m ² h ^{1/2})	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Revestimento Exterior - Massa de Esbocar	1	192,1	195,6	201,8	222,2	0,64		-0,07			4,01		-0,02		
	2	191,9	194,3	199	221,7	0,48	0,57	0,09	0,080	0,141	3,93	3,99	0,06	0,042	0,010
	3	193,9	196,4	201,9	223,7	0,57		-0,57			3,99		-3,99		
Revestimento Interior - Massa de Esbocar	7	178,7	181,7	188,4	212,8	0,71		-0,35			4,64		0,2		
	8	175,2	177	179,8	210,9	0,30	0,36	-0,3	0,221	0,615	4,93	4,84	-4,93	0,148	0,031
	9	182,8	184,7	188,1	218,4	0,36		-0,36			4,84		-4,84		
Revestimento Exterior - Massa de Estender	13	197,5	201,1	212,3	236,3	1,10		0			4,94		0		
	14	200,3	204,4	215,5	236,8	1,10	1,10	-1,1	0,029	0,026	4,65	4,94	0,29	0,170	0,034
	15	198,9	202	213,6	237,7	1,15		-1,15			4,95		-0,01		
Revestimento Interior - Massa de Estender	19	169,2	174,4	186,4	200,6	1,33		0,09			4,50		-0,26		
	20	165,9	170,9	183,9	195,9	1,42	1,42	-1,42	0,075	0,053	4,24	4,24	0,00	0,166	0,039
	21	168,1	173,4	187	198	1,48		-1,48			4,19		0,05		

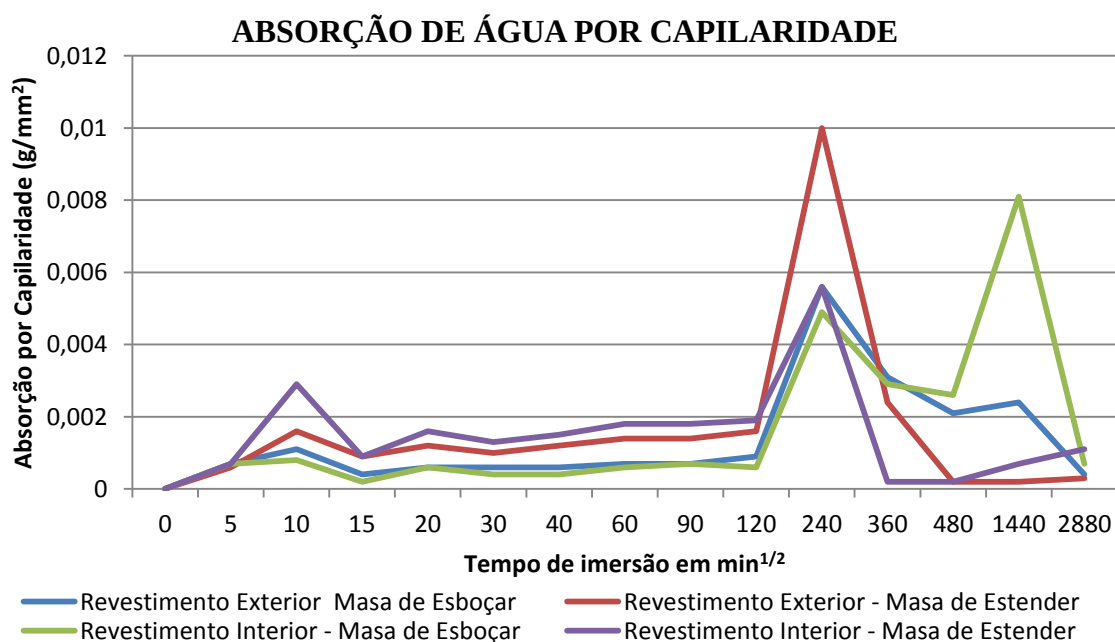


Gráfico 2: Gráfico de absorção de água por capilaridade das argamassas de revestimentos aos 28 dias (Santos, Michaël, 2015).

4.5.4.9. Curva de secagem

A secagem dos provetes decorreu após atingida a saturação dos mesmos. Estabeleceu-se que a secagem seria iniciada quando os provetes tivessem absorvido a maior quantidade de água nos seus poros. Como a absorção de água sob vácuo é atingida mais rapidamente do que por capilaridade, optou-se pela secagem dos provetes após esse ensaio. Este ensaio realizou-se segundo as Recomendações do RILEM, ensaio nº II. 5.

A secagem pretende avaliar a quantidade de água que se perde ao longo do tempo num provete de argamassa. O ensaio desenrolou-se numa sala seca à temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa de $65\% \pm 5\%$. Os provetes permaneceram num tabuleiro onde a face que deve estar em contacto com o ambiente do laboratório é a oposta à que esteve em contacto com a lâmina de água no ensaio da absorção de água sob vácuo.

O ensaio de secagem ocorreu sobre os doze provetes prismáticos de $160\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$, com todas as faces livres de qualquer impermeabilização, correspondendo três provetes por cada uma das quatro argamassas em estudo. Estes provetes são os mesmos que foram sujeitos ao ensaio da absorção de água sob vácuo. Estiveram totalmente imersos em água, ficando o nível de água cerca de 5 mm acima da sua face superior, durante três horas, de acordo com as condições ambientais referidas no ensaio da absorção de água sob vácuo. Após aquele período de tempo de absorção de água, mediu-se a massa dos provetes, para calcular o seu teor de água. Verificou-se que este período de tempo foi suficiente para que os provetes atingissem a saturação capilar.

Os provetes foram secos, no ambiente acima mencionado, à temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidade relativa $65\% \pm 5\%$ e baixa velocidade do ar, durante 12 dias de secagem. As medições de massa dos provetes efetuaram-se com pesagens periódicas, ao fim de 30, 60, 90, 270, 450 minutos e 24 horas, e a partir daí, passando a pesagem a ser efetuada diariamente, durante mais 11 dias [4.18].

Analisando os dados registados, é possível elaborar curvas de secagem, que expressam a evolução do teor de água dos provetes, em percentagem, ao longo do tempo, em horas.

A curva de evaporação expressa a variação do teor de água no tempo. O teor de água é calculado segundo a fórmula [4.33]:

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

$$W_i = \frac{(m_i - m_{seca})}{m_{seca}} \times 100$$

em que:

w_i – é o teor de água, em (%);

m_i – é a massa do provete no instante t_i , em (g);

m_{seca} – é a massa do provete seco em estufa, em (g).

Os resultados da determinação do teor em água e da curva de secagem das argamassas estão presentes no seguinte gráfico:

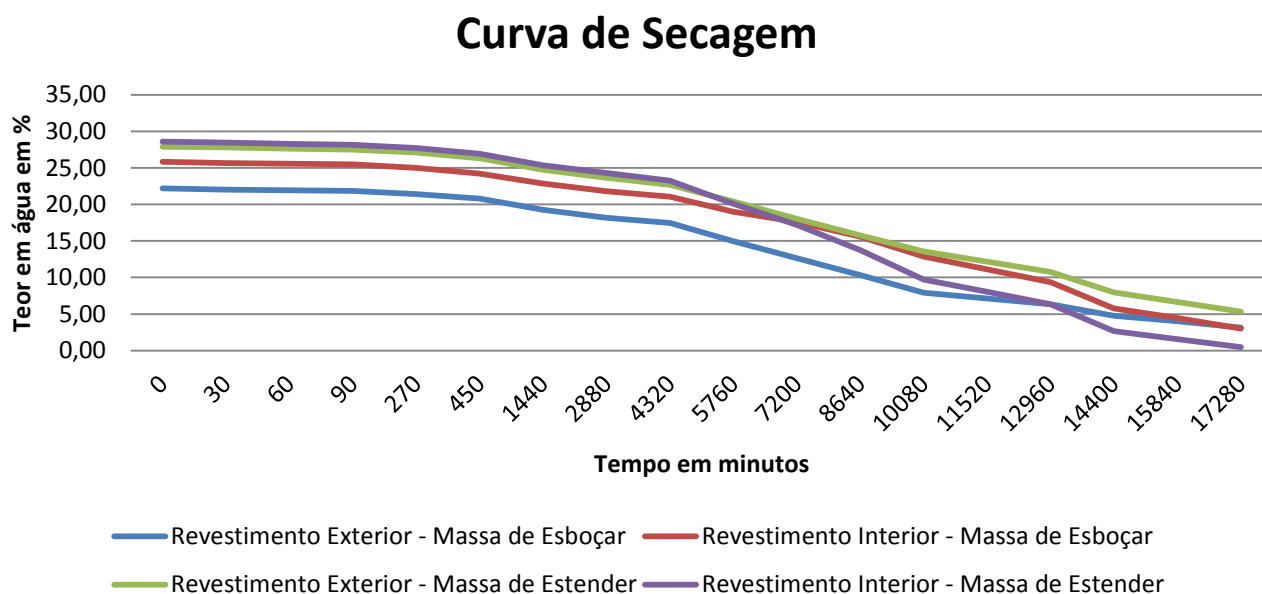


Gráfico 3: Curva de secagem das quatro argamassas (Santos, Michaël, 2015).

4.5.5. Discussão dos resultados

4.5.5.1. Introdução

As proporções volumétricas dos componentes indicados pelos tratadistas, como Jean Rondelet, Luís Leitão e José Segurado, foram convertidas em proporções mássicas.

Ao todo foram estudadas quatro argamassas, uma massa de esboçar do revestimento interior de Leitão de 1896, uma massa de estender de revestimento interior de Rondelet de 1802, uma massa de esboçar de revestimento exterior do Segurado de 1910 e uma massa de estender de revestimento exterior de Rondelet de 1802. Foram estudados dois tipos de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

sistemas de ligantes e dois tipos de agregados: pasta de cal aérea D. Fradique e cal hidráulica HL 5 da SECIL. Os agregados foram: saibro de granito e pó de mármore.

A proporção de água e ligante das argamassas e a sua trabalhabilidade foram medidas através da mesa de espalhamento, de acordo com a EN 1015-3:1999, tendo como referência para a trabalhabilidade o valor de $175 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$. Os valores encontrados foram, para a massa de esboçar de revestimento exterior de 172 mm, para a massa de estender de revestimento exterior de 180 mm, para a massa de esboçar de revestimento interior de 171 mm e para a massa de estender de revestimento interior de 175 mm. Para os ensaios laboratoriais foram executados 6 prismas de $160 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ para cada uma das quatro argamassas ensaiadas. Após 28 dias da desmoldagem dos provetes, iniciou-se os ensaios mecânicos de acordo com as respetivas normas para cada ensaio. Nas massas de revestimento exterior a maior proporção de ligante aumentou a trabalhabilidade. Nas massas de revestimento interior, a adição de pó de mármore à pasta de cal aumentou a trabalhabilidade em relação à massa de esboçar de pasta de cal e saibro.

Quanto aos componentes das argamassas e a respetiva composição, verificou-se que, em geral, as misturas com o pó de mármore requeriam mais água, do que as misturas com o saibro de granito, devido à sua granulometria ser pequena no qual vai dificultar a penetração da água. Os resultados dos testes físicos e mecânicos vêm sintetizados na tabela 18.

Tabela 18: Resultados experimentais das argamassas Provetes $160 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ (Santos, Michaël, 2015).

Argamassas	Massa Volumico (kg/m^3)	Módulo de Elasticidade Dinâmico (MPa)	Resistência à Flexão (N/mm^2)	Resistência à Compressão (N/mm^2)	Coefficiente de Capilaridade ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$) C.C. ^{10-90 min}	Densidade Aparente	Porosidade Aberta
Massa de Esboçar, Revestimento Exterior,	1826	3970,12	0,81	1,80	0,60	1614,08	36,17
Massa de Estender, Revestimento Exterior,	1731	5997,50	1,36	4,35	1,10	1485,76	41,88
Massa de Esboçar, Revestimento Interior	1764	2447,49	0,54	1,51	0,50	1498,30	39,13
Massa de Estender, Revestimento Interior	1425	3084,06	0,43	0,83	1,40	1445,68	41,83

4.5.5.2. Retração e expansão

A retração e a expansão foram medidas nas três direções principais do provete, para os prismas com 0 e 28 dias de idade. A retração máxima observada foi nas argamassas de massa de esboçar do revestimento interior de Leitão de 1856, à base de cal aérea em pasta D. Fradique e saibro de granito retirado no local de estudo, pensa-se que devido à elevada

percentagem de argila do saibro. O valor mais baixo de retração verificou-se nas argamassas de massa de estender de revestimento interior de Rondelet de 1802, à base cal aérea em pasta D. Fradique e Pó de Mármore. Presume-se que tal valor se deve ao menor conteúdo de água da mistura. A massa de esboçar de revestimento exterior do Segurado de 1910, à base de cal aérea em pasta D. Fradique e saibro de granito, apresenta uma retração que se situa entre a retração máxima e a retração mínima verificada. Relativamente a massa de estender de revestimento exterior de Rondelet de 1802, à base de cal hidráulica e pó de mármore, apresenta uma ligeira extensão no comprimento e verificando a retração nas outras duas direções.

4.5.5.3. Módulo de elasticidade dinâmico

O máximo valor do módulo de elasticidade dinâmico verifica-se nas argamassas de massa de estender de revestimento exterior, com uma média de 5997,50 MPa, ultrapassando os valores recomendados pelo LNEC (5000 MPa). Esta argamassa é composta por cal hidráulica e pó de Mármore.

O módulo de elasticidade dinâmico mais baixo verifica-se nas argamassas de massa de esboçar de revestimento interior, com uma média de 2447,49 MPa. Esta argamassa é composta por cal aérea em pasta D. Fradique e saibro de granito. Como segundo máximo valor do módulo de elasticidade dinâmico verifica-se as argamassas de massa de esboçar de revestimento exterior, com uma média de 3970,12 MPa. Nas argamassas de massa de estender de revestimento interior, verifica-se um módulo de elasticidade dinâmico com uma média de 3084,06 MPa. Verifica-se que as argamassas à base de cal aérea em Pasta D. Fradique apresentam os módulos de elasticidade dinâmico mais baixo relativamente as argamassa à base de cal hidráulica, constituindo assim argamassas mais rígidas.

Módulo de Elasticidade Dinâmico

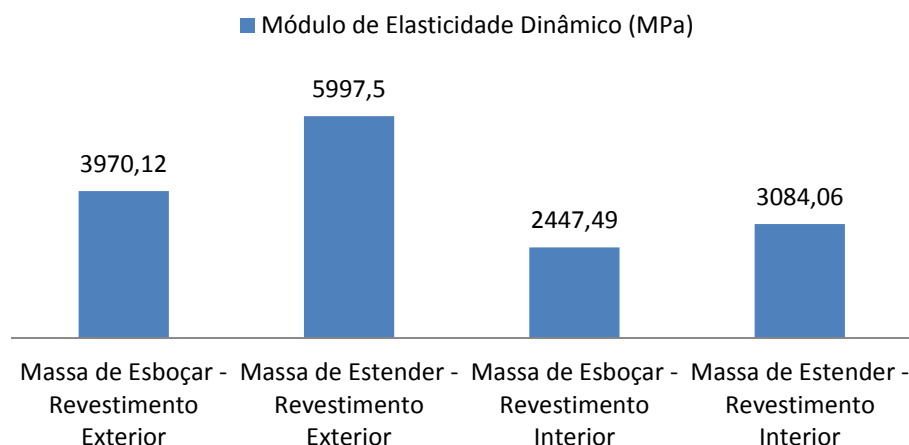


Gráfico 4: Módulo de elasticidade Dinâmico das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

4.5.5.4. Resistência mecânica à tração por flexão e compressão

O valor mais alto de resistência à tração por flexão e por compressão verifica-se nas argamassas de massa de estender de revestimento exterior, à base de cal hidráulica e pó de mármore, com uma média de $1,36 \text{ N/mm}^2$ para a flexão e uma média de $4,35 \text{ N/mm}^2$ para a compressão. Enquanto nas argamassas à base da cal aérea em pasta D. Fradique verifica-se os valores mais baixo de resistência à tração por flexão e por compressão. Dentro das argamassas à base da cal aérea em pasta verifica-se maior resistência à tração por flexão e compressão nas argamassas com saibro de granito com uma média de $0,81 \text{ N/mm}^2$ para à flexão e de $1,80 \text{ N/mm}^2$ para à compressão, valores estes correspondentes a massa de esboçar de revestimento exterior, enquanto na massa de esboçar de revestimento interior verifica-se uma média de $0,54 \text{ N/mm}^2$ para à flexão e de $1,51 \text{ N/mm}^2$ para à compressão. Para a massa de estender, de revestimento interior verificam-se os valores médios mais baixos, de $0,43 \text{ N/mm}^2$ para à flexão e de $0,83 \text{ N/mm}^2$ para à Compressão.

A cal hidráulica aumenta a resistência mecânica das argamassas, como se pode ver no caso da massa de estender do revestimento exterior.

É desejável que para as argamassas de revestimento, a massa de estender seja mais resistente que a massa de esboçar, para que a possa proteger das agressões exteriores.

Resistência à tração

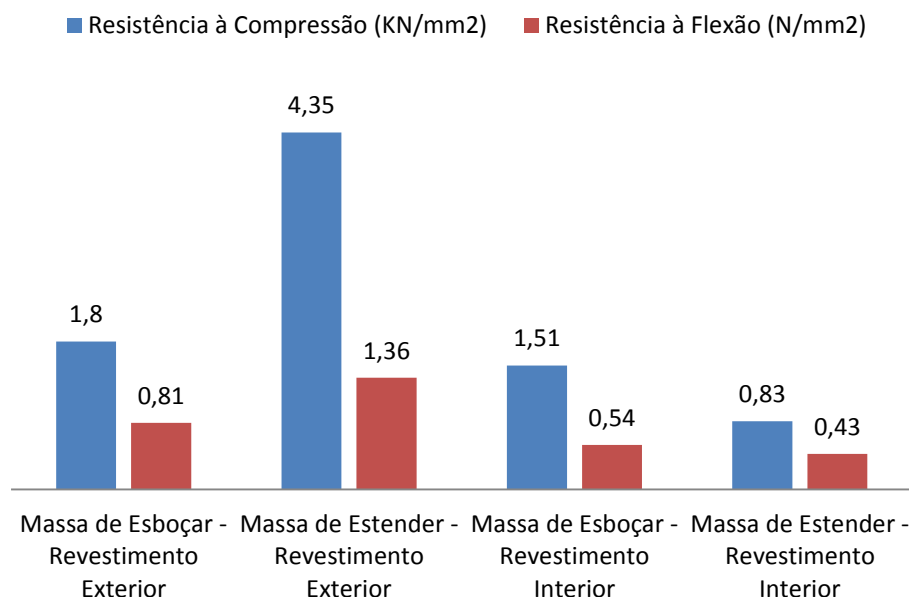


Gráfico 5: Resistência à tração por compressão e flexão das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

4.5.5.5. Densidade aparente e porosidade aberta

Na porosidade aberta verifica-se duas argamassas com valores máximos muito próximos, essas argamassas são a massa de estender de revestimento exterior, com uma média de 41,88 %, e a massa de estender de revestimento interior, com uma média de 41,83 %. A argamassa que apresenta o valor mais baixo, na porosidade aberta, é a argamassa de massa de esboçar de revestimento exterior, com uma média de 36,17 %. Não muito longe deste valor está a massa de esboçar de revestimento interior, com uma média de 39,13 %.

Na densidade aparente verifica-se com valor máximo a massa de esboçar de revestimento exterior, com uma média de 1614,08 kg/m³. Como valor mínimo temos a massa de estender de revestimento interior, com uma média de 1445,68 kg/m³. Na massa de estender de revestimento exterior regista-se um valor 1485,76 kg/m³, e na massa de esboçar de revestimento interior verifica-se o valor de 1498,30 kg/m³.

É desejável que a porosidade aberta da massa de esboçar seja superior à da massa de estender, de modo a que se promova a transferência de vapor de água retida no núcleo da parede para o exterior.

Densidade Aparente

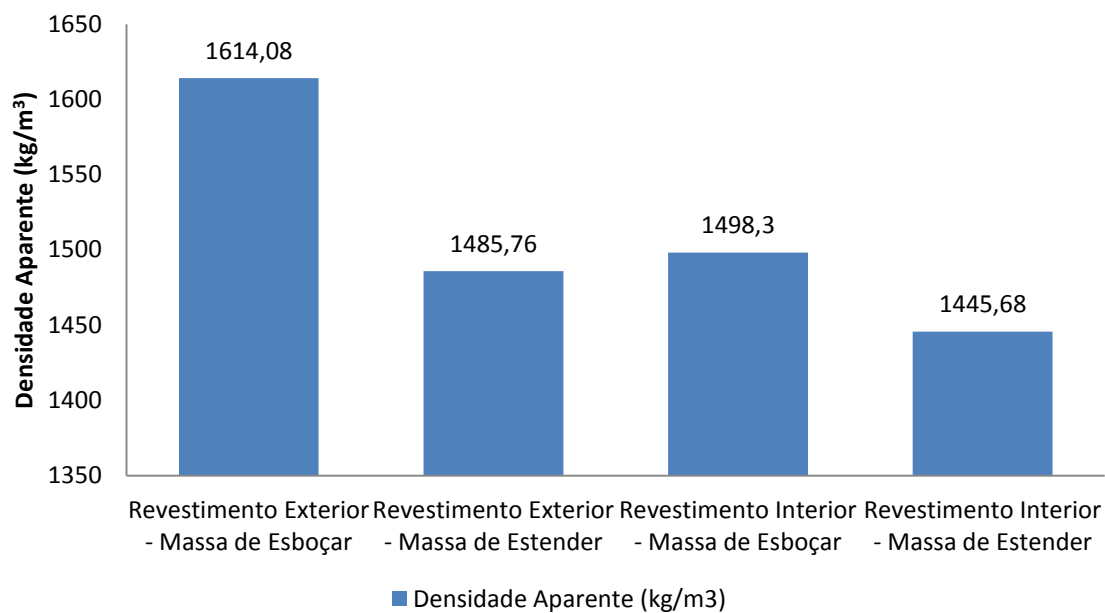


Gráfico 6: Densidade aparente das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

Porosidade Aberta

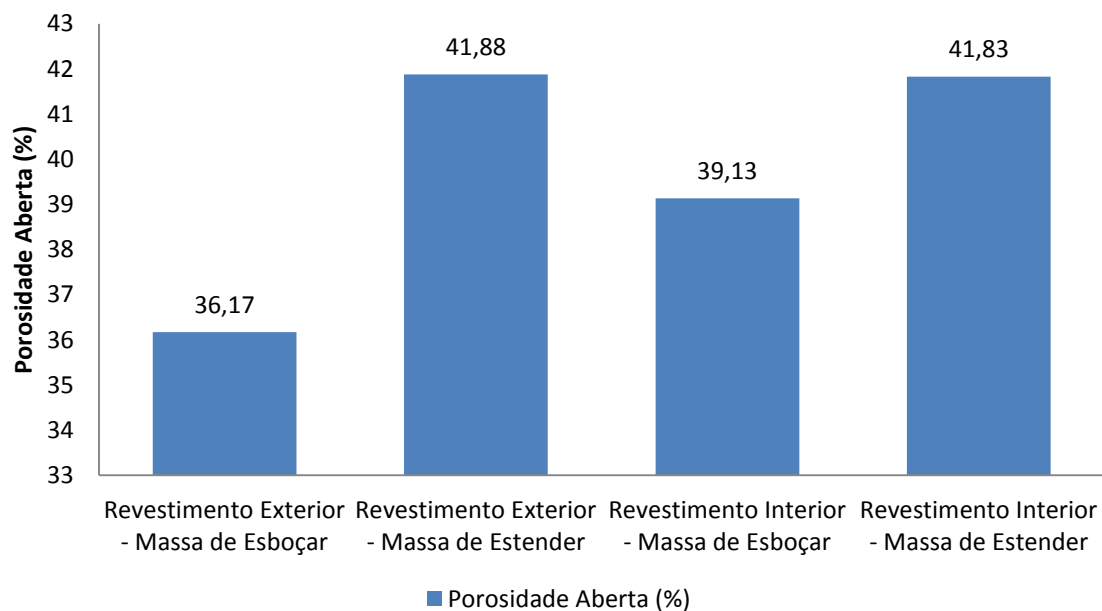


Gráfico 7: Porosidade aberta das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

4.5.5.6. Coeficiente de Capilaridade de Água

Relativamente ao coeficiente de capilaridade de água verificam-se duas argamassas com os valores mais altos registados nos ensaios, com um valor de $4,80 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$. Essas argamassas são a massa de esboçar de revestimento interior e a massa de estender de revestimento exterior. Nas argamassas de massa de esboçar de revestimento exterior, com um valor de $4,00 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$. Nas argamassas de massa de estender de revestimento interior, com um valor de $4,30 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$. Verifica-se que em ambos os revestimentos, exterior e interior, a massa de estender tem um coeficiente de capilaridade superior ao da massa de esboçar.

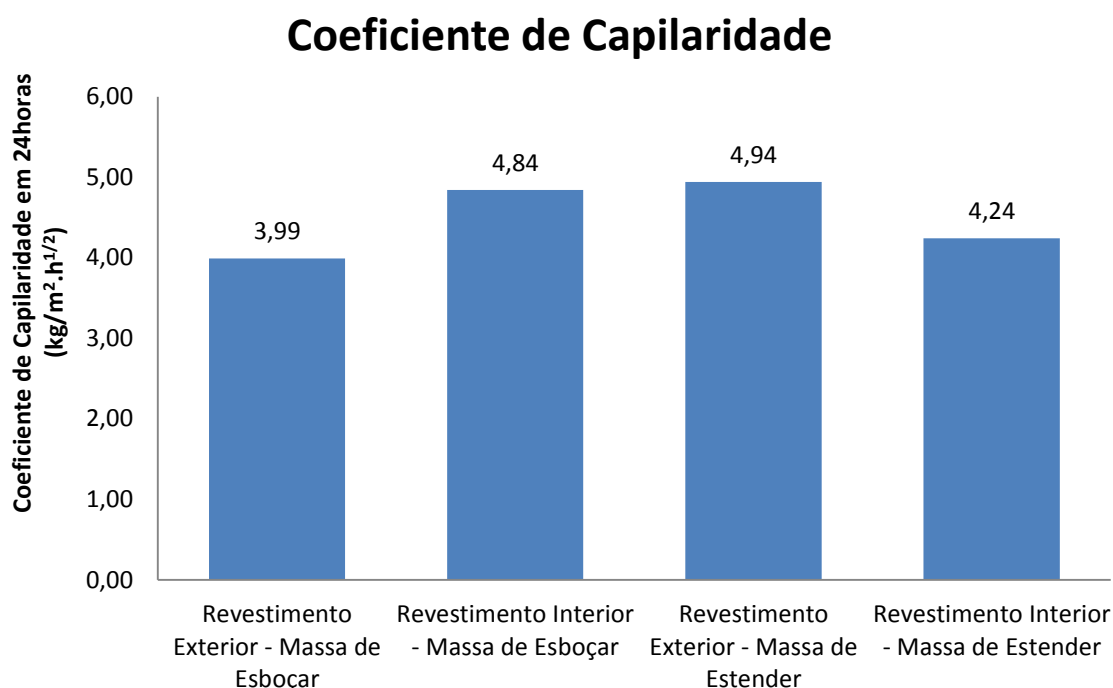


Gráfico 8: Coeficiente de capilaridade das argamassas (Santos, Michaël, 2015).

4.5.5.7. Curva de Secagem

A massa de estender de revestimento interior apesar de ser aquela que apresenta maior teor em água, a secagem efetua-se muito rapidamente, e ao fim do quarto dia a sua curva cruza com a argamassa de massa de estender de revestimento exterior, no quinto dia a sua curva de secagem cruza com a argamassa de massa de esboçar do revestimento interior e no nono dia cruza com a argamassa de massa de esboçar de revestimento exterior; as outras curvas de secagem indicam que a densidade do fluxo diminui desde o começo e o tempo de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

secagem é muito grande. A massa de esboçar do revestimento interior é a segunda argamassa a obter uma secagem rápida, no décimo segundo dia a sua curva cruza-se com a massa de esboçar de revestimento exterior. A massa de estender de revestimento exterior é a que leva mais tempo a secar. Verifica-se que a retenção de água é de grande semelhança das quatro argamassas nas primeiras 24 horas.

4.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [4.1] - LOURENÇO, Bettina C. G. *Reintegração das argamassas históricas*. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 2003.
- [4.2] - MATEUS, João Mascarenhas. *Técnicas tradicionais de construção de alvenarias*. Livros Horizonte, Lisboa, 2002.
- [4.3] – VEIGA, Maria do Rosário; AGUIAR, José; SILVA, António Santos; CARVALHO, Fernanda. *Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 2004.
- [4.4] - APFAC, Associação Portuguesa de Fabrico de Argamassas de Construção. *Argamassas Fabris: Produção, Famílias, Normas*. Associação Industrial Portuguesa, Auditório COPRAI, Lisboa, 23 de Fevereiro de 2007
- [4.5] – SECIL, http://www.secil.pt/default.asp?pag=historico_cimento.
- [4.6] – APPLETON. *Um olhar sobre o betão*. In: Engenharia e vida Edição 11, Março de 2005
- [4.7] – PAULO, Raquel. *Caracterização das Argamassas Industriais*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro, 2006.
- [4.8] – MARQUES, Sofia. *Estudo de Argamassas de Reabilitação de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2005.
- [4.9] - VEIGA, Maria. *Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes*. Atas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. LNEC, Lisboa. Maio de 2003
- [4.10] – CARVALHO, M. D. *Métodos de Análise II – Noções de microscopia eletrónica de varrimento (SEM – Scanning Electron Microscope)*, Mestrado e Curso de Especialização em Química Aplicada ao Património Cultural, FCUL, 2007.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

- [4.11] - FIGUEIREDO, M. O. *Difração de raios X e outras técnicas baseadas em raios X*, in Corrosão atmosférica. Mapas de Portugal, M. E. M. Almeida e M. G. S Ferreira editores, INETI, Lisboa, 1997.
- [4.12] - ASTM C 27-93. *Classification of fireclay and High. Alumina Refractory Brick*, 1993.
- [4.13] – CROCI, Giorgio. *The Conservation and structural Restoration of Architectural Heritage*. Computational Mechanics Publications, UK, 1998.
- [4.14] – RONDELET, Jean. *Traité Théorique et Pratique de l'Art de Bâtir*. Chez l'auteur, Enclos du Panthéon. Paris, 1802. Tomo 1, Livro 2, Secção 3, pp. 417 a 432.
- [4.15] – LEITÃO, Luiz. *Arma de Engenharia: Curso elementar de construção*, elaborado segundo o programa da Escola Central da mesma arma. Imprensa Nacional. Lisboa, 1896.
- [4.16] – SEGURADO, João Emílio dos Santos. *Acabamentos das Construções: Estuques, Pinturas, etc.* Biblioteca de Instrução Profissional fundada por Thomaz Bordallo Pinheiro, 5ª edição, Lisboa, 1949, Vol. VIII, pp. 189.
- [4.17] – SALAVESSA, Eunice; JALALI, Sais; SOUSA, Luís; FERNADES, Lisete; DUARTE, Ana Maria. *Historical plasterwork techniques inspire new formulations*. Construction and Building Materials, Lisbon 2103.
- [4.18] – SALAVESSA, Maria Eunice da Costa. Relatório de estágio no LNEC: *Estudo do desempenho de estuques referidos na literatura técnica do séc. XV ao séc. XIX – Sua importância na conservação do património arquitetónico e no desenvolvimento de eco estuques*. LNEC, Lisboa, 2014.
- [4.19] – IPQ. NP – EN 933-1: 2000 - *Ensaaios das propriedades geométricas dos agregados – Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração*. IPQ, Lisboa, 2000.
- [4.20] – IPQ. NP – EN 1097-3: 2002 – *Ensaaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados – Parte 3: Determinação da baridade e do volume de vazios*. IPQ, Lisboa, 2002.
- [4.21] – CEN. EN 1015-2:1998 - *Methods of test for mortar for masonry – Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars*. CEN, Brussels, 1998.
- [4.22] – CEN. EN 1015-3:1999 - *Methods of test for mortar for masonry – Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table)*. CEN, Brussels, 1999.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

- [4.23] – IPQ. *NP EN 196-1:2006 - Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas*. IPQ, Lisboa, 2006.
- [4.24] - MICHOINOVÁ, Dagmar. *Impact of historically inspired processes of lime mortar preparation on its properties*, in 2nd Historic Mortars Conference HMC2010 and RILEM TC 203-RHM Final Workshop, Prague, Czech Republic, 2010.
- [4.25] – IPQ. *NP EN 12808-4:2007 - Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 4: Determinação da retração*. IPQ, Lisboa, 2007.
- [4.26] - BUNGEY, J. H. *The Influence of Reinforcement on Ultrasonic Pulse Velocity Testing*, In Situ/Nondestructive Testing of Concrete, Special Publication SP-82, American Concrete Institute, Detroit, 1984.
- [4.27] – BUNGEY, J. H. *The Testing of Concrete in Structures*, 2 editions, Surrey University Press, London, 1989.
- [4.28] - POPOVICS, S., KOMLOS, K. and POPOVICS, P. *Comparison of DIN/ISO8047 (Entwurf) to several Standards on determination of ultrasonic pulse velocity in concrete*. International Symposium Non-destructive Testing in Civil Engineering, Berlin, 1995.
- [4.29] - LEÃO, Maria de Jesus de Almeida. *Eco Argamassas: argamassas de revestimento com incorporação de resíduos industriais*. LNEC – Proc. 0803/11/17793, Relatório de Estágio realizado no LNEC, Lisboa, 2011.
- [4.30] – CEN. *EN 1015-11:1999 - Methods of test for mortar for masonry Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*. CEN, Brussels. 1999.
- [4.31] - CUSTÓDIO, M; Flores-Colen, I.; Silva, L. ; Vieira, N. *Técnicas de ensaio para determinação da porosidade aparente em argamassas*. In: Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa: APFAC, CD, 2012.
- [4.32] – CEN. *EN 1015-18 - Methods of test for mortar for masonry Part 18: Determination of coefficient due to capillary*. CEN, Brussels.2002.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

[4.33] - RILEM TC 25-PEM. *Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods. Test nº II.5 – Evaporation curve*. Materials & Structures, 13. 1980.

[4.34] – SALAVESSA, Maria Eunice da Costa; SHAHSAVANDI, Arman; TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. *Characterization Studies of Stuccos and Plasters: causes of decay of the Aveleiras House decorative plasters (in Torre de Moncorvo.)* Conferência HMC2010, “2nd Historic Mortars Conference & RILEM TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry Final Workshop”, Praga, Checoslováquia, 22-24 Setembro, 2010, pp. 683-690.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE GRANITO DO SÉCULO XVIII – ENSAIOS MECÂNICOS

5.1. Introdução

As pedras naturais juntamente com as madeiras são dos materiais mais antigos utilizados na construção, estes materiais podem ser aplicados praticamente sem sofrer alteração da sua condição natural.

As primeiras habitações em pedra natural construídas pelo Homem foram as grutas destinadas à sua permanência por tempos prolongados. Desde as construções megalíticas até às construções de hoje em dia, a pedra tem sido o material mais usado e o de maior duração.



Foto 92: Construção tradicional de Picões em alvenaria de pedra seca (Santos, Michaël, 2015).

Com o intuito de realizar um estudo aprofundado sobre o granito usado nas construções dos edifícios históricos em Picões, e uma vez que se trata de um edifício cuja recolha de amostra se tornou possível, foi necessário recorrer ao levantamento e recolha das pedras no local. As pedras foram retiradas de edifícios que já encontravam-se em ruínas, foto 93.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda



Foto 93: Local onde as pedras foram recolhidas (Santos, Michaël, 2015).

As amostras usadas neste estudo, consistiram em dois blocos de dois tipos diferentes de granito, um granito de grão grosseiro, foto 94, e um granito de grão fino, foto 95, provenientes do mesmo local.

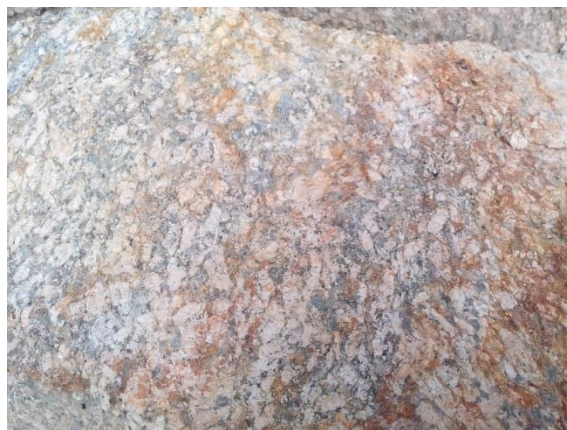


Foto 94: Granito de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).

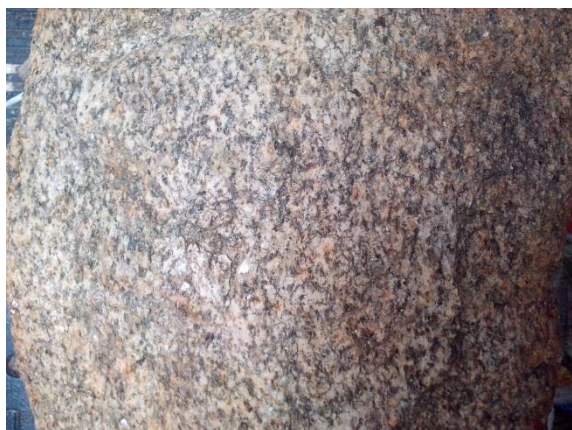


Foto 95: Granito de grão fino (Santos, Michaël, 2015).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A partir destas amostras, procedeu-se ao corte dos blocos com as seguintes dimensões, 50 mm x 50 mm x 50 mm, Foto 96, de maneira a facilitar ensaios de resistência à compressão de carga pontual, da porosidade aberta, da densidade aparente, da absorção de água por capilaridade e a determinação da curva de secagem. No total procedeu-se ao corte de 12 cubos de cada granito. Na Foto 97 podemos verificar os 12 cubos de cada granito, na parte superior da foto, os cubos do granito de grão fino, e na parte inferior da foto, os cubos do granito de grão grosseiro.



Foto 96: Blocos com as dimensões de 50 mm x 50 mm x 50 mm (Santos, Michaël, 2015).



Foto 97: 12 cubos de cada granito (Santos, Michaël, 2015).

5.2. Ensaio efetuados e equipamento utilizado

A análise das amostras de granito, tem como objetivo principal a caracterização do granito utilizado como material de construção nos edifícios históricos de Picões. Os ensaios que se realizaram nesta campanha experimental estão referenciados na tabela 19.

Tabela 19: Normas dos ensaios realizados.

Características de comportamento	Técnica de ensaio
Absorção de água por capilaridade	NP EN 1925;
Resistência à compressão	NP EN 1926
Porosidade aberta e densidade aparente	EN 1936
Curva de Secagem	Recomendações do RILEM, ensaio nº II. 5

Todas as técnicas de ensaio utilizadas nestes ensaios baseiam-se em Normas Europeias e/ou projetos de EN, Recomendações, em Normas Portuguesas, Relatórios e Especificações do LNEC e em fichas de Ensaio do LNEC e do laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

5.3. Determinação da absorção de água por capilaridade

Na determinação da absorção de água por capilaridade foi utilizada a norma portuguesa NP EN 1925. A presente norma especifica um método para a determinação do coeficiente de absorção de água de pedras naturais devido à ação da capilaridade. Os provetes de ensaio são cubos aproximadamente com 50 mm de aresta.

Após a secagem dos provetes até massa constante numa estufa ventilada à temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, uma face do provete é imersa em 5 a 10 mm de água para um período de tempo e o aumento da massa é determinada [5.1].

O ensaio foi efetuado sobre 6 provetes cúbicos de 50 mm de cada um dos dois granitos a ensaiar. Antes de dar início ao ensaio, os provetes foram secos numa estufa a $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir a massa constante. A massa constante é atingida quando a diferença da massa entre duas pesagens sucessivas, efetuadas com um intervalo de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$, não for superior a 0,1 % da massa do provete, e posteriormente foram deixadas arrefecer à temperatura ambiente. Após ao arrefecimento dos provetes procede-se a medição dos provetes com uma craveira digital, e pesados numa balança, m_d , com um erro de resolução de 0,1 g. As medições foram registadas

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

fichas de registo adequadas. Os provetes foram colocados num recipiente com água sobre suporte adequado e são mergulhados até a profundidade de 3 ± 1 mm [5.1].

O nível de água é mantido constante durante o ensaio, juntando água, sempre que necessário. Foi necessário cobrir o recipiente para impedir a evaporação. Os provetes foram limpos levemente com um pano húmido para retirar as gotas aderentes e pesados de imediato, m_i , e colocados de novo na tina de água. Os sucessivos períodos de tempo de pesagem, t_i , deviam ser de 1,3, 5, 10, 15 e 30 minutos, e 1, 8 e 24 horas [5.1]. Devido à grande quantidades de provetes que foram ensaiados na mesma altura os intervalos de tempo foram condicionados. Os intervalos de tempo estabelecidos para as sucessivas pesagens foram de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 240, 360, 480, 1440 e 2880 minutos.

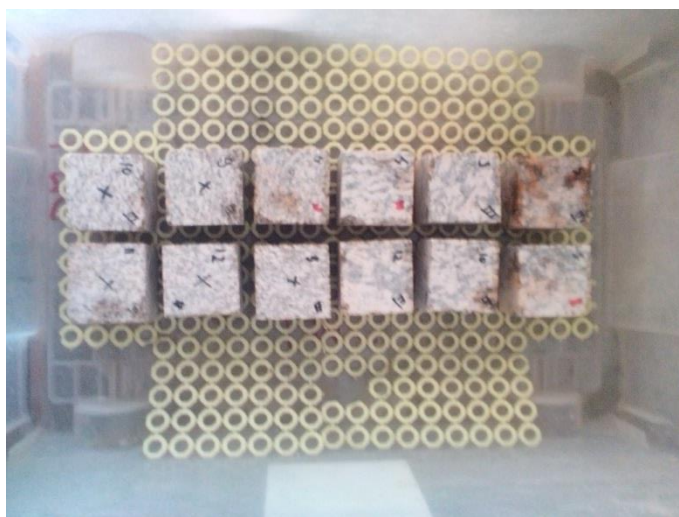


Foto 98: Ensaio de determinação de absorção de água po capilaridade nos provetes de granito de grão fino e grosseiro (Santos, Michaël, 2015).

No cálculo do coeficiente de absorção de água, conforme a Norma Portuguesa, calcula-se através da seguinte fórmula:

$$C = \frac{(m_i - m_d)}{(A \times \sqrt{t_i})}$$

em que:

m_i – é a massa do provete ao fim dum determinado tempo t_i em que a base do provete esteve imersa, em kg;

m_d – é a massa do provete seco, no início do ensaio, em kg;

A – é a área da face inferior do provete que esteve em contacto com a água durante o ensaio, em m^2 ;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

t_i – é o tempo em que a base do provete esteve imersa, em minutos.

Os resultados da determinação do ensaio da determinação da absorção de água por capilaridade dos granitos foram os seguintes (tabela 20):

Tabela 20: Resultado da determinação de absorção de água por capilaridade no granito de grão fino e grosso (Santos, Michaël, 2015).

Granito	Provete	Massa Seca (g)	Massa após 24h de imersão (g)	C (kg/m ² h ^{1/2})	MÉDIA C (kg/m ² h ^{1/2})	Diferença	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Granito de Grão Fino	7	409,80	416,00	0,0564	0,0526	-0,0038	0,0054	0,10
	8	405,10	410,10	0,0437		0,0089		
	9	386,00	392,30	0,0581		-0,0055		
	10	389,90	396,50	0,0574		-0,0048		
	11	407,50	413,20	0,0488		0,0038		
	12	370,00	375,70	0,0485		0,0041		
Granito de Grão Grosso	7	406,90	410,80	0,0342	0,0329	-0,0014	0,0018	0,06
	8	407,20	410,80	0,0315		0,0014		
	9	394,70	397,90	0,0302		0,0027		
	10	394,90	398,60	0,0345		-0,0017		
	11	406,40	409,70	0,0305		0,0024		
	12	409,70	413,40	0,0342		-0,0014		

5.4. Determinação da densidade aparente e porosidade aberta

Na determinação da densidade aparente e porosidade aberta foi utilizada a Norma Europeia EN 1936. Esta norma define que após a secagem até massa constante, a densidade aparente e a porosidade aberta são determinadas através da absorção de água sob vácuo e da pesagem de provetes imersos.

Para a realização dos ensaios são necessários, uma estufa ventilada capaz de manter uma temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, um recipiente de vácuo capaz de manter uma pressão de $2,0\text{ kPa} \pm 0,7\text{ kPa}$ e que permita a imersão gradual dos provetes nele contido e uma balança com uma exatidão de pelo menos 0,01 % da massa a ser pesada [5.2].

Os provetes foram secos até massa constante à temperatura, já mencionada anteriormente, de $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Assume-se que a massa constante é atingida quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, efetuadas com um intervalo de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$, não for superior a 0,1 % da massa do provete. Os provetes foram arrefecidos à temperatura ambiente. Inicialmente procedeu-se à pesagem de cada provete, m_d , e colocaram-se, em seguida, no

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

recipiente de vácuo a pressão, já mencionada em 4.5.4.7., até $2,0 \text{ kPa} \pm 0,7 \text{ kPa}$. Esta pressão foi mantida durante três horas, de modo a eliminar o ar contido nos poros abertos dos provetes. Após essas três horas em vácuo, deu-se início a introdução a água destilada lentamente, até que os provetes fiquem completamente imersos. Após a introdução da água, deu-se novamente a criação do vácuo durante três horas á mesma pressão. Após as três horas de vácuo registou a massa imersa em água dos provetes, m_h , e a massa saturada, m_s . A densidade aparente, em quilogramas por metro cúbico, é a razão entre a massa do provete seco e o seu volume aparente e é calculada através da equação [5.2]:

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh}$$

Em que:

ρ_{rh} = valor da massa volúmica aparente da água a 20°C e é 998 kg/m^3 .

ρ_b = a densidade aparente;

m_d = a massa seca do provete, em g.

m_h = a massa imersa do provete, em g.

m_s = a massa saturada do provete, em g.

A porosidade aberta é a razão, sob a forma percentual, entre o volume dos poros abertos e o volume aparente do provete e é calculada através da equação:

$$p_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100$$

Em que:

p_o = a porosidade aberta;

m_d = a massa seca do provete, em g.

m_h = a massa imersa do provete, em g.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:

Propostas de intervenção e salvaguarda

m_s = a massa saturada do provete, em g.

Os resultados da determinação do ensaio da determinação da densidade aberta e a porosidade aberta foram os seguintes (tabelas 21 e 22):

Tabela 21: Resultado da determinação da densidade aparente e porosidade aberta no granito de grão fino (Santos, Michaël, 2015).

Provete: Granito Grão Fino	1	2	3	4	5	6
Massa seca M_1 (g)	409,448	383,013	388,349	387,13	384,719	376,045
Massa Saturada M_2 (g)	417,300	390,400	395,300	393,500	390,700	382,100
Massa Imersa em Água M_3 (g)	252,200	235,500	239,600	238,600	237,200	231,900
Porosidade (%)	4,756	4,769	4,464	4,112	3,896	4,031
Média Porosidade (%)			4,288			
Diferença	-0,468	-0,481	-0,176	0,176	0,392	0,257
Desvio Padrão			0,346			
Coeficiente de Variação (%)			0,081			
Densidade Aparente (kg/m^3)	2475,04	2467,7016	2489,2248	2494,2269	2501,3001	2498,6212
Média Densidade Aparente (kg/m^3)			2491,726			
Diferença	16,686	24,024	2,501	-2,501	-9,574	-6,895
Desvio Padrão			12,311			
Coeficiente de Variação (%)			0,005			

Tabela 22: Resultado da determinação da densidade aparente e porosidade aberta no granito de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).

Provete: Granito Grão Grosseiro	1	2	3	4	5	6
Massa seca M_1 (g)	404,744	395,686	391,112	406,675	392,19	406,012
Massa Saturada M_2 (g)	408,7	399,5	395,8	410,1	395,9	409,5
Massa Imersa em Água M_3 (g)	251,8	243,2	241,1	251,7	241,5	250,4
Porosidade (%)	2,521	2,440	3,030	2,162	2,403	2,192
Média Porosidade (%)			2,422			
Diferença	-0,100	-0,019	-0,609	0,259	0,019	0,229
Desvio Padrão			0,287			
Coeficiente de Variação (%)			0,118			
Densidade Aparente (kg/m^3)	2574,47	2526,52	2523,14	2562,26	2535,01	2546,83
Média Densidade Aparente (kg/m^3)			2540,92			
Diferença	-33,553	14,401	17,778	-21,340	5,908	-5,908
Desvio Padrão			18,657			
Coeficiente de Variação (%)			0,007			

5.5. Determinação da resistência à compressão

A determinação da resistência mecânica à compressão nos granitos foi utilizada a norma portuguesa NP EN 1926. Esta norma tem como objetivo aplicar uma carga uniformemente distribuída pela face do provete até ocorrer a rotura do provete.

Os provetes são cubos de 50 mm de aresta. Os provetes devem ser medidos nas dimensões de secção transversal com uma precisão de 0,1 mm, consistindo na média de duas medições perpendiculares entre si efetuadas em faces opostas. A dimensão média é utilizada para calcular a superfície da secção transversal e de seguida mede-se a altura dos provetes com uma aproximação de 1,0 mm [5.3].

Antes de dar início ao ensaio, os provetes foram previamente secos à temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até atingir a massa constante. Após a secagem e antes de iniciar o ensaio, os provetes foram arrefecidos à temperatura ambiental até atingir o equilíbrio térmico. Na colocação do provete na máquina de ensaio, limpou-se os pratos de apoio e de carga e removeu-se qualquer partícula solta das superfícies de carga dos provetes. Cuidadosamente, alinhou-se e centrou-se o provete no prato inferior a fim de obter-se um apoio uniforme e idêntico para todos os provetes. A carga deve ser aplicada de forma contínua sobre o provete, com um incremento constante da taxa de compressão de $1\text{ MPa/s} \pm 0,5\text{ MPa/s}$. A carga máxima suportada pelo provete foi registada com uma aproximação de 1 kN [5.3].

A resistência à compressão, R , de cada provete é exprimida através do quociente entre a carga de rotura do provete, F , e a área da secção transversal medida antes do ensaio, A , e é calculada através da seguinte fórmula [5.3]:

$$R = \frac{F}{A}$$

Em que:

R - é a resistência à compressão, em KN/mm^2

F - é a carga de rotura do provete, em KN;

A - é a área da secção transversal medida antes do ensaio, em mm^2 .

O resultado deve ser expresso em Mega Pascas com dois algarismos significativos. O valor médio da resistência à compressão deve ser calculado com uma aproximação de 1 MPa [5.3].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Os resultados da determinação do ensaio da determinação da resistência à compressão dos granitos foram os seguintes (tabelas 23 e 24):

Tabela 23: Resultado do ensaio de determinação da resistência à compressão no granito de grão fino
(Santos, Michaël, 2015).

Provete: Granito de grão fino		1	2	3	4	5	6
DIMENSÕES (mm)	L1	54,07	54,81	53,85	54,15	55,05	54,16
	L2	53,39	54,45	53,92	54,26	53,33	54,78
SECÇÃO (mm ²)		2886,80	2984,40	2903,59	2938,18	2935,82	2966,88
PESO DO PROVETE (g)		408,70	406,20	399,70	400,20	402,50	398,40
CARGA DE ROTURA (kN)		163,80	187,30	197,40	216,30	219,00	230,00
TENSÃO DE ROTURA (kN/mm ²)		56,74	62,76	67,98	73,62	74,60	77,52
MÉDIA (kN/mm ²)				70,80			
Diferença		56,74	62,76	67,98	73,62	74,60	77,52
Desvio padrão		7,25					
Coeficiente de variação (%)				0,10			

Tabela 24: Resultado do ensaio de determinação da resistência à compressão no granito de grão grosseiro
(Santos, Michaël, 2015).

Provete: Granito de grão grosseiro		1	2	3*	4	5	6
DIMENSÕES (mm)	L1	55,01	53,49	53,89	54,02	55,01	54,25
	L2	54,58	54,65	53,84	54,26	54,85	55,02
SECÇÃO (mm ²)		3002,45	2923,23	2901,44	2931,13	3017,30	2984,84
PESO DO PROVETE (g)		405,80	406,80	398,40	399,30	403,40	408,50
CARGA DE ROTURA (kN)		237,70	250,00	210,50	319,80	297,30	330,10
TENSÃO DE ROTURA (kN/mm ²)		79,17	85,52	72,55	109,10	98,53	110,59
MÉDIA (kN/mm ²)				92,03			
Diferença		79,17	85,52	72,55	109,10	98,53	110,59
Desvio padrão		14,51					
Coeficiente de variação (%)				0,16			

*Nota: o provete 3 encontrava-se fissurado.

5.6. Curva de Secagem

O ensaio de secagem iniciou-se imediatamente após concluído o ensaio da absorção de água sob vácuo. O seu procedimento foi baseado nas Recomendações do RILEM, ensaio nº II. 5. O ensaio decorreu no mesmo local que o ensaio anterior, condicionada a uma temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a uma humidade relativa de $65\% \pm 5\%$.

O ensaio de secagem ocorreu sobre os doze provetes cúbicos de 50 mm, com todas as faces livres de qualquer impermeabilização, correspondendo seis provetes ao granito de grão fino e os outros seis provetes ao granito de grão grosseiro. Os provetes foram secos, no ambiente acima mencionado, à temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, humidade relativa $65\% \pm 5\%$ e baixa velocidade do ar, durante 12 dias de secagem. As medições de massa dos provetes efetuaram-se com pesagens periódicas, idênticas ao ensaio da secagem das argamassas, a fim de poder comparar os resultados dos dois ensaios. As pesagens aconteceram ao fim de 30, 60, 90, 270, 450 minutos e 24 horas, e a partir daí, passando a pesagem a ser efetuada diariamente, durante mais 11 dias.

Analisando os dados registados, é possível elaborar curvas de secagem, que expressam a evolução do teor de água dos provetes, em percentagem, ao longo do tempo, em horas. A curva de evaporação expressa a variação do teor de água no tempo. O teor de água é calculado segundo a fórmula [4.33]:

$$W_i = \frac{(m_i - m_{seca})}{m_{seca}} \times 100$$

em que:

w_i – é o teor de água, em (%);

m_i – é a massa do provete no instante t_i , em (g);

m_{seca} – é a massa do provete seco em estufa, em (g).

Os resultados da determinação do teor em água e da curva de secagem das argamassas estão presentes no seguinte gráfico:

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

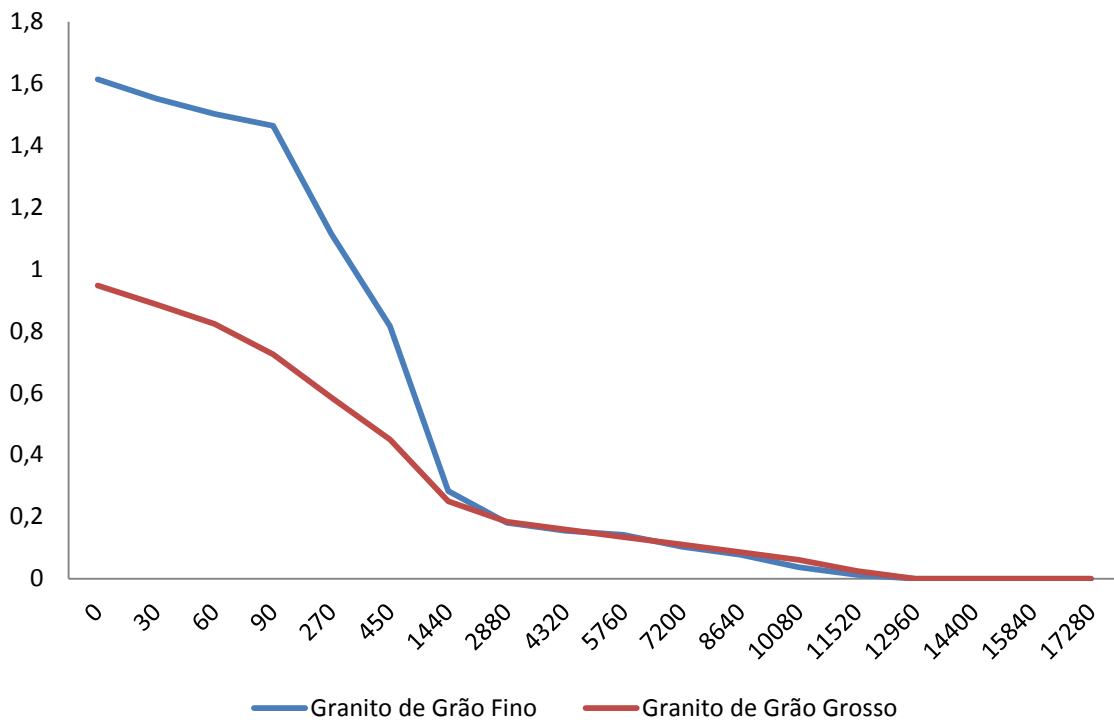


Gráfico 9: Curva de secagem dois tipos de granito (Santos, Michaël, 2015).

5.7. Análise dos Resultados

5.7.1. Introdução

As pedras naturais utilizadas na construção são apreciadas por satisfazer alguns requisitos, nomeadamente a resistência mecânica, química e o aspeto estético. É compreensível que na sua seleção se estabeleçam critérios em função das diversas aplicações, tendo, no entanto presentes a capacidade de manter as suas características mecânicas para diversas solicitações e a possibilidade de receberem diversos tipos de acabamento, não esquecendo a manutenção do seu aspeto original ao longo do tempo [6.5] [5.6].

A seleção de determinado tipo de pedra deve ter em consideração diversos fatores, tais como [5.5] [5.6]:

- As funções na sua utilização final: pedras muito fracas são desaconselhadas em sítios facilmente sujeitos a choques;
- A localização geográfica da construção na qual a pedra vai fazer parte (clima dominante, temperatura, pluviosidade, regime de ventos, regimes de gelo e degelo, existência ou proximidade de elementos poluidores, ...);

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

- As características físicas da pedra: pedras com grandes valores de porosidade são desaconselhadas em regiões húmidas.

Para os ensaios laboratoriais foram executados 12 cubos de 50 mm x 50 mm x 50 mm para cada uma das duas qualidades de granito. Após o corte dos 24 cubos do granito de grão fino e de grão grosseiro, iniciaram-se os ensaios mecânicos de acordo com as respetivas normas para cada ensaio.

Os resultados dos testes físicos e mecânicos vêm sintetizados na seguinte tabela.

Tabela 25: Resultados experimentais dos granitos, provetes de 50 mm x 50 mm x 50 mm (Santos, Michaël, 2015).

Granito	Resistência à Compressão (N/mm ²)	Coefficiente de Capilaridade (kg/m ² .h ^{0,5})	Densidade Aparente (Kg/m ³)	Porosidade Aberta (%)
Granito de Grão Fino	70,8	0,0526	2491,73	4,288
Granito de Grão Grosseiro	92,0	0,0328	2540,92	2,422

5.7.2. Resistência mecânica à compressão

O valor mais alto de resistência à tração por compressão verifica-se nos cubos de granito de grão grosseiro, com uma média de 92,0 KN/mm². Enquanto nos cubos de granito de grão fino verificou-se um valor de 70,8 KN/mm².

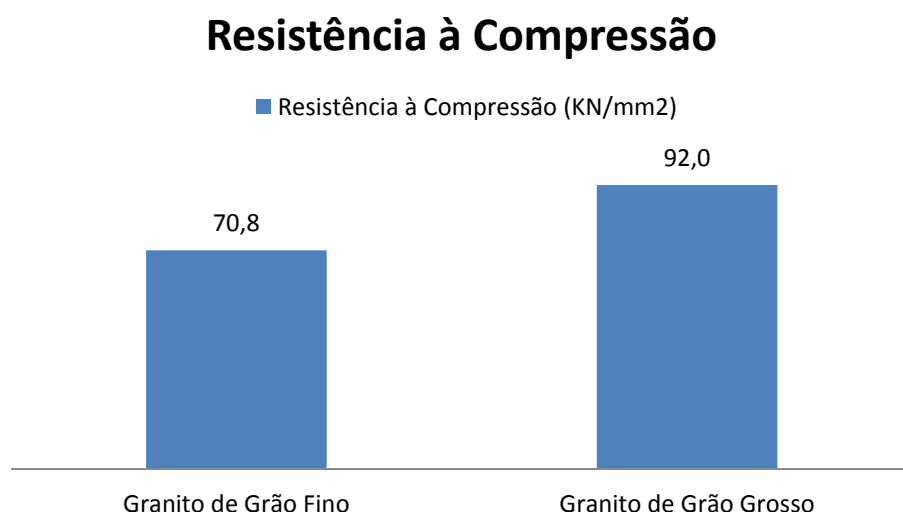


Gráfico 10: Resistência à compressão do granito de grão fino e de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).

5.7.3. Densidade aparente e porosidade aberta

Na porosidade aberta verifica-se que os cubos de granito de grão fino obtêm o valor mais alto, com uma porosidade de 4,288 %, enquanto nos cubos de granito de grão grosso registam um valor de 2,422 %. Relativamente à densidade aparente verifica-se que o valor máximo acaba por acontecer nos cubos do granito de grão grosso, com uma média de 2540,92 KN/m³. Os cubos do granito de grão fino registam uma densidade aparente de 2491,73 KN/m³.

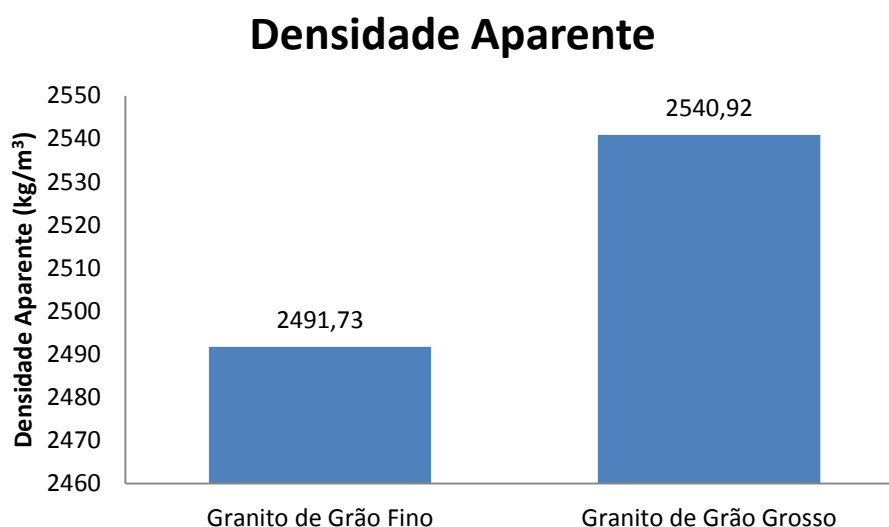


Gráfico 11: Densidade aparente do granito de grão fino e de grão grosso~
(Santos, Michaël, 2015).

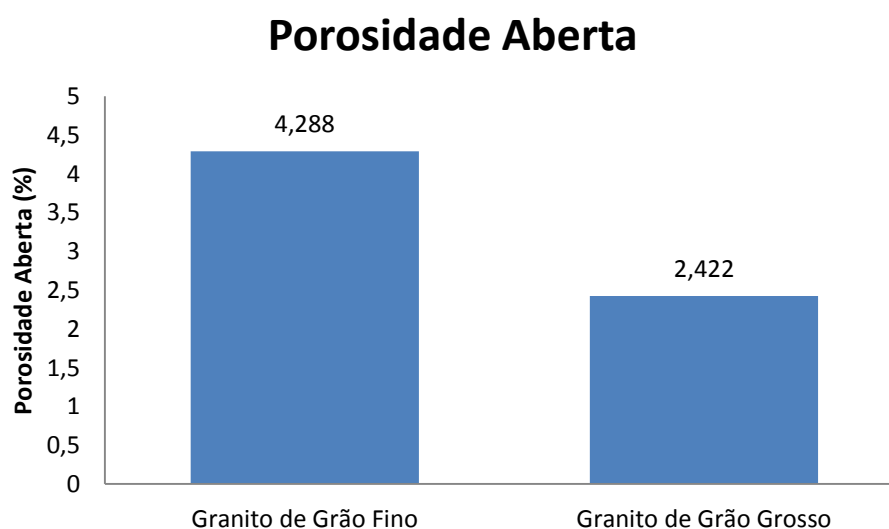


Gráfico 12: Porosidade aberta do granito de grão fino e de grão grosso~
(Santos, Michaël, 2015).

5.7.4. Coeficiente de Capilaridade de Água

Relativamente ao coeficiente de capilaridade de água registam-se, como os valores mais altos registados nos ensaios, os cubos de granito de grão fino, com uma média de $0,0526 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$. Nos cubos de granito de grão grosseiro registam-se os valores mais baixo, com uma média de $0,0328 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{1/2}$.

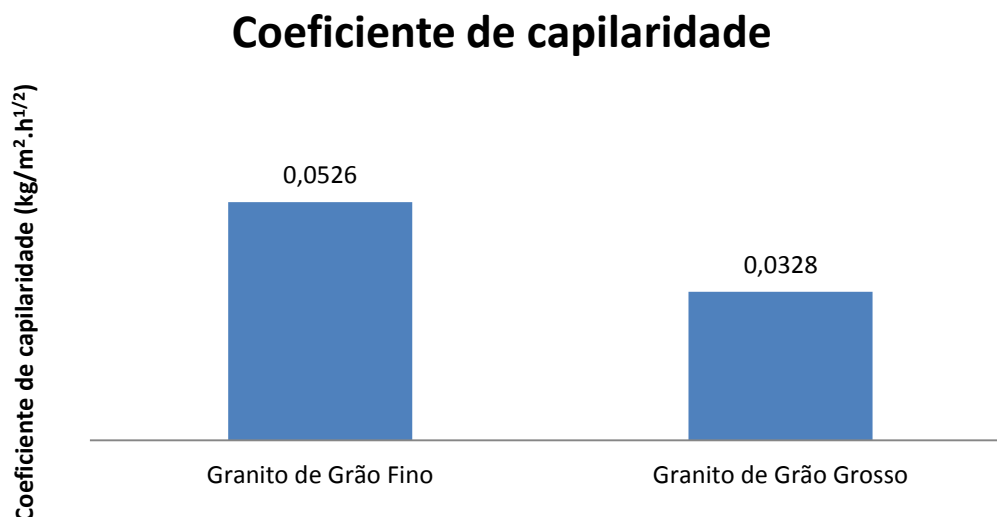


Gráfico 13: Coeficiente de capilaridade do granito de grão fino e de grão grosseiro (Santos, Michaël, 2015).

5.7.5. Curva de Secagem

O granito de grão fino, apesar de ser aquele que possui maior teor em água, a secagem efetua-se muito rapidamente e ao fim das 24 horas a sua curva cruza com do granito de grão grosso. As duas curvas de secagem indicam que a densidade do fluxo diminui desde o começo e o tempo de secagem é muito grande. Verifica-se que a retenção de água é maior no granito de grão grosso.

5.8. Avaliação comparativa entre as características do granito e as características das argamassas de revestimento.

5.8.1. Introdução

São variadas as funções das argamassas de revestimentos. As principais delas são [5.7]:

- Recobrir os elementos estruturais e de alvenaria: com o revestimento garante-se a proteção e prolonga-se a vida útil e a duração da construção;
- De estanqueidade e impermeabilização: a uniformidade do material e a consistência da argamassa formam uma camada protetora de forma a evitar a penetração de humidade;
- De isolamento térmico: A argamassa impede que a ação do frio se incorpore no interior, isto é, evita que se propague pelos elementos estruturais, transferindo a sensação térmica para o ambiente interno;
- O isolamento acústico; apesar de não ser um ponto de grande importância, visto que a espessura da parede e tipo de material utilizado tem um papel mais importante neste caso;
- Proteção contra a ação do fogo: as características da argamassa permitem atuar ser como um agente protetor contra ação do fogo, visto que a resistência dela pode aumentar a vida da alvenaria, no caso de ser submetida a esta ação;
- Na higiene: uma camada regular contribui para que a superfície evite reter materiais inertes, obtendo-se uma superfície mais limpa. Além de dar a possibilidade de manutenção da parede através de lavagem;
- Acabamento: a possibilidade de acabamento e de trabalhar o aspeto estético, como a criação de frisos, molduras, faixas.
- Contribuição mecânica: a contribuição mecânica que o revestimento pode ter tem a ver com os esforços de movimentação dos diferentes tipos de materiais.

As argamassas de revestimento de modo a desempenhar bem as suas funções, devem apresentar propriedades adequadas no estado fresco e endurecidas, tais como trabalhabilidade, em termos de consistência, plasticidade e coesão, capacidade de retenção de água, permeabilidade ao vapor de água, capacidade de aderência, capacidade de absorver deformações, menor módulo de elasticidade, durabilidade e resistência mecânica [5.8].

Para tal procedeu-se uma avaliação comparativa entre as características dos granitos e as características das argamassas de revestimentos em estudo.

5.8.2. Resistência mecânica

Para definir as condições a respeitar pelo granito empregue na construção de alvenarias deverá apresentar resistência mecânica à compressão, a qual é exercida sobretudo pela ação de carga como o peso das paredes, dos pisos e das coberturas. Nas características da nova argamassa a utilizar seria, em rigor, necessário conhecer as características dos elementos pré-existentes com os quais ela irá interagir. Contudo, apesar de realizado neste caso de estudo, não existe, por enquanto, um estudo sistemático destas características das paredes dos edifícios antigos em Portugal para poder comparar com este.

Uma avaliação de caso a caso destas características das paredes afigura-se apenas possível para construções de elevado interesse histórico ou arquitetónico, mas não para a grande maioria dos edifícios antigos, apesar da importância da sua preservação, com destaque para os que constituem centros históricos. No entanto, para a maioria das paredes de alvenaria mista nacionais, a experiência acumulada recomenda os limites que se compilam na tabela 26 [5.9] [5.10].

Tabela 26: Requisitos estabelecidos para as características mecânicas e comportamento de água das argamassas de revestimento para edifícios antigos (Santos, Michaël, 2015).

Uso	Características mecânicas (MPa)			Comportamento de água
	Resistência à tração	Resistência à compressão	Módulo de elasticidade	C kg/m ² .h ^{1/2}
Reboco Exterior	0,2 – 0,7	0,4 – 2,5	2000 – 5000	<12;> 8
Reboco Interior	0,2 - 0,7	0,4 – 2,5	2000 - 5000	-

Relativamente às argamassas, recomenda-se utilizar uma argamassa de resistência inferior aos elementos estruturais, de modo acomodar as deformações e concentrar as fissuras nas argamassas de revestimentos.

Como podemos constatar no gráfico 5 e 10 e na tabela 27, os granitos apresentam uma resistência à compressão de valor bastante satisfatória. O granito de grão grosso apresenta maior resistência que o granito de grão fino, o que indica que seria melhor utilizar o granito de grão grosso para as paredes resistentes e para as paredes estruturais utilizar o granito de grão fino. Relativamente às argamassas, verifica-se que apresentam valores muito inferiores aos valores dos granitos, isto permitirá que as argamassas absorvam as deformações e concentrem as fissuras em si, em vez de acomodar-se aos elementos estruturais.

5.8.3. Comportamento à água

A adequabilidade dos materiais a usar na realização de revestimentos de substituição prende-se com critérios de resistência ao desgaste, nomeadamente à ação dos agentes climáticos. Sendo assim a argamassa a formular deve dificultar a penetração da água até ao suporte, mas principalmente deve favorecer a evaporação da água que se introduziu, quer através da própria argamassa, quer através das fundações, por capilaridade ascendente, quer ainda através de coberturas e remates; não deve ter na sua constituição materiais ricos em sais solúveis [5.11] [5.12].

As argamassas de revestimento devem proteger a parede da ação da água, da ação direta dos agentes climáticos e dos sais solúveis contidos nos materiais, na água e no solo. Para poder desempenhar essas funções, o revestimento deve apresentar impermeabilidade suficiente e ter um bom comportamento aos sais. Um bom comportamento à água implica uma absorção relativamente lenta e, de novo, facilidade de secagem [5.11] [5.12].

Tendo em conta os valores obtidos nos ensaios, gráficos 2, 3, 7, 8, 9, 12 e 13 e tabela 27, verifica-se que as argamassas exteriores têm uma absorção de água por capilaridade baixo, apesar de ter uma porosidade aberta na ordem dos 40 %. Relativamente a secagem das argamassas verifica-se que é um pouco lenta. Esta lentidão da secagem das argamassas poderá causar concentração de humidade no núcleo das paredes. Olhando para os granitos verifica-se uma absorção por capilaridade muito baixo, poder-se-á dizer quase nula, e uma secagem muito rápida em relação às argamassas.

Na sequência da campanha experimental pode-se avaliar as características das argamassas selecionadas para a camada interna e de acabamento superficial. Na Tabela 27 pode-se constatar a compatibilidade destas argamassas entre si e com os suportes existentes, em particular no que se refere ao granito. Na Tabela referida comparam-se alguns parâmetros mais significativos sob esse ponto de vista.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 27: Características das argamassas e dos granitos

Ensaio	Revestimento Exterior Massa de Estender	Revestimento Exterior Massa de Esboçar	Revestimento Interior Massa de Estender	Revestimento Interior Massa de Esboçar	Granito de Grão Fino	Granito de Grão Grosso
Resistência à compressão (MPa)	4,35	1,80	0,83	1,51	70,80	92,00
Porosidade Aberta (%)	41,88	36,17	41,83	39,13	4,288	2,422
Coefficiente de capilaridade $C^{10-90min}$ ($kg/m^2.h^{1/2}$)	1,1	0,57	1,42	0,36	-	-
Coefficiente de capilaridade C^{24h} ($kg/m^2.h^{1/2}$)	4,94	3,99	4,24	4,84	0,0526	0,0329

5.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [5.1] – IPQ. *NP EN 1925 - Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade*. IPQ, Lisboa, 2000.
- [5.2] – CEN. *EN 1936 - Natural stone test methods – Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity*. CEN, Brussels, 2006.
- [5.3] – IPQ. *NP EN 1926 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da resistência à compressão*. IPQ, Lisboa, 2000.
- [5.4] - RILEM TC 25-PEM. *Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods*. Test nº II.5 – Evaporation curve. *Materials & Structures*, 13. 1980.
- [5.5] - CASTRO, Elda. *A conservação de Monumentos em pedra – Estado atual dos Conhecimentos*. LNEC, Lisboa, 1984.
- [5.6] - CASTRO, Elda. *Tratamentos de conservação de pedras em Monumentos*, LNEC, Lisboa, 1984.
- [5.7] – THOMAZ, Ércio. *Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção*. São Paulo, PINI, 2001.
- [5.8] - SABATTINI, F. H. *Agregados miúdos para argamassas de assentamento*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS. 1. 1986 São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Ligação Industrial – EPUSP, 1986.
- [5.9] - VEIGA, M. Rosário et al. *Methodologies for characterization and repair of mortars of ancient buildings*. International Seminar Historical Constructions 2001. Guimarães: Universidade do Minho, Novembro de 2001.
- [5.10] - VEIGA, M. Rosário & CARVALHO, Fernanda. *Argamassas de reboco para edifícios antigos. Requisitos e características a respeitar*. Cadernos de Edifícios, nº 2. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

[5.11] - VEIGA, M. do Rosário. *Proteção contra água de paredes de edifícios antigos. Avaliação experimental da capacidade de proteção de argamassas de reboco com base em cal*. Comunicação apresentada no Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas, REPAR 2000, Lisboa, LNEC, Junho de 2000.

[5.12] - MOROPOULOU, A. et al. *Non-destructive evaluation of the performance of mortars on historic masonries*. Proceedings of the workshop Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage. Atenas, 1998.

CAPÍTULO 6 - MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA CAPELA DE SANTO ANTÓNIO EM PICÕES

6.1. Introdução

O trabalho apresentado neste capítulo teve como principal objetivo a verificação do comportamento estrutural da Capela de Santo António, em Picões, sobre os efeitos das ações sísmicas, na qual do procedeu-se à simulação da Capela através do programa computacional SAP 2000 V15.0.

Trata-se de uma estrutura complexa devido à dificuldade em caracterizar os seus materiais construtivos. Serão simulados sismos de acordo com os Espectros de Cálculo do Euro código 8 e a respetiva análise estrutural.

6.2. Considerações Iniciais

Na grande maioria dos edifícios históricos existentes, a estrutura resistente é constituída por alvenaria de pedra. Esta foi usada na construção de estruturas durante milhares de anos, sendo por isso o material mais utilizado na construção de estruturas no passado. Atualmente a aplicação de alvenaria ainda é recorrente, embora em dimensões bem mais reduzidas do que outrora no passado, como por exemplo em edifícios individuais e em estruturas de retenção.

A utilização de alvenarias esteve sempre associada a um grande empirismo. Na atualidade o dimensionamento e verificação de estabilidade é efetuado através da análise dos estados limites. Como tal existe métodos de análise suficientemente capazes de traduzir a resposta das estruturas aos vários estados. A dificuldade de modelar o comportamento das estruturas em alvenaria, é hoje em dia uma das principais limitações à sua utilização mais corrente. O carácter heterogéneo do material e as suas propriedades intrínsecas fazem com que estas estruturas tenham um comportamento não-linear a nível físico e a nível geométrico. As estruturas de alvenaria legam da sua natureza composta um comportamento complicado associado a uma combinação não linear da forma, tamanho e propriedades mecânicas dos vários elementos que a constituem.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

As estruturas de alvenaria não podem ser corretamente estudadas utilizando os métodos convencionais de análise estrutural, como aqueles que são empregues para analisar estruturas correntes. A alvenaria possui uma estrutura heterogénea num sistema descontínuo pois são compostas por dois materiais diferentes.

As alvenarias podem estar associadas por argamassa ou então sem qualquer ligante originando juntas secas. Neste último caso os blocos interagem pelo contacto das suas superfícies rugosas e pelo atrito que nelas se desenvolve pela atuação de um esforço normal. Assim, as juntas apresentam uma determinada resistência ao deslizamento, contudo não suportam tensões de tração.

A centralização de tensões em determinados pontos conduz a um processo de formação de fendas ou de abertura e deslizamento das juntas, para o caso de juntas secas. No caso de as alvenarias serem ligadas por argamassa as fendas podem estar associadas aos dois tipos de esforços que se desenvolvem aos esforços de corte e flexão. Nas alvenarias constituídas por juntas secas a abertura de juntas resulta dos esforços de flexão e o deslizamento das juntas é originado pelos esforços de corte. Estes fenómenos são as principais causas de colapso destas estruturas. No entanto, o surgimento de fendas pode não ser um sinal prenunciador do colapso da estrutura mas sim o resultado da acomodação da estrutura a um determinado nível de carga. Para além destes dois fenómenos principais de falha, existem outros mecanismos, tais como rotura frágil das unidades por ação de tensões de tração e o esmagamento das unidades e da argamassa sob a ação de grandes tensões de compressão [6.1] [6.2].

6.3. Ações na estrutura

6.3.1. Ação sísmica

6.3.1.1. Introdução

Uma ação importante a ser considerada em certas partes do mundo é a atividade sísmica. Mesmo sismos de pequena intensidade podem levar ao colapso de estruturas rígidas. Normalmente, a resposta de estruturas a ações dinâmicas é determinada por uma análise de elementos finitos. Análises semelhantes a coberturas de cabos mostraram que estas estruturas têm um reduzido período de vibração.

Os sismos ocorrem devido a uma libertação brusca de energia, onde uma parte da qual é dissipada através de vibrações que propagam-se sob a forma de ondas de diversos tipos. Apesar dos vários fenómenos que podem dar início aos sismos, os que se originam na placa tectónica são considerados os mais importantes no ponto de vista da engenharia civil. Estes são condicionados pela existência de deformações e tensões com carácter global na crosta terrestre.

A “teoria da deriva dos continentes” desenvolvida pelo Wegener, explica a existência de deformações e tensões na crosta terrestre. Segundo a “nova tectónica global” pode considerar-se que a crosta terrestre encontra-se dividida em placas rígidas que se movem entre elas. Entre as placa, mais propriamente nas suas fronteiras entre placas, originam-se fenómenos de rotura muito complexos onde se iniciam sismos e que influenciam também o estado de tensão existente no interior das placas.

O parâmetro principal que caracteriza um sismo é a Magnitude, de Richter, que está relacionada com a energia elástica da crosta, W , dissipada durante o sismo através da expressão:

$$\log(W) = 11,8 + 1,5 \times M$$

Em que W é expresso em ergs.

As falhas da crosta originam à reprodução de dois tipos de ondas, as ondas de compressão ou primárias referidas como ondas P , e as ondas de corte ou secundárias referidas

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

como ondas S. As ondas P propagam-se a uma velocidade superior às ondas S. Sendo assim, e uma vez conhecida a velocidade dos dois tipos de onda é possível calcular a distância de um ponto de observação. As ondas P propagam-se através de rochas sólidas e da água. Já as ondas S cortam a rocha lateralmente na direção perpendicular à direção de propagação e não se propagam na água.

Quando as ondas P e S alcançam a superfície são geradas ondas de superfície. As ondas de superfície propagam-se apenas na superfície terrestre. Estas ondas dividem-se em dois tipos, sendo chamadas ondas Love e ondas de Rayleigh. O movimento das ondas Love é o mesmo das ondas S sem a componente vertical. Normalmente as ondas Love possuem velocidade superior às ondas Rayleigh. Contudo, estas ondas de superfícies propagam-se mais lentamente que as ondas P e S.

A eventualidade de surgirem vibrações sísmicas com características muito diversas torna vantajoso, para ordenamento de ideias, que se agrupem conforme o seu potencial para originar riscos de determinados tipos. A classificação de Newmark e Rosenblueth envolve quatro grupos:

- 1-Impulsos de curta duração;
- 2-Movimentos extremamente irregulares com uma duração moderada;
- 3-Movimentos de longa duração com frequências predominantes;
- 4-Movimentos produzem deformações permanentes e de grande escala no terreno.

As vibrações do grupo 1 são constituídas apenas por um único abalo. Estas ocorrem apenas a pequena distância do foco, em rocha ou terreno firme.

As vibrações do grupo 2 são vibrações extremamente irregulares de duração moderada e são características de locais em terreno firme a distâncias moderadas do foco, não apresentando normalmente uma intensidade predominante numa direção. A grande maioria das vibrações sísmicas intensas pertence a este.

As vibrações do grupo 3 caracterizam-se pela existência de uma frequência dominante. Normalmente resultam da passagem de vibrações sísmicas irregulares através de estratos geológicos de terrenos pouco rígidos, originando neles oscilações de regime quase linear.

A grande maioria dos sismos tem uma duração menor que um minuto. A interação dos vários tipos de onda com o efeito da refração e reflexão nas discontinuidades, pode resultar em formas de ondas extremamente complexas. Engenheiros e sismólogos conceberam

fórmulas relacionando os principais parâmetros de transmissão dos sismos como a duração e período dominante. Porém as ondas sísmicas são afetadas pelas condições do solo e pela topografia do terreno. Deve-se ter em conta as seguintes regras não quantitativas:

- 1). O período dominante aumenta com o aumento da magnitude, distância à falha e profundidade do aluvião;
- 2). A aceleração de pico aumenta com o aumento da magnitude e da rigidez do solo e diminui com o aumento da distância às falhas;
- 3). A duração aumenta com a magnitude;
- 4). O conteúdo do espectro de frequências de um local varia durante a passagem do tremor.

6.3.1.2. Definição da ação sísmica regulamentar

6.3.1.2.1 Condições do terreno

Para este estudo considerou-se a ação sísmica regulamentar definida pelo Eurocódigo 8, EC8.

A influência das condições locais do solo na ação sísmica em geral será considerada atendendo às sete classes de solo. A tabela 28 apresenta várias classes de solo e os diversos parâmetros que definem os tipos de terreno. Se disponível, o terreno deverá ser classificado de acordo com o valor da velocidade média das ondas de corte, $v_{s,30}$. Caso contrário, deverá utilizar-se o valor de NSPT [6.3].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 28: Tipos e Parâmetros dos vários tipos de terreno.

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$v_{s,30}$ (m/s)	NSPT (pancadas/30 cm)	C_u (kPa)
A	Rocha ou formação rochosa, incluindo no máximo 5 m de material fraco à superfície.	> 800	-	-
B	Depósitos muito densos de areias, cascalho ou argila muito compacta, com alguma espessura (na ordem das dezenas), caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade.	360 - 800	> 50	> 250
C	Depósitos fundos de areia de média/alta densidade, cascalho ou argila compacta, com espessuras consideráveis (das dezenas às centenas de metros).	180 - 360	15 -50	70 - 250
D	Depósitos de solos de média coesão soltos ou de solos de baixa coesão compactos.	< 180	< 15	< 70
E	Formações aluvionares com uma espessura entre 5 m a 20 m, com valores de v_s do tipo C ou D, situado sobre formações rochosas	< 100 (indicativo)	-	out-20
S1	Depósitos com uma espessura mínima de 10 m, constituídos por argila/sedimentos com elevado nível de plasticidade e alto nível freático.			
S2	Depósitos de solos suscetíveis de liquefação, argilas incoerentes ou outro tipo de solo que não se enquadre nas categorias acima descritas.			

6.3.1.2.2 Zona sísmica

O EC 8 define que os territórios nacionais devem ser subdivididos pelas Autoridades Nacionais em zonas sísmica consoante a casualidade sísmica local. Na figura 38 está representado o zonamento do território nacional proposto no Anexo Nacional.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

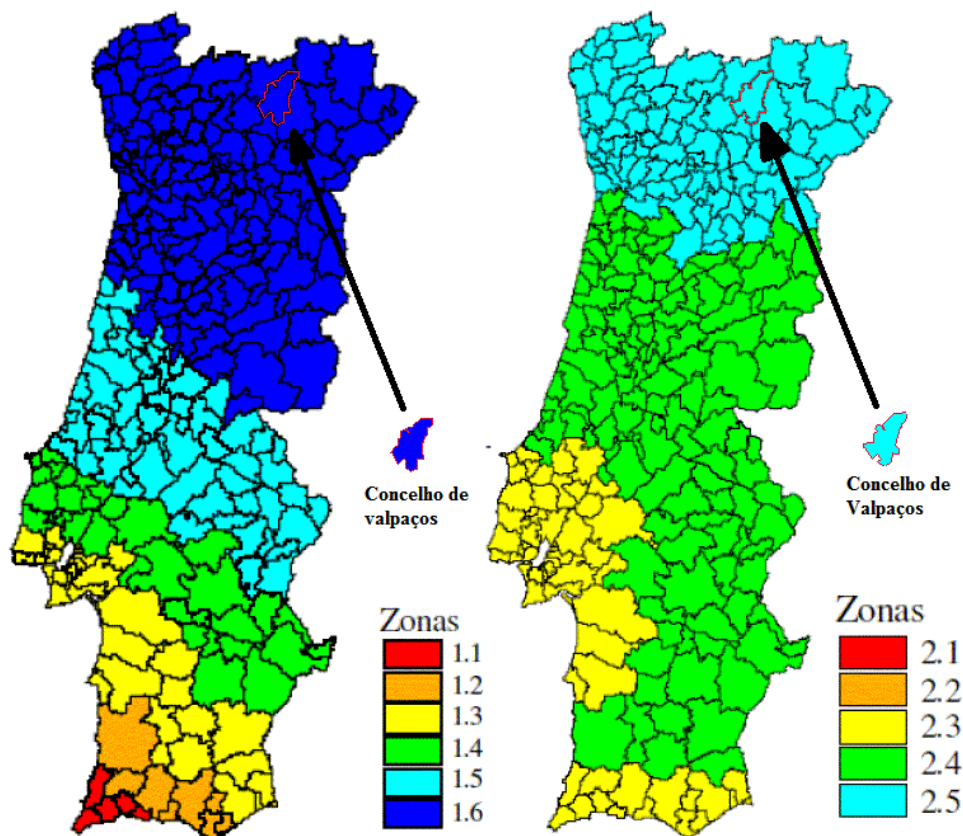


Figura 38: zonamento do território nacional consoante a casualidade sísmica local.

Em cada zona admite-se a casualidade constante. Para a maioria das aplicações do EC8, a casualidade é determinada a partir de um único parâmetro, a aceleração máxima de referência ao nível de um solo de classe A, a_{gR} . Os valores das diferentes acelerações máximas de referência podem ser consultados na tabela 29. O valor de cálculo da aceleração máxima de referência corresponde a um período de retorno de 475 anos [6.3].

Tabela 29: Aceleração máxima de referência – a_{gR} , nas várias regiões sísmicas.

Ação sísmica Tipo 1		Ação sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	-	-

6.3.1.2.3 Definição do espectro de resposta elástico

Segundo o EC8 [6.3]:

- O movimento sísmico num dado ponto da superfície do terreno é representado por um espectro de resposta elástico da aceleração à superfície do terreno;
- A forma do espectro de resposta elástica é considerada igual para os dois níveis de ação sísmica descritos para o requisito de não ocorrência de colapso e para o requisito de limitação de danos;
- A ação sísmica horizontal é descrita por duas componentes ortogonais consideradas independentes e representadas pelo mesmo espectro de resposta;
- Para as três componentes da ação sísmica, poderão adotar-se uma ou mais formas de espectro de resposta, em função das fontes sísmicas e das suas magnitudes.

6.3.1.2.3.1 Espectro de resposta elástico horizontal

Para as componentes horizontais, o espectro de resposta elástico $S_e(T)$ para o período de retorno de referência é definido pelas seguintes expressões:

$$0 \leq T_B \leq T: \quad S_e(T) = a_g \times S \times \left[1 + \frac{T}{T_B} \times (\eta \times 2,5 - 1)\right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D: \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2,5 \times \left[\frac{T_C}{T}\right]$$

$$T_D \leq T: \quad S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times 2,5 \times \left[\frac{T_C \times T_D}{T^2}\right]$$

Em que:

$S_e(T)$: ordenada do espectro de resposta elástico;

T : período de vibração de um sistema linear com um grau de liberdade;

a_g : valor de cálculo da aceleração em solo tipo A, para o período de referência;

T_B, T_C : limites do ramo de aceleração espectral constante;

T_D : valor definindo o início do ramo de deslocamento constante do espectro;

S : parâmetro de caracterização do tipo de solo;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

η : Coeficiente de correção do efeito do amortecimento, com o valor de referência $\eta=1$ para 5% de amortecimento viscoso.

Os valores de S , T_B , T_C e T_D são parâmetros de determinação nacional. A tabela 30 indica os valores propostos no Anexo Nacional NA de 2009 para a ação sísmica do tipo 1, na tabela 31 estão os valores para a ação sísmica do tipo 2 [6.3].

Tabela 30: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para Ação Sísmica Tipo 1

Tipo de terreno	S_{max}	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,00	0,10	0,60	2,00
B	1,35	0,10	0,60	2,00
C	1,60	0,10	0,60	2,00
D	2,00	0,10	0,80	2,00
E	1,80	0,10	0,60	2,00

Tabela 31: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico para Ação Sísmica Tipo 2

Tipo de terreno	S_{max}	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
A	1,00	0,10	0,25	2,00
B	1,35	0,10	0,25	2,00
C	1,60	0,10	0,25	2,00
D	2,00	0,10	0,30	2,00
E	1,80	0,10	0,25	2,00

Na figura 39 podemos ver o gráfico do espectro de resposta elástico.

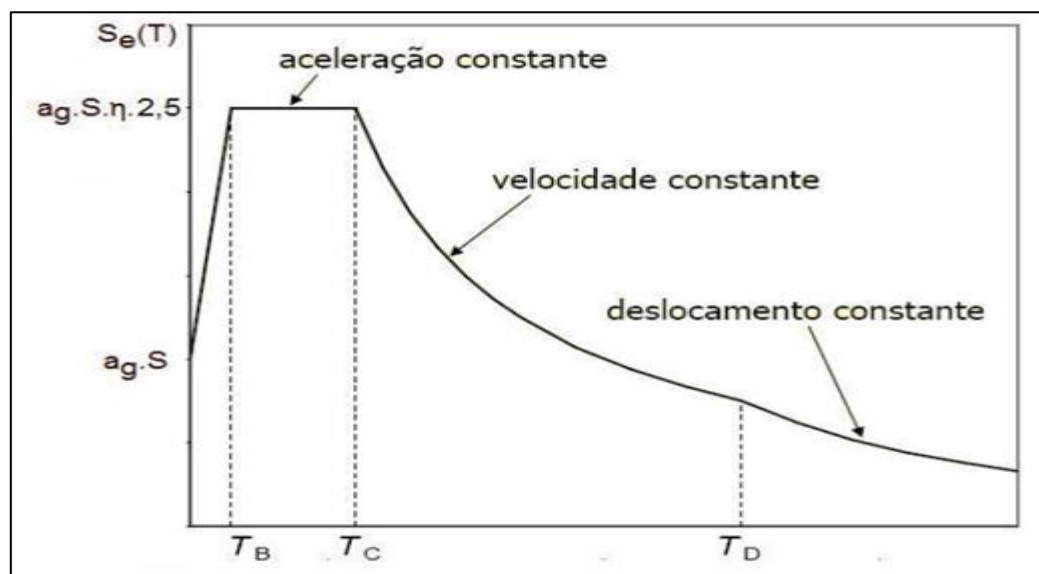


Figura 39: Espectro de resposta elástico

6.3.1.2.3.2 Espectro de resposta elástico vertical

A componente vertical da ação sísmica deve ser representada por um espectro de resposta elástico, $S_{ve}(T)$, determinado utilizando as seguintes expressões:

$$0 \leq T_B \leq T: \quad S_{ve}(T) = a_{vg} \times \left[1 + \frac{T}{T_B} \times (\eta \times 3,0 - 1)\right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_{ve}(T) = a_{vg} \times \eta \times 3,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D: \quad S_{ve}(T) = a_{vg} \times \eta \times 3,0 \times \left[\frac{T_C}{T}\right]$$

$$T_D \leq T: \quad S_{ve}(T) = a_{vg} \times \eta \times 3,0 \times \left[\frac{T_C \times T_D}{T^2}\right]$$

Os valores de T_B , T_C e T_D são parâmetros de determinação nacional. Na tabela 32 encontram-se os valores propostos no Anexo Nacional NA de 2009 para a representação da ação sísmica vertical [6.3].

Tabela 32: Valores dos parâmetros definidores do espectro de resposta elástico vertical

Espectro	Espectro de resposta elástica vertical			
	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Tipo 1	0,90	0,05	0,15	1,00
Tipo 2	0,45	0,05	0,15	1,00

6.3.1.2.4 Classes de importância

O Euro Código 8 classifica os edifícios em quatro classes de importância. A cada classe de importância está associado um coeficiente de importância, como se pode ver na tabela 33.

Para classificar a importância de um edifício em caso de colapso, é considerado a importância deste para as vidas humanas, para a segurança pública e proteção civil imediatamente após o sismo e as consequências sociais e económicas do colapso.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 33: Classes de importância.

Classe de importância	Edifícios
I	Edifícios de importância menor para a segurança pública, como por exemplo edifícios agrícolas.
II	Edifícios correntes, não pertencentes às outras categorias.
III	Edifícios cuja resistência sísmica é importante tendo em vista as consequências associadas ao colapso, como por exemplo escolas, salas de reunião, instituições culturais.
IV	Edifícios cuja integridade em caso de sismo é de importância vital para a proteção civil, como por exemplo hospitais, quartéis de bombeiros, centrais elétricas.

Tabela 34: Coeficientes de importância γ_i

Ação Sísmica Tipo	Classe de Importância	γ_i	
I	I	0,65	
	II	1,00	
	III	1,45	
	IV	1,95	
II	Continente	I	0,75
		II	1,00
		III	1,25
		IV	1,50
	Açores	I	0,85
		II	1,00
		III	1,15
		IV	1,35

Na tabela 34 estão os vários coeficientes de importância, definidos pelo Anexo Nacional NA, de 2009.

6.3.1.2.5. Combinação de efeitos das componentes horizontais e vertical da ação sísmica

Para refletir a multidireccionalidade da ação sísmica, devem-se fazer análises considerando a atuação de componentes em várias direções simultaneamente.

O Eurocódigo apresenta várias formas de combinação dos diversos componentes da ação sísmica.

Uma das maneiras de considerar a multidireccionalidade da ação sísmica é considerar a pior das seguintes combinações:

$$AEx + 0,30 \times AEy + 0,30 \times AEz$$

$$0,30 \times AEx + AEy + 0,30 \times AEz$$

$$0,30 \times AEx + 0,30 \times AEy + AEz$$

Em que AEx , AEy e AEz são as ações sísmicas nas direções X, Y e Z.

6.3.2. Outras ações

Além da ação dos sismos, do vento e da neve, existem outras ações atuando sobre a estrutura, sendo a ação do pré-esforço, do peso próprio da estrutura e a ação da temperatura ambiente.

Nas ações permanentes, na maioria dos casos o pré-esforço é a ação mais importante. A extensão da força de pré-esforço difere de estrutura para estrutura mas, devido à tensão de relaxação, não deve ser superior a 45% da força de rotura do cabo.

A ação das variações da temperatura ambiente sobre as estruturas pode ser de dois tipos:

- Variações uniformes;
- Diferenciais de temperatura.

As variações uniformes correspondem às variações anuais da temperatura ambiente que levam constantemente a estados térmicos que se podem supor regulares em todos os elementos da estrutura. As variações diferenciais de temperatura correspondem às variações rápidas da temperatura ambiente que originam gradientes térmicos na estrutura.

Evidentemente, as diferentes atuantes na estrutura não são consideradas separadamente. Necessitarão ser consideradas combinações de ações, estas especificadas na regulamentação nacional para cada caso de carga.

6.3.3. Combinações de ações

Para cada caso de carga, os valores de cálculo dos efeitos das ações, E_d , devem ser calculados concordando os valores das ações que podem ocorrer em simultâneo. Cada combinação de ações deve incluir:

- Uma ação variável de base da combinação;
- Uma ação accidental.

Quando os resultados de uma averiguação dependerem das mudanças da intensidade de uma ação permanente de zona para zona da estrutura, as componentes desfavoráveis e favoráveis dessa ação devem ser consideradas como ações individualizadas.

A averiguação dos estados limites é feita, no Eurocódigo 0, pelo método dos coeficientes parciais. Na utilização deste método deve averiguar-se para quaisquer as situações de projeto que nenhum estado limite é superado quando se utilizam, nos modelos de cálculo, os valores de cálculo das ações ou dos efeitos das ações e das resistências. As ações que por razões físicas, não podem ocorrer em simultâneo, não devem ser consideradas na mesma combinação. Os valores de cálculo devem ser alcançados utilizando o valor característico, ou outros valores representativos das ações em combinações com os coeficientes parciais. Os estados limitem que devem ser verificados são [6.4]:

- Estados limites últimos;
- Estados limites de utilização.
- As combinações de ações a considerar em estado limite último são:

I. Combinações fundamentais dadas por:

$$\sum \gamma G_{k,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma Q_{k,1} Q_{k,1} + \sum \gamma Q_{k,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

II. Combinações accidentais:

$$\sum \gamma G_{k,j} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

A escolha de $\gamma_{1,1} Q_{k,1}$ ou $\gamma_{2,1} Q_{k,1}$ deve ter em conta a situação de projeto accidental considerada. As combinações de ações para situações de projeto accidentais devem:

- Envolver uma ação de acidente explícita A (incêndio ou impacto);
- Ou referir-se a uma situação após ocorrência de um acidente ($A=0$).

III. Combinação sísmica:

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

$$\sum \gamma G_{j,j} G_{k,j} + P_k + A_{Ed} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Quanto aos estados limites de utilização, as combinações de ações a ter em conta nas situações de projeto consideradas devem ser adequadas aos requisitos de utilização e aos critérios de desempenho a verificar. As combinações a considerar em estados limites de utilização são:

I. Combinação característica:

$$\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

II. Combinação frequente:

$$\sum G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

III. Combinação quase permanente:

$$\sum G_{k,j} + P + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Os símbolos presentes nas combinações expostas definem-se:

A_d - Valor de cálculo de uma ação de acidente;

A_{Ed} - Valor de cálculo de uma ação sísmica. $A_{Ed} = \gamma_I \times A_{Ek}$;

A_{Ek} - Valor característico de uma ação sísmica;

γ_I - Coeficiente de importância;

$G_{k,j}$ - Valor característico de uma ação permanente j;

P - Valor representativo de uma ação de pré-esforço;

P_k - Valor característico de uma ação de pré-esforço;

$Q_{k,1}$ - Valor característico da ação variável de base da combinação 1;

$Q_{k,i}$ - Valor característico da ação variável acompanhante i;

$\gamma G_{j,j}$ - Coeficiente parcial relativo à ação permanente j

$\gamma Q_{k,i}$ - Coeficiente parcial relativo à ação variável i;

ψ_0 - Coeficiente para a determinação do valor de combinação de uma ação variável;

ψ_1 - Coeficiente para a determinação do valor frequente de uma ação variável;

ψ_2 - Coeficiente para a determinação do valor quase permanente de uma ação variável;

Os valores de $\gamma G_{k,i}$ são:

$\gamma G_{k,i} = 1,0$ nos casos favoráveis;

$\gamma G_{k,i} = 1,35$ nos casos desfavoráveis;

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:

Propostas de intervenção e salvaguarda

Os valores de $\gamma_{Q,i}$ são:

$\gamma_{Q,i} = 1,5$ nos casos desfavoráveis

$\gamma_{Q,i} = 0$ nos casos favoráveis

Os valores de ψ_0, ψ_1, ψ_2 , recomendados para edifícios são os expostos na tabela 35.

Tabela 35: Valores recomendados dos coeficientes ψ para edifícios

Ação	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecargas em edifícios			
Categoria A: zonas de habitação	0,7	0,5	0,3
Categoria B: zonas de escritórios	0,7	0,5	0,3
Categoria C: zonas de reunião de pessoas	0,7	0,7	0,6
Categoria D: zonas comerciais	0,7	0,7	0,6
Categoria E: zonas de armazenamento	1	0,9	0,8
Categorias F: zonas de tráfego	0,7	0,7	0,6
Pesos dos veículos $\leq 30\text{KN}$			
Categorias G: zonas de tráfego	0,7	0,5	0,3
$30\text{KN} \leq \text{Pesos dos veículos} \leq 160\text{KN}$			
Categoria H: coberturas	0	0	0
Ação da neve em edifícios			
Obras localizadas a altitude $H > 1000\text{m}$ acima do nível do mar	0,7	0,5	0,2
Obras localizadas a altitude $H \leq 1000\text{m}$ acima do nível do mar	0,5	0,2	0
Ação do vento em edifícios	0,6	0,2	0
Temperatura em edifícios	0,6	0,5	0

6.4. Modelação em SAP 2000 v17

6.4.1. Introdução

O programa SAP 2000 V15.0 compõe uma utensílio forte no âmbito da engenharia civil. Neste subcapítulo irá se dar uma breve introdução sobre o programa SAP 2000 V15.0 e às suas capacidades, bem como às opções disponíveis para realizar-se uma análise dinâmica e estrutural da Capela de Santo António.

6.4.2. Métodos dos elementos finitos

O método dos elementos finitos permite obter soluções aproximadas para modelos estruturais, dividindo uma estrutura complexa em várias subestruturas simples com

comportamento conhecido, designadas por "elementos finitos", com garantia de continuidade entre cada uma delas e verificação das condições de fronteira. É indicado como o método de discretização espacial mais adequado para aplicações com relações constitutivas não lineares [6.5].

A resolução de problemas lineares por integração das equações fundamentais é limitada, pela sua complexidade, a estruturas de geometria e carregamento simples. Enquanto no caso de problemas elásticos lineares, a utilização do método dos elementos finitos conduz a um sistema de n equações a n incógnitas, em problemas não lineares tal não se verifica. Se se pretender que o material apresente um comportamento, por exemplo, elasto-plástico, surgem dificuldades adicionais que restringem a aplicação do método, obrigando à consideração de hipóteses simplificativas [6.6].

Em estruturas complexas, o número de equações diferenciais resultantes deste método pode ser muito grande, sendo necessário o auxílio de métodos numéricos computacionais que englobem a discretização das estruturas, para chegar a resultados satisfatórios para campos de tensões e deslocamentos [6.7].

6.5. Análise sísmica da capela

6.5.1. Estrutura e materiais

O edifício da Capela de Santo António é constituído estruturalmente por elementos verticais em alvenaria de pedra, pavimentos horizontais em pedra e por uma abóbada de berço de arco de volta inteira. A cobertura da galilé é constituído por barrotes de madeira.

As paredes exteriores são em alvenaria de pedra irregular com acabamento a reboco pintado, de espessura variável. Estas paredes são constituídas à base de pedras de pequena e média dimensão, ligadas por argamassas pobres de cal e saibro. As paredes de alvenaria têm globalmente um bom comportamento em compressão, induzido geralmente pelas ações gravíticas, e não para esforços de flexão ou tração. A deficiente resistência a esforços de tração deve-se, por um lado às próprias características dos materiais que as compõem, a pedra natural, e quando existe, a argamassa, e sobretudo pela ligação entre os elementos constituintes [6.8]. Para a definição das propriedades mecânicas da alvenaria foi feita uma pesquisa bibliográfica a estudos sobre construções com materiais similares aos existentes na Quinta de Picões.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Desta forma, definiu-se que o edifício em estudo era composto pelos seguintes materiais:

- Alvenaria de pedra, usada como principal material na conceção da estrutura;
- Madeira de Castanho, usado apenas para estrutura de cobertura.

Definiu-se, na 36, resumidamente as propriedades consideradas para a alvenaria de pedra que constitui as paredes resistentes e para a madeira que constitui as coberturas.

Tabela 36: Características mecânicas dos materiais

Materiais	Peso específico (KN/m³)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coefficiente de Poisson
Alvenaria de Pedra [6.9]	20,0	1,44	0,2
Madeira de Castanho [6.10]	6,0	10,00	0,2

6.5.2. Restante Cargas permanentes e Sobrecarga

Os valores para as restantes cargas permanentes são os indicados na tabela 37.

Tabela 37: Valores característicos da restante cargas permanentes a considerar no edifício.

Materiais	Peso Específico
Telha Canal [6.11]	1,2 KN/m ²
Terra [6.11]	18 KN/m ³

O valor para a sobrecarga que foi considera foi de 0,3 KN/m².

6.5.3. Modelo Estrutural

Na simulação do comportamento estrutural de construções antigas, o modelo desenvolvido apresenta uma complexidade particular, especialmente no que diz respeito à definição do sistema estrutural, à quantificação das ações, mas principalmente em relação às propriedades e leis de comportamento dos materiais constituintes.

A definição de uma malha de elementos finitos apta para respeitar e particularizar diversas zonas com comportamento distinto é uma agreste tarefa que requer potentes geradores automáticos de malhas tridimensionais.

A caracterização física e mecânica dos materiais constitui outra etapa com umas consideráveis dificuldades e incertezas que deve ser observada em função do tipo de análise desejada. Para se obter resultados globais sob hipótese de comportamento linear elástico,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

como frequências e modos de vibração, a adoção de características mecânicas homogêneas, em toda ou em partes da estrutura, pode constituir uma estratégia adequada. O sucesso de tal opção dependerá fortemente das estimativas feitas para tais características mecânicas. No entanto, se o objetivo passa por ser no conseguimento de resultados mais detalhados a um nível mais local, como tensões, abertura de fendas, então, não só se requer uma modelação mais fina como também os materiais devem ser caracterizados atendendo ao seu real comportamento não-linear.

Neste estudo adotou-se para a análise com base no método de elementos finitos e um modelo de comportamento elástico-linear. Os modelos elástico-lineares podem fornecer resultados preliminares na avaliação das estruturas tradicionais, particularmente no que diz respeito às zonas críticas, auxiliar na interpretação das causas de danos estruturais.

O modelo para simulação do comportamento da estrutura dos edifícios foi desenvolvido no programa de cálculo automático de estruturas, SAP2000 V15.0. A geometria do modelo estrutural dos edifícios foi definida a partir de desenhos em formato digital, facultados em ficheiros de CAD e fotografias, complementada, com visitas técnicas aos edifícios. O modelo tridimensional global da estrutura, figura 40, é composto por uma malha de elementos de casca retangulares de quatro nós para as paredes e de elementos de barra de dois nós para os barrotes do pavimento. As alvenarias de pedra foram modeladas, como já foi referido, com elementos de casca, e todas as aberturas das fachadas foram consideradas no modelo. A estrutura de cobertura em madeira foi modelada através de elementos de barra de dois nós, rotulados nas ligações às paredes. As fundações ao nível do piso térreo foram assumidas como rígidas.

Foram consideradas como condições-fronteira as que melhor representam o real comportamento da estrutura. Assim foram adotados apoios impedindo os deslocamentos nas três direções, nos pilares da galilé, e foram adotados apoios impedindo os deslocamentos em duas direções, nas paredes da capela, conforme representado na figura 40.

O procedimento de análise adotado consistiu no cálculo global, no qual a estrutural global foi analisada em regime de comportamento linear elástico, sob a ação do seu peso próprio, das sobrecargas estimadas, da ação sísmica nas duas direções ortogonais independentes, X e Y, e nas várias combinações estimadas.

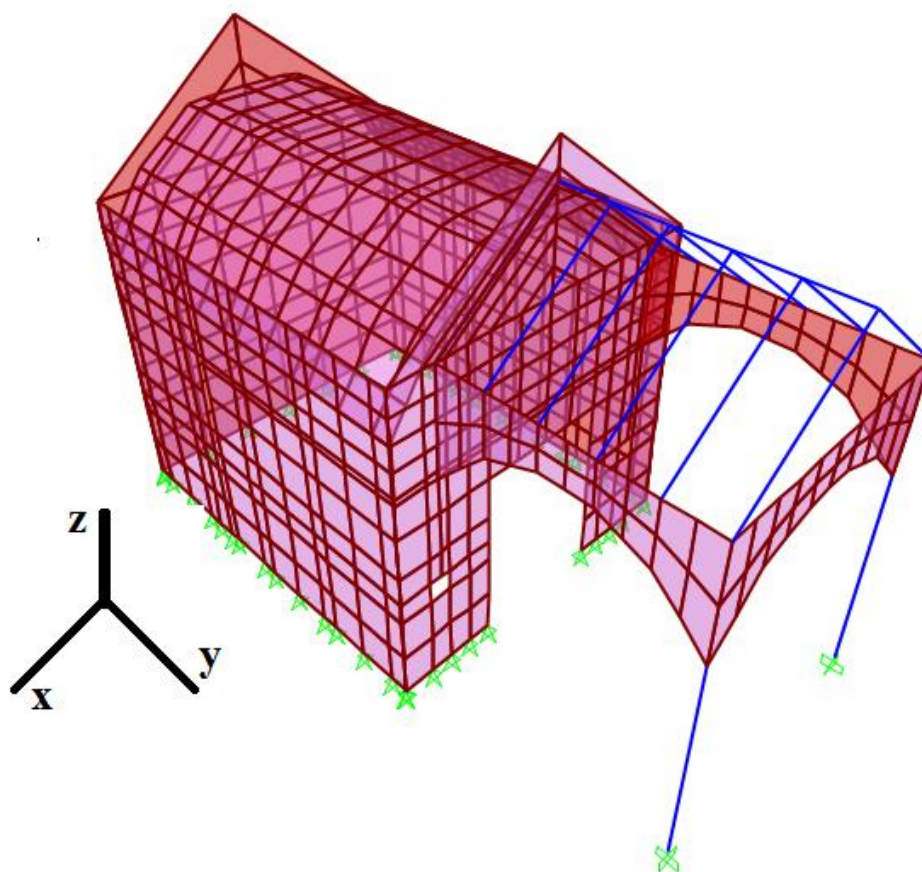


Figura 40: Modelação da capela.

6.5.4. Ação sísmica

Na verificação da segurança estrutural considerou-se, a ação sísmica correspondente ao espectro de resposta regulamentar para o sismo tipo I e para o sismo tipo II. Relativamente ao terreno, foi considerado um terreno tipo B dadas as características do solo de fundação, que é considerado um terreno como um depósito muito denso de areias, cascalho ou argila muito compacta, com alguma espessura, na ordem das dezenas, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade. Na zona sísmica foi considerada uma zona sísmica 1.6 para a ação sísmica do tipo I. e uma zona sísmica 2.5 para ação sísmica do tipo II.

Nas análises sísmicas, e para cada intensidade, considerou-se a ação sísmica atuando segundo duas direções horizontais independentes, X e Y, que correspondem às direções de desenvolvimento dos elementos resistentes verticais dos edifícios.

6.5.5. Combinações de ações

Na definição das combinações de ações consideradas para o presente estudo pretendeu-se, por um lado, a verificação da segurança para as condições regulamentares, incluindo o estado limite último de resistência. As combinações de ações consideradas resumem-se na tabela 38.

Tabela 38: Combinações de ações consideradas

Combinação	DEAD	CP	SC	SISMO X TIPO I	SISMO Y TIPO I	SISMO X TIPO II	SISMO Y TIPO II
COMB 1	1,35	1,35	1,5	-	-	-	-
COMB 2 SISMO X TIPO I	1,0	1,0	0,3	1,0	-	-	-
COMB 2 SISMO Y TIPO I	1,0	1,0	0,3	-	1,0	-	-
COMB 2 SISMO X TIPO II	1,0	1,0	0,3	-	-	1,0	-
COMB 2 SISMO Y TIPO II	1,0	1,0	0,3	-	-	-	1,0

6.5.6. Análise e interpretação dos resultados

Para efetuar posteriormente a análise não linear da Capela de Santo António, edifício em estudo, é efetuada uma análise linear elástica. Esta análise permite compreender a distribuição dos campos de tensões elásticos e efetuar a análise não linear das paredes de alvenaria. Tem-se assim como referência o estudo da tese de doutoramento de Graça Vasconcelos (2005) e da tese de doutoramento de Celeste Almeida o qual será o ponto de partida para o estudo da alvenaria ($f_c = 5,0 \text{ N/mm}^2$ e $f_t = 0,11 \text{ N/mm}^2$) [6.12] [6.13] [6.14] [6.15]. É ainda de referir que este capítulo é referente a uma análise linear elástica de comportamento do edifício, para que seja possível uma caracterização da análise não linear, muito mais próxima do comportamento real do edifício.

Após a análise da estrutura efetuada no programa de cálculo automático, SAP2000, chega-se à conclusão que as tensões SI 11, tensões normais horizontais, e SI 22, tensões

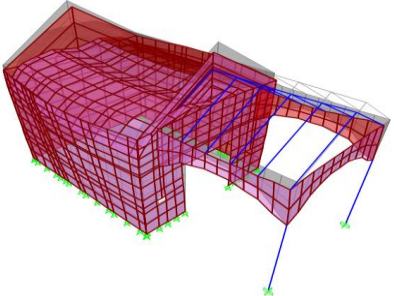
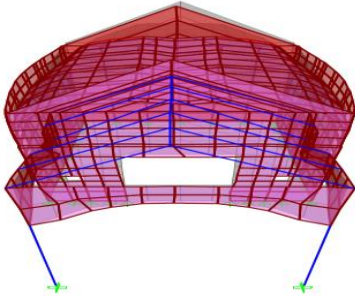
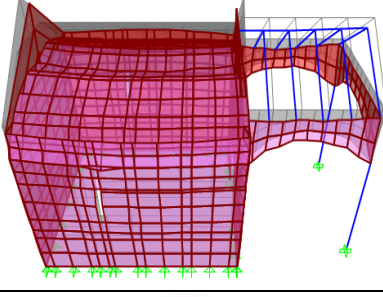
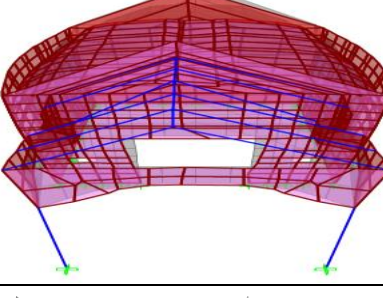
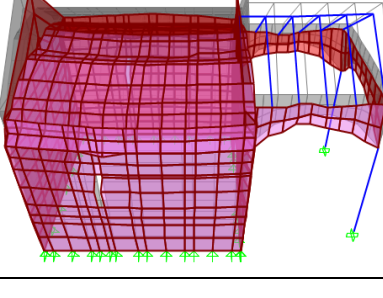
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

normais verticais, mais desfavoráveis para todas as combinações são as que se apresentam na tabela 39.

Analisando a tabela 39, as tensões de rotura à compressão para todas combinações, denota-se que os valores obtidos dos resultados não excedem ao valor adotado para a resistência, o que vai de encontro com o esperado. Relativamente as tensões de rotura à tração, denota-se que os valores obtidos dos resultados excedem ao valor adotado para a resistência, com exceção de alguns casos pontuais no grupo da abóbada, sobretudo nas tensões SI 22. Ainda no grupo da abóbada, nas tensões SI 11, os valores obtidos dos resultados não se distanciam muito do valor adotado para resistência, estando aproximadamente do valor do adotado para a resistência. Acaba por ser no grupo dos arcos, que os valores obtidos dos resultados se distanciam mais do valor adotado para resistência. Enquanto no grupo das paredes, os valores obtidos acabam por se distanciar mais do valor adotado para resistência nas tensões SI 11. Nas tensões SI 22 do grupo das paredes, os valores obtidos acabam por estar aproximadamente do valor adotado para resistência [6.16] [6.17] [6.18]. Os diagramas das tensões e as figuras da deformada da Capela de Santo António encontram-se no anexo V.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Tabela 39: Tensões máximas de rotura à compressão e tração.

Combinação	Tensão	ARCOS	ABÓBADA	PAREDES	DEFORMADA
		KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²	
COMB1	SI 11	ft	173,84	137,46	
		fc	246,98	835,20	
	SI 22	ft	349,00	81,19	
		fc	604,51	764,30	
		ft	349,00	81,19	
		fc	604,51	764,30	
COM 2 SISMO X TIPO I	SI 11	ft	186,56	109,84	
		fc	152,44	612,34	
	SI 22	ft	292,63	59,75	
		fc	480,73	531,10	
		ft	292,63	59,75	
		fc	480,73	531,10	
COM 2 SISMO Y TIPO I	SI 11	ft	146,36	107,65	
		fc	150,60	612,81	
	SI 22	ft	296,27	59,76	
		fc	477,08	547,75	
		ft	296,27	59,76	
		fc	477,08	547,75	
COM 2 SISMO X TIPO II	SI 11	ft	260,88	121,42	
		fc	141,05	611,48	
	SI 22	ft	471,20	60,04	
		fc	444,52	499,11	
		ft	471,20	60,04	
		fc	444,52	499,11	
COM 2 SISMO Y TIPO II	SI 11	ft	198,66	116,40	
		fc	134,62	612,55	
	SI 22	ft	284,16	60,06	
		fc	436,18	537,48	
		ft	284,16	60,06	
		fc	436,18	537,48	

6.6. Conclusão

Da análise anterior, conclui-se que as deformações muito mais pronunciadas acontecem na direção X já que é essa a direção menos rígida.

Analisando as distribuições de tensões de tração as zonas mais suscetíveis encontram-se nos arcos, onde haja as aberturas, como janelas e portas, e no topo das fachadas laterais. Constata-se que os limites de resistência nunca são excedidos em nenhum caso.

Relativamente, as tensões de compressão as zonas mais solicitadas encontram-se no topo da abóbada e nos cantos das fachadas e dos arcos, sobretudo nas combinações sísmicas de ações. A partir disto, conclui-se que são sempre zonas de maior concentração de esforços, porque são significativamente solicitadas nas duas direções. Ao contrário das tensões de tração, constata-se que as tensões de compressão, em todos os casos excedem os limites da resistência.

O mecanismo que pode constituir maior risco de acontecer nesta estrutura em alvenaria, verifica-se nas fachadas, onde poderia levar ao derrubamento ou rotura dela própria, e na abóbada, onde poderia ocorrer ao seu colapso.

Face aos critérios de modelação e aos resultados obtidos, pode-se dizer que as ações permanentes contribuem significativamente para a instalação das tensões atuantes na ordem de grandeza observada aquando do efeito da ação sísmica.

Apesar de as tensões SI11 e SI22 observadas superarem as tensões máximas resistentes, estas situações acontecem em zonas localizadas, possivelmente devido à modelação numérica que não representará bem a realidade, e por isso não serão condicionantes para a estabilidade da estrutura.

Então é possível concluir que tendo em conta a ação sísmica regulamentar não colocará em causa a segurança estrutural da capela. Comprovam estas conclusões, a existência da capela ao longo dos séculos, na qual tendo já sofrido alguns sismos históricos [6.16] [6.17] [6.18].

6.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [6.1] - ACARY, V., JEAN, M. *Numerical simulation of monuments by the contacts dynamics method*. In DGEMN-LNEC-JRC, editor, Monument-98, Workshop on seismic performances of Monuments, November, 1998
- [6.2] – SILVA, Bruno; GUEDES, João Miranda; Costa, Aníbal. *Estratégias de Modelação Numérica no estudo de Estruturas Históricas. Experiência do NCREP (FEUP)*. Congresso Património 2010. Porto, 2010.
- [6.3] – IPQ. *EUROCÓDIGO 8, Parte 1.1:Regras gerais-Ação sísmica e requisitos gerais para as estruturas*. IPQ, Lisboa, 2010.
- [6.4] - IPQ. *EUROCÓDIGO 0, Parte 1.1:Bases para o projeto de estruturas*. IPQ, Lisboa, 2009.
- [6.5] - GAGO, António M. C. S. *Análise estrutural de arcos, abóbadas e cúpulas – Contributo para o estudo do Património Construído*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2004
- [6.6] - AZEVEDO, Álvaro F. M. *Análise Não Linear de Estruturas Planas de Betão Armado*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1985.
- [6.7] - JUSTO, Rodrigo A. E. G. *Comparação do Desempenho e de Funcionamento de Programas Comerciais (ANSYS e SAP2000) Focado à Análise Sísmica*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010.
- [6.8] - ROQUE, João Carlos A. *Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2002.
- [6.9] – CAMELO, Rui Vasques. *Modelação Numérica de Edifícios Históricos de Alvenaria*. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa, 2010.
- [6.10] – RAMOS, José Luís Ferreira da Silva. *Análise Experimental e Numérica de Estruturas Históricas de Alvenaria*. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 2002.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

- [6.11] –GIUGLIANI, Eduardo. *Cargas atuantes sobre estruturas*. Apontamentos da disciplina sistemas estruturais II da Faculdade de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.
- [6.12] - VASCONCELOS, Graça. *Experimental investigations on the mechanics of stone masonry: characterization of granites and behavior of ancient masonry shear walls*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 2005.
- [6.13] – ALMEIDA, Celeste. *Paredes de alvenaria do Porto: tipificação e caracterização experimental*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [6.14] – MOTA, Kátia. *Caracterização e tipificação in Situ de paredes de alvenaria de pedra*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [6.15] – CARVALHO, Fábio. *Avaliação numérica da relação entre as propriedades mecânicas da alvenaria de pedra e as dos seus constituintes, para ações verticais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [6.16] - COSTA, Alexandre A.; ARÊDE; António; COSTA, Aníbal. *Avaliação do Comportamento Fora-do-Plano de Paredes de Alvenaria*. Artigo científico, Porto, 2010.
- [6.17] - COSTA, Alexandre A.; COSTA, Aníbal; DIZ, Sérgio. *Técnicas de reforço em edifícios de alvenaria*, in 5^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa 2014.
- [6.18] – ROMÃO, X.; COSTA, A.A.; PAUPÉRIO, E.; RODRIGUES, H.; VICENTE, R.; VARUM, H.; COSTA, A. *Field observations and interpretation of the structural performance of constructions after the 11 May 2011, Lorca earthquake*, in Engineering Failure Analysis, Porto, 2013.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÃO FINAL E PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

7.1. Considerações gerais

A realização desta dissertação, que envolveu uma quinta privada, constituiu um aliciante desafio pelo facto de localizar-se nas minhas origens e pelo seu grande valor patrimonial, construída com materiais e técnicas da época.

O património nacional é imensurável e a cada dia que passa o seu estado de conservação, colocando em perigo a preservação dos nossos valores, da nossa cultura, a qual temos por obrigação salvaguardar e transmitir às gerações vindouras.

O estudo dos edifícios históricos da Quinta de Picões foi realizado tendo em vista a avaliação do seu estado de conservação e como objetivo fornecer elementos de apoio a uma proposta de intervenção de reabilitação futura. Como tal, foi indispensável a inspeção e diagnóstico das patologias, mesmo para o reconhecimento dos problemas e a compreensão das suas causas e posteriormente foi desenvolvido um modelo numérico, com base na correta implantação de toda a geometria dos elementos estruturais da Capela de Santo António, utilizando o programa SAP2000, para avaliar o comportamento do edifício em causa de ocorrência de sismo. Em termo gerais, a Quinta de Picões encontra-se num estado de deterioração extremamente avançado, para isso muito contribui o abandono da quinta e o estado de conservação da cobertura, quase inexistente na maioria dos edifícios, restando apenas alguns edifícios com uma cobertura em condições mínimas. Este facto permitiu a penetração da água das chuvas, atacando diretamente as madeiras e as paredes.

Apesar de existir legislação em vigor para a preservação e salvaguarda do património arquitetónico-cultural, esta tem-se mostrado ineficaz como solução, visto que são bem visíveis os inúmeros valores patrimoniais ainda abandonados à contínua degradação. Então podemos dizer que a melhor forma de preservar o património arquitetónico-cultural existente, é apostar numa prevenção mais alargada, apostando na aplicação de métodos expeditos e hábeis, evitando intervenções profundas as quais exigem técnicas muito complexas, de custos excessivamente elevados e as quais principiam, por vezes, conflitos com os critérios de autenticidade, compatibilidade e reversibilidade dos edifícios.

Apesar da quantidade de bibliografia disponível e de estudos até agora efetuados, já consideráveis, verifica-se que Portugal tem um extenso trilho a percorrer no que diz respeito a políticas de preservação e salvaguarda, deixando que se percam no tempo e que sejam invadidos pela natureza, valores que nós foram confiados pelos nossos antepassados e os quais, hoje, temos a obrigação de manter e transmitir às gerações vindouras, como prova viva da nossa cultura e das nossas origens.

7.2. Conclusões sobre o estado de conservação das alvenarias e sugestões de reparação

Regra geral, a pedra é um material durável mas que entra em decaimento ao longo do tempo devido a diversos fatores externos. Esses diversos fatores a que a pedra esteve exposta influenciam os métodos que melhor se adaptam no restauro e reconstrução das alvenarias [7.1].

Após a análise arquitetónica e construtiva do edifício, o levantamento das anomalias estruturais e não estruturais da Quinta de Picões é possível tirar uma conclusão do estado de conservação das alvenarias e efetuar uma proposta de reparação e restauro.

Concluiu-se que a maioria das patologias existentes nos edifícios históricos da Quinta de Picões devem-se infiltrações de águas das chuvas, que conduzem facilmente ao aparecimento de anomalias nas estruturas de madeiras e nas alvenarias. No entanto, também se verificam ao nível da colonização biológica, vegetação parasitária e nas fundações.

Ao longo do tempo, tem-se verificado uma grande evolução das técnicas para a preservação das alvenarias. As soluções que se irão propor vão ter em conta as exigências fundadas nas diferentes Cartas e Princípios de Convenções mencionadas no capítulo I.

Para a eliminação da vegetação parasitária, como as raízes e plantas que podem ter efeitos mecânicos no edifício, o método mais habitual para à sua eliminação é o recurso a herbicidas. No entanto, a seleção do herbicida deve ter em conta a toxidade para a espécie humana, animal e não afetar culturas onde haja vegetação sobre proteção.

No entanto, a aplicação do herbicida deve ter em conta a forma mais adequada, como o período de tempo de aplicação. Tendo em conta o clima em Portugal, o herbicida deverá ser aplicado durante a estação da primavera [7.2].

Para a eliminação de musgos e líquenes existem vários biocidas adequados. No entanto verifica-se que nos edifícios da Quinta de Picões que os líquenes são a colonização

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

biológica mais predominante. Sendo assim, torna-se necessário para a sua eliminação recorrer a meios mecânicos, através de pinças e/ou espátulas, seguido da utilização de biocidas. No final da aplicação do biocida deve-se efetuar várias lavagens para a remoção de quaisquer vestígios. Para evitar no futuro o aparecimento de musgos e líquenes podemos aplicar uma rede metálica, onde os constituintes metálicos das redes vão reagir com a água da chuva produzindo óxidos e carbonatos que vão impedir o aparecimento dos organismos biológicos. [7.2].

Para a limpeza da pedra, e visto o grau de deterioração das fachadas e de alteração do granito, o método de limpeza mais adequado e menos agressivo para a pedra é a limpeza com laser. O impacto dos raios laser, provoca um aquecimento de uma curta duração sobre a pedra [7.2].

Para a remoção das anomalias nas fundações, deve-se efetuar sondagens, de forma a permitir uma melhor observação da fundação e do terreno. Para tal deve-se proceder à consolidação e preenchimento dos vazios existentes no terreno de fundação. Contudo, antes de dar início ao sistema de consolidação do terreno de fundação deve-se proceder ao desvio de cursos de água que podem estar a desaguar no edifício, bem como a construção de uma rede de drenagem de águas pluviais, visto que é inexistente nos edifícios. Após a sua realização, deve-se utilizar injeções de caldas de cimento de forma a preencher os vazios existentes no terreno. Relativamente às alvenarias da fundação, a solução passa pelo preenchimento das cavidades existentes nas alvenarias da fundação. Este preenchimento consiste na injeção de caldas com base em cal hidráulicas ou cimento. Normalmente, as caldas mais utilizadas são compostas à base de cimento e as menos utilizadas são compostas por resinas epoxídicas, unicamente por questões relacionadas ao seu custo elevado. As injeções de calda são realizadas por gravidade ou a baixa pressão de maneira a não provocar efeitos negativos na alvenaria [7.3]. Também deve-se ter em conta ao alargamento da base da fundação, visto que serão realizadas intervenções para o reforço das paredes da alvenaria, colocação de pavimentos e coberturas. As atuais larguras de base das fundações poderão não oferecer a resistência suficiente para as novas cargas impostas pelas paredes de alvenaria restauradas, pavimentos e coberturas. Será assim necessário recorrer ao recalçamento das fundações de alvenaria. No entanto, este recalçamento das fundações é uma operação complexa, visto que os edifícios antigos transferem elevadas cargas para as fundações. Então

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

torna-se necessário que a operação seja realizada por troços que devem ser sucessivamente escavados e betonados, recorrendo a enchimentos de betão simples ou armado. O alargamento da base das fundações deverá ser efetuado através de pregagens laterais que reforçam a ligação entre o betão novo e a alvenaria antiga [7.3].

Para a consolidação de alvenaria, deve-se proceder à substituição do material degradado, com remoção do material constituinte da parede na zona degradada e reconstituição da mesma. Antes de dar início à reconstrução de um novo troço de alvenaria, a superfície da antiga alvenaria deverá ser limpa de preferência com água corrente. Nas construções de alvenaria de pedra à vista deverá se efetuar uma prévia numeração das peças, de forma a facilitar a sua reaplicação. Essa reconstituição é realizada colocando uma alvenaria semelhante à existente, reutilizando os elementos removidos em bom estado ou recorrendo a materiais diferentes dos existentes. A substituição poderá recorrer a argamassas com baixa ou nula retração, como por exemplo, argamassas de cal e areia. Esta técnica para ser efetuada deve-se proceder constantemente ao escoramento que suporte a zona envolvente do elemento em reconstrução. A alvenaria antiga que faz fronteira com a nova alvenaria precisará de ter os contornos irregulares para melhorar a ligação [7.3].

Ainda na consolidação de alvenarias pode-se recorrer ao refechamento das juntas com argamassas. Este consiste na remoção parcial e substituição da argamassa degradada por outra de melhores propriedades mecânicas e de maior durabilidade [7.3].

Além destas sugestões referidas na consolidação das alvenarias, podemos ainda aumentar a sua consolidação através da redução de infiltrações de água nas rochas e alvenarias. Para tal será necessário recorrer a aplicação de um produto hidrófugo. Os produtos hidrófugos diminuem a ocorrência de ciclos de gelo/degelo, dissolução/cristalização e hidratação/desidratação dos minerais de sais solúveis e o desenvolvimento de seres vivos [7.3].

Relativamente às anomalias existentes nas coberturas, a sugestão passa pela reposição da cobertura na sua geometria original com a utilização de materiais idênticos. Este procedimento vai implicar a aplicação de escoramentos ativos, de modo a imobilizar forças ascendentes que danificarão a cobertura. Deste modo, opta-se pela reconstituição integral da estrutura da cobertura com o reforço de elementos estruturas com peças de aço, utilizando as madeiras idênticas às originais e, aproveitando, algum do melhor material existente. Deve-se

ter em especial atenção, as características da madeira a repor e também a forma de execução dos nós das asnas, com incidência especial nos apoios das paredes [7.4].

As anomalias encontradas no soalho, a solução passam também pela sua reconstrução completa, como nas coberturas, tendo em atenção a sua geometria original e o material original. Deve-se ter em conta a instalação de dispositivos de melhoria da ligação entre pisos e as paredes de alvenaria. Esta ligação dos pisos de madeira às paredes principais de alvenaria é melhorada através da instalação de dispositivos de ligação especialmente concebidos. Melhora o comportamento sísmico do edifício. Também deve-se ter em conta, a substituição de troços de elementos estruturais de madeira por próteses com elementos de ligação. Este reforço dos elementos de madeira é feito por substituição da parte deteriorada por madeira nova, ligada à existente por meio de varões ou chapas metálicas ou de material compósito selados com resina de epóxido em furos ou caixas previamente executados. Deve ser assegurada a boa ventilação da madeira. As próteses de madeira nova devem ser de características idênticas à original. Os varões são colocados em entalhe, na face superior, preenchido com produtos de colagem epoxídicos [7.5].

7.3. Conclusões sobre os materiais e as misturas utilizados nas argamassas

Através dos resultados obtidos nos ensaios e na comparação das características das argamassas com as características do suporte, podemos concluir que as matérias e as misturas utilizadas adequam-se perfeitamente para a alvenaria em termos de comportamentos mecânicos, comparando com os valores limites recomendados para a maioria das paredes de alvenaria mista nacionais. Relativamente ao comportamento em relação à água e tendo em conta os valores obtidos nos ensaios verifica-se que as argamassas apresentam uma absorção de água por capilaridade baixa, apesar de ter uma porosidade aberta na ordem dos 40 %. Estas características contribuem para a longevidade destas argamassas de substituição que se propõem, pois permitem uma razoável resistência à penetração da água da chuva e a necessária resistência para a transferência de vapor de água para o exterior.

Contudo, a reformulação das argamassas com materiais idênticos aos originais tornou-se uma tarefa árdua, devido à inexistência dos materiais originais utilizados, e para tal elaborou-se uma análise química ao reboco original de modo a poder obter a composição

química do reboco e poder encontrar materiais com essa composição química disponível no mercado, que melhor se aproximassem da composição original.

7.4. Conclusões sobre a modelação numérica da Capela de Santo António

Os edifícios antigos são vulneráveis quando sujeitos a ações sísmicas. Este facto resulta dos materiais utilizados nestas construções, alvenarias de pedra, que associadas a contrafortes são os elementos principais de resistência a este tipo de ações, sendo materiais de difícil caracterização. Esta situação dificulta desde logo a adoção de modelos que procuram traduzir a resposta real da estrutura, aliada à geometria complexa que estas estruturas apresentam, e que ficou bem patente nas sucessivas tentativas de modelação do edifício, no caso da Capela de Santo António em Picões.

Os métodos de análise para a avaliação da segurança sísmica de edifícios aplicados neste estudo, permitem uma avaliação sustentada da segurança das construções históricas, com determinação da ação dinâmica máxima admissível para a estrutura e dos respetivos mecanismos de colapso. O conhecimento destes mecanismos de colapso é essencial para a compreensão do comportamento da estrutura quando solicitado pela ação sísmica, e para a definição das suas fragilidades. Com base neste tipo de análises, é possível definir intervenções e reforços que mais se adequam ao comportamento das construções, não incidindo no entanto este trabalho sobre estas intervenções mas apenas na análise prévia que poderá sustentar um eventual projeto de reabilitação e reforço estrutural. É assim essencial uma adequada e correta avaliação da capacidade de carga máxima admissível pela estrutura para ações dinâmicas, que só com este tipo de estudos é possível efetuar [7.6] [7.7].

Em resumo, a ação sísmica regulamentar não colocará em causa a segurança estrutural da capela. A existência da capela ao longo dos séculos, na qual tendo já sofrido alguns sismos históricos comprovam estas conclusões, apesar de as tensões SI11 e SI22 observadas superarem as tensões máximas resistentes, estas acabam por acontecer em zonas localizadas, possivelmente devido à modelação numérica que não representará bem a realidade.

Para verificar a adequabilidade do modelo numérico preparado, devera-se incluir a possibilidade de calibração de modelo numérico tendo por base ensaios de identificação modal, assim como realizar análises recorrendo a modelação do comportamento não-linear, para validação dos resultados obtidos neste trabalho.

Para obtenção das características mecânicas desta alvenaria e sua comparação com os valores adotados da tese de Doutoramento da Professora Graça Vasconcelos, deveria-se proceder a criação de muretes representativos da alvenaria da capela e posterior ensaio em laboratório. Assim, tendo também por base os valores dos ensaios à compressão do granito e das argamassas, seria possível também obter uma expressão para o cálculo da resistência à compressão da alvenaria, a partir dos valores individuais da resistência à compressão da pedra e da argamassa.

É de referir ainda que este estudo permitiu a utilização de vários saberes adquiridos ao longo destes anos.

7.5. Conclusões sobre as campanhas experimentais e proposta de desenvolvimentos futuros

Esta dissertação envolveu o estudo de um conjunto de edifícios históricos com grande valor arquitetónico e histórico que se foram deteriorando ao longo do tempo devido ao abandono da Quinta de Picões. Ao longo desta dissertação foram diversos os desafios encontrados, quer pela desvalorização do património nacional e a consequente degradação que ocorre dia após dia. O estudo sobre os edifícios históricos da Quinta de Picões foi efetuado tendo em vista a avaliação do estado atual de degradação e a consequente proposta de reabilitação e reconstrução. A falta de preservação e manutenção dos edifícios foi a principal causa para o aparecimento de um quadro patológico que possibilitou o estudo das soluções de reparação. Neste sentido, foram realizadas inspeções e diagnósticos das anomalias através do levantamento das mesmas, possíveis causas e exame. Contudo, esta proposta de reabilitação não poderia ficar concluída sem a análise do granito existente nos edifícios, obrigando à realização de ensaios físico-mecânicos, bem como uma análise das argamassas existentes nos edifícios, nomeadamente, a análise química, para poder realizar uma campanha experimental que consistiu na elaboração de argamassas de substituição, com as mesmas características das argamassas originais, consoante as materiais disponíveis no mercado. Nessa campanha experimental, além da reconstituição das argamassas, realizaram-se ensaios físico-mecânicos para verificar as características físicos-mecânicos das argamassas reconstruídas. Sendo assim, é possível constatar que as anomalias existentes nesses edifícios se devem essencialmente ao abandono dos edifícios e à falta de manutenção, que levou ao estado atual de alguns edifícios em ruínas, e que levou à queda, em zonas localizadas, de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

reboco e fissuração. Contudo, para que os tratamentos e técnicas de intervenção tenham a eficácia e durabilidade que se pretende obter é necessária, numa primeira abordagem, conhecer-se os materiais usados e os respetivos métodos construtivos e analisar, consoante o estado de alteração e o material de construção, os métodos que irão obter maior sucesso no restauro do edifício.

Os ensaios de caracterização físicos-mecânicos do granito confirmam, nomeadamente o ensaio de determinação da densidade aparente, que permitiu observar que os granitos grosseiro e fino são rochas com uma porosidade baixa e, uma vez que maiores valores de porosidade estão, geralmente, relacionados com rochas menos resistentes à compressão é, desta forma possível concluir que os granitos em causa se tratam de rochas resistentes e por isso menos permeáveis e com maior durabilidade, como se pode verificar no ensaio de determinação da resistência à compressão de ambos granitos. Relativamente aos ensaios de caracterização físicos-mecânicos das argamassas confirma-se tratar argamassas frágeis, no entanto, verifica-se que os valores dos ensaios realizados encontram-se entre os valores limites recomendados para a maioria das paredes de alvenaria mista nacionais.

Em resumo, a melhor forma e a técnica menos complicada de salvaguardar e preservar o património arquitetónico é a prevenção, pois é a única maneira de evitar intervenções profundas, técnicas complicadas, de elevados custos e que podem entrar em confronto com os critérios de autenticidade e compatibilidade estabelecidos nas cartas e convenções Nacionais e Internacionais sobre o restauro e reabilitação de edifícios históricos.

7.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [7.1] – ANJOS, M. *A estatuária de pedra dos jardins do palácio nacional de Queluz – Formas de degradação, enquadramento, tratamentos e avaliação*. Teses de Mestrado, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2008.
- [7.2] – BARROS, L. *As rochas dos monumentos portugueses: tipologias e patologias*. Instituto Português do Património Arquitectónico, Volume I, Lisboa, 2001.
- [7.3] – ROSEIRO, J. *Causas, anomalias e soluções de reabilitação estrutural de edifícios antigos – estudo de caso*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012.
- [7.4] – SALAVESSA, Maria Eunice da Costa. *A construção Vernácula do Alvão, Caracterização, Reabilitação, Proposta*. UTAD. Vila Real, 2002.
- [7.5] – CÓIAS, Vítor, *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. Edições Argumentum, Lisboa, 2007.
- [7.6] - COSTA, Alexandre A.; ARÊDE; António; COSTA, Aníbal. Avaliação do Comportamento Fora-do-Plano de Paredes de Alvenaria. Artigo científico, Porto, 2010.
- [7.7] - COSTA, Alexandre A.; COSTA, Aníbal; DIZ, Sérgio. Técnicas de reforço em edifícios de alvenaria, in 5as Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa 2014.

CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACARY, V., JEAN, M. *Numerical simulation of monuments by the contacts dynamics method*. In DGEMN-LNEC-JRC, editor, Monument-98, Workshop on seismic performances of Monuments, November, 1998.

ALMEIDA, Celeste. Paredes de alvenaria do Porto: tipificação e caracterização experimental. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.

ANJOS, M. *A estatuária de pedra dos jardins do palácio nacional de Queluz – Formas de degradação, enquadramento, tratamentos e avaliação*. Teses de Mestrado, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2008.

APFAC, Associação Portuguesa de Fabrico de Argamassas de Construção. *Argamassas Fabris: Produção, Famílias, Normas*. Associação Industrial Portuguesa, Auditório COPRAI, Lisboa, 23 de Fevereiro de 2007.

APPLETON João A.S. - *Um olhar sobre o betão*. In: Engenharia e vida Edição 11, Março de 2005.

APPLETON, João A. S. *Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e técnicas de Intervenção*. 1ª Edição. Edições Orion, Amadora, 2003.

ARÊDE, A.; COSTA, A. *Inspeção e Diagnóstico Estrutural de Construções Históricas*. Seminário "A Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação", FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2002.

ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO ALTO TÂMEGA, <http://www.amat.pt>.

ASTM C 27-93., Classification of fireclay and High-Alumina Refractory Brick, 1993.

AZEVEDO, Álvaro F. M. *Análise Não Linear de Estruturas Planas de Betão Armado*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1985.

BARROS, L. *As rochas dos monumentos portugueses: tipologias e patologias*, Instituto Português do Património Arquitectónico, Volume I, Lisboa, 2001. BEGONHA, A. Meteorização do granito e deterioração da pedra em monumentos e edifícios da Cidade do Porto, 1ª Edição, FEUP edições, 2001.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

BINDA, L. and SAISI, A. *Non destructive testing applied to historic buildings. The case of some Sicilia Churches*. Historical Constructions, P. B. Lourenço, P. Roca (eds.), Guimarães, 2001.

BINDA, L., ANZANI, A. and SAISI, A. *Preservation of the Historic Structures: Investigation and Diagnosis as Essential Steps for Compatible Choices*. ICPCM – International Conference on Performance of Construction Materials - A New Era of Building, Cairo, Egypt, 2003.

BINDA, L. and SAISI, A. *State of the Art of Research on Historic Structures*, in Italy. Dept. of Structural Engineering, Polytechnic of Milan, Italy, 2001.

BUNGEY, J. H. *The Influence of Reinforcement on Ultrasonic Pulse Velocity Testing*, In Situ/Nondestructive Testing of Concrete, Special Publication SP-82, American Concrete Institute, Detroit, 1984.

BUNGEY, J. H. *The Testing of Concrete*, in Structures, 2 ed., Surrey University Press, London, 1989.

CÂMARA MUNICIPAL DE VALPAÇOS, <http://www.arquivo.valpacos.pt>.

CAMELO, Rui Vasques. *Modelação Numérica de Edifícios Históricos de Alvenaria*. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa, 2010.

CARDOSO, R.; LOPES, M.; BENTO, R. *Avaliação Sísmica de Edifícios Antigos de Alvenaria*. Proc. Sísmica 2001, S. Miguel - Açores, 2001.

CARDOSO, M. R. *Vulnerabilidade Sísmica de Estruturas Antigas de Alvenaria – Aplicação a um Edifício Pombalino*. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Estruturas. IST, Lisboa, 2002.

CARVALHO, Fábio. *Avaliação numérica da relação entre as propriedades mecânicas da alvenaria de pedra e as dos seus constituintes, para ações verticais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

- CARVALHO, M. D. *Métodos de Análise II – Noções de microscopia eletrónica de varrimento (SEM – Scanning Electron Microscope)*. Mestrado e Curso de Especialização em Química Aplicada ao Património Cultural, FCUL, 2007.
- CASTRO, Elda. *A conservação de Monumentos em pedra – Estado atual dos conhecimentos*. LNEC, Lisboa, 1984.
- CASTRO, Elda. *Tratamentos de conservação de pedras em Monumentos*. LNEC, Lisboa, 1984.
- CEN. *EN 1015-2: 1998 - Methods of test for mortar for masonry – Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars*. CEN, Brussels, 1998.
- CEN. *EN 1015-3: 1999 - Methods of test for mortar for masonry – Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table)*. CEN, Brussels, 1999.
- CEN. *EN 1015-11: 1999 - Methods of test for mortar for masonry Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*. CEN, Brussels. 1999.
- CEN. *EN 1015-18: 2002 - Methods of test for mortar for masonry Part 18: Determination of coefficient due to capillary*. CEN, Brussels. 2002.
- CEN. *EN 1936: 2006 - Natural stone test methods – Determination of real density and apparent density, and of total and open porosity*. CEN, Brussels, 2006.
- CÓIAS, João M. *Técnicas tradicionais de construção de alvenarias*. Editora, Livros Horizonte; Lisboa, 2002.
- CÓIAS, Vítor. *Guia Prático Para a Conservação de Imóveis*, Edições Dom Quixote; Lisboa 2004.
- CÓIAS, V. *Inspeções e Ensaaios na Reabilitação de Edifícios*. IST Press, Lisboa, 2006.
- CÓIAS, Vítor. *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. Edições Argumentum, Lisboa, 2007.
- CORREIA, J. *Análise experimental de um murete de alvenaria de pedra tradicional de grandes dimensões*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2011.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

COSTA, Alexandre A.; ARÊDE, António; COSTA, Aníbal. Avaliação do Comportamento Fora-do-Plano de Paredes de Alvenaria. Artigo científico, Porto, 2010.

COSTA, Alexandre A.; COSTA, Aníbal; DIZ, Sérgio. Técnicas de reforço em edifícios de alvenaria, in 5as Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa 2014.

CROCI, Giorgio. *The Conservation and structural Restoration of Architectural Heritage*. Computational Mechanics Publications, UK, 1998.

CRUZ, Hélder Maurício Antunes, AGUIAR, José Barroso. *Patologias em Pavimentos e Coberturas de Edifícios*, in 3º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, Porto, 18-20 de Março, 2009.

CUSTÓDIO, M; Flores-Colen, I.; Silva, L. ; Vieira, N. *Técnicas de ensaio para determinação da porosidade aparente em argamassas*. In: Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa: APFAC, CD, 2012.

FERNANDES, F.; LOURENÇO, P. *Aplicações do georadar na reabilitação e deteção de anomalias*. Congresso Construção 2007 – 3º Congresso Nacional, Coimbra, 2007.

FERNANDES, José Manuel. *A Arquitetura*. Imprensa Nacional Casa da Moeda, Lisboa, 1991.

FERREIRA, Maria Aline. *Dr. Armando Moraes Soares, O último João Semana*, 2ª Edição. Gráfica de Coimbra 2, Coimbra, 2008.

FERREIRA, Maria Aline. *Os caminhos da memória: Freguesia de Bouçoais*. Gráfica de Coimbra 2, Coimbra, 2008.

FIGUEIREDO, M. O. *Difração de raios X e outras técnicas baseadas em raios X*, in Corrosão atmosférica. Mapas de Portugal, M. E. M. Almeida e M. G. S Ferreira editores, INETI, Lisboa, 1997. FRANÇA, José Augusto. *A reconstrução de Lisboa e a Arquitetura Pombalina*, 3ª Edição. Coleção Biblioteca Breve, Lisboa, 1989.

FREGUESIA DE BOUÇOÃES, <http://www.boucoaes.com>.

Guia para a reabilitação: *Sistema estrutural, Projeto “Cooperar para reabilitar”*, InovaDomus, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

GAGO, António M. C. S. – *Análise estrutural de arcos, abóbadas e cúpulas – Contributo para o estudo do Património Construído*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

GUIMARÃES, J. *Técnicas tradicionais de construção, anomalias e técnicas de intervenção em fachadas e coberturas de edifícios antigos*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

HIGHLEY, T. and L.; SCHEFFER, T. *Controlling decay in waterfront structures. Evaluation, Prevention, and Remedial Treatments*. Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, 1989.

ICOMOS. *Comité Científico Internacional para a Análise e Restauro de Estruturas do Património Arquitetónico*.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTÁTICA, <http://www.censos.ine.pt>.

IPPAR. *Informar para Proteger - Cartas e Recomendações Internacionais*. IPPAR, Lisboa, 1996.

IPQ. *EUROCÓDIGO 0, Parte 1.1: Bases para o projeto de estruturas*. IPQ, Lisboa, 2009.

IPQ. *EUROCÓDIGO 8, Parte 1.1: Regras gerais-Ação sísmica e requisitos gerais para as estruturas*. IPQ, Lisboa, 2010.

IPQ. *NP EN 196-1: 2006 - Métodos de ensaio de cimentos. Parte 1: Determinação das resistências mecânicas*. IPQ, Lisboa, 2006.

IPQ. *NP EN 933-1: 2000 - Ensaio das propriedades geométricas dos agregados – Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração*. IPQ, Lisboa, 2000.

IPQ. *NP EN 1925: 2000 - Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação do coeficiente de absorção de água por capilaridade*. IPQ, Lisboa, 2000.

IPQ. *NP EN 1926: 2000 – Métodos de ensaio para pedra natural – Determinação da resistência à compressão*. IPQ, Lisboa, 2000.

IPQ. *NP EN 1097-3: 2002 – Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados – Parte 3: Determinação da baridade e do volume de vazios*. IPQ, Lisboa, 2002.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

IPQ. *NP EN 12808-4: 2007 - Argamassas de juntas para ladrilhos. Parte 4: Determinação da retração*. IPQ, Lisboa, 2007.

JANSON, H. W. *História da Arte*, 4ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1989.

JUSTO, Rodrigo A. E. G. *Comparação do Desempenho e de Funcionamento de Programas Comerciais (ANSYS e SAP2000) Focado à Análise Sísmica*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010.

LEÃO, Maria de Jesus de Almeida. *Eco Argamassas: argamassas de revestimento com incorporação de resíduos industriais*; LNEC – Proc. 0803/11/17793, Relatório de Estágio realizado no LNEC, Lisboa, 2011. LEITÃO, Luiz. *Arma de Engenharia: Curso elementar de construção elaborado segundo o programa da Escola Central da mesma arma*. Imprensa Nacional. Lisboa, 1896.

LEITÃO, Luiz Augusto. *Curso Elementar de Construções, CAPÍTULO III, Madeiramento, Escadas*.

LOPES, Flávio; Correia, Miguel B. *Património arquitetónico e arqueológico: Cartas, recomendações e convenções internacionais*. Livros Horizonte, Lisboa, 2004.

LOPES, Miguel A. C. *Tipificação de soluções de Reabilitação de Estruturas de Madeira em Coberturas de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado. FEUP. Porto, 2007.

LOURENÇO, Bettina C. G. *Reintegração das argamassas históricas*. 3º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 2003.

KUBLER, George. *A Arquitetura Portuguesa Chã – Entre as Especiarias e os Diamantes: 1521 – 1706*. Editorial Veja, Lisboa, 1988.

MARQUES, Sofia. *Estudo de Argamassas de Reabilitação de Edifícios Antigos*. Dissertação de Mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2005.

MARTINS, A. Veloso. *Monografia de Valpaços, 2ª Edição*. Câmara Municipal de Valpaços, Valpaços, 1990.

MATEUS, João Mascarenhas. *Técnicas tradicionais de construção de alvenarias*. Livros Horizonte, Lisboa, 2002.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

MICHOINOVÁ, Dagmar. *Impact of historically inspired processes of lime mortar preparation on its properties*, in 2nd Historic Mortars Conference HMC2010 and RILEM TC 203-RHM Final Workshop, Prague, Czech Republic, 2010.

MOROPOULOU, A. et al. *Non-destructive evaluation of the performance of mortars on historic masonries*. Proceedings of the workshop Compatible Materials Recommendations for the Preservation of European Cultural Heritage. Atenas, 1998.

MOTA, Kátia. *Caracterização e tipificação in Situ de paredes de alvenaria de pedra*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

OLIVEIRA; Ernesto Veiga de; GALHANO, Fernando. *Arquitetura Tradicional Portuguesa*. 4ª Edição. Publicações Dom Quixote, Lisboa, 2000.

PAULO, Raquel. *Caracterização das Argamassas Industriais*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro, 2006. PELLERIN, R. F. and ROSS, J. *Nondestructive Evaluation of Wood*. Forest Products Society. USA, 2002.

PEREIRA, José Fernandes. *Arquitetura Barroca em Portugal*. 1ª Edição. Coleção Biblioteca Breve, Lisboa, 1986.

PINHO, F. *Construções em Alvenaria de Pedra Tradicional - Principais Anomalias e Técnicas de Reabilitação*. Publicação UNIC/UNL, 2003.

PINHO, F. *Paredes de Alvenaria Ordinária – Estudo Experimental com modelos Simples e Reforçados*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2007.

PINHO, F. *Paredes de Edifícios Antigos em Portugal*. Coleção Edifícios. Nº 8. LNEC, Lisboa, 2000.

PINHO, F.; BAIÃO, M.; LÚCIO, V. – *Técnicas de consolidação de paredes de edifícios antigos*. Materiais e técnicas de reabilitação. 3º ENCORE, LNEC, Lisboa, 2003.

POPOVICS, S., KOMLOS, K. and POPOVICS, P. *Comparison of DIN/ISO8047 (Entwurf) to several Standards on determination of ultrasonic pulse velocity in concrete*. International Symposium Non-destructive Testing in Civil Engineering, Berlin, 1995.

PORTUGAL – Leis, Decretos, etc. - Decreto de 6 de Julho de 1985.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

PORTUGAL – Leis, Decretos, etc. - Decreto de 8 de Setembro de 2001.

RAMOS, José Luís Ferreira da Silva. *Análise Experimental e Numérica de Estruturas Históricas de Alvenaria*. Dissertação para obtenção de grau de mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 2002.

RATO, V. *Conservação do património histórico edificado – Princípios de intervenção*. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Construção. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002.

RILEM TC 25-PEM – *Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods*. Test nº II.5 – Evaporation curve. Materials & Structures, 13. 1980.

ROMÃO, X.; COSTA, A.A.; PAUPÉRIO, E.; RODRIGUES, H.; VICENTE, R.; VARUM, H.; COSTA, A. Field observations and interpretation of the structural performance of constructions after the 11 May 2011, Lorca earthquake, in Engineering Failure Analysis, Porto, 2013.

RONDELET, Jean. *Traité Théorique et Pratique de l'Art de Bâtir*. Chez l'auteur, Enclos du Panthéon. Paris, 1802. Tomo 1, Livro 2, Secção 3, pp. 417 a 432.

ROSEIRO, J. *Causas, anomalias e soluções de reabilitação estrutural de edifícios antigos – estudo de caso*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2012.

ROQUE, João Carlos A. *Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2002.

SABATTINI, F. H., *Agregados miúdos para argamassas de assentamento*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE AGREGADOS. 1. 1986 São Paulo. Anais... São Paulo: Núcleo de Ligação Industrial – EPUSP, 1986.

SALAVESSA, Maria Eunice da Costa – *A construção Vernácula do Alvão, Caracterização, Reabilitação, Proposta*. UTAD. Vila Real, 2002.

SALAVESSA, Maria Eunice da Costa; SHAHSAVANDI, Arman; TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. *Characterization Studies of Stuccos and Plasters: causes of decay of the Aveleiras House decorative plasters (in Torre de Moncorvo)*. Conferência HMC2010,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

“2nd Historic Mortars Conference & RILEM TC 203-RHM Repair Mortars for Historic Masonry Final Workshop”, Praga, Checoslováquia, 22-24 Setembro, 2010, pp. 683-690.

SALAVESSA, Maria Eunice da Costa. Relatório de estágio no LNEC: *Estudo do desempenho de estuques referidos na literatura técnica do séc. XV ao séc. XIX – Sua importância na conservação do património arquitetónico e no desenvolvimento de eco-estuques*. LNEC, Lisboa, 2014.

SALAVESSA, Maria Eunice da Costa. *História da Construção/ Construção Renascentista. Apontamentos da unidade curricular de arquitetura do curso de engenharia civil*. UTAD. Vila Real, 2013.

SALAVESSA, Eunice; JALALI, Sais; SOUSA, Luís; FERNADES, Lisete; DUARTE, Ana Maria. *Historical plasterwork techniques inspire new formulations, Construction and Building Materials*. Lisbon, 2103.

SECIL, http://www.secil.pt/default.asp?pag=historico_cimento.

SEGURADO, João Emílio dos Santos. *Acabamentos das Construções: Estuques, Pinturas, etc.* Biblioteca de Instrução Profissional fundada por Thomaz Bordallo Pinheiro, 5ª edição, Lisboa, 1949.

SEGURADO, João Emílio dos Santos. *Alvenaria e Cantaria*. 4ª Edição. Livraria Bertrand, Lisboa.

SEGURADO, João E. dos S. *Trabalhos de Carpintaria Civil*. Lisboa, 1909.

SERRÃO, Vítor. *História da Arte em Portugal - O Maneirismo*. Volume 7, Publicações Alfa, Lisboa, 1986.

SILVA, Bruno; GUEDES, João Miranda; Costa, Aníbal. *Estratégias de Modelação Numérica no estudo de Estruturas Históricas. Experiência do NCREP (FEUP)*. Congresso Património 2010. Porto, 2010.

THOMAZ, Ércio. *Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção*. São Paulo, PINI, 2001.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

VASCONCELOS, Graça. *Experimental investigations on the mechanics of stone masonry: characterization of granites and behavior of ancient masonry shear walls*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 2005.

VEIGA, M. Rosário & CARVALHO, Fernanda. *Argamassas de reboco para edifícios antigos. Requisitos e características a respeitar*. Cadernos de Edifícios, nº 2. Lisboa: LNEC, Outubro de 2002.

VEIGA, Maria do Rosário. *Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes*. Atas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. LNEC, Lisboa. Maio de 2003.

VEIGA, Maria do Rosário; AGUIAR, José; SILVA, António Santos; CARVALHO, Fernanda. *Conservação e Renovação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 2004.

VEIGA, M. Rosário et al. *Methodologies for characterization and repair of mortars of ancient buildings*. International Seminar Historical Constructions 2001. Guimarães: Universidade do Minho, Novembro de 2001.

VEIGA, M. do Rosário – *Proteção contra água de paredes de edifícios antigos. Avaliação experimental da capacidade de proteção de argamassas de reboco com base em cal*. Comunicação apresentada no Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Estruturas, REPAR 2000, Lisboa, LNEC, Junho de 2000.

ANEXOS

ANEXO I - ENQUADRAMENTO FÍSICO E HUMANO DE PICÕES

I - ENQUADRAMENTO FÍSICO E HUMANO DE PICÕES

I.1. Situação geográfica

I.1.1. Concelho de Valpaços

O município de Valpaços localiza-se no Nordeste de Portugal, na parte leste do Alto Tâmega, na zona Nordeste do Distrito de Vila Real. A cidade de Valpaços, além de se situar em pleno coração de Trás-os-Montes, está à latitude de 41°, 35', 5" N (41 graus, 35 minutos, 5 segundos Norte) e à longitude de 7°, 15', 2" W (7 graus, 15 minutos, 2 segundos Oeste), no limite dos distritos de Vila Real e Bragança.



Figura I.1: Enquadramento do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

Esta localização remete uma coroa de transição entre dois distritos mas também entre o Norte de Portugal e Sul da Galiza, comunidade autónoma espanhola. A sua sede de concelho, Valpaços, da qual dista cerca de 25 km de Chaves, de 20 km de Mirandela, de Bragança, 73 km de Vila Real e 33 km de Verín, cidade do município de Verin da província de Ourense, comunidade autónoma da Galiza.

O município de Valpaços é limitado a noroeste pelo concelho de Chaves, a leste pelo concelho de Vinhais e Mirandela, a sul pelo concelho de Murça e a oeste pelo concelho de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Vila Pouca de Aguiar. O município abrange 553.06 Km², repartidos por 25 freguesias, 31 antes da reorganização de freguesias, como se pode constatar na figura I.2.

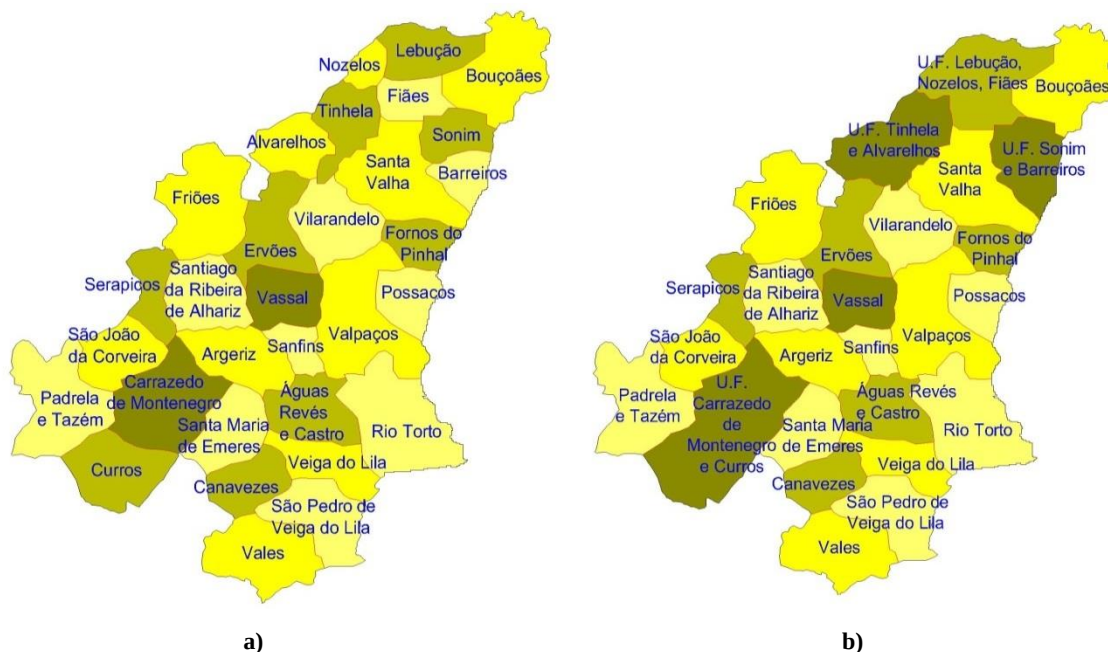


Figura I.241: a) Freguesias antes da reorganização; b) Freguesias depois da reorganização (Santos, Michaël, 2015).

É constituído por três centros urbanos: a cidade de Valpaços, a vila de Carrazedo de Montenegro e a vila de Vilarandelo. Para além destes, existem mais 112 núcleos, localidades de menor dimensão. Na figura I.3 são apresentados o brasão e a bandeira da cidade de Valpaços [I.2].

O município de Valpaços, com 16.882 habitantes é um dos concelhos que perdeu mais população no Distrito de Vila Real [I.2].

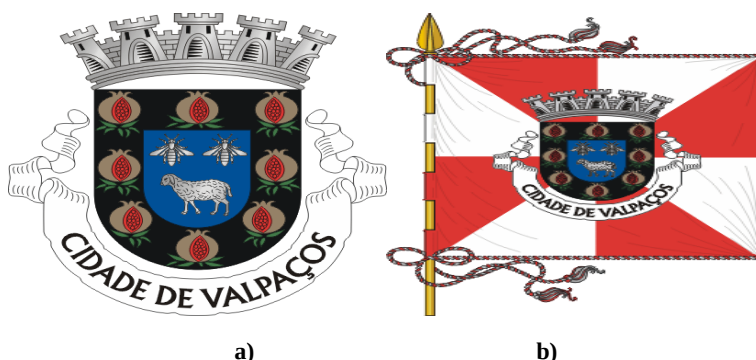


Figura I.342: a) Brasão da cidade de Valpaços; b) Bandeira do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

O concelho situa-se em parte na *Terra Quente* e em parte na *Terra Fria*, designações sub-regionais em uso, mas cuja identificação se torna muito complexa. A “Terra Fria”,

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

designação equivalente a “Montanha”, engloba as freguesias e localidades situadas em altitudes compreendidas entre 600 e 1000 metros; e as restantes localidades, abaixo dos 600 metros de altitude, consideram-se integradas na “Terra Quente”.

A distinção entre Terra Fria e Terra Quente tornou-se fácil e interessante através da preponderância dos seus produtos agrícolas. Na terra Fria, produz-se nomeadamente: centeio, batata, castanha, painço, feijão focinha e algumas frutas, nomeadamente a maçã e avelaneira. O gado é de preferência bovino, cavalar e caprino, criando-se em abundância o porco. Também se produz o mel. Na terra Quente produz-se: vinho, azeite, trigo, chicharro, cortiça, várias frutas, com relevo para a cereja, melões, pêssegos, peras, amêndoa, figo, onde o gado é muar ou asinino, existindo em abundância o gado lanígero. Assim sendo e de maneira geral, o castanheiro marca a Terra Fria e a oliveira a zona de Terra Quente.

O concelho de Valpaços tem como principal atividade a agricultura. Uma terra com grande variedade e abundância de produtos, que resulta da favorecida situação agroclimatológica. Para além da agricultura, a economia valpacense baseia-se também em comércio, indústria e serviços, mas é na agricultura que o concelho se consolida, nomeadamente na produção do vinho, azeite e castanha [I.3].

Em 2003 surgiu uma nova delimitação, que divide o território português em Unidades Territoriais Estatísticas de Portugal, as sub-regiões estatísticas, que se designam, de acordo com o Regulamento nº 1059/2003 do Parlamento Europeu. As sub-regiões estatísticas de Portugal são de Três níveis – NUTS I, NUTS II; NUTS III. Nesta divisão o município encontra-se integrado no NUT I Portugal Continental, NUT II Norte e a NUT III Alto Trás-os-Montes [I.2].

A nível geopolítico o Município integra-se na Associação Municipal do Alto Tâmega (AMAT). A AMAT, que foi constituída por escrita publica em 15 de Abril de 1992, a qual integra, para além de Valpaços, os concelhos de Boticas, de Chaves, de Montalegre, de Ribeira de Pena e de Vila Pouca de Aguiar. Esta associação de municípios tem como objetivo o planeamento, o financiamento, a execução e gestão de atividades relacionadas com o Ambiente, a conservação da natureza e recursos naturais e a promoção do desenvolvimento regional [I.4].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

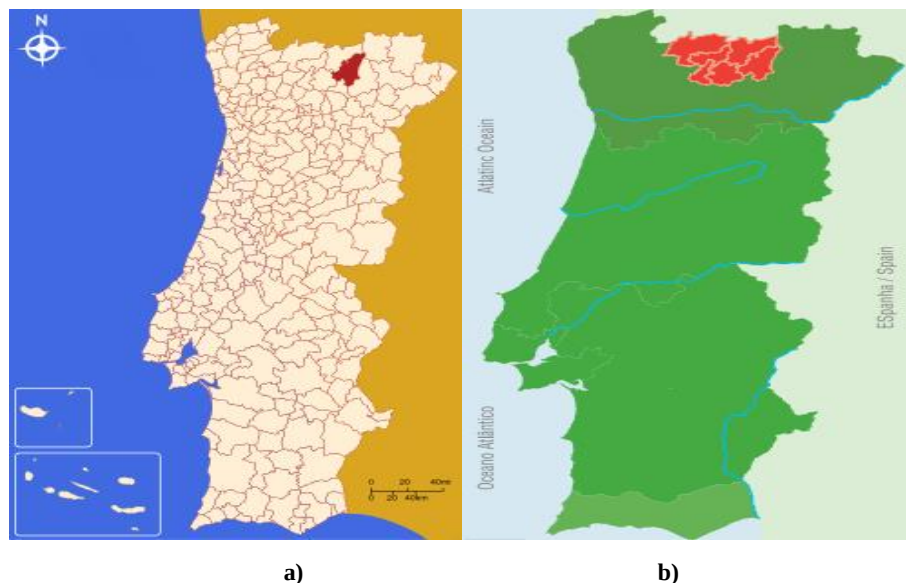


Figura I.443: a) Enquadramento do concelho a nível nacional; b) Enquadramentos dos concelhos da AMAT (Câmara Municipal de Valpaços).

O património monumental do concelho é rico e diverso, sendo de realçar a sua arqueologia pré-histórica, proto-histórica ou lusitano-romana e a arquitetura religiosa [I.2].

I.2.2. Freguesia de Bouçoães

A freguesia de Bouçoães localiza-se no extremo nordeste do concelho de Valpaços, ao qual pertence desde 1853. Pertence igualmente ao distrito de Vila Real. Quanto aos limites do seu termo, é delimitado a noroeste pela freguesia de Sanfins do concelho de Chaves, a norte pela freguesia de São Jumil do concelho de Vinhais, a sul pela freguesia de Sonim, também do concelho de Valpaços, a leste pela freguesia de Rebordelo, do concelho de Vinhais, da qual está separada pelo rio Rabaçal e a oeste pela freguesia de Lebução, também de concelho de Valpaços [I.2].

A freguesia abrange 25.74 km² e é composta atualmente por oito aldeias, mas outrora foram dez, que se alastram pela margem direita do rio Rabaçal. Mesmo no seu regato, no cimo do monte estão Picões¹⁰, Bouças, Ermidas, Ribeira do Salto¹¹, Bouçoães, sede de Freguesia e Real Covo; a meio de um vale que segue o rio aparece Lampaça, a aldeia que se encontra mais a centro na freguesia. E por último, numa zona de planalto localizam-se Tortomil, Ledões¹² e Vilartão.

A freguesia de Bouçoães dista a apenas de 22 km da sede de concelho, Valpaços a 33 km da cidade de Chaves e a 40 km da cidade de Mirandela.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

Atualmente residem na freguesia 419 habitantes, mais propriamente 7 habitantes na Bouças, 132 habitantes em Bouçoães, 11 habitantes nas Ermidas, 53 habitantes na Lampaça, 13 habitantes em Real Covo, 70 habitantes em Tortomil e 133 habitantes em Vilartão.

A principal atividade da população desta freguesia é a agricultura onde maioria trabalha, destacando-se ainda o pequeno comércio, limitado apenas para satisfazer as carências da população [I.5].

O património da freguesia de Bouçoães é muito rico e diverso. A freguesia de Bouçoães tem uma forte presença de povos pré-históricos, romanos que habitaram aqui e que deixaram vestígios da sua presença. Dos vestígios presentes na freguesia é de realçar o Castro da Senhora da Ribeira, a Estação Rupestre da Lampaça, o Lombinho das cruces em Picões, o Cabeço de Bouçoães, a torre quadrangular junto ao Castro nossa Senhora da Ribeira, a via Romana que atravessa a Freguesia e o Castelo Medieval no Cabeço de Bouçoães, a qual apenas já se pode constatar partes da muralha bem conservadas, e muitos outros testemunhos arqueológicas da freguesia. Para além da arqueologia temos também a forte presença de monumentos na freguesia de Bouçoães, como as igrejas e capelas, o pelourinho de Tortomil, o Cruzeiro de Vilartão. Das igrejas e capelas, podemos constatar duas capelas pertencentes a família dos morgados de Vilartão que são a Capela de Nossa S.^a da Expectação em Vilartão, recentemente adquirida pela Junta de Freguesia de Bouçoães para a construção de uma Mortuária, e a Capela de Santo António em Picões. Na restante freguesia podemos constatar mais duas igrejas e mais cinco capelas, sendo elas, a Igreja de Nossa S.^a da Ribeira na Lampaça, a Igreja de São Lourenço em Vilartão, a Capela de Santa Maria Madalena em Bouçoães, a Capela de S. Francisco de Assis em Tortomil, a Capela de Santa Rita nas Ermidas, a capela de Nossa S.^a dos Remédios nas Bouças e a Capela de São Martinho em Real Covo [I.1].



Figura I.5: a) Bandeira da Freguesia; b) Brasão da Freguesia; c) Selo da Junta de freguesia

(Junta de Freguesia de Bouçoães).

I.2. Evolução histórica

I.2.1. Concelho de Valpaços

Situado em pleno coração de Trás-os-Montes, no distrito de vila real, o concelho de Valpaços foi criado em 1836, pelo Código Administrativo de 31 de Dezembro de 1836, altura em que o país reduziu significativamente o número de concelhos. Nesse momento, no distrito de Vila Real, mantiveram-se apenas dez concelhos, sendo eles: Alijó, Alfarela de Jales, Canelas, Cerva, Chaves, Ermelo, Ervededo, Favaio, Mesão Frio, Mondim de Basto, Monforte de Rio Livre/Lebução, Montalegre, Murça, Provesende, Ruivães, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, Vila Pouca de Aguiar e Vila Real. Foram extintos dezoito concelhos: Águas Revés, Atei, Barqueiros, Dornelas, Fontes, Godim, Gouvães do Douro, Gralhas, Lordelo, Meixedo, Padronelo, Pedroso, Parada do Pinhão, Ribeira de Pena, São Mamede de Riba Tua, Teixeira, Tourém e Vilar Perdizes. Foram Criados cinco novos concelhos: Boticas, Carrazedo de Montenegro, Peso de Régua, Valpaços e Vilar de Maçada. Valpaços ainda era aldeia quando foi elevada, por decreto, à categoria de Município, constituída por 14 freguesias.

Em meados do século XIX, originou-se um novo reajustamento no Distrito de Vila Real, então pelo decreto de 31 de Dezembro de 1853, foram extintos onze concelhos, ficando com uma forma próxima da atual. Os onze concelhos extintos foram: Alfarela de Jales, Carrazedo de Montenegro, Canelas, Cerva, Ermelo, Ervededo, Favaio, Monforte de Rio Livre/Lebução, Provezende, Ruivães e Vilar Maçada. Com a extinção dos concelhos de Carrazedo de Montenegro e de Monforte de Rio Livre/Lebução, Valpaços viu acrescentar para ao seu concelho, as onze freguesias que formavam o concelho de Carrazedo de Montenegro, sendo elas: Canaveses, Carrazedo de Montenegro, Curros, Jou, Nozede, Padrela, Santa Maria de Emeres, São João, São Pedro, Serapicos e Tazém; e onze freguesias, de Monforte de Rio Livre/Lebução, sendo elas: Alvarelhos, Barreiros, Bouçoães, Lama de Ouriço, Lebução, Nozelos, Santa Valha, São Vicente, Segirei, Sonim e Tinhela. Com este novo reajustamento o concelho de Valpaços adquiriu vinte e duas freguesias, ficando com um total de trinta e seis freguesias, que permitiu que o concelho fosse elevado à categoria de comarca, nesse mesmo ano.

Passado algum tempo, as freguesias de São Vicente e Segirei transitaram de Valpaços para Chaves e a freguesia de Fiães, que no passado pertenceu ao concelho de Monforte de Rio

Livre, transitou de Chaves para Valpaços, ficando o concelho de Valpaços com trinta e cinco freguesias. Nessa altura, Valpaços era ainda uma aldeia, apesar de ser sede de concelho e de comarca., surgiu o grande interesse em tornar-se vila, vindo a ser promovida tal categoria por diploma de vinte e sete de Março de 1861.

Em 1895, o concelho de Valpaços sofreu nova reorganização sendo-lhe desanexada as freguesias de Curros, Jou e Vales para o concelho de Murça. Mais tarde, as freguesias de Curros e Vales voltaram a ser integradas no concelho de Valpaços, em 1898 [I.3].

Após vários anos de esforço, Valpaços vê reconhecido a sua elevação a cidade a 13 de Maio de 1999, data em que a Assembleia da República aprova o requerimento [I.2].

I.2.2. Freguesia de Bouçoães

O seu povoamento é antiquíssimo, nesta freguesia habitaram povos pré-históricos e romanos, como se pode constatar pelos vestígios que marcam a sua presença. Mas os documentos mais antigos que referem a freguesia de Bouçoães datam de 1258, que são as Inquirições levadas a cabo por D. Afonso III. Na base das inquirições estão os abusos dos senhores laicos e eclesiásticos, cometidos relativamente aos reguengos, terras, direitos e padroados da coroa.

Nesse documento, a *Incipit parrochia de Sancte Marie da Ripária*, hoje paróquia da Nossa Senhora da Ribeira, de Bouçoães, aparecia já integrada no concelho de Monforte de Rio Livre.

O castelo de Monforte de Rio Livre remonta aos tempos dos reis. Mas segundo origens atribuídas, que se perderam pelo tempo, consta-se que as legiões romanas tinham fortificado um castro, que serviria de apoio à via romana, de Astorga para Braga.

Este castelo localizado em plena serra do Brunheiro, cumpriu como missão de guardião e vigilante da raia. Foi reconstruído por D. Afonso Henriques em 1139, após a tomada aos mouros, mas voltaria de novo a ser danificado nas lutas contra os leoneses. Quando D. Afonso III, procede à sua restauração, fundou a vila no interior das muralhas do castelo, que serviu de sede de concelho de Monforte de Rio Livre, até 1836, quando a sede de concelho foi transferida para Lebução, devido ao facto de Monforte de Rio Livre encontrar-se em ruínas e desabitado. Em 1853, o concelho é extinto, sendo divididas as freguesias pelo concelho de Chaves, Valpaços e Mirandela.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A freguesia de Bouçoães, com a extinção do concelho de Monforte de Rio Livre, viu-se reunida com a freguesia de Vilartão numa só freguesia e integrada no concelho de Valpaços, ficando a freguesia de Bouçoães com a configuração atual [I.3].

Ao longo da sua história, a freguesia de Bouçoães, que dista apenas 22 km da sede de concelho, foi de difícil acesso, devido as ligações terrestres serem sempre difíceis ou quase nulas, razão pela qual se sentiu sempre mais perto da cidade de Chaves, ligada através da estrada nacional 103, que atravessava a freguesia, apesar de se encontrar mais distante do que Valpaços, cerca de 11 km. Esse problema de acessibilidade à sede de concelho, somente fora resolvido na década de setenta [I.1].

I.3. Geomorfologia

Do ponto visto geomorfológico, grande parte de Trás-os-Montes é nomeadamente montanhosa e na qual o concelho de Valpaços se integra.

Para sul do concelho encontramos a serra de Santa Comba, que se encontra à 1013 metros de altitude, na parte oeste destaca-se a serra da Padrela, à uma altitude de 1148 metros, na parte nordeste a serra do Barracão, à 748 metros de altitude, para norte deparamos com a serra de Brunheiro, serra que se encontra em grande parte inserida no concelho de Chaves mas que se estende pelo concelho de Valpaços, onde atinge uma altitude de 919 metros. Nas faixas de nordeste encontramos a serra de Esculca, a 761 metros de altitude, e o início da descida branda para o rio Rabaçal. É nesta zona que se encontram as superfícies com maior tendência para planícies.

As povoações que se encontram mais altas são: Padrela, 956 metros; Quintela, 807 metros; Carrazedo de Montenegro, 797 metros; Monte d'Arcas, 772 metros; Fiães 762 metros; Vilarandelo, 672 metros.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

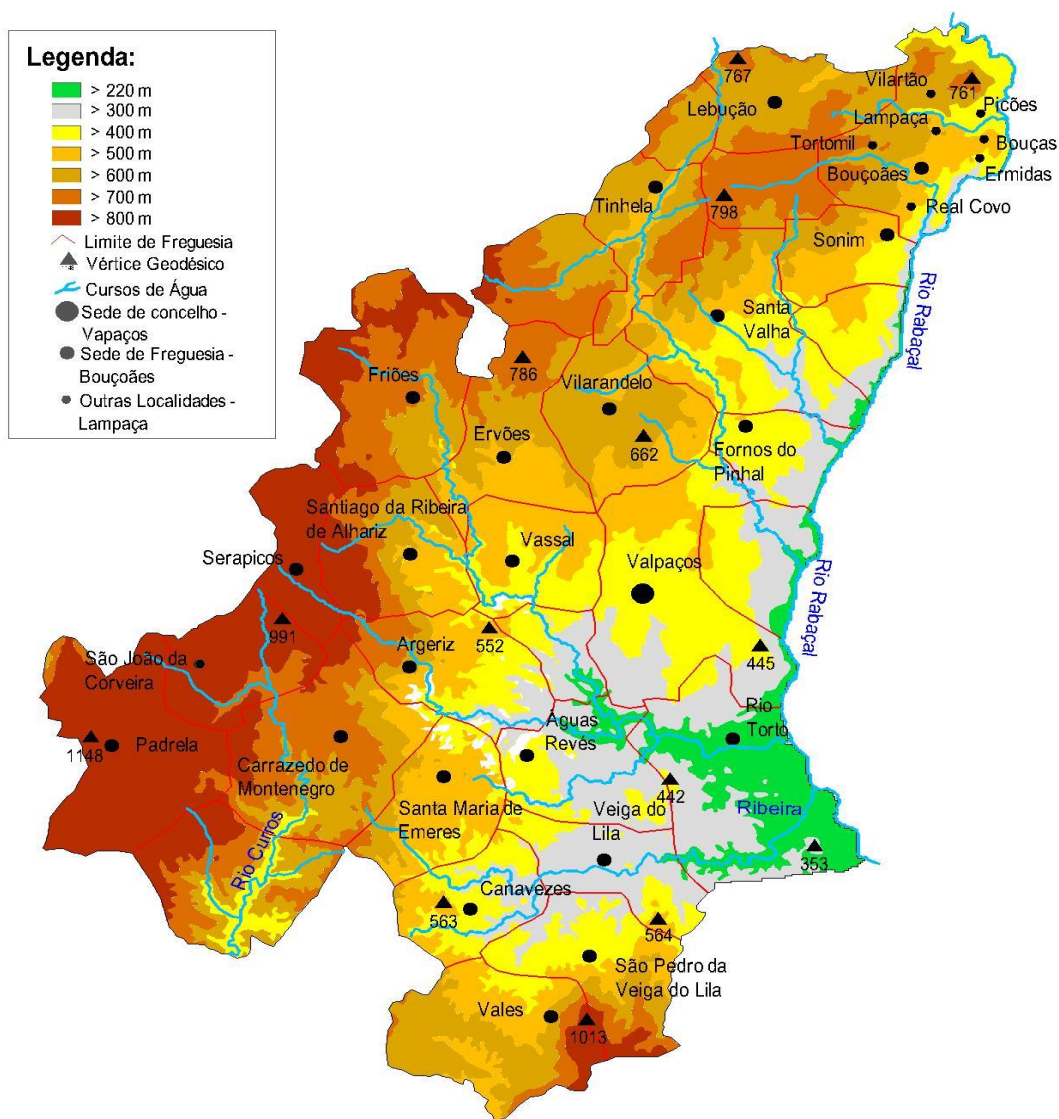


Figura I.6: Carta Hipsométrica do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

A cidade de Valpaços situa-se aproximadamente a 500 metros de altitude. A altitude média do concelho é de 620 metros, enquanto a altitude mais baixa é a de 320 metros, perto da aldeia de Rio Torto [I.3].

Relativamente a freguesia de Bouçoães, as aldeias anexada a freguesia apresentam as seguintes altitudes: Tortomil, 713 metros, Vilartão, 694 metros, Lampaça 625 metros, Bouçoães, 598 metros, Bouças 541 metros, Real Covo, 530 metros, Ermidas, 497 metros, Picões, 465 metros [I.2].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

feldspato. Além da massa granítica de grão grosseiro, aparecem variedades mais finas, rocha própria para trabalhos de cantaria e com valor industrial. Nos terrenos xistosos, os xistos apresentam uma variedade desde os argilosos aos micaxistos, aparecendo geralmente associados a quartzitos [I.2].

I.6. Clima

O clima é a sucessão habitual de estados de tempo verificada numa dada região, durante um longo período, geralmente trinta ou mais anos, caracterizada a partir de valores médios.

É importante conhecer o clima do local onde se insere os edifícios objeto de estudo, devido à sua ação na degradação dos materiais de construção de que são constituídos os edifícios. A caracterização climática foi realizada através dos arquivos cedidos pela camara municipal de Valpaços e também através do livro “Monografia de Valpaços”, onde já se encontra uma caracterização climática do município e a qual adotou-se para este estudo [I.3].

Antes de iniciarmos a caracterização do clima do concelho de Valpaços, temos que relevar a repartição das massas montanhosas e a posição latitudinal. A posição latitudinal encontra-se entre os limites dos anticlones subtropicais, que causam o tempo estável e seco, e os ciclones das latitudes médias, que causam o tempo chuvoso. Estas condições constituem as principais causas dos contrastes climáticos em Portugal. A leste, existe a presença de uma grande massa continental, que faz com que haja no Inverno situações anticiclónicas e no verão situações ciclónicas [I.2].

Voltando à caracterização do clima, o concelho insere-se num clima subatlântico, dividindo-se em três subtipos, tendo como padrão o valor da temperatura. Por conseguinte obtemos, um clima da “Terra Fria” na frente ocidental, recebendo o efeito da altitude da serra da Padrela, com os seus 1148 m. Na parte oriental, onde se vai acentuando o vale do rio Rabaçal central do concelho predomina o clima subatlântico, mas prevalece o clima da “Terra Quente”, enquanto na parte central do concelho prevalece um clima da “Terra de Transição” [I.3].

I.5.1 Temperatura

O concelho de Valpaços apresenta uma média anual da temperatura entre os 7,5 °C e 16 °C. Na parte oeste e nordeste do concelho, a temperatura média anual varia entre os 7,5 °C e os 10 °C, onde os verões são agradáveis e os invernos frios. Conforme nos afastamos para a parte oriental do concelho, no este e sul do concelho, mais propriamente junto ao vale do rio Rabaçal, verifica-se um aumento da temperatura média anual entre os 15 °C e os 16 °C, onde os verões são quentes e os invernos frios.

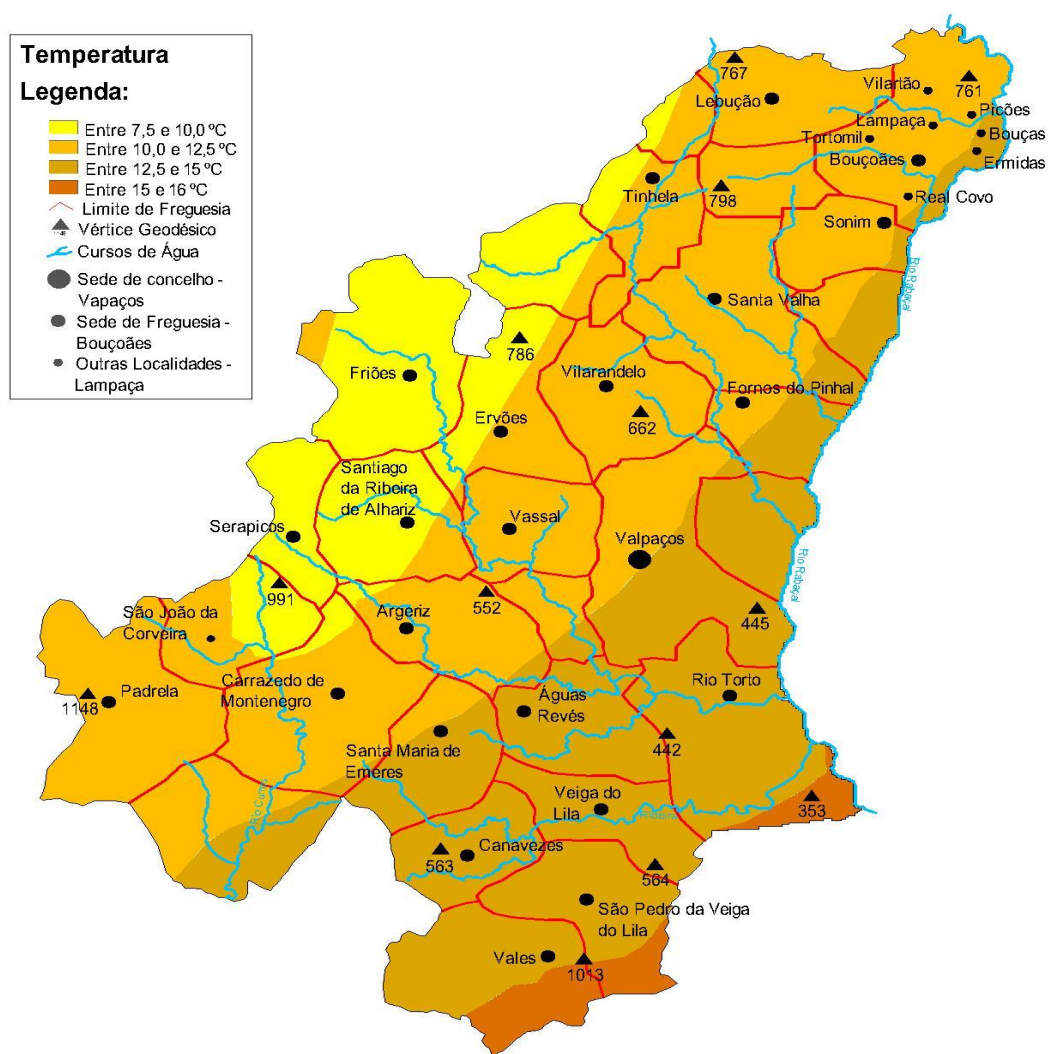


Figura I.8: Carta da temperatura do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

A variação anual que se verifica no município é aproximadamente os 20 °C. Os valores variam com um máximo em Agosto e um mínimo em Janeiro. A média anual da temperatura às 9 horas é máxima de 14,8 °C e mínima de 10,9 °C [I.3].

O número médio de dias em que a temperatura máxima é superior a 15 °C, é de 63 dias, e em que a temperatura mínima inferior a 0 °C, é de 18 dias. Durante a Primavera e o Outono, a queda brusca da temperatura do dia chega atingir entre 7 a 11 °C, geralmente entre as 14 horas e 21 horas [I.3].

I.5.2 Humidade do ar

A humidade do ar que se verifica no concelho de Valpaços, apresenta valores idênticos aos valores que se verificam nos climas secos. Verificam-se valores compreendidos entre 55 % e 75 % de humidade relativa. A variação da humidade relativa média às 9 horas é: máxima de 34 % e mínima de 23 % [I.3].

I.5.3 Pressão atmosférica

A pressão atmosférica do concelho de Valpaços apresenta valores médios que se alteram pouco significativamente durante no ano. O mês de Janeiro e o mês de Outubro apresentam-se com os valores que verificam-se como os mais acentuados, cerca de 0,5 %. As variações da pressão atmosférica variam praticamente devido a altitude [I.3].

I.5.4 Nebulosidade

Regra geral, verifica-se no concelho de Valpaços céu limpo durante a maior parte do ano, aparecendo durante o inverno dias de nevoeiro cerrado, formando, um mar de nevoeiro, um belíssimo espetáculo que pode ser apreciado no alto de uma serra [I.3].

I.5.5 Evapotranspiração

O concelho de Valpaços apresenta uma evapotranspiração que varia entre os 400 e os 700 mm anuais. Os valores vão diminuindo de oeste para este, como se pode verificar na seguinte figura I.9 [I.2].

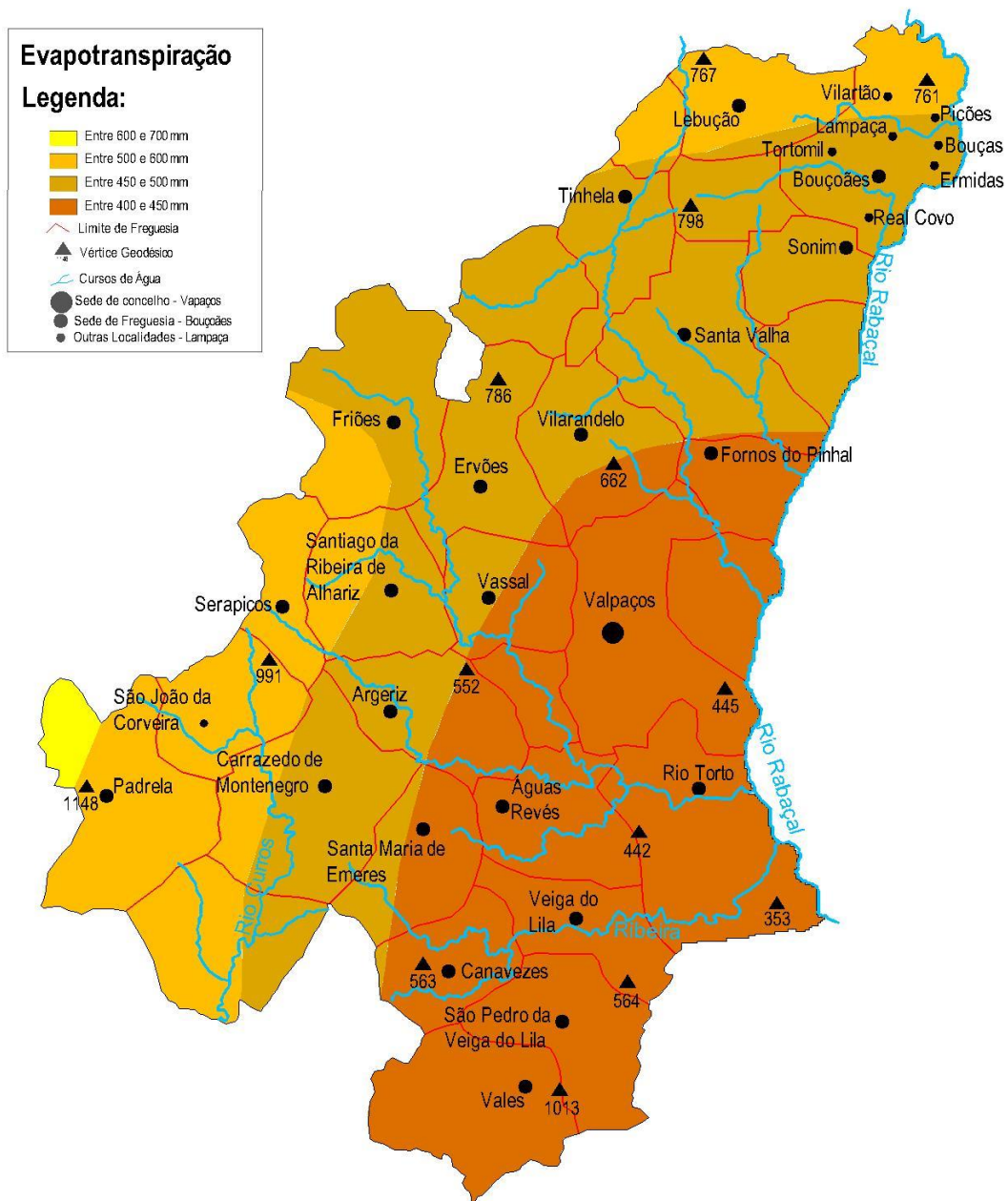
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Figura I.9: Carta da evapotranspiração do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

I.5.6 Insolação

No concelho de Valpaços, a insolação varia entre as 2100 e as 2700 horas médias de sol descoberto por ano, que acaba por se tornar impressionante se a compararmos com a evaporação anual. A insolação aumenta conforme nos dirigimos de noroeste para sudeste, como se pode verificar na figura I.10 [I.2].

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

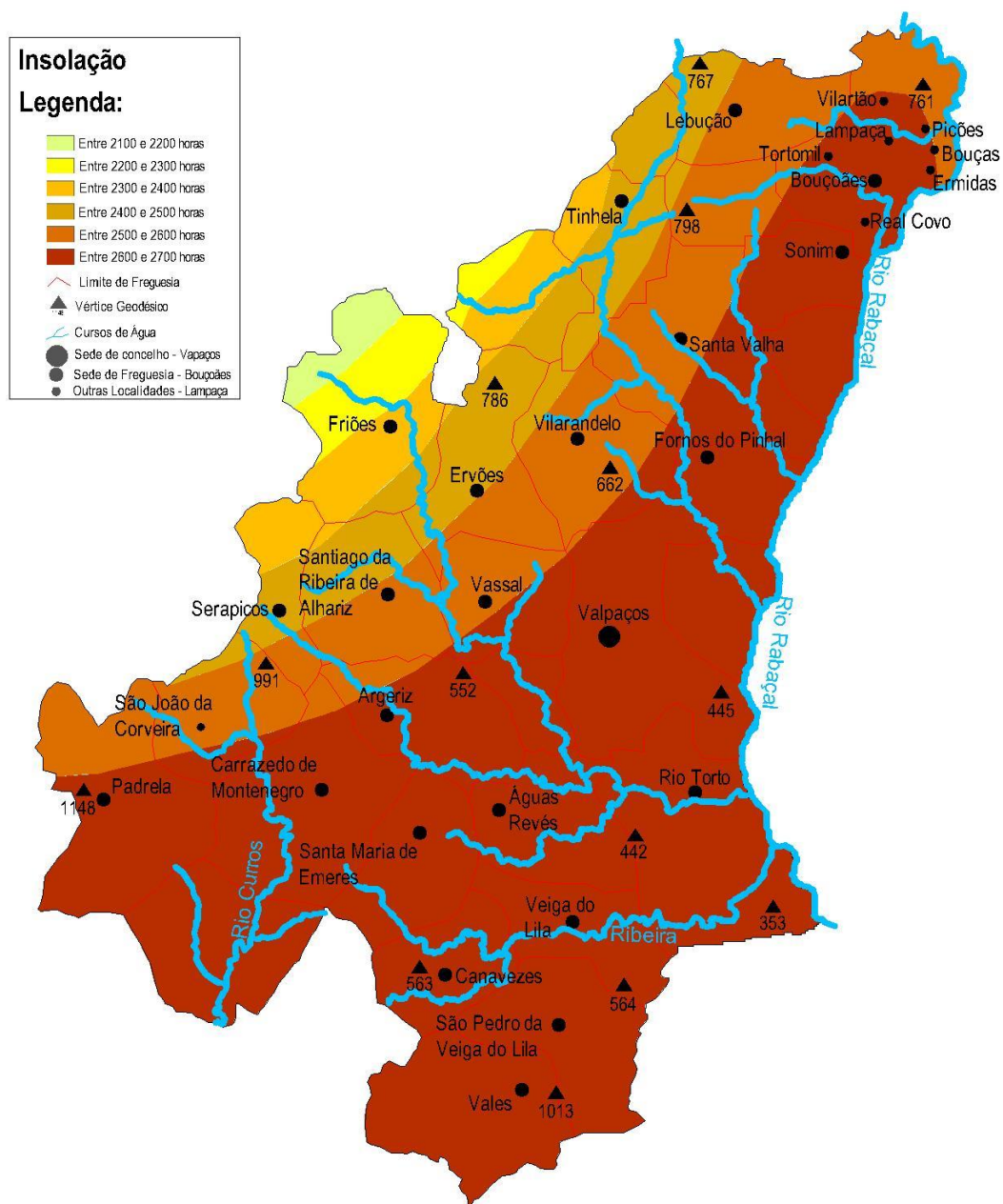


Figura I.10: Carta da insolação do concelho de Valpaços (Câmara Municipal de Valpaços).

I.5.7 Precipitação

No concelho de Valpaços, mais propriamente na parte Oeste do concelho, a precipitação média anual ronda os valores de 1 100mm. Esses valores vão diminuindo conforme-se nos deslocamos para o vale do rio Rabaçal, onde se atingem valores abaixo dos 600 mm.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

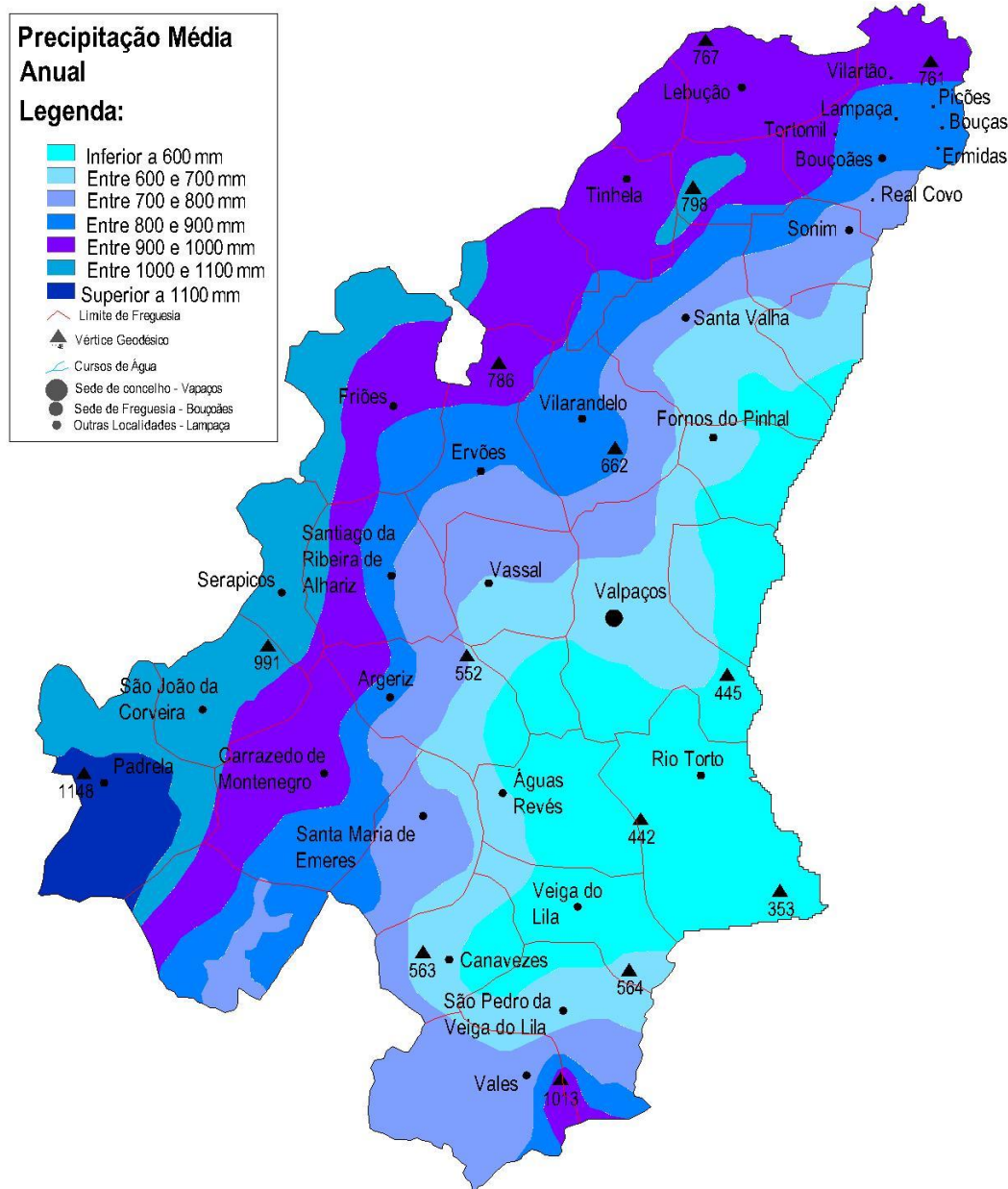


Figura I.11: Carta da precipitação média anual do concelho de Valpaços em mm (Câmara Municipal de Valpaços).

Pode-se verificar, que a serra da Padrela, que se encontra na parte Oeste do concelho, funciona como uma barreira de condensação, face aos ventos oceânicos que transportam humidade e que estão na origem da precipitação. Conforme a altitude vai diminuindo verifica-se que há uma diminuição da influência dos ventos oceânicos na parte Leste do concelho. Em apenas 18,5 km, os valores da precipitação passam dos 1100 mm anuais da serra da Padrela aos 560 mm anuais em Rio Torto, verificando-se um clima de configuração mais

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

mediterrânea. Assim sendo, no concelho de Valpaços, a precipitação diminui de Poente para Nascente, apesar de se verificar algumas variações devido à altitude [I.3].

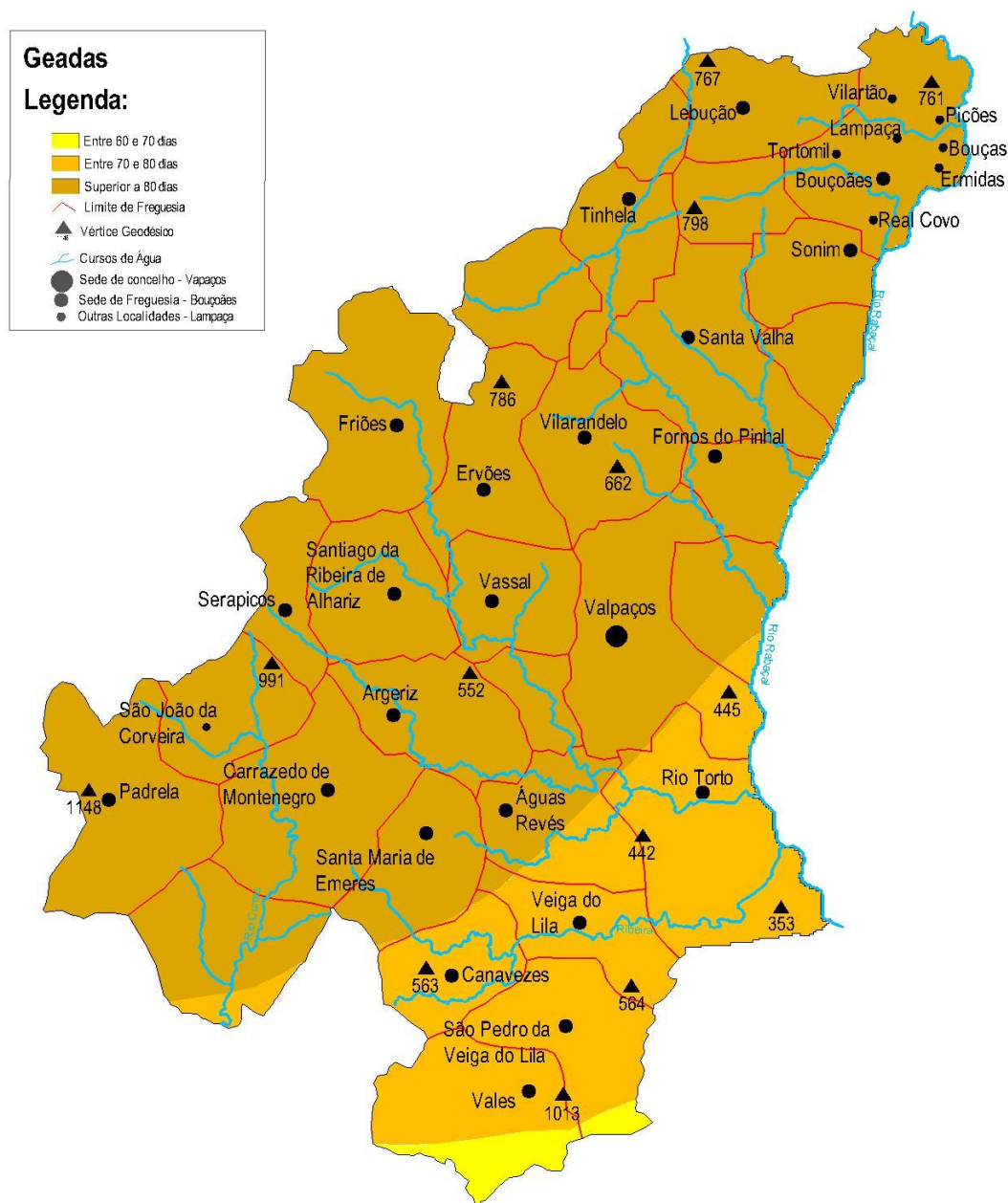


Figura I.12: Carta da precipitação média anual do concelho de Valpaços em dias (Câmara Municipal de Valpaços).

No concelho de Valpaços, os totais mensais da precipitação apresentam um máximo no mês de Dezembro e um mínimo no mês de Agosto. Algumas vezes verificam-se trovoadas durante o mês de Maio e de Junho, de rara violência. Relativamente às geadas, figura I.12, elas são frequentes nos meses de Dezembro a Março, o número de dias de geadas oscila entre 60 e 90 dias. A média de precipitação do granizo é de quatro dias por ano, sendo quase

sempre devastadores para a agricultura, a neve cai em média oito dias por ano, não chegando a solidificar em metade desses dias, somente nas terras altas [I.2].

I.6 Vegetação

Em relação às espécies florestais, o concelho de Valpaços engloba uma grande variedade, devido ao facto de apresentar um clima de características tão diversas, em parte devido à ação do Homem.

A espécie que se encontra com maior abundância no concelho de Valpaços é o pinheiro bravo (*Pinus Pinaster*). Além do pinheiro bravo, temos também outra qualidade de pinheiro, que é bastante mais raro, o pinheiro manso (*Pinus Pinea*).

Nas áreas que se encontram numa altitude entre 600 e 800 metros, verifica-se que existe com frequência o Zimbro (*Juniperus Oxycedrus*) e o carvalho negral (*Quercus Pyrenaica*). Nas áreas da zona denominada de “Terra Quente”, abaixo dos 600 metros, predomina a azinheira (*Quercus Ilex*), o sobreiro (*Quercus Suber*), a mimosa, o eucalipto, o choupo, a carrasqueira. Nas zonas mais secas predominam, o freixo, o amieiro, o salgueiro-preto, o salgueiro-branco. Nas zonas mais húmidas, junto aos cursos dos rios predominam o sabugueiro, os amieiros e os salgueiros.

Em regra, as espécies florestais vão mudando conforme os valores de altitude e de precipitação diminuem e onde se verifica um aumento da temperatura [I.3].

I.7 Análise demográfica

I.7.1 Concelho de Valpaços

No concelho de Valpaços a população residente é 16882 habitantes, sendo 7975 homens e 8907 mulheres. A nível etário o concelho de Valpaços é composto por 1716 habitantes de 0-14 anos, 1576 habitantes de 15-24 anos, 8214 habitantes de 25-64 anos e 5376 habitantes 65 ou + anos. A densidade média populacional do concelho de Valpaços é de 31 hab/km². O concelho de Valpaços perdeu população entre os períodos de 2001 e 2011, como se pode verificar nas seguintes taxas de variação. No concelho de Valpaços a taxa de variação é de -13,48 %, -16,04 % nos homens e -11,05 % nas mulheres. Nas faixas etárias, o concelho de Valpaços ganhou apenas população na faixa etária de 65 ou + anos com uma taxa de

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda

variação de 10,91 %, enquanto nos 0-14 anos é de -35,34 %, nos 15-24 anos é de -37,06 %, nos 26-64 anos é de -16,60 %. A percentagem de jovens no concelho é de 10,16 % enquanto a percentagem de idosos é de 31, 86 %. Relativamente ao índice de envelhecimento do concelho de Valpaços é de aproximadamente de 313 %.

A taxa de analfabetismo no concelho de Valpaços é de 12,69 %. No seguinte quadro poderá constatar o nível de escolaridade existente no concelho [I.6].

Tabela I.1: Nível de Escolaridade no concelho de Valpaços (INE, Censos 2011).

Nível de escolaridade									
População residente segundo o nível de escolaridade atingido									
Sem nível de Escolaridade	Pré- Escolar	Ensino Básico			Ensino Secundário	Pós- secundário	Ensino Superior	Analfabetos	
		1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo					
T	2327	277	7797	1676	1813	1723	71	1198	2010
H	877	141	3865	886	898	840	23	445	720
M	1450	136	3932	790	915	883	48	753	1290

I.7.2 Freguesia de Bouçoães

A freguesia de Bouçoães tem 419 habitantes, 189 homens e 230 mulheres. A nível etário a Freguesia de Bouçoães é composto por 22 habitantes de 0-14 anos, 42 habitantes de 15-24 anos, 195 habitantes de 25-64 anos e 160 habitantes 65 ou + anos, a densidade média populacional da freguesia é de 16 hab/km². A Freguesia perdeu população entre os períodos de 2001 e 2011, como se pode verificar nas seguintes taxas de variação. A taxa de variação é de -22,6 %, -27,31 % nos homens e -16,01 % nas mulheres. A freguesia de Bouçoães perdeu população em todas as faixas etárias, verificando maior queda da população na faixa etária dos 0-14 anos com uma taxa de variação de -65,63 %, enquanto nos 15-24 anos é de -8,70 %, nos 25-64 anos é de -22,62 %, nos 65 ou + anos é de -10,61 %. Na freguesia verifica-se uma percentagem de jovens de 5,25 % enquanto a percentagem de idosos é de 38,19 %. Relativamente ao índice de envelhecimento da freguesia é aproximadamente de 727 % [I.6].

I.8 Análise económica e social

I.8.1. Concelho de Valpaços

O concelho de Valpaços é uma região voltada essencialmente para o sector primário, onde se verifica uma grande presença da viticultura, seguido do azeite, da castanha e da pecuária, sendo essas as principais fontes de rendimento familiar. Também se verifica no concelho, uma forte presença de culturas anuais, mais à base de produtos hortícolas, sendo esta atividade apenas para consumo própria [I.3]. Apesar do concelho de Valpaços estar voltado para o sector primário é apenas o segundo sector onde se encontra o maior número de pessoas empregadas. É no sector terciário que se encontra o maior número de pessoas empregadas. O sector terciário, composto em geral pelo pequeno comércio, existe apenas nos aglomerados de maiores dimensões e em algumas aldeias. O sector secundário, no concelho de Valpaços, é o sector que emprega o menor número de pessoas, não ficando muito longe do sector primário. O concelho de Valpaços apresenta uma taxa de atividade de 31,57 %. Na população masculina verifica-se uma taxa de atividade de 40,82 % e na população feminina de 23,29 %. A taxa de desemprego, no concelho, é 12,07 %, verificando-se na população masculina uma taxa de desemprego em 8,79% e na população feminina em 17,21 % [I.6].

I.8.2. Freguesia de Bouçoães

Na freguesia de Bouçoães, as principais atividades económicas são a agricultura, a pecuária, a construção civil e o pequeno comércio.

Os habitantes da freguesia dedicam-se exclusivamente ao sector primário, a agricultura e a pecuária, representando cerca de 95 % da população ativa da freguesia. O sector secundário, a construção civil, tem uma pequena representação na freguesia, onde aproximadamente 1 % da população ativa da freguesia se dedica a esta atividade, enquanto no sector terciário, o pequeno comércio, ocupa aproximadamente apenas 4 % da população ativa da freguesia [I.5].

I.9 Vias de acessibilidade

I.9.1 Concelho de Valpaços

A rede viária do município, é constituído pelos troços das seguintes Estradas Nacionais: a Estrada Nacional 103 que liga Chaves a Bragança e que atravessa as freguesias de Lebução e Bouçoães; a Estrada Nacional 213 que liga Chaves a Mirandela e que atravessa as freguesias de Friões, Ervões, Vilarandelo, Valpaços e Rio Torto; a Estrada Nacional 206 liga Vila Pouca de Aguiar a Bragança e que atravessa as freguesias de Padrela, São João da Corveira Carrazedo de Montenegro, Argeriz, Valpaços e Possacos; e a Estrada Nacional 314 que liga Murça a Chaves e que atravessa as freguesias de Santa Maria de Émeres, Carrazedo de Montenegro e Serapicos. As Estradas Nacionais que perfazem num total de 92 km no concelho de Valpaços. Além das Estradas Nacionais, existe uma variante à EN 213, aproximadamente de 18 km, que liga a cidade de Valpaços ao nó da A4 em Mirandela. Também existe no município uma rede viária municipal que cobre todas as freguesias do concelho perfazendo um total de 345 km [I.2].



Figura I.13: Principais Estradas do Município (Câmara Municipal de Valpaços).

I.9.1 Freguesia de Bouçoães

Em termos de acessibilidades, a freguesia de Bouçoães é atravessada pela Estrada Nacional 103, a qual liga as importantes cidades transmontanas de Chaves e Bragança, passando pela conhecida vila de Vinhais. Todas as povoações habitadas da freguesia estão interligadas entre si através da Estrada Nacional 103 e de algumas estradas municipais do concelho de Valpaços, auxiliando a conexão interna entre as localidades que constituem a freguesia. A ligação da freguesia à sede de concelho é feita pela Estrada Municipal 213-1 e pela Estrada Municipal 544-1.

A Estrada Municipal 213-1 que faz a conexão entre a Estrada Nacional 103 e 213, tem origem na aldeia de Bouçoães e acaba na aldeia de Vilarandelo, atravessando as aldeias de Sonim e de Santa Valha. A Estrada Municipal 544-1 faz a conexão da Estrada Municipal 213-1 à cidade de Valpaços, tem origem em Santa Valha e acaba em Valpaços, atravessando as aldeias de Fornos de Pinhal, Vales de Casas e Lagoas [ANEXO I.2].

I.10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[I.1] – FERREIRA, Maria Aline. Os caminhos da memória: Freguesia de Bouçoais. Gráfica de Coimbra 2, Coimbra, 2008.

[I.2] – CÂMARA MUNICIPAL DE VALPAÇOS, <http://www.arquivo.valpacos.pt/>.

[I.3] – MARTINS, A. Veloso. Monografia de Valpaços, 2ª Edição. Câmara Municipal de Valpaços, Valpaços, 1990.

[I.4] – ASSOCIAÇÃO DE MUNICÍPIOS DO ALTO TÂMEGA, <http://www.amat.pt>.

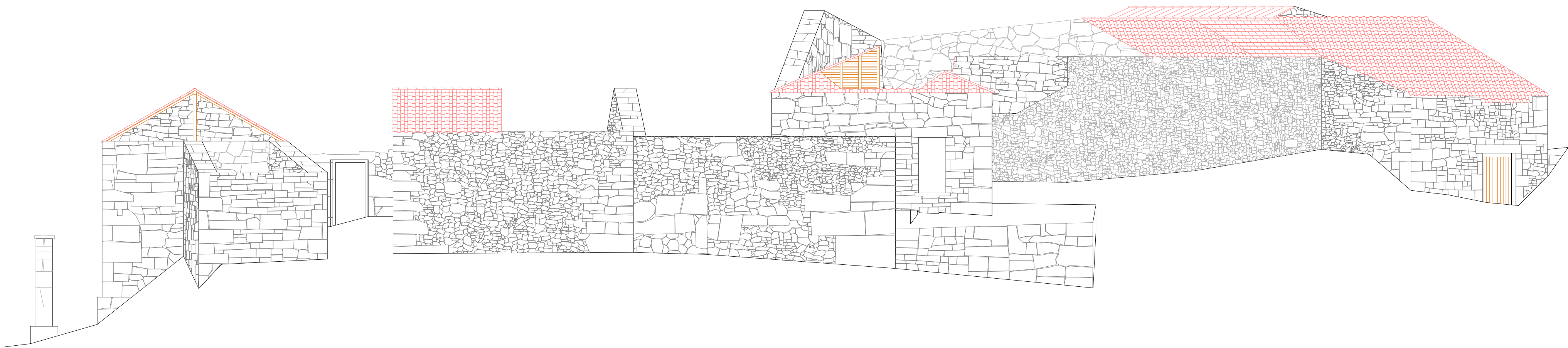
[I.5] – FREGUESIA DE BOUÇOÃES, <http://www.boucoaes.com>.

[I.6] – INSTITUTO NACIONAL DE ESTÁTICA, <http://www.censos.ine.pt>.

ANEXO II – LEVANTAMENTO E PLANTAS TOPOGRÁFICO DA QUINTA DE PICÕES

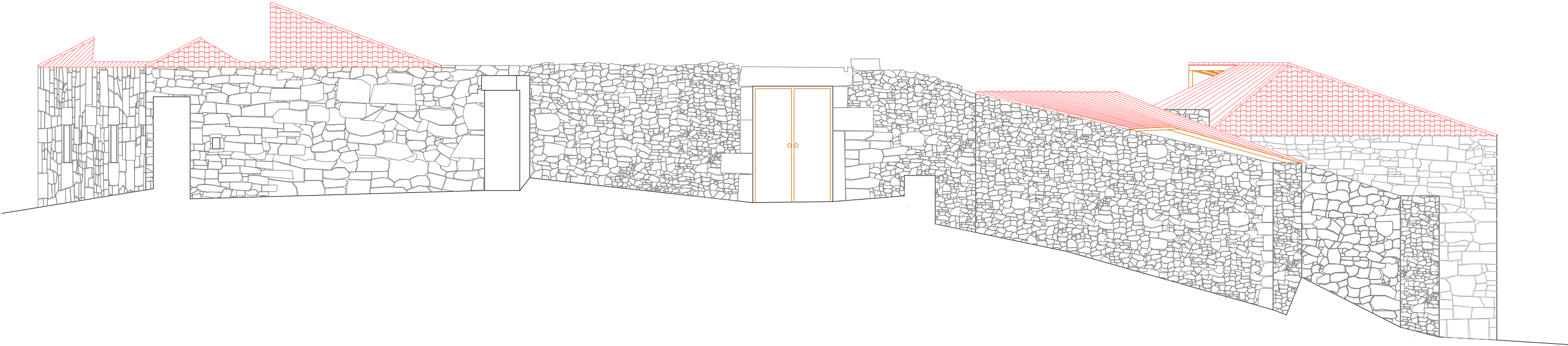
ALÇADO NORTE

(aglomerado principal)



ALÇADO SUL

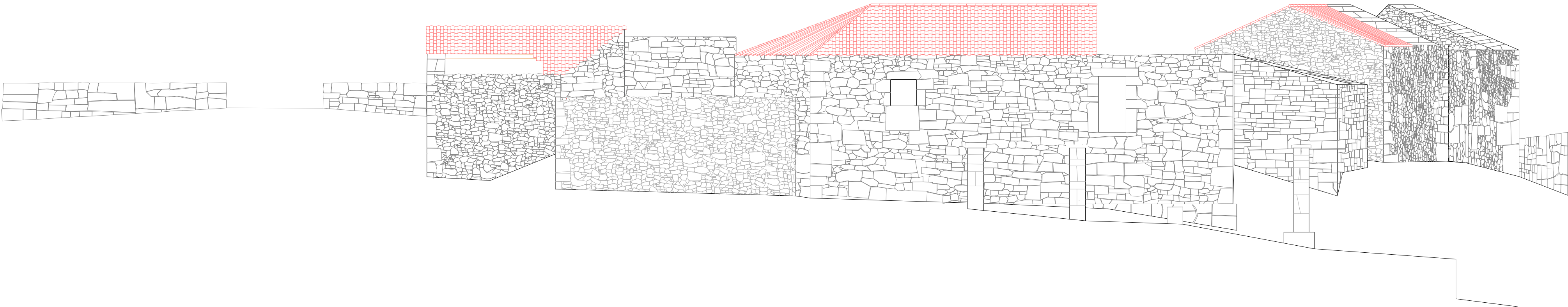
(aglomerado principal)



	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação:	Escala:	Des. Nº
	ALÇADO SUL DO AGLOMERADO PRINCIPAL	1/100 Data: Março de 2015	2/ 20

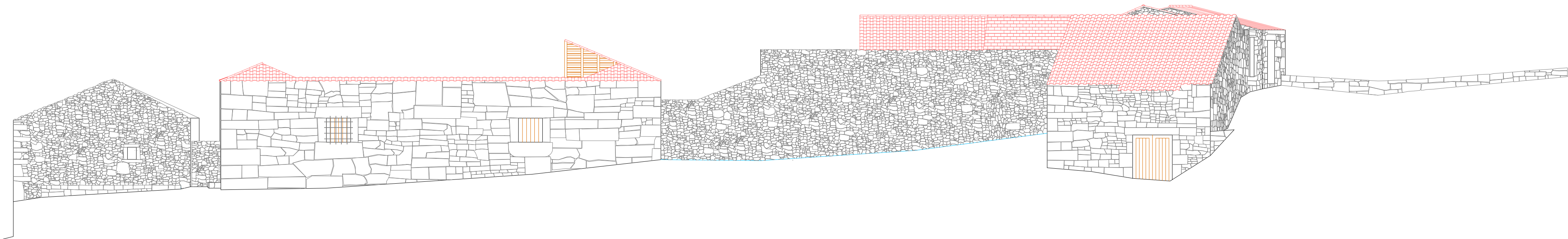
ALÇADO NASCENTE

(aglomerado principal)



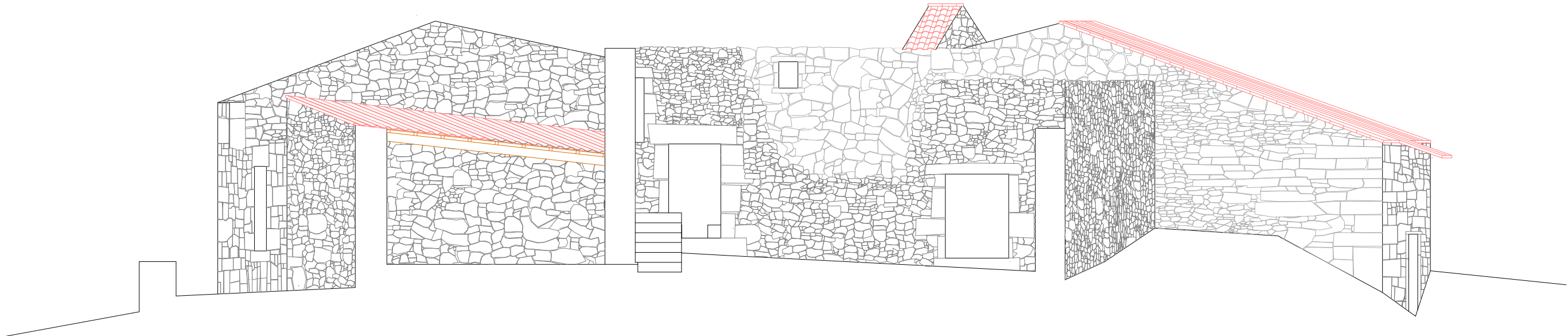
ALÇADO POENTE

(aglomerado principal)



ALÇADO NORTE

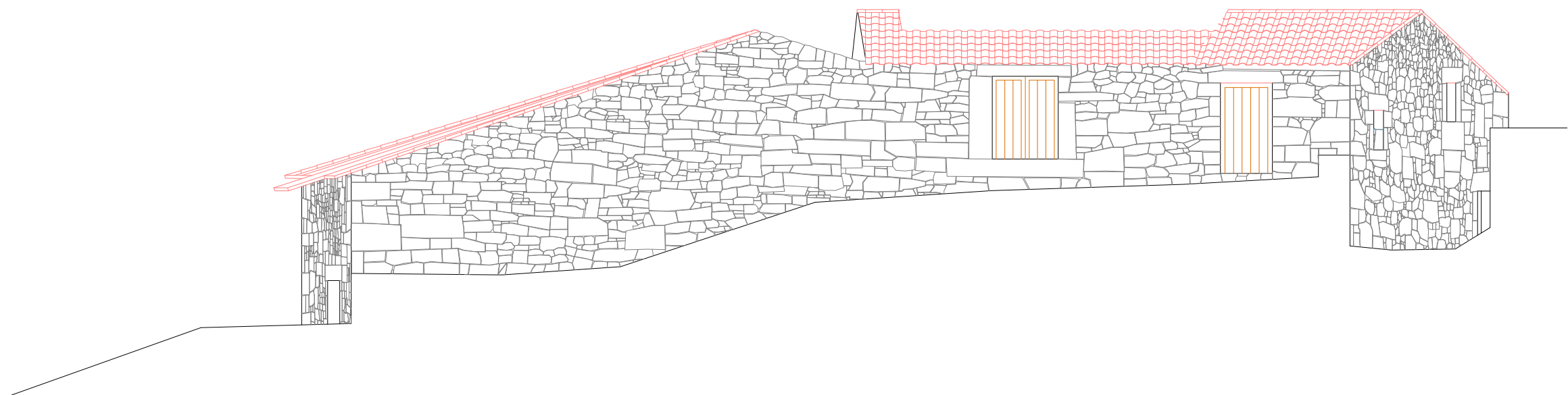
(aglomerado secundário)



 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: ALÇADO NORTE DO AGLOMERADO SECUNDÁRIO	Escala: 1/100 Data: Março de 2015 Des. Nº 5/ 20

ALÇADO POENTE

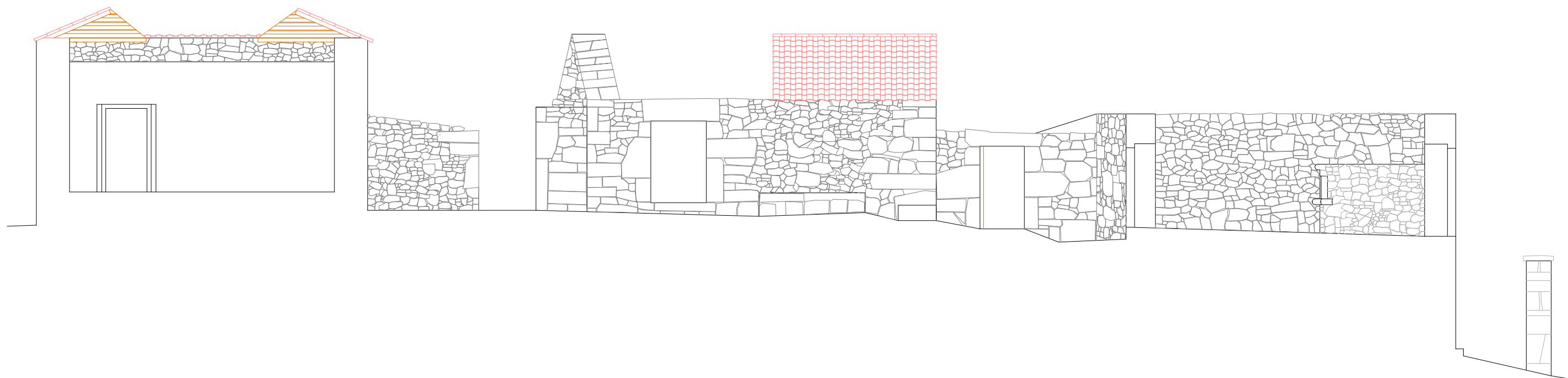
(aglomerado secundário)



	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: ALÇADO POENTE DO AGLOMERADO SECUNDÁRIO	Des. Nº 6/ 20
		Escala: 1/100	
		Data: Março de 2015	

ALÇADO SUL

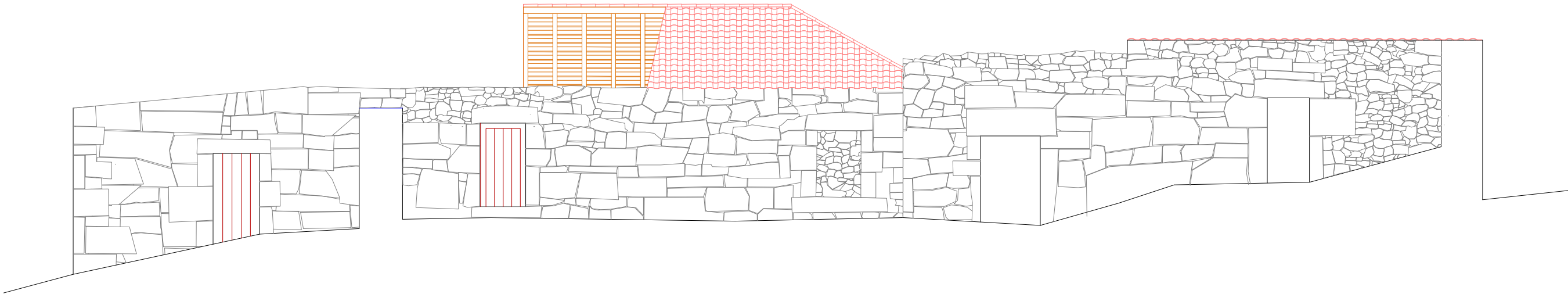
(pátio interior)



	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: ALÇADO SUL DO PÁTIO INTERIOR	Des. Nº 7/ 20
		Escala: 1/100	
		Data: Março de 2015	

ALÇADO POENTE

(pátio interior)



	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: ALÇADO POENTE DO PÁTIO INTERIOR	Escala: 1/100 Data: Março de 2015
			Des. Nº 8/ 20

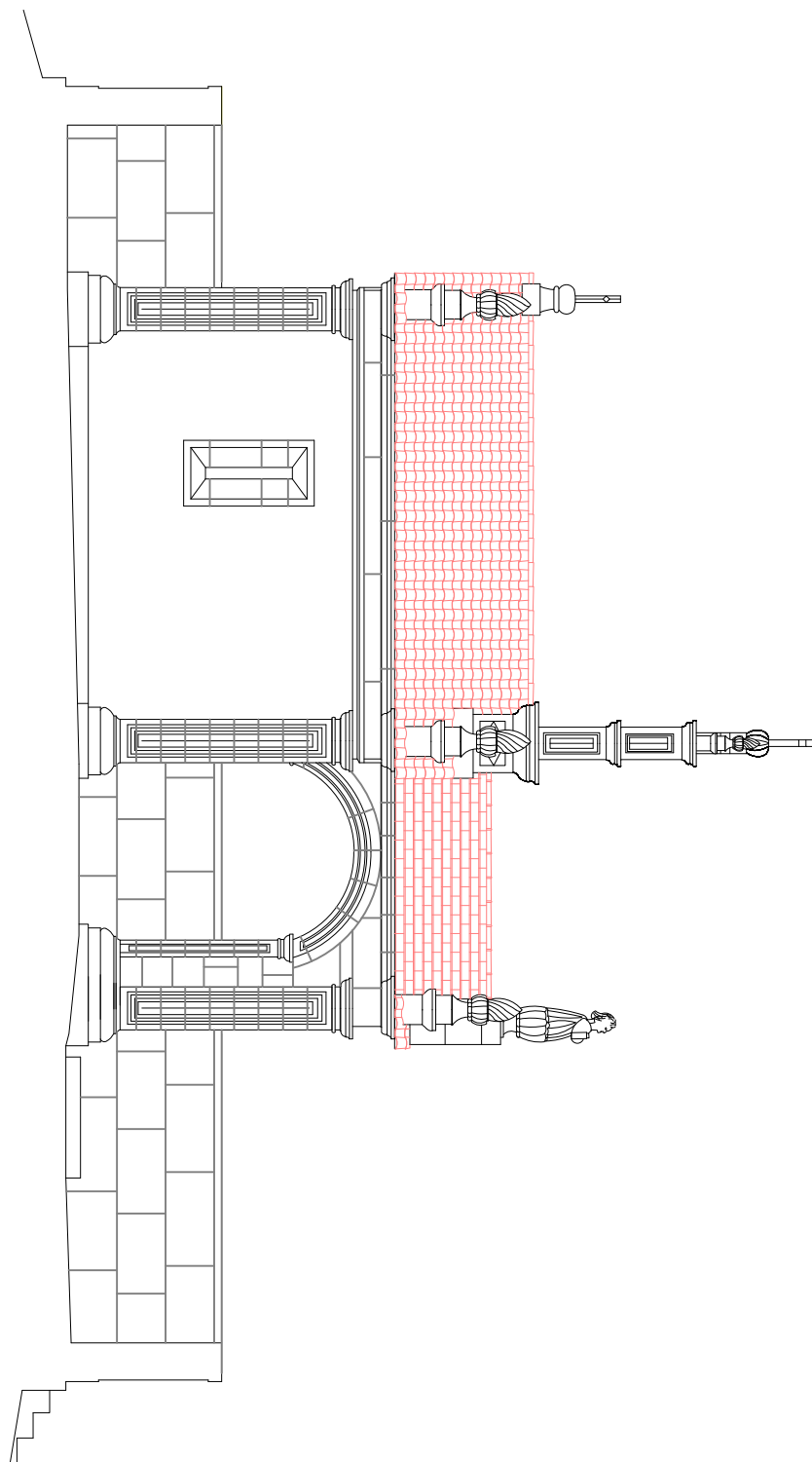
ALÇADO NORTE



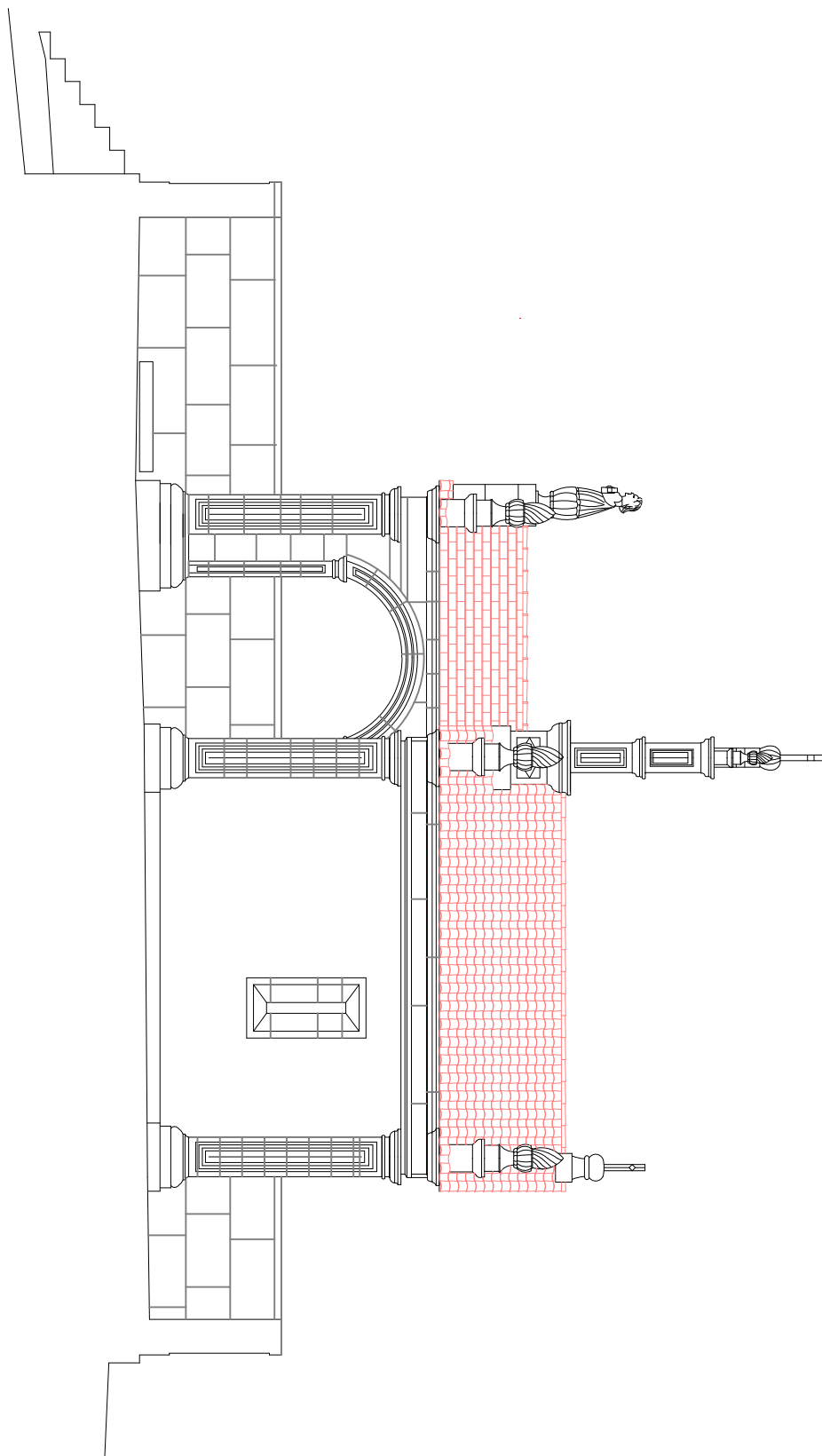
ALÇADO SUL



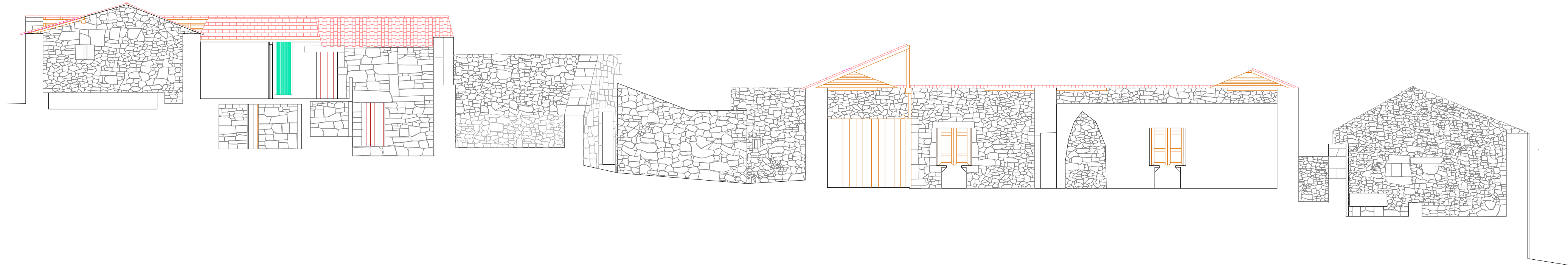
ALÇADO NASCENTE



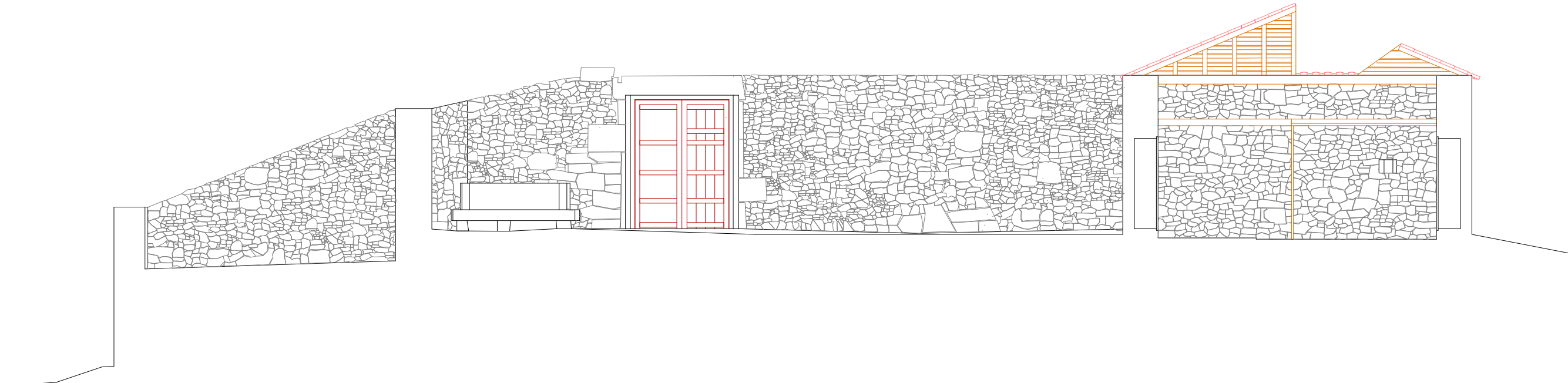
ALÇADO POENTE



CORTE AB

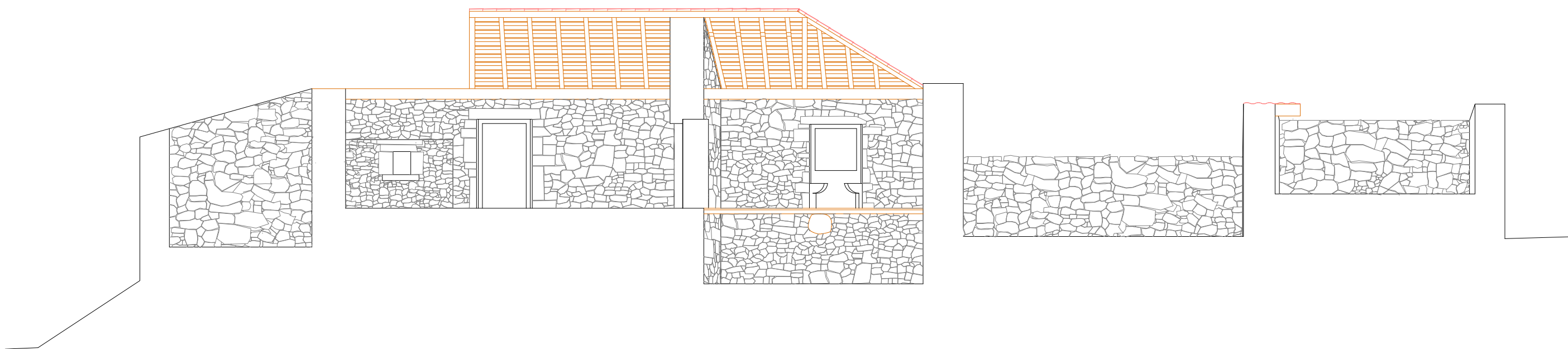


CORTE CD



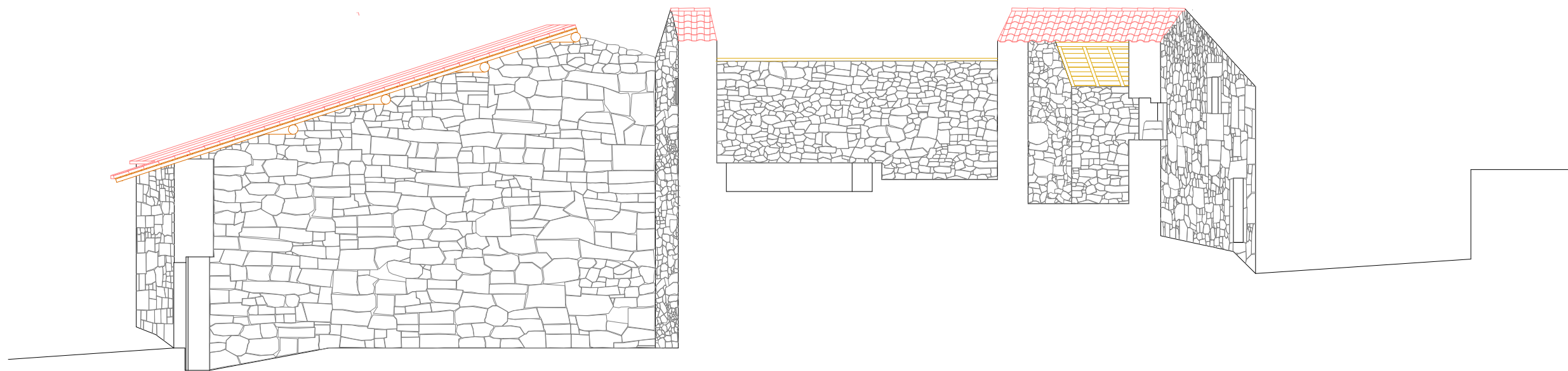
	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: CORTE CD	Escala: 1/100 Des. Nº 14/20 Data: Março de 2015

CORTE EF



	Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil		
	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda		
	Levantamento topográfico: José Gramaxo	Designação: CORTE EF	Escala: 1/100 Des. Nº 15/20 Data: Março de 2015

CORTE GH



Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Levantamento topográfico:
José Gramaxo

Designação: CORTE GH

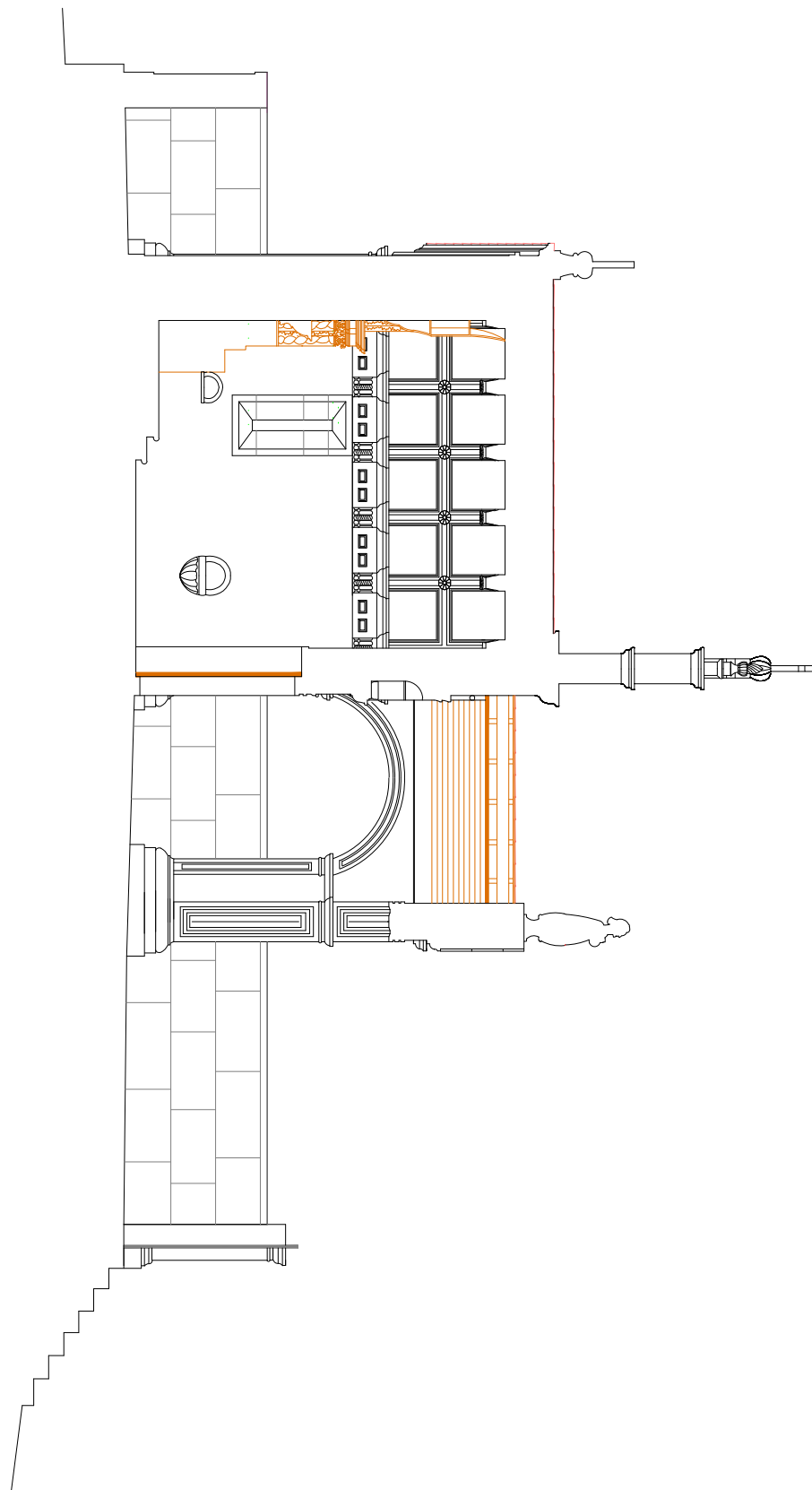
Escala: 1/100

Data: Março de 2015

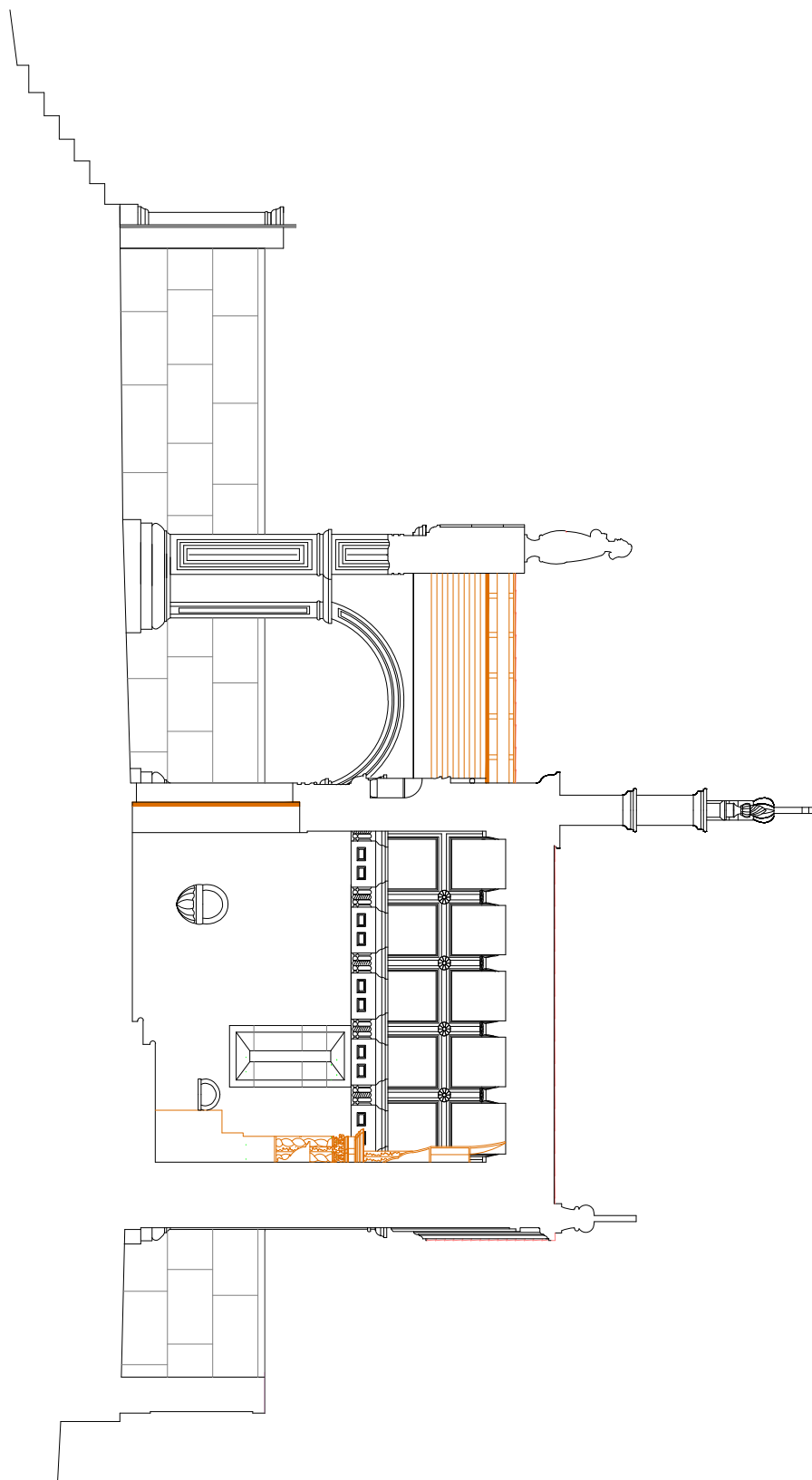
Des. Nº

16/20

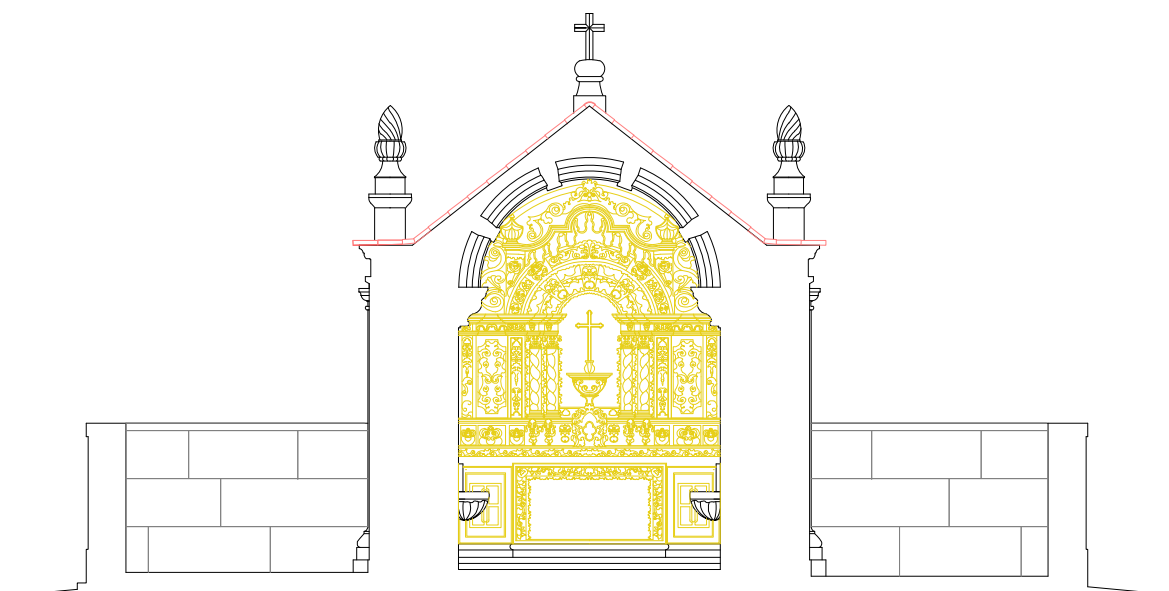
CORTE AB



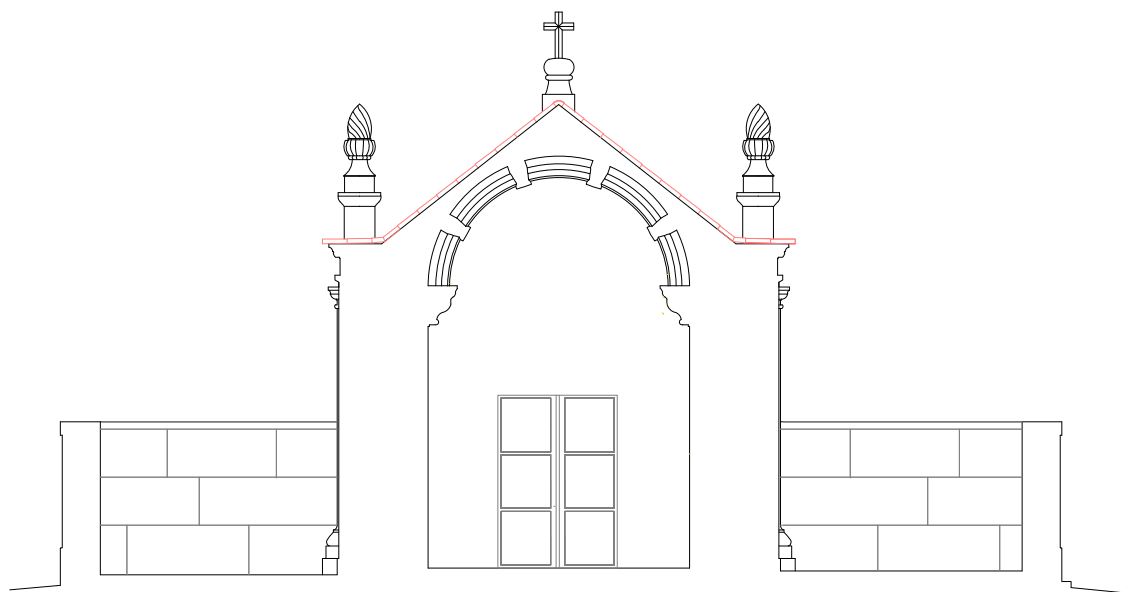
CORTE BA



CORTE CD



CORTE DC



Universidade
de Trás-os-Montes
e Alto Douro

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Levantamento topográfico:
José Gramaxo

Designação:

CORTE DC

Escala:

1/100

Data:

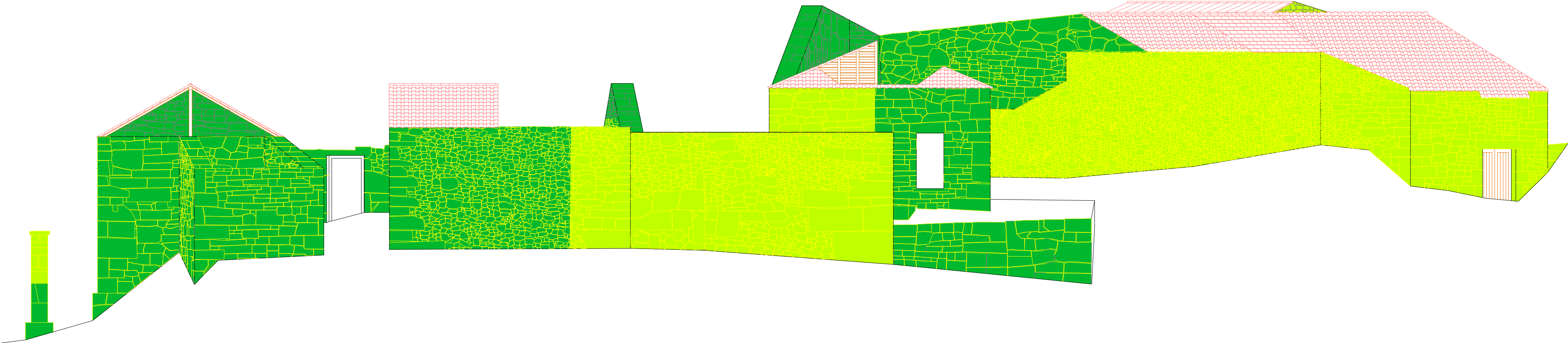
Março de 2015

Des. Nº

20/20

ALÇADO NORTE

(aglomerado principal)

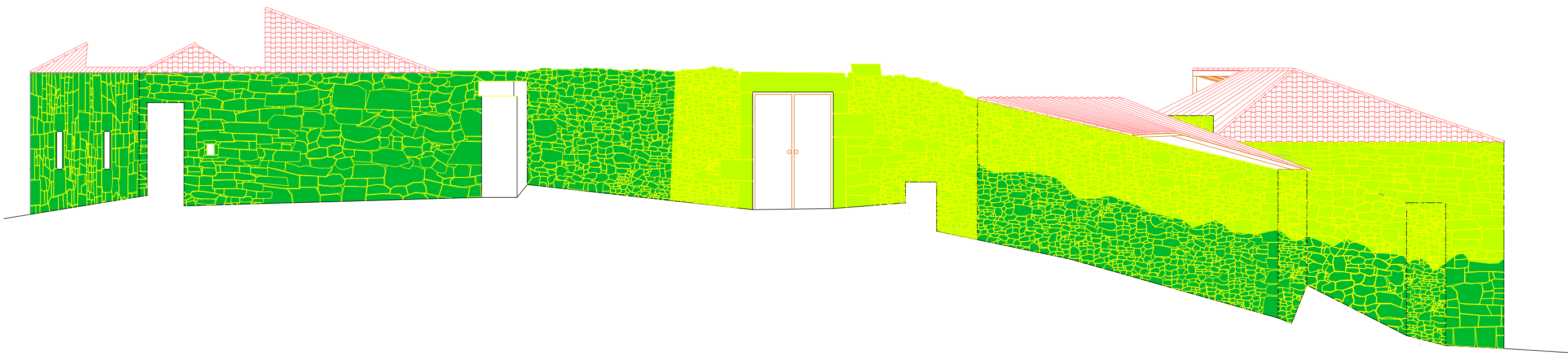


LEGENDA:

- Desagregação granular
- Colonização Biológica
- Vegetação Parasitária

ALÇADO SUL

(aglomerado principal)



LEGENDA:

Desagregação granular

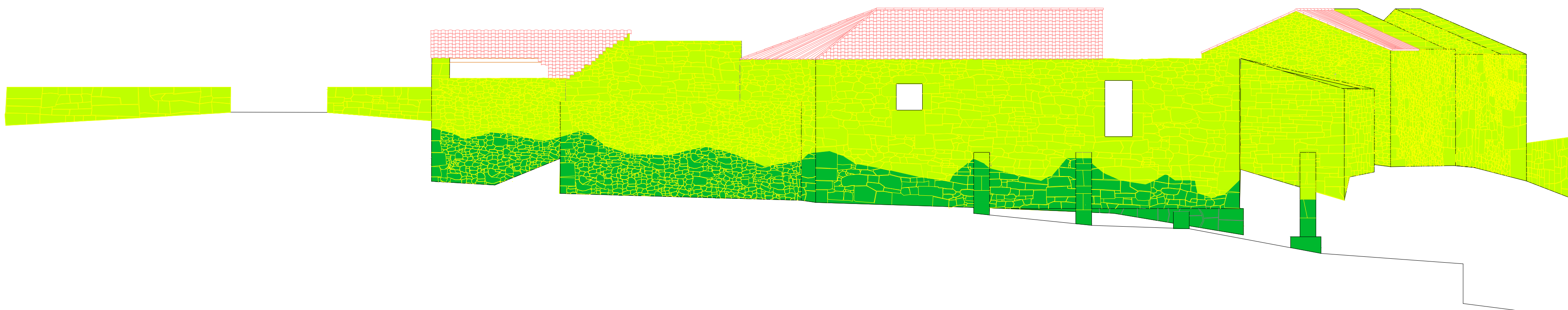
Colonização Biológica

Vegetação Parasitária

 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro		Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil	
		REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda	
Levantamento topográfico: José Gramaxo Levantamento das anomalias: Michaël Santos	Designação:	Escala: 1/100	Des. Nº
	Localização das patologias encontradas no paramento exterior do alçado sul	Data: Março de 2015	2/ 11

ALÇADO NASCENTE

(aglomerado principal)

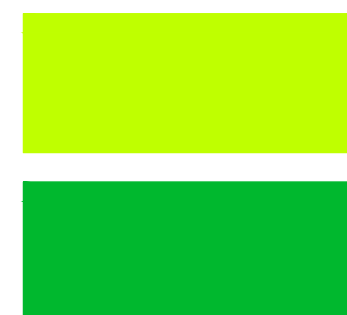


LEGENDA:

Desagregação granular

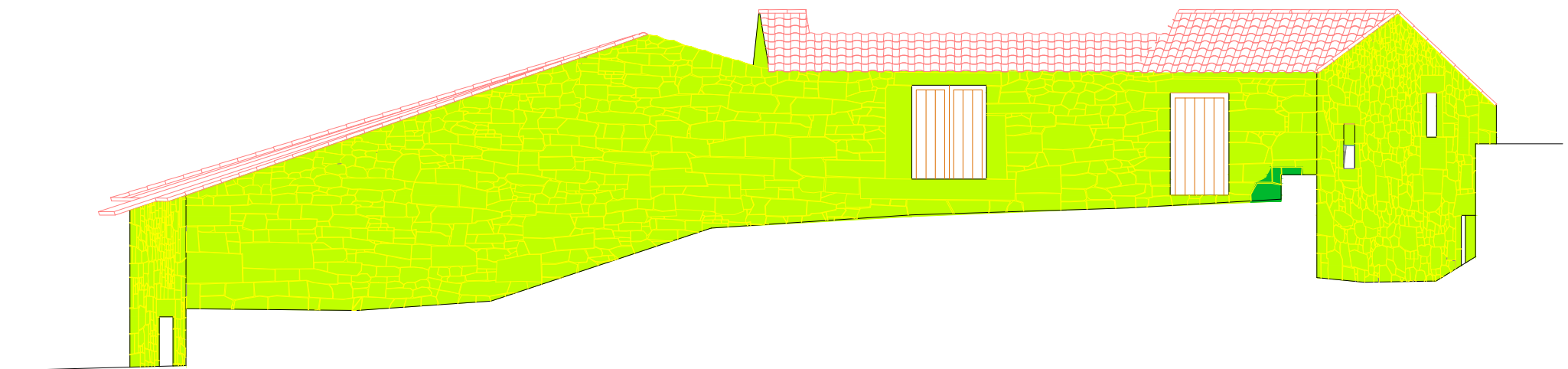
Colonização Biológica

Vegetação Parasitária



ALÇADO NASCENTE

(aglomerado secundário)



LEGENDA:

Desagregação granular

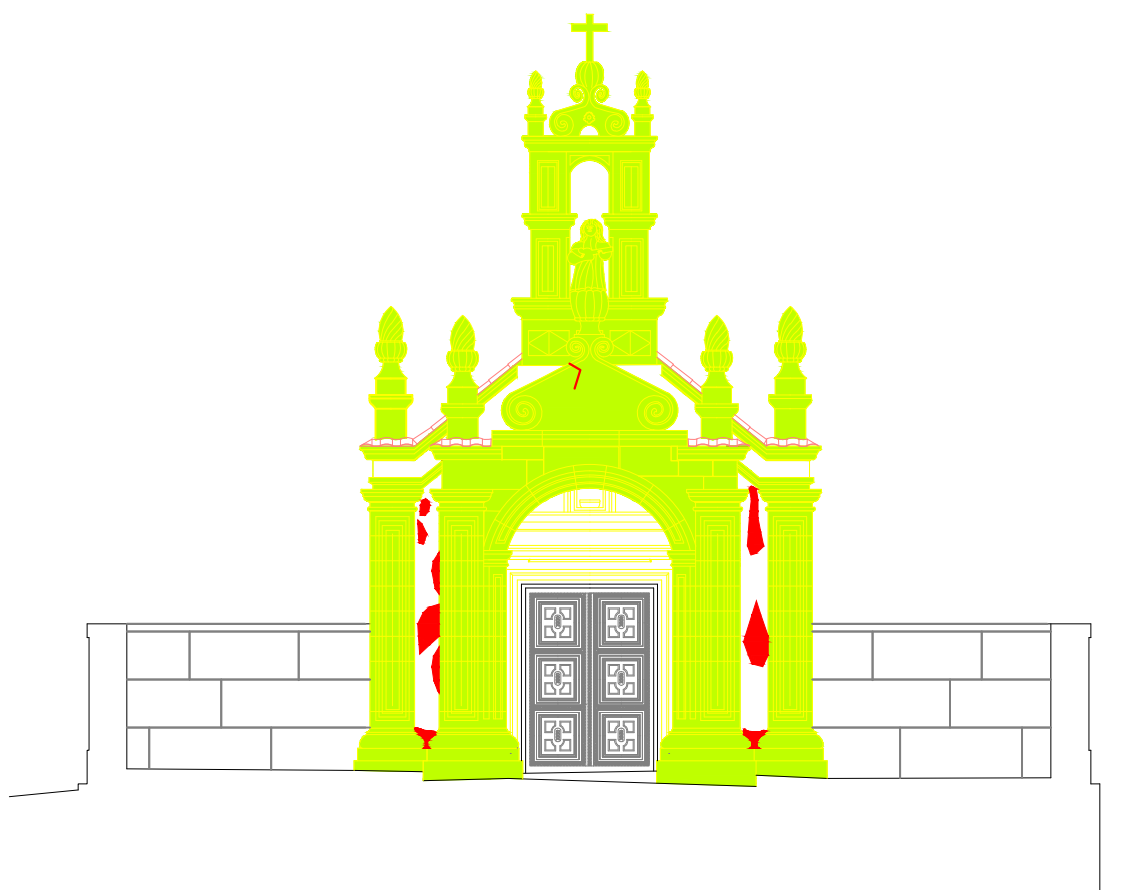
Colonização Biológica

Vegetação Parasitária



 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro		Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil	
		REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS: Propostas de intervenção e salvaguarda	
Levantamento topográfico: José Gramaxo Levantamento das anomalias: Michaël Santos		Designação: Localização das patologias encontradas no paramento interior do alçado nascente	Escala: 1/100 Data: Março de 2015
			Des. Nº 4/ 11

ALÇADO NORTE



LEGENGA:

DESAGRAGAÇÃO GRANULAR

FISSURAÇÃO

COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA

DESTACAMENTO DE REBOCO

utad



Universidade
de Trás-os-Montes
e Alto Douro

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Levantamento topográfico:
José Gramaxo
Levantamento das anomalias:
Michaél Santos

Designação:
Localização das patologias encontradas no
paramento exterior do alçado norte

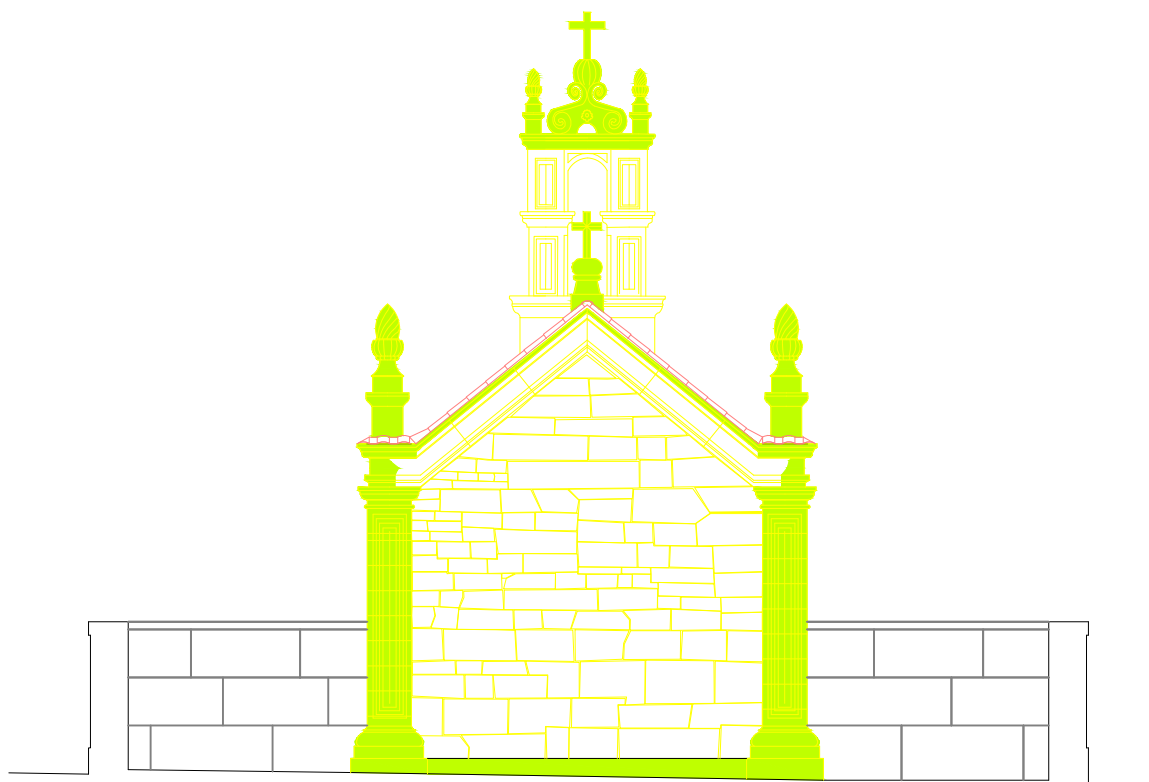
Escala:
1/100

Data:
Março de 2015

Des. Nº

5/11

ALÇADO SUL



LEGENGA:

DESAGRAGAÇÃO GRANULAR



COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA



utad



Universidade
de Trás-os-Montes
e Alto Douro

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Levantamento topográfico:
José Gramaxo
Levantamento das anomalias:
Michaél Santos

Designação:
Localização das patologias encontradas no
paramento exterior do alçado sul

Escala:
1/100

Data:
Março de 2015

Des. Nº

6/ 11

ALÇADO NASCENTE



LEGENDA:

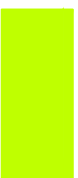
DESAGRAÇÃO GRANULAR



DESTACAMENTO DE REBOCO



COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA



DEFORMAÇÃO



Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



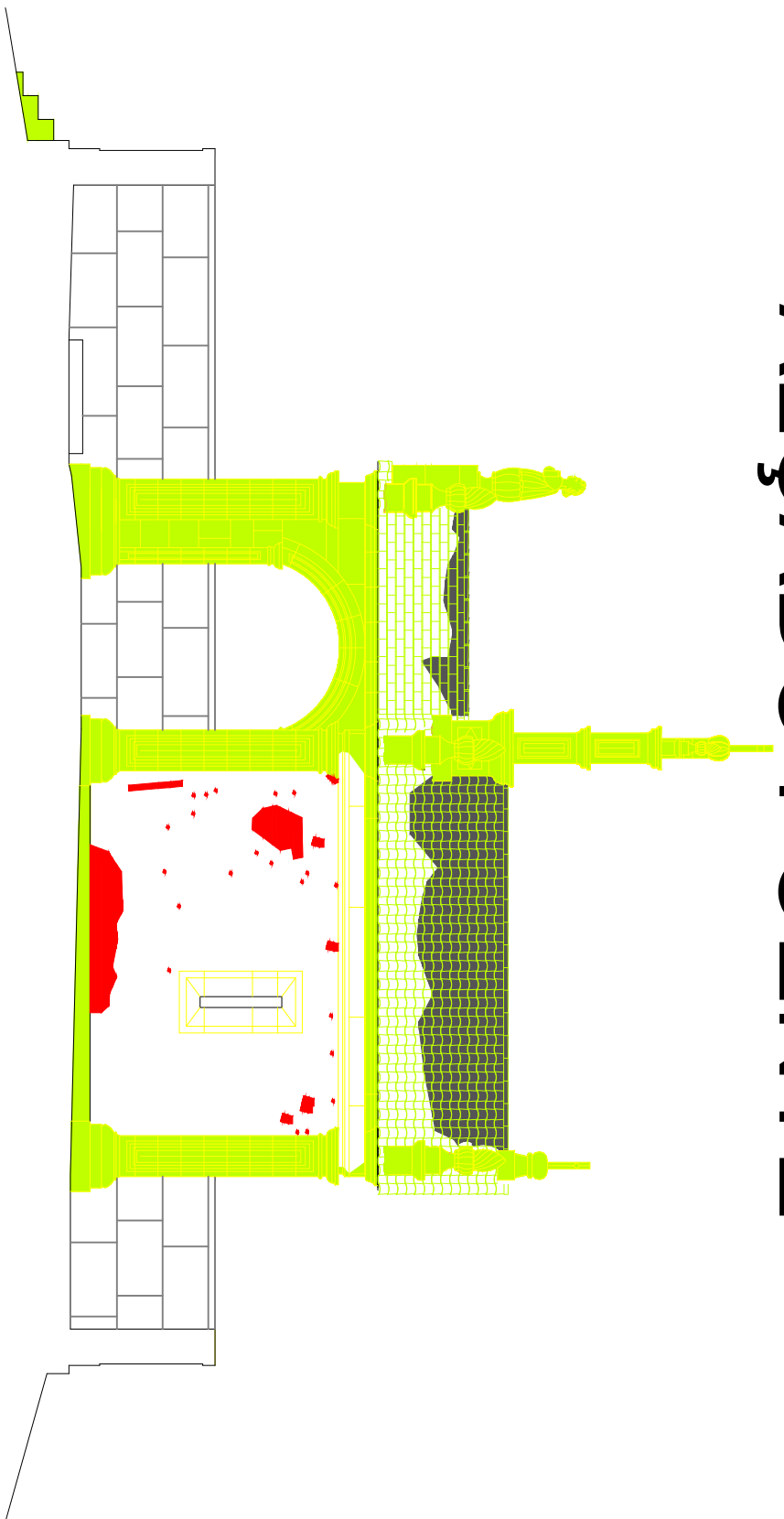
Levantamento topográfico:
José Gramaxo
Levantamento das anomalias:
Michaél Santos

Designação:
Localização das patologias encontradas no
paramento exterior do alçado nascente

Escala:
1/100
Data:
Março de 2015

Des. N°
7/11

ALÇADO POENTE



LEGENGA:

DESAGRAÇÃO GRANULAR



DESTACAMENTO DE REBOCO



COLONIZAÇÃO BIOLÓGICA



DEFORMAÇÃO



Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda



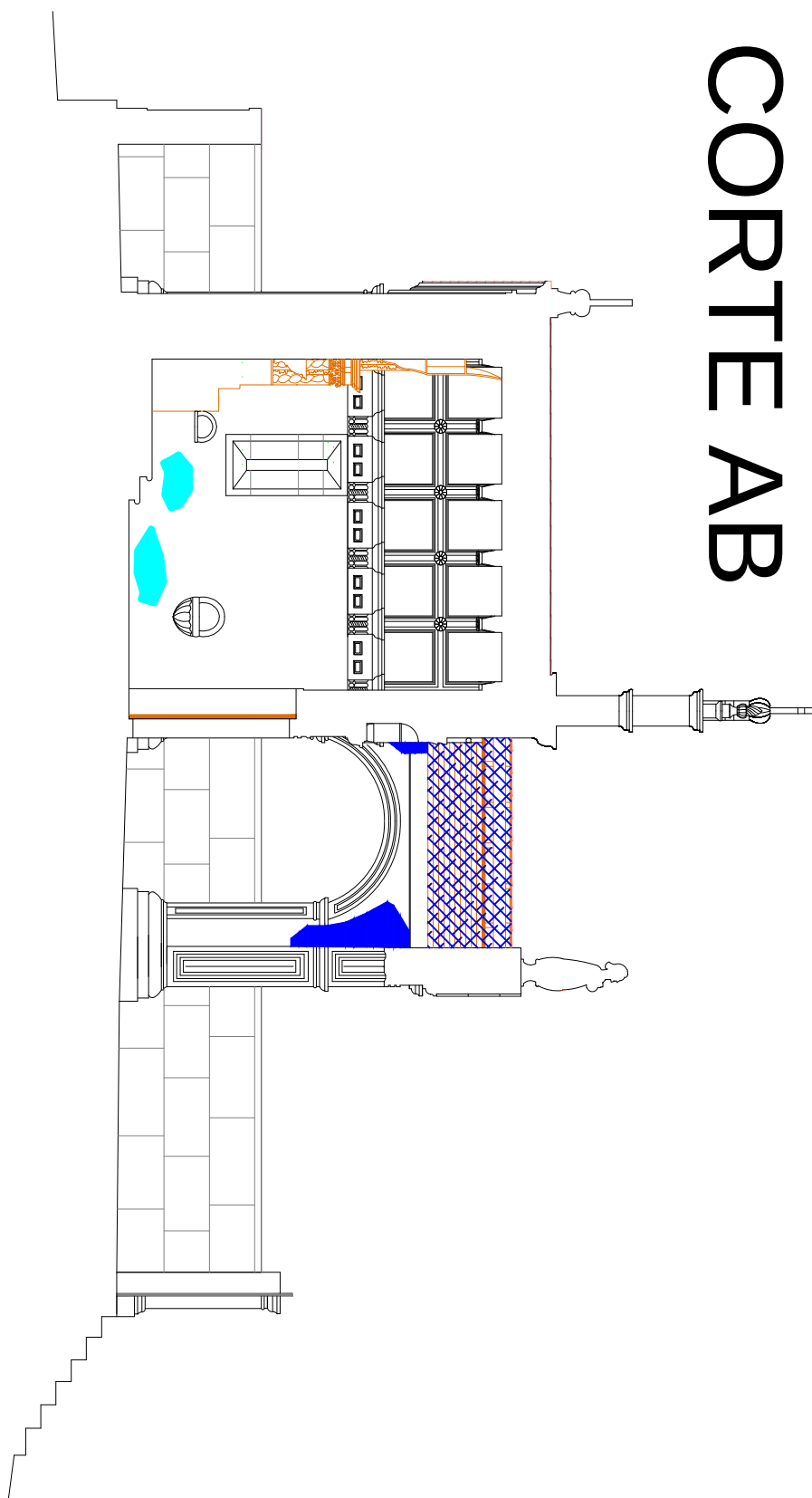
Levantamento topográfico:
José Gramaxo
Levantamento das anomalias:
Michaél Santos

Designação:
Localização das patologias encontradas no
paramento exterior do alçado poente

Escala:
1/100
Data:
Março de 2015

Des. Nº
8/ 11

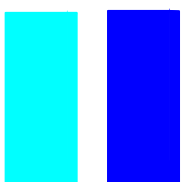
CORTE AB



LEGENGA:

HUMIDADES DE PRECIPITAÇÃO

HUMIDADES DO TERRENO

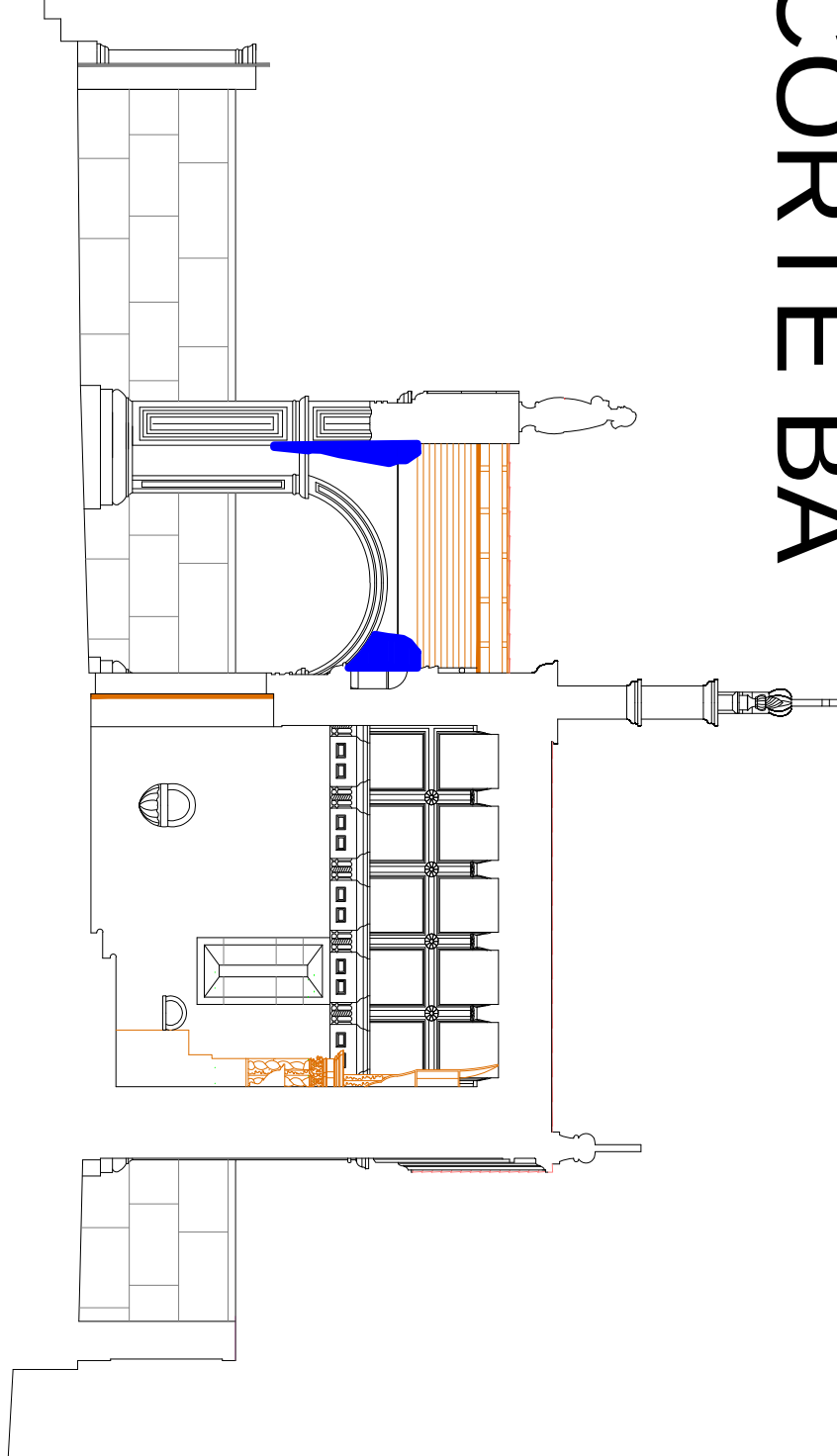
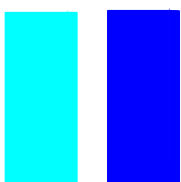


CORTE BA

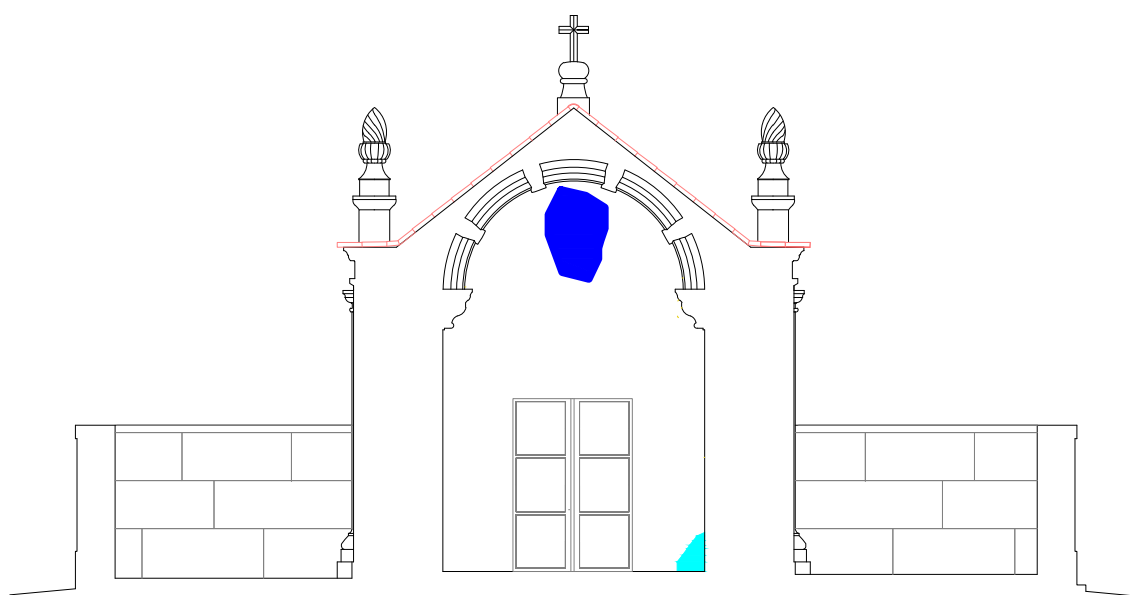
LEGENGA:

HUMIDADES DE PRECIPITAÇÃO

HUMIDADES DO TERRENO



CORTE CD



LEGENGA:

HUMIDADES DE PRECIPITAÇÃO



HUMIDADES DO TERRENO



Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DE PICÕES, VALPAÇOS:
Propostas de intervenção e salvaguarda

Levantamento topográfico:
José Gramaxo
Levantamento das anomalias:
Michaél Santos

Designação:
Localização das patologias encontradas no
paramento interior do corte CD

Escala:
1/100

Data:
Março de 2015

Des. Nº

11/11

ANEXO III - FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS USADOS NAS ARGAMASSAS

		Nome: Cal aérea não hidrófuga em pasta D. Fradique		Ver Ficha de Dados de Segurança nº: 102 A	
		N^{os} Telefone de emergência: Dra. Isabel Cartaxo (Fradical): 914039921 Centro de Informação Anti-venenos (CIAV): 808 250 143			
CARACTERÍSTICAS	PROPRIEDADES FÍSICAS/QUÍMICAS	Estado físico a 20 °C: Pastoso Cor: Branco Odor: Inodoro Ponto de ebulição: aprox. 2850 °C Ponto de inflamação: Não inflamável Ponto de fusão: 580 °C		Limites de explosividade: Não explosivo pH: aprox. 12,4 Densidade de vapor: - Solubilidade com a água: Muito pouco solúvel <2g/L a 100 °C Densidade: aprox. 1,3	
	COMPOSIÇÃO	Cal composta à base de hidróxido de cálcio, carbonato de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.			
	PRINCIPAIS UTILIZADORES	Pedreiros, ladrilhadores, pintores e serventes.			
RISCOS	RISCO INCÊNDIO E COMBATE	Não inflamável. Meios: São permitidos todos os agentes extintores para combater a zona envolvente, no entanto, a altas temperaturas pode produzir-se óxido de cálcio, pelo que não se deve utilizar extintores de CO ₂ e de meios halogenados. Pulverizar as embalagens fechadas com água (neblina). Manter uma distância de segurança do foco de incêndio. Meios de extinção não utilizáveis: A altas temperaturas pode produzir-se óxido de cálcio, pelo que não se deve utilizar extintores de CO ₂ ou halogenados. Riscos especiais de exposição: O hidróxido de cálcio decompõe-se em óxido de cálcio, quando aquecido intensamente, tornando a substância moderadamente básica. Equipamento de protecção especial: Devido à possível libertação de óxido de cálcio, deve usar-se um filtro de partículas do Tipo P2 com equipamento de respiração autónoma e vestuário resistente a ambientes corrosivos.			
	RISCOS PARA O HOMEM	Olhos: Vermelhidão, dor, visão desfocada. Pele: Irritação mecânica, vermelhidão, aspereza, sensação de queimadura. O contacto prolongado ou repetido com a pele pode originar dermatites. Inalação: Depois de seca e sob a forma de poeiras, sensação de queimadura no nariz, garganta e vias respiratórias superiores, tosse. Ingestão: Cãibras abdominais, sensação de queimadura na boca, garganta e esófago, vômitos e debilidade.			
	FRASES R e S	R36/37/38 – Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele. R41 - Risco de graves lesões oculares.		S22 - Não respirar as poeiras. S26 - Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista. S36/37/39 - Usar vestuário de protecção, luvas e equipamento protector para a vista/face adequados.	
MEDIDAS DE SAÚDE E HIGIENE	ARMAZENAGEM	Proibir o acesso de pessoas não autorizadas. Para evitar derrames, os recipientes que foram abertos, devem ser cuidadosamente fechados e mantidos na posição vertical. Guardar nas embalagens originais à temperatura ambiente, em local seco e ventilado, evitando o empilhamento excessivo. Evitar armazenar junto de fontes de calor elevadas. Armazenar longe de ácidos Matérias incompatíveis: Ácidos, anidrido maleico, nitro parafinas, fósforo, fenóis policlорados, nitrato de potássio, agentes oxidantes fortes e metais activos. A embalagem deve estar conforme as disposições vigentes. Ventilação adequada com extracção.			
	MANIPULAÇÃO	Evitar ao máximo a formação de poeiras (depois de seca), evitar inalar as poeiras e o contacto com os olhos. Protecção respiratória: Utilizar máscara com filtro tipo P2 ou superior, após aplicado e em forma de poeiras. Protecção das mãos: Utilizar luvas de protecção química, látex, algodão/neopreno ou nitrilo. Protecção dos olhos: Utilizar óculos de protecção. Protecção da pele: Utilizar vestuário adequado, justo e limpo. Retirar a roupa contaminada no final do trabalho. Tomar banho com água e sabão após a realização do trabalho.			
	DERRAMES ACIDENTAIS	Precauções individuais: Quando já se apresentar seco e mecanicamente transformado em pó, afastar do local todos os trabalhadores que não utilizem máscara de protecção com filtro tipo P2 (ou superior). Utilizar luvas, óculos de protecção, vestuário e calçado adequado. Precauções ambientais: Evitar que seja descarregada na Natureza. Evitar a contaminação de esgotos e cursos de água. Deve ser recolhida e depositada em local adequado. Cumprir legislação vigente. Métodos de limpeza: Evitar ao máximo a formação de poeiras. Isolar o produto derramado, recolher para um recipiente fechado e acondicioná-lo em local seguro, fresco, seco e ventilado.			
PRIMEIROS SOCORROS	Contacto com os olhos: Lavar com água abundante durante pelo menos 15 minutos (retirar as lentes de contacto se puder fazer-se com facilidade), abrindo e fechando as pálpebras ocasionalmente. Consultar um médico. Contacto com a pele: Retirar a roupa contaminada, lavar a pele com água abundante ou tomar um duche. Consultar um médico. Inalação: Retirar a vítima do local onde aspirou os produtos nocivos para respirar ar fresco e repousar. Consultar um médico. Ingestão: Lavar a boca. Não provocar o vômito. Não beber nada. Consultar um médico. Informação para o médico: -				
SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA		SINALIZAÇÃO DE EPI'S			
   		    			

MARTINGANÇA HL 5

HL 5 – CAL HIDRÁULICA

TC.E.035.4

1. DESCRIÇÃO

A cal hidráulica **MARTINGANÇA HL 5** é um ligante hidráulico constituído por silicatos e aluminatos de cálcio e um baixo teor em hidróxido de cálcio. Obtém-se por cozedura de calcário margoso, seguida de moagem. A **MARTINGANÇA HL 5** é classificada como HL 5 segundo a NP EN 459-1.

A **MARTINGANÇA HL 5** é um ligante que apresenta maioritariamente uma presa hidráulica, mas apresenta alguma presa aérea.

2. DOMÍNIO DE UTILIZAÇÃO

Aplica-se como substituto do fíler nos pavimentos betuminosos, a utilizar segundo o procedimento preconizado no caderno de encargos da obra onde vai ser aplicado. Na fabricação de argamassas, como único ligante ou em mistura com outros ligantes hidráulicos ou aéreos, conferindo-lhes trabalhabilidade e flexibilidade, reduzindo significativamente a retracção das argamassas hidráulicas (p.ex. argamassas de alvenaria, argamassas de reboco e acabamentos).

Na produção de produtos para a construção, como, elementos de alvenaria e outros tipos de produtos pré-fabricados.

Em diferentes utilizações de engenharia civil tais como tratamento de solos ou misturas asfálticas.

3. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	VALOR	NORMA
Cal disponível Ca(OH)_2	$\geq 4,0 \%$	EN 459-1
Sulfato	$\leq 3,0 \%$	EN 459-1
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	NORMA
Água livre	$\leq 1,0 \%$	EN 459-1
Finura	$90 \mu\text{m} \leq 15,0 \%$ $200 \mu\text{m} \leq 5,0 \%$	EN 459-1
Expansibilidade	$\leq 2,0 \text{ mm}$	EN 459-1
Penetração	$> 10 \text{ mm e } < 50 \text{ mm}$	EN 459-1
Teor de ar	$\leq 25,0 \%$	EN 459-1
Início de presa	$> 1 \text{ h}$	EN 459-1
Fim de presa	$\leq 15 \text{ h}$	EN 459-1
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	VALOR	NORMA
Resistência à compressão (28 dias)	$\geq 5,0 \text{ MPa}$	EN 459-1

4. APLICAÇÃO

FABRICAÇÃO DE ARGAMASSAS

A dosagem de **MARTINGANÇA HL 5** numa argamassa deve adequar-se ao fim a que se destina. Nas argamassas de reboco e de assentamento, a **MARTINGANÇA HL 5** tem um papel preponderante como ligante único ou conjugado com outros.

Misturar previamente a **MARTINGANÇA HL 5** com o agregado e posteriormente adicionar água na quantidade adequada de forma a obter uma boa trabalhabilidade.

Restrições

Não aplicar argamassas a temperaturas inferiores a 5°C e superiores a 30°C , evitando a aplicação em situações de elevada exposição solar e/ou sob ventos fortes.

Não utilizar argamassas amolentadas ou que tenham iniciado a sua presa.

Evitar a secagem rápida das argamassas, regando o suporte, 1 a 2 horas antes da aplicação e voltando a regar logo que a argamassa se apresente suficientemente resistente. Repetir a rega 1, 2 e 7 dias depois.

Conselhos complementares

- ▶ O excesso de água de amassadura é prejudicial às características físicas do reboco;
- ▶ Deve ser sempre utilizada a quantidade mínima de água que permita boa trabalhabilidade;
- ▶ A água de amassadura deve estar isenta de quaisquer impurezas (argilas, matéria orgânica), devendo, de preferência, ser utilizada água potável;

Secil Argamassas

Secil Martingança, S.A.

Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 – 909 – Maceira – LRA – Portugal

Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 997 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



MARTINGANÇA HL 5

HL 5 – CAL HIDRÁULICA

TC.E.035.4



Pedreira



Fábrica de Cal Hidráulica



Pedra no interior do forno

- Uma vez determinado o traço a utilizar para uma argamassa, manter as dosagens constantes e o tempo de amassadura.

TRATAMENTO DE SOLOS

A adição de **MARTINGANÇA HL 5** a certos solos argilosos e húmidos permite a sua estabilização, melhorando a sua resistência, pela diminuição do índice de plasticidade e de uma maior compactação, a qual permite um aumento do CBR (Califórnia Bearing Ratio, índice de capacidade de suporte).

A adição de **MARTINGANÇA HL 5** reduz a humidade do solo contribuindo para a aglutinação das suas partículas e constituindo um aglomerado muito mais compacto.

Processo de aplicação

A quantidade de **MARTINGANÇA HL 5** a utilizar deve ser de 0,5 a 5 % (sendo 3% o valor típico) da massa de solo a tratar, de onde devem ser retiradas as pedras de grandes dimensões.

De seguida, espalhar a **MARTINGANÇA HL 5**, misturando-a e homogeneizando-a com o solo em tratamento. Depois, compactar o solo tratado, que ficará muito mais resistente à penetração das águas pluviais e mais apto a funcionar como base de fundações.

Estes procedimentos encontram-se documentados em suporte vídeo disponibilizado em www.secilargamassas.pt. Também poderá solicitar-se cópia aos nossos Serviços Comerciais.

SUBSTITUTO DE FÍLER

(Ver ficha técnica da Cal como filer comercial TC.E.055)

5. EMBALAGEM E VALIDADE

Embalagem

- Sacos de papel de 25 kg em paletes plastificadas;
- Granel para utilização em sistema de silo.

Validade

12 meses desde que permaneçam inalteradas as condições da embalagem originais e em condições de armazenagem ao abrigo de temperaturas extremas e da humidade.

6. HIGIENE E SEGURANÇA

(NÃO DISPENSA A CONSULTA DA FICHA DE SEGURANÇA DO PRODUTO)

- Provoca irritação da pele;
- Provoca danos graves nos olhos;
- Pode provocar irritação respiratória;
- Manter fora do alcance das crianças;
- Usar luvas de proteção/ vestuário de proteção/ proteção ocular/ proteção facial;
- Evitar respirar poeiras/ vapores.

Estando as condições de aplicação dos nossos produtos fora do nosso alcance não nos responsabilizamos pela sua incorrecta utilização. É dever do cliente verificar a idoneidade do produto para o fim previsto. Em qualquer caso a nossa responsabilidade está limitada ao valor da mercadoria por nós fornecida. A informação constante da presente ficha pode ser alterada sem aviso prévio. Em caso de dúvida, e se pretender esclarecimentos complementares solicitamos o contacto com os nossos serviços técnicos.

Revisão de Janeiro de 2014
TC.E.035.4

Secil Argamassas

Secil Martingança, S.A.

Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 – 909 – Maceira – LRA – Portugal

Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 997 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



www.secilargamassas.pt

MARTINGANÇA HL 5

HL 5 – CAL HIDRÁULICA

TC.E.035.4



11

Cal Hidráulica Martingança HL 5

EN 459-1:2011

Certificado: 1328-CPR-0215

Cal hidráulica – HL 5

Declaração de desempenho TC.E.0920

Secil Argamassas

Secil Martingança, S.A.

Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 – 909 – Maceira – LRA – Portugal

Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 997 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



ANEXO IV - FICHAS DE RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/1
19-11-2014	Michaël Santos	-	

FR 1.09 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação		
Identificação da amostra:	Revestimento Exterior Masa de Esboçar		
Descrição da amostra:	As 4 faces laterais foram seladas com uma silicona impermeabilizante		
Data do pedido	19-11-2014	Data de recepção	19-11-2014

Obs:	Provete	1	2	3	
	L	39,43	39,74	39,20	mm
	A	38,86	38,95	38,94	mm
	S	1532	1548	1526	mm ²

Provetes foram colocados em estufa a 40°C durante 24 horas antes de iniciar o ensaio da capilaridade

Tempo de imersão (min)		1			2			3			Média
		Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Abs. Cap.
		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	ΔM/S (g/mm ²)
0		192,10	0,00	0,0000	191,90	0,00	0,00	193,90	0,00	0,00	0,0000
5		193,50	1,40	0,0009	192,80	0,90	0,0006	194,80	0,90	0,0006	0,0007
10		195,60	3,50	0,0023	194,30	2,40	0,0016	196,40	2,50	0,0016	0,0018
15		196,20	4,10	0,0027	194,70	2,80	0,0018	196,90	3,00	0,0020	0,0022
20		197,40	5,30	0,0035	195,60	3,70	0,0024	197,90	4,00	0,0026	0,0028
30		198,40	6,30	0,0041	196,30	4,40	0,0028	198,80	4,90	0,0032	0,0034
40		199,40	7,30	0,0048	197,10	5,20	0,0034	199,70	5,80	0,0038	0,0040
60		200,90	8,80	0,0057	198,00	6,10	0,0039	200,80	6,90	0,0045	0,0047
90		201,80	9,70	0,0063	199,00	7,10	0,0046	201,90	8,00	0,0052	0,0054
120		203,80	11,70	0,0076	199,90	8,00	0,0052	203,30	9,40	0,0062	0,0063
240		213,90	21,80	0,0142	206,60	14,70	0,0095	212,10	18,20	0,0119	0,0119
360		219,50	27,40	0,0179	210,50	18,60	0,0120	217,00	23,10	0,0151	0,0150
480		221,50	29,40	0,0192	213,80	21,90	0,0141	221,40	27,50	0,0180	0,0171
1440		222,20	30,10	0,0196	221,70	29,80	0,0193	223,70	29,80	0,0195	0,0195
2880		222,50	30,40	0,0198	222,80	30,90	0,0200	224,50	30,60	0,0200	0,0199
C. Cap. 10-90	g/m ² s ^{1/2}	82,60			61,98			73,55			72,71
	g/m ² min ^{1/2}	639,78			480,10			569,71			563,20
	kg/m ² min ^{1/2}	0,64			0,48			0,57			0,60
C.C.24h	kg/m ² h ^{1/2}	4,01			3,93			3,99			4,00

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/1
19-11-2014	Michaël Santos	-	

FR 1.09 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação		
Identificação da amostra:	Revestimento Exterior - Masa de Estender		
Descrição da amostra:	As 4 faces laterais foram seladas com uma silicona impermeabilizante		
Data do pedido	19-11-2014	Data de recepção	19-11-2014

Obs:	Provete	13	14	15	
	L	40,35	40,2	40,73	mm
	A	39,73	39,87	39,31	mm
	S	1603	1603	1601	mm ²
Provetes foram colocados em estufa a 40°C durante 24 horas antes de iniciar o ensaio da capilaridade					

Tempo de imersão (min)	13			14			15			Média
	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Abs. Cap.
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	ΔM/S (g/mm ²)
0	197,50	0,00	0,0000	200,30	0,00	0,00	198,90	0,00	0,00	0,0000
5	198,40	0,90	0,0006	201,50	1,20	0,0007	199,80	0,90	0,0006	0,0006
10	201,10	3,60	0,0022	204,40	4,10	0,0026	202,00	3,10	0,0019	0,0022
15	202,20	4,70	0,0029	205,50	5,20	0,0032	203,90	5,00	0,0031	0,0031
20	204,20	6,70	0,0042	207,50	7,20	0,0045	205,80	6,90	0,0043	0,0043
30	205,80	8,30	0,0052	209,10	8,80	0,0055	207,50	8,60	0,0054	0,0053
40	207,70	10,20	0,0064	211,00	10,70	0,0067	209,20	10,30	0,0064	0,0065
60	210,00	12,50	0,0078	213,30	13,00	0,0081	211,50	12,60	0,0079	0,0079
90	212,30	14,80	0,0092	215,50	15,20	0,0095	213,60	14,70	0,0092	0,0093
120	215,10	17,60	0,0110	218,00	17,70	0,0110	216,10	17,20	0,0107	0,0109
240	232,00	34,50	0,0215	233,70	33,40	0,0208	231,30	32,40	0,0202	0,0209
360	235,70	38,20	0,0238	236,20	35,90	0,0224	237,00	38,10	0,0238	0,0233
480	236,00	38,50	0,0240	236,30	36,00	0,0225	237,40	38,50	0,0240	0,0235
1440	236,30	38,80	0,0242	236,80	36,50	0,0228	237,70	38,80	0,0242	0,0237
2880	236,80	39,30	0,0245	237,10	36,80	0,0230	238,00	39,10	0,0244	0,0240
C. Cap. 10-90	g/m ² s ^{1/2}	142,61		141,37		147,89		143,95		143,95
	g/m ² min ^{1/2}	1104,65		1095,02		1145,54		1115,07		1115,07
	kg/m ² min ^{1/2}	1,10		1,10		1,15		1,10		1,10
C.C.24h	kg/m ² h ^{1/2}	4,94		4,65		4,95		4,80		4,80

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:

19-11-2014

Realizado por:

Michaël Santos

Verificado por:

Carlos Jesus

Pag. 1/1

FR 1.09 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação		
Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Masa de Esboçar		
Descrição da amostra:	As 4 faces laterais foram seladas com uma silicona impermeabilizante		
Data do pedido	19-11-2014	Data de recepção	19-11-2014

Obs:	Provete	7	8	9	
	L	38,76	38,56	38,76	mm
	A	38,70	38,34	38,71	mm
	S	1500	1478	1500	mm ²
Provetes foram colocados em estufa a 40°C durante 24 horas antes de iniciar o ensaio da capilaridade					

Tempo de imersão (min)		7			8			9			Média
		Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Abs. Cap.
		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	ΔM/S (g/mm ²)
0		178,70	0,00	0,0000	175,20	0,00	0,00	182,80	0,00	0,00	0,0000
5		179,80	1,10	0,0007	176,40	1,20	0,0008	183,70	0,90	0,0006	0,0007
10		181,70	3,00	0,0020	177,00	1,80	0,0012	184,70	1,90	0,0013	0,0015
15		182,30	3,60	0,0024	177,20	2,00	0,0014	185,00	2,20	0,0015	0,0017
20		183,50	4,80	0,0032	177,70	2,50	0,0017	185,60	2,80	0,0019	0,0023
30		184,50	5,80	0,0039	178,30	3,10	0,0021	186,20	3,40	0,0023	0,0027
40		185,40	6,70	0,0045	178,40	3,20	0,0022	186,60	3,80	0,0025	0,0031
60		186,80	8,10	0,0054	179,00	3,80	0,0026	187,40	4,60	0,0031	0,0037
90		188,40	9,70	0,0065	179,80	4,60	0,0031	188,10	5,30	0,0035	0,0044
120		189,70	11,00	0,0073	180,40	5,20	0,0035	189,00	6,20	0,0041	0,0050
240		199,60	20,90	0,0139	185,80	10,60	0,0072	195,70	12,90	0,0086	0,0099
360		205,40	26,70	0,0178	189,30	14,10	0,0095	199,60	16,80	0,0112	0,0128
480		210,00	31,30	0,0209	192,70	17,50	0,0118	203,10	20,30	0,0135	0,0154
1440		212,80	34,10	0,0227	210,90	35,70	0,0241	218,40	35,60	0,0237	0,0235
2880		213,70	35,00	0,0233	212,00	36,80	0,0249	219,50	36,70	0,0245	0,0242
C. Cap. 10-90	g/m ² s ^{1/2}	91,17			38,66			46,26			58,70
	g/m ² min ^{1/2}	706,24			299,46			358,30			454,66
	kg/m ² min ^{1/2}	0,71			0,30			0,36			0,50
C.C.24h	kg/m ² h ^{1/2}	4,64			4,93			4,84			4,80

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/1
19-11-2014	Michaël Santos	Carlos Jesus	

FR 1.09 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação		
Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Masa de Estender		
Descrição da amostra:	As 4 faces laterais foram seladas com uma silicona impermeabilizante		
Data do pedido	19-11-2014	Data de recepção	19-11-2014

Obs:	Provete	19	20	21	
	L	37,95	37,88	38,25	mm
	A	37,56	38,11	38,1	mm
	S	1425	1444	1457	mm ²
Provetes foram colocados em estufa a 40°C durante 24 horas antes de iniciar o ensaio da capilaridade					

Tempo de imersão (min)		19			20			21			Média
		Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Abs. Cap.
		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm ²)	ΔM/S (g/mm ²)
0	169,20	0,00	0,0000	165,90	0,00	0,00	168,10	0,00	0,00	0,0000	
5	170,50	1,30	0,0009	166,90	1,00	0,0007	169,00	0,90	0,0006	0,0007	
10	174,40	5,20	0,0036	170,90	5,00	0,0035	173,40	5,30	0,0036	0,0036	
15	175,80	6,60	0,0046	172,20	6,30	0,0044	174,70	6,60	0,0045	0,0045	
20	177,90	8,70	0,0061	174,60	8,70	0,0060	177,20	9,10	0,0062	0,0061	
30	179,70	10,50	0,0074	176,40	10,50	0,0073	179,10	11,00	0,0075	0,0074	
40	181,80	12,60	0,0088	178,60	12,70	0,0088	181,40	13,30	0,0091	0,0089	
60	184,20	15,00	0,0105	181,10	15,20	0,0105	184,20	16,10	0,0110	0,0107	
90	186,40	17,20	0,0121	183,90	18,00	0,0125	187,00	18,90	0,0130	0,0125	
120	189,20	20,00	0,0140	186,60	20,70	0,0143	189,60	21,50	0,0148	0,0144	
240	198,80	29,60	0,0208	194,40	28,50	0,0197	196,60	28,50	0,0196	0,0200	
360	199,10	29,90	0,0210	194,70	28,80	0,0200	196,80	28,70	0,0197	0,0202	
480	199,40	30,20	0,0212	194,90	29,00	0,0201	197,20	29,10	0,0200	0,0204	
1440	200,60	31,40	0,0220	195,90	30,00	0,0208	198,00	29,90	0,0205	0,0211	
2880	202,20	33,00	0,0232	197,60	31,70	0,0220	199,60	31,50	0,0216	0,0222	
C. Cap. 10-90	g/m ² s ^{1/2}	171,85			183,82			190,49			182,05
	g/m ² min ^{1/2}	1331,11			1423,85			1475,55			1410,17
	kg/m ² min ^{1/2}	1,33			1,42			1,48			1,40
C.C.24h	kg/m ² h ^{1/2}	4,50			4,24			4,19			4,30

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)													
Data de realização:	Realizado por:			Verificado por:			Pag. 1/1						
07-11-2014	Michaël Santos			-									
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS													
SECAGEM													
Entidade requisitante:		Trabalho de Dissertação											
Identificação da amostra:		Revestimento Exterior - Masa de Esboçar											
Descrição da amostra:		1 cal aérea em pasta : 2 saibro de granito											
Data de início de ensaio		07-11-2014											
Obs:	Provete	1	2	3									
	S	1532,25	1547,87	1526,45	mm ²								
	Massa Constante	382,0	382,4	381,2	g								
Tempo (min)	1			Wi	2			Wi	3			Wi	Média Wi
	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A		Massa	Água abs.	Ág. Ret./A		Massa	Água abs.	Ág. Ret./A		
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)		
0	466,80	84,80	55,3435	22,20	467,60	85,20	55,0433	22,28	465,50	84,30	55,2263	22,11	22,1990
30	466,10	84,10	54,8866	22,02	466,90	84,50	54,5910	22,10	465,00	83,80	54,8987	21,98	22,0157
60	465,80	83,80	54,6908	21,94	466,60	84,20	54,3972	22,02	464,50	83,30	54,5711	21,85	21,9372
90	465,40	83,40	54,4298	21,83	466,30	83,90	54,2034	21,94	464,30	83,10	54,4401	21,80	21,8325
270	463,80	81,80	53,3856	21,41	464,60	82,20	53,1051	21,50	462,50	81,30	53,2609	21,33	21,4136
450	461,40	79,40	51,8192	20,79	462,30	79,90	51,6192	20,89	459,80	78,60	51,4921	20,62	20,7853
1440	455,30	73,30	47,8382	19,19	457,10	74,70	48,2598	19,53	454,60	73,40	48,0855	19,25	19,2550
2880	450,90	68,90	44,9666	18,04	453,30	70,90	45,8048	18,54	450,50	69,30	45,3995	18,18	18,1794
4320	447,30	65,30	42,6171	17,09	450,40	68,00	43,9313	17,78	447,80	66,60	43,6307	17,47	17,4711
5760	438,30	56,30	36,7434	14,74	441,50	59,10	38,1814	15,46	438,30	57,10	37,4071	14,98	14,9790
7200	428,70	46,70	30,4781	12,23	432,40	50,00	32,3024	13,08	429,40	48,20	31,5766	12,64	12,6443
8640	419,10	37,10	24,2128	9,71	423,20	40,80	26,3588	10,67	420,50	39,30	25,7460	10,31	10,3095
10080	410,30	28,30	18,4696	7,41	413,60	31,20	20,1567	8,16	411,40	30,20	19,7845	7,92	7,9224
11520	407,60	25,60	16,7075	6,70	410,50	28,10	18,1539	7,35	408,40	27,20	17,8191	7,14	7,1354
12960	404,90	22,90	14,9453	5,99	407,30	24,90	16,0866	6,51	405,40	24,20	15,8538	6,35	6,3484
14400	399,40	17,40	11,3559	4,55	401,00	18,60	12,0165	4,86	399,30	18,10	11,8576	4,75	4,7482
15840	396,50	14,50	9,4632	3,80	397,80	15,40	9,9491	4,03	396,50	15,30	10,0233	4,01	4,0136
17280	393,60	11,60	7,5706	3,04	394,50	12,10	7,8172	3,16	393,60	12,40	8,1234	3,25	3,1642

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Data de realização:	Realizado por:				Verificado por:				Pag. 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
07-11-2014	Michaël Santos				-																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
SECAGEM																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Entidade requisitante:		Trabalho de Dissertação																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Identificação da amostra:		Revestimento Exterior - Massa de Estender																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Descrição da amostra:		1 cal hidráulica : 1 pó de mármore																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Data de início de ensaio		07-11-2014																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Obs:</td> <td style="width: 10%;">Provete</td> <td style="width: 10%;">13</td> <td style="width: 10%;">14</td> <td style="width: 10%;">15</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>S</td> <td style="background-color: yellow;">1603,11</td> <td style="background-color: yellow;">1602,77</td> <td style="background-color: yellow;">1601,10</td> <td>mm²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Massa Constante</td> <td style="background-color: yellow;">375,8</td> <td style="background-color: yellow;">380,0</td> <td style="background-color: yellow;">376,8</td> <td>g</td> </tr> </table>													Obs:	Provete	13	14	15			S	1603,11	1602,77	1601,10	mm ²		Massa Constante	375,8	380,0	376,8	g																																																																																																																																																																																																																																																																																
Obs:	Provete	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	S	1603,11	1602,77	1601,10	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	Massa Constante	375,8	380,0	376,8	g																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Tempo (min)</th> <th colspan="4">13</th> <th colspan="4">14</th> <th colspan="4">15</th> <th rowspan="3">Média</th> </tr> <tr> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Ág. Ret./A</th> <th>Wi</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Ág. Ret./A</th> <th>Wi</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Ág. Ret./A</th> <th>Wi</th> </tr> <tr> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (Kg/m²)</th> <th>%</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (Kg/m²)</th> <th>%</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (Kg/m²)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td style="background-color: yellow;">481,70</td><td>105,90</td><td>66,0593</td><td>28,18</td><td style="background-color: yellow;">484,50</td><td>104,50</td><td>65,1995</td><td>27,50</td><td style="background-color: yellow;">481,90</td><td>105,10</td><td>65,6425</td><td>27,89</td><td>27,89</td></tr> <tr><td>30</td><td style="background-color: yellow;">481,10</td><td>105,30</td><td>65,6850</td><td>28,02</td><td style="background-color: yellow;">484,00</td><td>104,00</td><td>64,8875</td><td>27,37</td><td style="background-color: yellow;">481,50</td><td>104,70</td><td>65,3927</td><td>27,79</td><td>27,79</td></tr> <tr><td>60</td><td style="background-color: yellow;">480,70</td><td>104,90</td><td>65,4355</td><td>27,91</td><td style="background-color: yellow;">483,50</td><td>103,50</td><td>64,5755</td><td>27,24</td><td style="background-color: yellow;">480,90</td><td>104,10</td><td>65,0180</td><td>27,63</td><td>27,63</td></tr> <tr><td>90</td><td style="background-color: yellow;">480,20</td><td>104,40</td><td>65,1236</td><td>27,78</td><td style="background-color: yellow;">483,00</td><td>103,00</td><td>64,2636</td><td>27,11</td><td style="background-color: yellow;">480,40</td><td>103,60</td><td>64,7057</td><td>27,49</td><td>27,49</td></tr> <tr><td>270</td><td style="background-color: yellow;">478,30</td><td>102,50</td><td>63,9384</td><td>27,28</td><td style="background-color: yellow;">481,80</td><td>101,80</td><td>63,5149</td><td>26,79</td><td style="background-color: yellow;">478,90</td><td>102,10</td><td>63,7688</td><td>27,10</td><td>27,10</td></tr> <tr><td>450</td><td style="background-color: yellow;">475,90</td><td>100,10</td><td>62,4413</td><td>26,64</td><td style="background-color: yellow;">479,20</td><td>99,20</td><td>61,8927</td><td>26,11</td><td style="background-color: yellow;">476,00</td><td>99,20</td><td>61,9575</td><td>26,33</td><td>26,33</td></tr> <tr><td>1440</td><td style="background-color: yellow;">470,50</td><td>94,70</td><td>59,0728</td><td>25,20</td><td style="background-color: yellow;">473,90</td><td>93,90</td><td>58,5859</td><td>24,71</td><td style="background-color: yellow;">470,00</td><td>93,20</td><td>58,2101</td><td>24,73</td><td>24,73</td></tr> <tr><td>2880</td><td style="background-color: yellow;">466,10</td><td>90,30</td><td>56,3282</td><td>24,03</td><td style="background-color: yellow;">469,60</td><td>89,60</td><td>55,9031</td><td>23,58</td><td style="background-color: yellow;">465,80</td><td>89,00</td><td>55,5869</td><td>23,62</td><td>23,62</td></tr> <tr><td>4320</td><td style="background-color: yellow;">462,20</td><td>86,40</td><td>53,8954</td><td>22,99</td><td style="background-color: yellow;">465,80</td><td>85,80</td><td>53,5322</td><td>22,58</td><td style="background-color: yellow;">462,30</td><td>85,50</td><td>53,4009</td><td>22,69</td><td>22,69</td></tr> <tr><td>5760</td><td style="background-color: yellow;">453,00</td><td>77,20</td><td>48,1565</td><td>20,54</td><td style="background-color: yellow;">457,20</td><td>77,20</td><td>48,1665</td><td>20,32</td><td style="background-color: yellow;">453,60</td><td>76,80</td><td>47,9671</td><td>20,38</td><td>20,38</td></tr> <tr><td>7200</td><td style="background-color: yellow;">445,60</td><td>69,80</td><td>43,5405</td><td>18,57</td><td style="background-color: yellow;">448,60</td><td>68,60</td><td>42,8008</td><td>18,05</td><td style="background-color: yellow;">443,10</td><td>66,30</td><td>41,4091</td><td>17,60</td><td>18,05</td></tr> <tr><td>8640</td><td style="background-color: yellow;">438,10</td><td>62,30</td><td>38,8621</td><td>16,58</td><td style="background-color: yellow;">439,90</td><td>59,90</td><td>37,3727</td><td>15,76</td><td style="background-color: yellow;">432,60</td><td>55,80</td><td>34,8511</td><td>14,81</td><td>15,76</td></tr> <tr><td>10080</td><td style="background-color: yellow;">429,90</td><td>54,10</td><td>33,7470</td><td>14,40</td><td style="background-color: yellow;">431,60</td><td>51,60</td><td>32,1942</td><td>13,58</td><td style="background-color: yellow;">421,70</td><td>44,90</td><td>28,0433</td><td>11,92</td><td>13,58</td></tr> <tr><td>11520</td><td style="background-color: yellow;">424,10</td><td>48,30</td><td>30,1290</td><td>12,85</td><td style="background-color: yellow;">426,30</td><td>46,30</td><td>28,8874</td><td>12,18</td><td style="background-color: yellow;">417,50</td><td>40,70</td><td>25,4201</td><td>10,80</td><td>12,18</td></tr> <tr><td>12960</td><td style="background-color: yellow;">418,20</td><td>42,40</td><td>26,4487</td><td>11,28</td><td style="background-color: yellow;">420,90</td><td>40,90</td><td>25,5183</td><td>10,76</td><td style="background-color: yellow;">413,40</td><td>36,60</td><td>22,8593</td><td>9,71</td><td>10,76</td></tr> <tr><td>14400</td><td style="background-color: yellow;">406,50</td><td>30,70</td><td>19,1503</td><td>8,17</td><td style="background-color: yellow;">410,20</td><td>30,20</td><td>18,8423</td><td>7,95</td><td style="background-color: yellow;">405,00</td><td>28,20</td><td>17,6129</td><td>7,48</td><td>7,95</td></tr> <tr><td>15840</td><td style="background-color: yellow;">401,50</td><td>25,70</td><td>16,0314</td><td>6,84</td><td style="background-color: yellow;">405,20</td><td>25,20</td><td>15,7227</td><td>6,63</td><td style="background-color: yellow;">400,20</td><td>23,40</td><td>14,6150</td><td>6,21</td><td>6,63</td></tr> <tr><td>17280</td><td style="background-color: yellow;">396,50</td><td>20,70</td><td>12,9124</td><td>5,51</td><td style="background-color: yellow;">400,20</td><td>20,20</td><td>12,6031</td><td>5,32</td><td style="background-color: yellow;">395,40</td><td>18,60</td><td>11,6170</td><td>4,94</td><td>5,32</td></tr> </tbody> </table>													Tempo (min)	13				14				15				Média	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	0	481,70	105,90	66,0593	28,18	484,50	104,50	65,1995	27,50	481,90	105,10	65,6425	27,89	27,89	30	481,10	105,30	65,6850	28,02	484,00	104,00	64,8875	27,37	481,50	104,70	65,3927	27,79	27,79	60	480,70	104,90	65,4355	27,91	483,50	103,50	64,5755	27,24	480,90	104,10	65,0180	27,63	27,63	90	480,20	104,40	65,1236	27,78	483,00	103,00	64,2636	27,11	480,40	103,60	64,7057	27,49	27,49	270	478,30	102,50	63,9384	27,28	481,80	101,80	63,5149	26,79	478,90	102,10	63,7688	27,10	27,10	450	475,90	100,10	62,4413	26,64	479,20	99,20	61,8927	26,11	476,00	99,20	61,9575	26,33	26,33	1440	470,50	94,70	59,0728	25,20	473,90	93,90	58,5859	24,71	470,00	93,20	58,2101	24,73	24,73	2880	466,10	90,30	56,3282	24,03	469,60	89,60	55,9031	23,58	465,80	89,00	55,5869	23,62	23,62	4320	462,20	86,40	53,8954	22,99	465,80	85,80	53,5322	22,58	462,30	85,50	53,4009	22,69	22,69	5760	453,00	77,20	48,1565	20,54	457,20	77,20	48,1665	20,32	453,60	76,80	47,9671	20,38	20,38	7200	445,60	69,80	43,5405	18,57	448,60	68,60	42,8008	18,05	443,10	66,30	41,4091	17,60	18,05	8640	438,10	62,30	38,8621	16,58	439,90	59,90	37,3727	15,76	432,60	55,80	34,8511	14,81	15,76	10080	429,90	54,10	33,7470	14,40	431,60	51,60	32,1942	13,58	421,70	44,90	28,0433	11,92	13,58	11520	424,10	48,30	30,1290	12,85	426,30	46,30	28,8874	12,18	417,50	40,70	25,4201	10,80	12,18	12960	418,20	42,40	26,4487	11,28	420,90	40,90	25,5183	10,76	413,40	36,60	22,8593	9,71	10,76	14400	406,50	30,70	19,1503	8,17	410,20	30,20	18,8423	7,95	405,00	28,20	17,6129	7,48	7,95	15840	401,50	25,70	16,0314	6,84	405,20	25,20	15,7227	6,63	400,20	23,40	14,6150	6,21	6,63	17280	396,50	20,70	12,9124	5,51	400,20	20,20	12,6031	5,32	395,40	18,60	11,6170	4,94	5,32
Tempo (min)	13				14				15					Média																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
0	481,70	105,90	66,0593	28,18	484,50	104,50	65,1995	27,50	481,90	105,10	65,6425	27,89	27,89																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
30	481,10	105,30	65,6850	28,02	484,00	104,00	64,8875	27,37	481,50	104,70	65,3927	27,79	27,79																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
60	480,70	104,90	65,4355	27,91	483,50	103,50	64,5755	27,24	480,90	104,10	65,0180	27,63	27,63																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
90	480,20	104,40	65,1236	27,78	483,00	103,00	64,2636	27,11	480,40	103,60	64,7057	27,49	27,49																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
270	478,30	102,50	63,9384	27,28	481,80	101,80	63,5149	26,79	478,90	102,10	63,7688	27,10	27,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
450	475,90	100,10	62,4413	26,64	479,20	99,20	61,8927	26,11	476,00	99,20	61,9575	26,33	26,33																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1440	470,50	94,70	59,0728	25,20	473,90	93,90	58,5859	24,71	470,00	93,20	58,2101	24,73	24,73																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2880	466,10	90,30	56,3282	24,03	469,60	89,60	55,9031	23,58	465,80	89,00	55,5869	23,62	23,62																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4320	462,20	86,40	53,8954	22,99	465,80	85,80	53,5322	22,58	462,30	85,50	53,4009	22,69	22,69																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5760	453,00	77,20	48,1565	20,54	457,20	77,20	48,1665	20,32	453,60	76,80	47,9671	20,38	20,38																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7200	445,60	69,80	43,5405	18,57	448,60	68,60	42,8008	18,05	443,10	66,30	41,4091	17,60	18,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8640	438,10	62,30	38,8621	16,58	439,90	59,90	37,3727	15,76	432,60	55,80	34,8511	14,81	15,76																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10080	429,90	54,10	33,7470	14,40	431,60	51,60	32,1942	13,58	421,70	44,90	28,0433	11,92	13,58																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
11520	424,10	48,30	30,1290	12,85	426,30	46,30	28,8874	12,18	417,50	40,70	25,4201	10,80	12,18																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12960	418,20	42,40	26,4487	11,28	420,90	40,90	25,5183	10,76	413,40	36,60	22,8593	9,71	10,76																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
14400	406,50	30,70	19,1503	8,17	410,20	30,20	18,8423	7,95	405,00	28,20	17,6129	7,48	7,95																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15840	401,50	25,70	16,0314	6,84	405,20	25,20	15,7227	6,63	400,20	23,40	14,6150	6,21	6,63																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
17280	396,50	20,70	12,9124	5,51	400,20	20,20	12,6031	5,32	395,40	18,60	11,6170	4,94	5,32																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)													
Data de realização:	Realizado por:				Verificado por:				Pag. 1/1				
07-11-2014	Michaël Santos				-								
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS													
SECAGEM													
Entidade requisitante:		Trabalho de Dissertação											
Identificação da amostra:		Revestimento Interior - Massa de Esboçar											
Descrição da amostra:		1 cal aérea em pasta : 1 saibro de granito											
Data de início de ensaio		07-11-2014											
Obs:	Provete	7	8	9									
	S	1500,01	1478,39	1500,40	mm ²								
	Massa Constante	345,9	340,2	348,6	g								
Tempo (min)	7				8				9				Média
	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	
0	435,30	89,40	59,5995	25,85	429,20	89,00	60,2006	26,16	438,30	89,70	59,7841	25,73	25,85
30	434,70	88,80	59,1995	25,67	428,60	88,40	59,7948	25,98	437,70	89,10	59,3842	25,56	25,67
60	434,30	88,40	58,9329	25,56	428,20	88,00	59,5242	25,87	437,40	88,80	59,1842	25,47	25,56
90	434,00	88,10	58,7329	25,47	427,80	87,60	59,2536	25,75	436,70	88,10	58,7177	25,27	25,47
270	432,30	86,40	57,5995	24,98	426,40	86,20	58,3067	25,34	435,10	86,50	57,6513	24,81	24,98
450	429,70	83,80	55,8662	24,23	424,10	83,90	56,7509	24,66	432,60	84,00	55,9851	24,10	24,23
1440	425,00	79,10	52,7329	22,87	419,80	79,60	53,8423	23,40	428,10	79,50	52,9859	22,81	22,87
2880	421,30	75,40	50,2663	21,80	416,50	76,30	51,6102	22,43	424,30	75,70	50,4532	21,72	21,80
4320	418,70	72,80	48,5329	21,05	414,00	73,80	49,9192	21,69	422,00	73,40	48,9203	21,06	21,06
5760	410,60	64,70	43,1330	18,70	406,80	66,60	45,0490	19,58	414,80	66,20	44,1216	18,99	18,99
7200	402,00	56,10	37,3997	16,22	400,00	59,80	40,4494	17,58	409,90	61,30	40,8558	17,58	17,58
8640	393,40	47,50	31,6664	13,73	393,20	53,00	35,8498	15,58	405,00	56,40	37,5900	16,18	15,58
10080	382,00	36,10	24,0665	10,44	384,00	43,80	29,6268	12,87	393,80	45,20	30,1253	12,97	12,87
11520	377,10	31,20	20,7998	9,02	378,00	37,80	25,5683	11,11	387,70	39,10	26,0597	11,22	11,11
12960	372,20	26,30	17,5332	7,60	372,00	31,80	21,5099	9,35	381,50	32,90	21,9275	9,44	9,35
14400	362,40	16,50	10,9999	4,77	359,90	19,70	13,3253	5,79	369,20	20,60	13,7297	5,91	5,79
15840	358,90	13,00	8,6666	3,76	355,30	15,10	10,2138	4,44	364,20	15,60	10,3972	4,48	4,44
17280	355,40	9,50	6,3333	2,75	350,70	10,50	7,1023	3,09	359,10	10,50	6,9981	3,01	3,01

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/1
07-11-2014	Michaël Santos	-	

FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS

SECAGEM

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação
Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Massa de Estender
Descrição da amostra:	1 cal aérea em pasta : 1 pó de mármore
Data de início de ensaio	07-11-2014

Obs:	Provete	19	20	21	
	S	1425,40	1443,61	1457,33	mm ²
	Massa Constante	311,3	312,1	314,5	g

Tempo (min)	19				20				21				Média
	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	
0	400,30	89,00	62,4385	28,59	402,70	90,60	62,7595	29,03	403,80	89,30	61,2767	28,39	28,59
30	399,90	88,60	62,1579	28,46	402,30	90,20	62,4824	28,90	403,40	88,90	61,0022	28,27	28,46
60	399,40	88,10	61,8071	28,30	401,80	89,70	62,1360	28,74	403,00	88,50	60,7277	28,14	28,30
90	399,00	87,70	61,5265	28,17	401,30	89,20	61,7897	28,58	402,50	88,00	60,3846	27,98	28,17
270	397,60	86,30	60,5443	27,72	399,80	87,70	60,7506	28,10	400,70	86,20	59,1495	27,41	27,72
450	395,10	83,80	58,7904	26,92	397,40	85,30	59,0881	27,33	398,10	83,60	57,3654	26,58	26,92
1440	390,20	78,90	55,3528	25,35	392,80	80,70	55,9016	25,86	394,00	79,50	54,5520	25,28	25,35
2880	386,90	75,60	53,0377	24,29	389,20	77,10	53,4079	24,70	389,90	75,40	51,7386	23,97	24,29
4320	383,70	72,40	50,7927	23,26	385,60	73,50	50,9141	23,55	386,50	72,00	49,4056	22,89	23,26
5760	373,90	62,60	43,9174	20,11	376,50	64,40	44,6105	20,63	377,70	63,20	43,3671	20,10	20,11
7200	365,20	53,90	37,8139	17,31	365,80	53,70	37,1985	17,21	367,60	53,10	36,4366	16,88	17,21
8640	356,50	45,20	31,7104	14,52	355,00	42,90	29,7172	13,75	357,40	42,90	29,4375	13,64	13,75
10080	342,90	31,60	22,1692	10,15	342,40	30,30	20,9891	9,71	344,10	29,60	20,3112	9,41	9,71
11520	336,90	25,60	17,9598	8,22	337,20	25,10	17,3870	8,04	338,80	24,30	16,6744	7,73	8,04
12960	331,00	19,70	13,8207	6,33	331,90	19,80	13,7156	6,34	333,50	19,00	13,0376	6,04	6,33
14400	319,00	7,70	5,4020	2,47	321,40	9,30	6,4422	2,98	322,90	8,40	5,7640	2,67	2,67
15840	315,90	4,60	3,2272	1,48	317,60	5,50	3,8099	1,76	319,50	5,00	3,4309	1,59	1,59
17280	312,80	1,50	1,0523	0,48	313,70	1,60	1,1083	0,51	316,00	1,50	1,0293	0,48	0,48

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)

Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/1
16-09-2014	Michaël Santos	-	

FR 2.02 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DO ESPALHAMENTO

Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação		
Identificação da amostra:	Argamassa de Revestimentos Exterior e Interior		
Descrição da amostra:	Massas de esboçar e de estender		
Data do pedido	16-09-2014	Data de recepção	16-09-2014

Obs: Para a realização do ensaio, inicialmente, coloca-se o molde troncocónico centrado na mesa de espalhamento e introduziu-se a argamassas em duas camadas, sendo compactadas cada camada por 10 pancadas verticais e curtas com uma vareta, de forma a assegurar o enchimento uniforme do molde. Perante o enchimento do molde, seguiu-se firmemente o molde sobre a mesa de espalhamento utilizando a mão. Após o enchimento do molde, removeu-se a argamassa em excesso com uma espátula. Após 15 segundos, removeu-se o molde e iniciou-se as 15 pancadas com uma frequência de uma pancada por segundo. De seguida mediu-se o diâmetro da argamassa em duas direções perpendiculares.

Consistência			
Espalhamento (mm)			
Argamassas	Valores individuais		Média
	Espalhamento X (mm)	Espalhamento Y (mm)	
Revestimento Exterior - Massa de Esboçar	172	172	172
	171	171	
Revestimento Exterior - Massa de Estender	180	180	180
	179	179	
Revestimento Interior - Massa de Esboçar	170	170	171
	172	172	
Revestimento Interior - Massa de Estender	176	176	176
	175	175	

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																								
Data de realização	Realizado por:	Verificado por:	Pag 1/1																																																					
15-09-2014	Michaël Santos	-																																																						
FR - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS ENSAIOS DO PRODUTO EM PÓ																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="5">Trabalho de Dissertação</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra</td> <td colspan="5">Cal hidráulica</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="5">Cal hidráulica HL5 - Fabricante: Secil</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td></td> <td colspan="2">Data de recepção</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação					Identificação da amostra	Cal hidráulica					Descrição da amostra:	Cal hidráulica HL5 - Fabricante: Secil					Data do pedido		Data de recepção																														
Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação																																																							
Identificação da amostra	Cal hidráulica																																																							
Descrição da amostra:	Cal hidráulica HL5 - Fabricante: Secil																																																							
Data do pedido		Data de recepção																																																						
Obs: Determinação da massa volúmica aparente da cal hidráulica HL5 (SECIL)																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Determinação</th> <th colspan="2">Recipiente</th> <th rowspan="2">Massa (g)</th> <th rowspan="2">Massa Volúmica aparente (kg/m³)</th> <th rowspan="2">Verificação (%)</th> <th rowspan="2">Observações: ensaio válido (<10%)</th> </tr> <tr> <th>Volume (dm³)</th> <th>massa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">348,50</td> <td>705,56</td> <td>0,20%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">348,10</td> <td>704,67</td> <td>0,07%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">348,00</td> <td>704,44</td> <td>0,04%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">347,30</td> <td>702,89</td> <td>0,18%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">347,50</td> <td>703,33</td> <td>0,12%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>Média</td> <td style="background-color: #cccccc;">0,45</td> <td style="background-color: #cccccc;">31,00</td> <td style="background-color: #cccccc;">347,88</td> <td>704</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)	Verificação (%)	Observações: ensaio válido (<10%)	Volume (dm ³)	massa (g)	1	0,45	31,00	348,50	705,56	0,20%	Verifica	2	0,45	31,00	348,10	704,67	0,07%	Verifica	3	0,45	31,00	348,00	704,44	0,04%	Verifica	4	0,45	31,00	347,30	702,89	0,18%	Verifica	5	0,45	31,00	347,50	703,33	0,12%	Verifica	Média	0,45	31,00	347,88	704		
Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)	Verificação (%)		Observações: ensaio válido (<10%)																																																	
	Volume (dm ³)	massa (g)																																																						
1	0,45	31,00	348,50	705,56	0,20%	Verifica																																																		
2	0,45	31,00	348,10	704,67	0,07%	Verifica																																																		
3	0,45	31,00	348,00	704,44	0,04%	Verifica																																																		
4	0,45	31,00	347,30	702,89	0,18%	Verifica																																																		
5	0,45	31,00	347,50	703,33	0,12%	Verifica																																																		
Média	0,45	31,00	347,88	704																																																				

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																								
Data de realização	Realizado por:	Verificado por:	Pag 1/1																																																					
15-09-2014	Michaël Santos	-																																																						
FR - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS ENSAIOS DO PRODUTO EM PÓ																																																								
Entidade requisitante:		Trabalho de Dissertação																																																						
Identificação da amostra		Pó de mármore																																																						
Descrição da amostra:		Pó de mármore proveninete do corte da pedra																																																						
Data do pedido	15-09-2014	Data de recepção	15-09-2014																																																					
Obs: Determinação da massa volúmica aparente do Pó de mármore																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Determinação</th> <th colspan="2">Recipiente</th> <th rowspan="2">Massa (g)</th> <th rowspan="2">Massa Volúmica aparente (kg/m³)</th> <th rowspan="2">Verificação (%)</th> <th rowspan="2">Observações: ensaio válido (<10%)</th> </tr> <tr> <th>Volume (dm³)</th> <th>massa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">434,30</td> <td>896,22</td> <td>0,16%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">433,10</td> <td>893,56</td> <td>0,13%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">434,50</td> <td>896,67</td> <td>0,21%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">433,40</td> <td>894,22</td> <td>0,06%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">432,90</td> <td>893,11</td> <td>0,18%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>Média</td> <td style="background-color: #cccccc;">0,45</td> <td style="background-color: #cccccc;">31,00</td> <td style="background-color: #cccccc;">433,64</td> <td style="background-color: #cccccc;">895</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)	Verificação (%)	Observações: ensaio válido (<10%)	Volume (dm ³)	massa (g)	1	0,45	31,00	434,30	896,22	0,16%	Verifica	2	0,45	31,00	433,10	893,56	0,13%	Verifica	3	0,45	31,00	434,50	896,67	0,21%	Verifica	4	0,45	31,00	433,40	894,22	0,06%	Verifica	5	0,45	31,00	432,90	893,11	0,18%	Verifica	Média	0,45	31,00	433,64	895		
Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)	Verificação (%)		Observações: ensaio válido (<10%)																																																	
	Volume (dm ³)	massa (g)																																																						
1	0,45	31,00	434,30	896,22	0,16%	Verifica																																																		
2	0,45	31,00	433,10	893,56	0,13%	Verifica																																																		
3	0,45	31,00	434,50	896,67	0,21%	Verifica																																																		
4	0,45	31,00	433,40	894,22	0,06%	Verifica																																																		
5	0,45	31,00	432,90	893,11	0,18%	Verifica																																																		
Média	0,45	31,00	433,64	895																																																				

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																							
Data de realização	Realizado por:	Verificado por:	Pag 1/1																																																				
15-09-2014	Michaël Santos	-																																																					
FR - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS ENSAIOS DO PRODUTO EM PÓ																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="4">Trabalho de Dissertação</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra</td> <td colspan="4">Saibro de granito</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="4">Saibro de granito retirado no local de estudo</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td>15-09-2014</td> <td>Data de recepção</td> <td colspan="2">15-09-2014</td> </tr> </table>					Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação				Identificação da amostra	Saibro de granito				Descrição da amostra:	Saibro de granito retirado no local de estudo				Data do pedido	15-09-2014	Data de recepção	15-09-2014																																
Entidade requisitante:	Trabalho de Dissertação																																																						
Identificação da amostra	Saibro de granito																																																						
Descrição da amostra:	Saibro de granito retirado no local de estudo																																																						
Data do pedido	15-09-2014	Data de recepção	15-09-2014																																																				
Obs: Determinação da massa volúmica aparente so saibro de granito																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Determinação</th> <th colspan="2">Recipiente</th> <th rowspan="2">Massa (g)</th> <th rowspan="2">Massa Volúmica aparente (kg/m³)</th> <th rowspan="2">Verificação (%)</th> <th rowspan="2">Observações: ensaio válido (<10%)</th> </tr> <tr> <th>Volume (dm³)</th> <th>massa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">565,10</td> <td>1186,89</td> <td>0,03%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">564,50</td> <td>1185,56</td> <td>0,14%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">566,90</td> <td>1190,89</td> <td>0,31%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">566,30</td> <td>1189,56</td> <td>0,19%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,45</td> <td>31,00</td> <td style="background-color: yellow;">563,50</td> <td>1183,33</td> <td>0,33%</td> <td>Verifica</td> </tr> <tr> <td>Média</td> <td style="background-color: #cccccc;">0,45</td> <td style="background-color: #cccccc;">31,00</td> <td style="background-color: #cccccc;">565,26</td> <td>1187</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)	Verificação (%)	Observações: ensaio válido (<10%)	Volume (dm ³)	massa (g)	1	0,45	31,00	565,10	1186,89	0,03%	Verifica	2	0,45	31,00	564,50	1185,56	0,14%	Verifica	3	0,45	31,00	566,90	1190,89	0,31%	Verifica	4	0,45	31,00	566,30	1189,56	0,19%	Verifica	5	0,45	31,00	563,50	1183,33	0,33%	Verifica	Média	0,45	31,00	565,26	1187		
Determinação	Recipiente		Massa (g)	Massa Volúmica aparente (kg/m ³)		Verificação (%)	Observações: ensaio válido (<10%)																																																
	Volume (dm ³)	massa (g)																																																					
1	0,45	31,00	565,10	1186,89	0,03%	Verifica																																																	
2	0,45	31,00	564,50	1185,56	0,14%	Verifica																																																	
3	0,45	31,00	566,90	1190,89	0,31%	Verifica																																																	
4	0,45	31,00	566,30	1189,56	0,19%	Verifica																																																	
5	0,45	31,00	563,50	1183,33	0,33%	Verifica																																																	
Média	0,45	31,00	565,26	1187																																																			



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: aires@civil.uminho.pt

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA NP EN 933-1

REQUERENTE: Trabalho de Dissertação - Michaël Santos

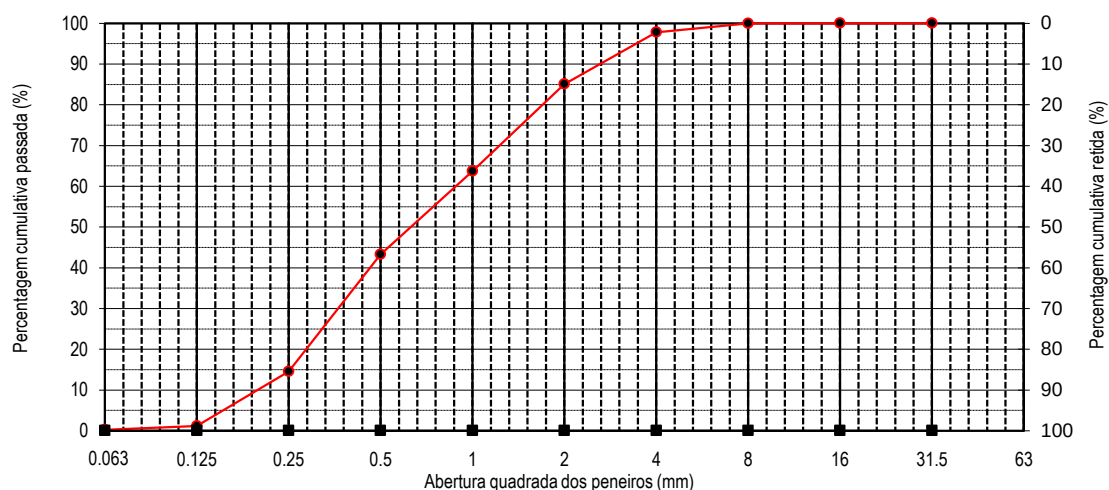
OBRA:

LOCALIZAÇÃO:

PROC, Nº:
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS -

Procedimento usado:

Amostra				Amostra			
Massa seca total M_1 (g)		500,000		Massa seca total M_1 (g)			
Massa seca após lavagem M_2 (g)		500,000		Massa seca após lavagem M_2 (g)			
Massa seca dos finos removidos por lavagem M_2 (g)		0,000		Massa seca dos finos removidos por lavagem M_2 (g)		0,000	
Dimensões (mm)	Massa (kg)	% Retido	% Cumulativa passado	Dimensões (mm)	Massa (kg)	% Retido	% Cumulativa passado
63	0,000	0	100	63			
31,5	0,000	0	100	31,5			
16	0,000	0	100	16			
8	0,200	0	100	8			
4	10,800	2	98	4			
2	63,700	13	85	2			
1	106,900	21	64	1			
0,5	102,200	20	43	0,5			
0,25	143,700	29	15	0,25			
0,125	66,500	13	1	0,125			
0,063	4,800	1	0	0,063			
P	0,800	0	-	P		-	-
% Finos	-	0,2	-	% Finos			-
Total	499,600	100	-	Total			-
$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} =$		0,08%	Observações: ensaio válido (<1%)	$\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} =$			Observações: ensaio válido (<1%)



TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)									
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/2						
20-10-2014	Michaël Santos	-							
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS									
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO									
Ensaio a realizar:		Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico							
Identificação da amostra:		Revestimento Exterior - Massa de Esboçar							
Descrição da amostra:		Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito + Água							
Data do pedido		20-10-2014	Data de recepção		20-10-2014				
Obs: Provete moldado em: 19-09-2014 Aparelho: M.E. LNEC/LERevPa Ensaios submetidos aos 28 dias de idade dos provetes									
Dados dos provetes a ensaiar									
Provete	Data do ensaio	Idade (dias)	Dimensões (mm)				Massa (g)	Velocidade de propagação (km/s)	
			C	L		A			
1	20-10-2014	28	156,62	38,98	38,85	39,04	39,10	427,355	1,5836
38,91				38,91	38,99	39,04			
2			156,65	39,05	38,87	39,10	38,92	438,180	1,5551
38,91				38,94	39,11	39,04			
3			156,75	39,05	38,84	39,07	38,99	438,515	1,5633
38,89				38,93	39,16	39,07			
4	20-10-2014		156,92	39,09	38,92	39,25	39,11	439,948	1,5344
39,11				39,04	38,79	39,05			
5			156,88	39,14	38,93	39,10	39,06	433,758	1,5492
39,02				39,03	38,88	39,01			
6			156,82	39,06	38,91	39,15	39,16	437,096	1,5390
39,01				38,99	38,94	39,08			

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																		
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 2/2																															
20-10-2014	Michaël Santos	-																																
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS																																		
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="3">Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra:</td> <td colspan="3">Revestimento Exterior - Massa de Esboçar</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="3">Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> <td>Data de recepção</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> </tr> </table>				Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico			Identificação da amostra:	Revestimento Exterior - Massa de Esboçar			Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito			Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014															
Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico																																	
Identificação da amostra:	Revestimento Exterior - Massa de Esboçar																																	
Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito																																	
Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014																															
Obs: O módulo de elasticidade dinamico foi obtido atraves do ensaio de ultras.																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Provete</th> <th rowspan="2">Idade (dias)</th> <th colspan="2">MASSA VOLÚMICA (kg/m³)</th> <th colspan="2">MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)</th> </tr> <tr> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">28</td> <td style="text-align: center;">1796</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1826</td> <td style="text-align: center;">4053,50</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">3970,12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1840</td> <td style="text-align: center;">4004,07</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1839</td> <td style="text-align: center;">4045,54</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">1839</td> <td style="text-align: center;">3896,83</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">1816</td> <td style="text-align: center;">3922,16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">1829</td> <td style="text-align: center;">3898,64</td> </tr> </tbody> </table>				Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)		MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média	1	28	1796	1826	4053,50	3970,12	2	1840	4004,07	3	1839	4045,54	4	1839	3896,83	5	1816	3922,16	6	1829	3898,64
Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)				MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)																												
		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média																													
1	28	1796	1826	4053,50	3970,12																													
2		1840		4004,07																														
3		1839		4045,54																														
4		1839		3896,83																														
5		1816		3922,16																														
6		1829		3898,64																														

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)									
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/2						
20-10-2014	Michaël Santos	-							
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS									
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO									
Ensaio a realizar:		Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico							
Identificação da amostra:		Revestimento Exterior - Massa de Estender							
Descrição da amostra:		Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água							
Data do pedido		20-10-2014	Data de recepção		20-10-2014				
Obs: Provete moldado em: 19-09-2014 Aparelho: M.E. LNEC/LERevPa Ensaios submetidos aos 28 dias de idade dos provetes									
Dados dos provetes a ensaiar									
Provete	Data do ensaio	Idade (dias)	Dimensões (mm)					Massa (g)	Velocidade de propagação (m/s)
			C	L		A			
13	20-10-2014	28	159,20	39,83	39,83	39,85	39,81	430,785	1,9590
39,89				39,85	39,88	39,85			
14			159,02	39,98	39,99	40,01	39,98	442,192	1,9698
39,98				39,98	39,96	39,98			
15	159,21		39,42	39,49	39,48	39,48	441,654	1,9345	
39,54			39,48	39,42	39,46				
16	20-10-2014		159,10	39,38	39,31	39,42	39,39	430,963	2,0007
39,44				39,38	39,29	39,37			
17		159,12	39,75	39,64	39,82	39,88	437,004	1,9662	
39,71			39,70	39,87	39,86				
18		159,01	40,02	39,86	39,94	39,96	426,894	1,9408	
40,08			39,99	40,02	39,97				

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																		
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 2/2																															
20-10-2014	Michaël Santos	-																																
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS																																		
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="3">Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra:</td> <td colspan="3">Revestimento Exterior - Massa de Estender</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="3">Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> <td>Data de recepção</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> </tr> </table>				Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico			Identificação da amostra:	Revestimento Exterior - Massa de Estender			Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água			Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014															
Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico																																	
Identificação da amostra:	Revestimento Exterior - Massa de Estender																																	
Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água																																	
Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014																															
Obs: O módulo de elasticidade dinamico foi obtido atraves do ensaio de ultras.																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Provete</th> <th rowspan="2">Idade (dias)</th> <th colspan="2">MASSA VOLÚMICA (kg/m³)</th> <th colspan="2">MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)</th> </tr> <tr> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13</td> <td rowspan="6">28</td> <td>1704</td> <td rowspan="6">1731</td> <td>5885,84</td> <td rowspan="6">5997,50</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>1739</td> <td>6074,18</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>1780</td> <td>5996,82</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>1747</td> <td>6295,19</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>1736</td> <td>6039,03</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>1680</td> <td>5693,96</td> </tr> </tbody> </table>				Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)		MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média	13	28	1704	1731	5885,84	5997,50	14	1739	6074,18	15	1780	5996,82	16	1747	6295,19	17	1736	6039,03	18	1680	5693,96
Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)				MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)																												
		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média																													
13	28	1704	1731	5885,84	5997,50																													
14		1739		6074,18																														
15		1780		5996,82																														
16		1747		6295,19																														
17		1736		6039,03																														
18		1680		5693,96																														

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)									
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/2						
20-10-2014	Michaël Santos	-							
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS									
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO									
Ensaio a realizar:		Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico							
Identificação da amostra:		Revestimento Interior - Masa de Esboçar							
Descrição da amostra:		Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água							
Data do pedido		20-10-2014	Data de recepção		20-10-2014				
Obs: Provete moldado em: 19-09-2014 Aparelho: M.E. LNEC/LERevPa Ensaios submetidos aos 28 dias de idade dos provetes									
Dados dos provetes a ensaiar									
Provete	Data do ensaio	Idade (dias)	Dimensões (mm)				Massa (g)	Velocidade de propagação (Km/s)	
			C	L		A			
7	20-10-2014	28	155,45	38,86	38,68	38,97	38,81	413,545	1,2550
38,87				38,80	38,87	38,88			
8			155,08	38,45	38,28	38,54	38,52	408,461	1,2406
38,32				38,35	38,65	38,57			
9			149,96	38,79	38,61	38,90	38,93	414,857	1,1861
38,91				38,77	38,88	38,90			
10	20-10-2014		155,38	38,85	38,75	38,80	38,65	410,994	1,2335
38,80				38,80	38,82	38,76			
11			155,02	38,39	38,37	38,28	38,42	403,238	1,2230
38,42				38,39	38,43	38,38			
12			155,00	38,82	38,59	38,77	38,71	391,637	1,3140
38,74				38,72	39,02	38,83			

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																		
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 2/2																															
20-10-2014	Michaël Santos	-																																
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS																																		
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="3">Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra:</td> <td colspan="3">Revestimento Interior - Masa de Esboçar</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="3">Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> <td>Data de recepção</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> </tr> </table>				Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico			Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Masa de Esboçar			Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água			Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014															
Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico																																	
Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Masa de Esboçar																																	
Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água																																	
Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014																															
Obs: O módulo de elasticidade dinamico foi obtido atraves do ensaio de ultra sons.																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Provete</th> <th rowspan="2">Idade (dias)</th> <th colspan="2">MASSA VOLÚMICA (kg/m³)</th> <th colspan="2">MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)</th> </tr> <tr> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7</td> <td rowspan="6">28</td> <td>1763</td> <td rowspan="6">1764</td> <td>2499,36</td> <td rowspan="6">2447,49</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1781</td> <td>2466,53</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>1834</td> <td>2322,34</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1759</td> <td>2408,70</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>1765</td> <td>2376,55</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>1681</td> <td>2611,46</td> </tr> </tbody> </table>				Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)		MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média	7	28	1763	1764	2499,36	2447,49	8	1781	2466,53	9	1834	2322,34	10	1759	2408,70	11	1765	2376,55	12	1681	2611,46
Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)				MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)																												
		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média																													
7	28	1763	1764	2499,36	2447,49																													
8		1781		2466,53																														
9		1834		2322,34																														
10		1759		2408,70																														
11		1765		2376,55																														
12		1681		2611,46																														

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)									
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 1/2						
20-10-2014	Michaël Santos	-							
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS									
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO									
Ensaio a realizar:		Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico							
Identificação da amostra:		Revestimento Interior - Massa de Estender							
Descrição da amostra:		Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água							
Data do pedido		20-10-2014		Data de recepção		20-10-2014			
Obs: Provete moldado em: 19-09-2014 Aparelho: M.E. LNEC/LERevPa Ensaios submetidos aos 28 dias de idade dos provetes									
Dados dos provetes a ensaiar									
Provete	Data do ensaio	Idade (dias)	Dimensões (mm)				Massa (g)	Velocidade de propagação (Km/s)	
			C	L		A			
19	24-10-2014	28	152,06	37,56	37,70	37,79	38,07	310,967	1,6516
37,93				37,73	38,20	38,02			
20			151,90	38,17	37,85	37,77	37,99	312,027	1,6325
21				38,26	38,09	37,89	37,88		
22			152,23	38,16	37,86	37,84	38,15	313,605	1,4874
23				38,12	38,05	38,30	38,10		
24	24-10-2014		152,07	38,13	38,15	37,98	37,96	314,787	1,3293
25				38,41	38,23	38,03	37,99		
26			152,29	37,98	38,01	37,87	37,89	312,685	1,4877
27				38,06	38,02	38,10	37,95		
28			151,93	37,87	37,62	37,44	37,66	308,996	1,6865
29				37,87	37,79	37,86	37,65		

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																		
Data de realização:	Realizado por:	Verificado por:	Pag. 2/2																															
20-10-2014	Michaël Santos	-																																
FR 1.11 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS																																		
DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Entidade requisitante:</td> <td colspan="3">Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico</td> </tr> <tr> <td>Identificação da amostra:</td> <td colspan="3">Revestimento Interior - Massa de Estender</td> </tr> <tr> <td>Descrição da amostra:</td> <td colspan="3">Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água</td> </tr> <tr> <td>Data do pedido</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> <td>Data de recepção</td> <td style="text-align: center;">20-10-2014</td> </tr> </table>				Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico			Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Massa de Estender			Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água			Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014															
Entidade requisitante:	Determinação da massa volúmica e do módulo de elasticidade dinâmico																																	
Identificação da amostra:	Revestimento Interior - Massa de Estender																																	
Descrição da amostra:	Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água																																	
Data do pedido	20-10-2014	Data de recepção	20-10-2014																															
Obs: O módulo de elasticidade dinamico foi obtido atraves do ensaio de ultras.																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Provete</th> <th rowspan="2">Idade (dias)</th> <th colspan="2">MASSA VOLÚMICA (kg/m³)</th> <th colspan="2">MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)</th> </tr> <tr> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> <th>Valores individuais</th> <th>Média</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">19</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">28</td> <td style="text-align: center;">1426</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">1425</td> <td style="text-align: center;">3499,88</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">3084,06</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">1423</td> <td style="text-align: center;">3414,18</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">21</td> <td style="text-align: center;">1421</td> <td style="text-align: center;">2829,94</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">1425</td> <td style="text-align: center;">2266,67</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">23</td> <td style="text-align: center;">1423</td> <td style="text-align: center;">2834,56</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">1429</td> <td style="text-align: center;">3659,17</td> </tr> </tbody> </table>				Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)		MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média	19	28	1426	1425	3499,88	3084,06	20	1423	3414,18	21	1421	2829,94	22	1425	2266,67	23	1423	2834,56	24	1429	3659,17
Provete	Idade (dias)	MASSA VOLÚMICA (kg/m ³)				MÓDULO DE ELASTICIDADE (MPa)																												
		Valores individuais	Média	Valores individuais	Média																													
19	28	1426	1425	3499,88	3084,06																													
20		1423		3414,18																														
21		1421		2829,94																														
22		1425		2266,67																														
23		1423		2834,56																														
24		1429		3659,17																														



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: aires@civil.uminho.pt

Ensaio da Porosidade Aberta e Densidade Aparente

REQUERENTE: Trabalho de Dissertação - Michaël Santos

OBRA:

LOCALIZAÇÃO:

PROC, Nº:
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS -

Procedimento usado:

Provete: Revestimento Exterior	1	2	3
Massa seca M_1 (g)	382,000	382,400	381,200
Massa Saturada M_2 (g)	467,300	468,200	466,200
Massa Imersa em Água M_3 (g)	231,500	231,300	230,500
Porosidade	36,175	36,218	36,063
Média Porosidade	36,175		
Desvio-Padrão Porosidade	0,080		
Densidade Aparente	1616,780	1610,950	1614,080
Média Densidade Aparente	1614,08		
Desvio- padrão Densidade Aparente	2,92		
Provete: Granito Revestimento Interior	7	8	9
Massa seca M_1 (g)	345,900	340,200	348,600
Massa Saturada M_2 (g)	435,900	429,900	439,300
Massa Imersa em Água M_3 (g)	205,500	202,700	207,500
Porosidade	39,063	39,481	39,129
Média Porosidade	39,129		
Desvio-Padrão Porosidade	0,225		
Densidade Aparente	1498,30	1494,36	1500,87
Média Densidade Aparente	1498,30		
Desvio- padrão Densidade Aparente	3,28		
Provete: Revestimento Interior	13	14	15
Massa seca M_1 (g)	375,800	380,000	376,800
Massa Saturada M_2 (g)	483,000	485,500	482,800
Massa Imersa em Água M_3 (g)	230,000	231,400	229,700
Porosidade	42,372	41,519	41,881
Média Porosidade	41,881		
Desvio-Padrão Porosidade	0,428		
Densidade Aparente	1482,40	1492,48	1485,76
Média Densidade Aparente	1485,76		
Desvio- padrão Densidade Aparente	5,13		
Provete: Revestimento Interior	19	20	21
Massa seca M_1 (g)	311,300	312,100	314,500
Massa Saturada M_2 (g)	401,200	403,400	404,700
Massa Imersa em Água M_3 (g)	186,300	186,900	188,200
Porosidade	41,833	42,171	41,663
Média Porosidade	41,833		
Desvio-Padrão Porosidade	0,259		
Densidade Aparente	1445,68	1438,69	1449,75
Média Densidade Aparente	1445,68		
Desvio- padrão Densidade Aparente	5,60		

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)							
Data de realização:		Realizado por:		Verificado por:		Pag. 1/1	
		Michaël Santos		-			
FR 2.02 - FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS							
DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ÁGUA/CAL AÉREA EM PASTA							
Entidade requisitante:		Trabalho de Dissertação					
Identificação da amostra:		CAL AÉREA EM PASTA D. FRADIQUE					
Descrição da amostra:		CAL AÉREA EM PASTA D. FRADIQUE					
Data do pedido		00-01-1900		Data de recepção		00-01-1900	
Obs: Para determinar essa relação, ela foi calculada a partir da massa seca. Inicialmente pesou-se 3 recipientes vazios, onde posteriormente foi acrescentada a cal aérea em pasta nos recipientes e de seguida pesados. Colocaram-se os três recipientes num forno à 200°C durante 1h 30 min. Passado esse tempo, foram retirados os recipientes do forno e foram pesados e determinou-se que a relação Água/Ligante da cal aérea em pasta. Mencionar que as amostras da cal aérea em pasta foram retiradas de vários locais do saco. A amostra C foi retirada da parte superior do saco, a amostra B da parte inferior do saco e a amostra A foi retirada do meio do saco.							
Provete	Peso do Recipiente (g)	Massa da medida (g)	Masa da amostra (g)	Massa após 1h30 no Forno à 200°C (g)	Massa seca da amostra (g)	Água da amostra (g)	Relação Água/Ligante
A	40,689	63,751	23,062	52,793	12,104	10,958	1,10
B	42,372	62,704	20,332	52,701	10,329	10,003	1,03
C	48,212	75,863	27,651	63,143	14,931	12,72	1,17
Média							1,10



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSAS

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

Revestimento Exterior - Massa de Esboçar

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito + Água

REFERÊNCIA	4A	4B	5A	5B	6A	6B
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28	28	28	28
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (cm)	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16
SECÇÃO RECTA (mm ²)	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00
PESO DO PROVETE (g)						
TIPO DE ROTURA						
CARGA DE ROTURA (N)	3171,1	2603,57	2937,12	3050,11	3193,44	2293,97
TENSÃO DE ROTURA (N/mm ²)	1,982	1,627	1,836	1,906	1,996	1,434

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSAS

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

Revestimento Exterior - Massa de Estender

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água

REFERÊNCIA	16A	16B	17A	17B	18A	18B
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28	28	28	28
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (cm)	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16
SECÇÃO RECTA (cm ²)	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00
PESO DO PROVETE (g)						
TIPO DE ROTURA	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura
CARGA DE ROTURA (N)	6840,14	7519,92	6867,09	6790,16	7038,39	6703,14
TENSÃO DE ROTURA (N/mm ²)	4,275	4,700	4,292	4,244	4,399	4,189

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSAS

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

Revestimento Interior - Massa de Esboçar

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água

REFERÊNCIA	10A	10B	11A	11B	12A	12B
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28	28	28	28
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (cm)	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16
SECÇÃO RECTA (cm ²)	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00
PESO DO PROVETE (g)						
TIPO DE ROTURA	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura
CARGA DE ROTURA (N)	2143,99	2184,25	2474,15	2307,43	2787,04	2640,96
TENSÃO DE ROTURA (N/mm ²)	1,340	1,365	1,546	1,442	1,742	1,651

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:

 Universidade do Minho Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Materiais de Construção Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249 e-Mail: lmc@civil.uminho.pt		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)				
		REQUERENTE				
		Trabalho de Dissertação				
		OBRA				
REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº		LOCALIZAÇÃO				
DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS		NOME E CONTACTO				
17-10-2014		Michaël Santos				
TIPO DE ARGAMASSAS		PEÇA BETONADA			Nº PROVETES	
Revestimento Interior - Massa de Estender					3	
OBSERVAÇÕES						
Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água						
REFERÊNCIA	22A	22B	23A	23B	24A	24B
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28	28	28	28
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (cm)	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16	4x4x16
SECÇÃO RECTA (cm²)	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00	1600,00
PESO DO PROVETE (g)						
TIPO DE ROTURA	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura	Força de rotura
CARGA DE ROTURA (N)	1572,54	1307,8	1462,17	1663,46	1313,89	624,94
TENSÃO DE ROTURA (N/mm²)	0,983	0,817	0,914	1,040	0,821	0,391
TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)			COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)			
DATA:			DATA:			



RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS

Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

NOME E CONTACTO

17-10-2014

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSA

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

Revestimento Exterior - Massa de Esboçar

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Saibro de granito + Água

PROVETES	4	5	6			
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014			
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014			
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00			
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28			
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (mm)	40x40x160	40x40x160	40x40x160			
LADO DA SECÇÃO QUADRADA DO PRISMA(mm)	40,0	40,0	40,0			
DIST. ENTRE APOIOS (mm)	100,0	100,0	100,0			
PESO DO PROVETE (g)	434,50	428,40	431,30			
TIPO DE ROTURA	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento			
CARGA DE ROTURA (N)	315,28	337,21	384,3			
TENSÃO DE ROTURA (MPa)	0,739	0,790	0,901			

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:



RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSA

Revestimento Interior - Massa de Esboçar

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal aérea em pasta + Saibro de granito + Água

PROVETES	10	11	12			
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014			
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014			
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00			
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28			
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (mm)	40x40x160	40x40x160	40x40x160			
LADO DA SECÇÃO QUADRADA DO PRISMA(mm)	40,0	40,0	40,0			
DIST. ENTRE APOIOS (mm)	100,0	100,0	100,0			
PESO DO PROVETE (g)	403,90	394,50	382,50			
TIPO DE ROTURA	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento			
CARGA DE ROTURA (N)	210,62	202,60	275,27			
TENSÃO DE ROTURA (MPa)	0,494	0,475	0,645			

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:



RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSA

Revestimento Exterior - Massa de Estender

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal hidráulica SECIL HL5 + Pó de Mármore + Água

REFERÊNCIA	16	17	18			
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014			
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014			
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00			
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28			
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (mm)	40x40x160	40x40x160	40x40x160			
LADO DA SECÇÃO QUADRADA DO PRISMA(mm)	40,0	40,0	40,0			
DIST. ENTRE APOIOS (mm)	100,0	100,0	100,0			
PESO DO PROVETE (g)	427,30	432,30	423,20			
TIPO DE ROTURA	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento			
CARGA DE ROTURA (N)	573,74	572,76	599,54			
TENSÃO DE ROTURA (MPa)	1,345	1,342	1,405			

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:



RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE PROVETES DE ARGAMASSAS (NP EN 196-1)

Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Materiais de Construção

Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães
Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249
e-Mail: lmc@civil.uminho.pt

REQUERENTE

Trabalho de Dissertação

OBRA

REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº

LOCALIZAÇÃO

DATA DE ENTREGA DAS AMOSTRAS

17-10-2014

NOME E CONTACTO

Michaël Santos

TIPO DE ARGAMASSA

Revestimento Interior - Massa de Estender

PEÇA BETONADA

Nº PROVETES

3

OBSERVAÇÕES

Argamassa composta: Cal aérea em pasta D. Fradique + Pó de Mármore + Água

REFERÊNCIA	22	23	24			
DATA DA AMASSADURA	19-09-2014	19-09-2014	19-09-2014			
HORA DA AMASSADURA						
DATA DO ENSAIO	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014			
HORA DO ENSAIO	00:00:00	00:00:00	00:00:00			
IDADE DO PROVETE (DIAS)	28	28	28			
CONDIÇÕES DE CONSERVAÇÃO						
DIMENSÕES (mm)	40x40x160	40x40x160	40x40x160			
LADO DA SECÇÃO QUADRADA DO PRISMA(mm)	40,0	40,0	40,0			
DIST. ENTRE APOIOS (mm)	100,0	100,0	100,0			
PESO DO PROVETE (g)	317,00	314,80	311,80			
TIPO DE ROTURA	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento	controlo de deslocamento			
CARGA DE ROTURA (N)	196,36	147,51	200,51			
TENSÃO DE ROTURA (MPa)	0,460	0,346	0,470			

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)

COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)

DATA:

DATA:

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Data de realização:			Realizado por:			Verificado por:			Pag. 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
07-11-2014			Michaël Santos			Carlos Jesus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
CAPILARIDADE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Entidade requisitante:			Trabalho de Dissertação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Identificação da amostra:			Granito de Grão Fino																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Descrição da amostra:			Granito retirado das edificações existentes em Picões																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Data de início de ensaio			07-11-2014																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Obs: <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>Provete</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>53,67</td> <td>57,05</td> <td>53,91</td> <td>56,63</td> <td>53,94</td> <td>53,17</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>54,02</td> <td>52,91</td> <td>53,00</td> <td>53,52</td> <td>57,09</td> <td>58,24</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>2899,3</td> <td>3018,5</td> <td>2857,2</td> <td>3030,8</td> <td>3079,4</td> <td>3096,6</td> <td>mm²</td> </tr> </table>																			Provete	7	8	9	10	11	12		L	53,67	57,05	53,91	56,63	53,94	53,17	mm	A	54,02	52,91	53,00	53,52	57,09	58,24	mm	S	2899,3	3018,5	2857,2	3030,8	3079,4	3096,6	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Provete	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
L	53,67	57,05	53,91	56,63	53,94	53,17	mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
A	54,02	52,91	53,00	53,52	57,09	58,24	mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
S	2899,3	3018,5	2857,2	3030,8	3079,4	3096,6	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center; width: 100%;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Tempo (min)</th> <th colspan="3">7</th> <th colspan="3">8</th> <th colspan="3">9</th> <th colspan="3">10</th> <th colspan="3">11</th> <th colspan="3">12</th> <th rowspan="3">Média</th> </tr> <tr> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> </tr> <tr> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>409,80</td><td>0,00</td><td>#####</td><td>405,10</td><td>0,00</td><td>#####</td><td>386,00</td><td>0,00</td><td>0,0000</td><td>389,90</td><td>0,00</td><td>0,0000</td><td>407,50</td><td>0,00</td><td>0,0000</td><td>370,00</td><td>0,00</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>411,90</td><td>2,10</td><td>#####</td><td>406,00</td><td>0,90</td><td>#####</td><td>388,80</td><td>2,80</td><td>0,0010</td><td>393,00</td><td>3,10</td><td>0,0010</td><td>409,20</td><td>1,70</td><td>0,0006</td><td>372,20</td><td>2,20</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>412,30</td><td>2,50</td><td>#####</td><td>406,20</td><td>1,10</td><td>#####</td><td>389,20</td><td>3,20</td><td>0,0011</td><td>393,40</td><td>3,50</td><td>0,0012</td><td>409,60</td><td>2,10</td><td>0,0007</td><td>372,70</td><td>2,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>412,60</td><td>2,80</td><td>#####</td><td>406,30</td><td>1,20</td><td>#####</td><td>389,50</td><td>3,50</td><td>0,0012</td><td>393,60</td><td>3,70</td><td>0,0012</td><td>409,70</td><td>2,20</td><td>0,0007</td><td>372,90</td><td>2,90</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>412,80</td><td>3,00</td><td>#####</td><td>406,50</td><td>1,40</td><td>#####</td><td>389,80</td><td>3,80</td><td>0,0013</td><td>393,90</td><td>4,00</td><td>0,0013</td><td>409,80</td><td>2,30</td><td>0,0007</td><td>373,00</td><td>3,00</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>413,20</td><td>3,40</td><td>#####</td><td>406,80</td><td>1,70</td><td>#####</td><td>390,30</td><td>4,30</td><td>0,0015</td><td>394,40</td><td>4,50</td><td>0,0015</td><td>410,20</td><td>2,70</td><td>0,0009</td><td>373,50</td><td>3,50</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td>413,50</td><td>3,70</td><td>#####</td><td>407,10</td><td>2,00</td><td>#####</td><td>390,70</td><td>4,70</td><td>0,0016</td><td>394,70</td><td>4,80</td><td>0,0016</td><td>410,40</td><td>2,90</td><td>0,0009</td><td>373,80</td><td>3,80</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td>414,00</td><td>4,20</td><td>#####</td><td>407,40</td><td>2,30</td><td>#####</td><td>391,40</td><td>5,40</td><td>0,0019</td><td>395,50</td><td>5,60</td><td>0,0018</td><td>411,30</td><td>3,80</td><td>0,0012</td><td>374,70</td><td>4,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>120</td><td>415,00</td><td>5,20</td><td>#####</td><td>408,40</td><td>3,30</td><td>#####</td><td>391,90</td><td>5,90</td><td>0,0021</td><td>395,80</td><td>5,90</td><td>0,0019</td><td>411,90</td><td>4,40</td><td>0,0014</td><td>375,30</td><td>5,30</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>240</td><td>415,80</td><td>6,00</td><td>#####</td><td>409,70</td><td>4,60</td><td>#####</td><td>392,20</td><td>6,20</td><td>0,0022</td><td>396,40</td><td>6,50</td><td>0,0021</td><td>412,90</td><td>5,40</td><td>0,0018</td><td>375,60</td><td>5,60</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>360</td><td>415,90</td><td>6,10</td><td>#####</td><td>410,10</td><td>5,00</td><td>#####</td><td>392,30</td><td>6,30</td><td>0,0022</td><td>396,50</td><td>6,60</td><td>0,0022</td><td>413,20</td><td>5,70</td><td>0,0019</td><td>375,70</td><td>5,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>480</td><td>416,00</td><td>6,20</td><td>#####</td><td>410,10</td><td>5,00</td><td>#####</td><td>392,30</td><td>6,30</td><td>0,0022</td><td>396,50</td><td>6,60</td><td>0,0022</td><td>413,20</td><td>5,70</td><td>0,0019</td><td>375,70</td><td>5,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>1440</td><td>416,00</td><td>6,20</td><td>#####</td><td>410,10</td><td>5,00</td><td>#####</td><td>392,30</td><td>6,30</td><td>0,0022</td><td>396,50</td><td>6,60</td><td>0,0022</td><td>413,20</td><td>5,70</td><td>0,0019</td><td>375,70</td><td>5,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr><td>2880</td><td>416,00</td><td>6,20</td><td>#####</td><td>410,10</td><td>5,00</td><td>#####</td><td>932,30</td><td>546,30</td><td>0,1912</td><td>396,50</td><td>6,60</td><td>0,0022</td><td>413,20</td><td>5,70</td><td>0,0019</td><td>375,70</td><td>5,70</td><td>#####</td><td></td></tr> <tr> <td>C</td> <td colspan="3">0,056</td> <td colspan="3">0,044</td> <td colspan="3">0,058</td> <td colspan="3">0,057</td> <td colspan="3">0,049</td> <td colspan="3">0,049</td> <td>0,053</td> </tr> </tbody> </table>																			Tempo (min)	7			8			9			10			11			12			Média	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	0	409,80	0,00	#####	405,10	0,00	#####	386,00	0,00	0,0000	389,90	0,00	0,0000	407,50	0,00	0,0000	370,00	0,00	#####		5	411,90	2,10	#####	406,00	0,90	#####	388,80	2,80	0,0010	393,00	3,10	0,0010	409,20	1,70	0,0006	372,20	2,20	#####		10	412,30	2,50	#####	406,20	1,10	#####	389,20	3,20	0,0011	393,40	3,50	0,0012	409,60	2,10	0,0007	372,70	2,70	#####		15	412,60	2,80	#####	406,30	1,20	#####	389,50	3,50	0,0012	393,60	3,70	0,0012	409,70	2,20	0,0007	372,90	2,90	#####		20	412,80	3,00	#####	406,50	1,40	#####	389,80	3,80	0,0013	393,90	4,00	0,0013	409,80	2,30	0,0007	373,00	3,00	#####		30	413,20	3,40	#####	406,80	1,70	#####	390,30	4,30	0,0015	394,40	4,50	0,0015	410,20	2,70	0,0009	373,50	3,50	#####		40	413,50	3,70	#####	407,10	2,00	#####	390,70	4,70	0,0016	394,70	4,80	0,0016	410,40	2,90	0,0009	373,80	3,80	#####		60	414,00	4,20	#####	407,40	2,30	#####	391,40	5,40	0,0019	395,50	5,60	0,0018	411,30	3,80	0,0012	374,70	4,70	#####		120	415,00	5,20	#####	408,40	3,30	#####	391,90	5,90	0,0021	395,80	5,90	0,0019	411,90	4,40	0,0014	375,30	5,30	#####		240	415,80	6,00	#####	409,70	4,60	#####	392,20	6,20	0,0022	396,40	6,50	0,0021	412,90	5,40	0,0018	375,60	5,60	#####		360	415,90	6,10	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####		480	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####		1440	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####		2880	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	932,30	546,30	0,1912	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####		C	0,056			0,044			0,058			0,057			0,049			0,049			0,053
Tempo (min)	7			8			9			10			11			12				Média																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
0	409,80	0,00	#####	405,10	0,00	#####	386,00	0,00	0,0000	389,90	0,00	0,0000	407,50	0,00	0,0000	370,00	0,00	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5	411,90	2,10	#####	406,00	0,90	#####	388,80	2,80	0,0010	393,00	3,10	0,0010	409,20	1,70	0,0006	372,20	2,20	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
10	412,30	2,50	#####	406,20	1,10	#####	389,20	3,20	0,0011	393,40	3,50	0,0012	409,60	2,10	0,0007	372,70	2,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
15	412,60	2,80	#####	406,30	1,20	#####	389,50	3,50	0,0012	393,60	3,70	0,0012	409,70	2,20	0,0007	372,90	2,90	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
20	412,80	3,00	#####	406,50	1,40	#####	389,80	3,80	0,0013	393,90	4,00	0,0013	409,80	2,30	0,0007	373,00	3,00	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
30	413,20	3,40	#####	406,80	1,70	#####	390,30	4,30	0,0015	394,40	4,50	0,0015	410,20	2,70	0,0009	373,50	3,50	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
40	413,50	3,70	#####	407,10	2,00	#####	390,70	4,70	0,0016	394,70	4,80	0,0016	410,40	2,90	0,0009	373,80	3,80	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
60	414,00	4,20	#####	407,40	2,30	#####	391,40	5,40	0,0019	395,50	5,60	0,0018	411,30	3,80	0,0012	374,70	4,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
120	415,00	5,20	#####	408,40	3,30	#####	391,90	5,90	0,0021	395,80	5,90	0,0019	411,90	4,40	0,0014	375,30	5,30	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
240	415,80	6,00	#####	409,70	4,60	#####	392,20	6,20	0,0022	396,40	6,50	0,0021	412,90	5,40	0,0018	375,60	5,60	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
360	415,90	6,10	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
480	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1440	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	392,30	6,30	0,0022	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2880	416,00	6,20	#####	410,10	5,00	#####	932,30	546,30	0,1912	396,50	6,60	0,0022	413,20	5,70	0,0019	375,70	5,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
C	0,056			0,044			0,058			0,057			0,049			0,049			0,053																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Data de realização:			Realizado por:			Verificado por:			Pag. 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
07-11-2014			Michaël Santos			Carlos Jesus																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
CAPILARIDADE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Entidade requisitante:			Trabalho de Dissertação																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Identificação da amostra:			Granito de Grão Grosso																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Descrição da amostra:			Granito retirado das edificações existentes em Picões																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Data de início de ensaio			07-11-2014																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Obs: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Provete</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L</td> <td>55,79</td> <td>56,10</td> <td>51,92</td> <td>53,80</td> <td>53,61</td> <td>53,61</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>53,91</td> <td>53,67</td> <td>53,81</td> <td>52,48</td> <td>53,12</td> <td>53,12</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>3007,6</td> <td>3010,9</td> <td>2793,8</td> <td>2823,4</td> <td>2847,8</td> <td>2847,8</td> <td>mm²</td> </tr> </tbody> </table>																			Provete	7	8	9	10	11	12		L	55,79	56,10	51,92	53,80	53,61	53,61	mm	A	53,91	53,67	53,81	52,48	53,12	53,12	mm	S	3007,6	3010,9	2793,8	2823,4	2847,8	2847,8	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Provete	7	8	9	10	11	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
L	55,79	56,10	51,92	53,80	53,61	53,61	mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
A	53,91	53,67	53,81	52,48	53,12	53,12	mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
S	3007,6	3010,9	2793,8	2823,4	2847,8	2847,8	mm ²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Tempo (min)</th> <th colspan="3">7</th> <th colspan="3">8</th> <th colspan="3">9</th> <th colspan="3">10</th> <th colspan="3">11</th> <th colspan="3">12</th> <th rowspan="3">Média</th> </tr> <tr> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> <th>Massa</th> <th>Água abs.</th> <th>Abs. Cap.</th> </tr> <tr> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> <th>M (g)</th> <th>ΔM (g)</th> <th>ΔM/S (g/mm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>406,90</td> <td>0,00</td> <td>#####</td> <td>407,20</td> <td>0,00</td> <td>#####</td> <td>394,70</td> <td>0,00</td> <td>0,0000</td> <td>394,90</td> <td>0,00</td> <td>0,0000</td> <td>406,40</td> <td>0,00</td> <td>0,0000</td> <td>409,70</td> <td>0,00</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>407,70</td> <td>0,80</td> <td>#####</td> <td>408,00</td> <td>0,80</td> <td>#####</td> <td>395,40</td> <td>0,70</td> <td>0,0003</td> <td>395,70</td> <td>0,80</td> <td>0,0003</td> <td>407,10</td> <td>0,70</td> <td>0,0002</td> <td>410,50</td> <td>0,80</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>408,00</td> <td>1,10</td> <td>#####</td> <td>408,30</td> <td>1,10</td> <td>#####</td> <td>395,60</td> <td>0,90</td> <td>0,0003</td> <td>396,00</td> <td>1,10</td> <td>0,0004</td> <td>407,30</td> <td>0,90</td> <td>0,0003</td> <td>410,80</td> <td>1,10</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>408,20</td> <td>1,30</td> <td>#####</td> <td>408,50</td> <td>1,30</td> <td>#####</td> <td>395,80</td> <td>1,10</td> <td>0,0004</td> <td>396,20</td> <td>1,30</td> <td>0,0005</td> <td>407,50</td> <td>1,10</td> <td>0,0004</td> <td>411,00</td> <td>1,30</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>408,30</td> <td>1,40</td> <td>#####</td> <td>408,60</td> <td>1,40</td> <td>#####</td> <td>395,90</td> <td>1,20</td> <td>0,0004</td> <td>396,30</td> <td>1,40</td> <td>0,0005</td> <td>407,60</td> <td>1,20</td> <td>0,0004</td> <td>411,10</td> <td>1,40</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>408,50</td> <td>1,60</td> <td>#####</td> <td>408,80</td> <td>1,60</td> <td>#####</td> <td>396,10</td> <td>1,40</td> <td>0,0005</td> <td>396,60</td> <td>1,70</td> <td>0,0006</td> <td>407,80</td> <td>1,40</td> <td>0,0005</td> <td>411,30</td> <td>1,60</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>408,70</td> <td>1,80</td> <td>#####</td> <td>409,00</td> <td>1,80</td> <td>#####</td> <td>396,30</td> <td>1,60</td> <td>0,0006</td> <td>396,80</td> <td>1,90</td> <td>0,0007</td> <td>407,90</td> <td>1,50</td> <td>0,0005</td> <td>411,50</td> <td>1,80</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>409,00</td> <td>2,10</td> <td>#####</td> <td>409,30</td> <td>2,10</td> <td>#####</td> <td>396,50</td> <td>1,80</td> <td>0,0006</td> <td>397,10</td> <td>2,20</td> <td>0,0008</td> <td>408,20</td> <td>1,80</td> <td>0,0006</td> <td>411,80</td> <td>2,10</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>409,70</td> <td>2,80</td> <td>#####</td> <td>409,90</td> <td>2,70</td> <td>#####</td> <td>397,00</td> <td>2,30</td> <td>0,0008</td> <td>397,80</td> <td>2,90</td> <td>0,0010</td> <td>408,60</td> <td>2,20</td> <td>0,0008</td> <td>412,40</td> <td>2,70</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>240</td> <td>410,40</td> <td>3,50</td> <td>#####</td> <td>410,50</td> <td>3,30</td> <td>#####</td> <td>397,70</td> <td>3,00</td> <td>0,0011</td> <td>398,40</td> <td>3,50</td> <td>0,0012</td> <td>409,20</td> <td>2,80</td> <td>0,0010</td> <td>412,90</td> <td>3,20</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>360</td> <td>410,70</td> <td>3,80</td> <td>#####</td> <td>410,70</td> <td>3,50</td> <td>#####</td> <td>397,80</td> <td>3,10</td> <td>0,0011</td> <td>398,50</td> <td>3,60</td> <td>0,0013</td> <td>409,50</td> <td>3,10</td> <td>0,0011</td> <td>413,20</td> <td>3,50</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>480</td> <td>410,80</td> <td>3,90</td> <td>#####</td> <td>410,80</td> <td>3,60</td> <td>#####</td> <td>397,90</td> <td>3,20</td> <td>0,0011</td> <td>398,60</td> <td>3,70</td> <td>0,0013</td> <td>409,70</td> <td>3,30</td> <td>0,0012</td> <td>413,40</td> <td>3,70</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>1440</td> <td>410,80</td> <td>3,90</td> <td>#####</td> <td>410,80</td> <td>3,60</td> <td>#####</td> <td>397,90</td> <td>3,20</td> <td>0,0011</td> <td>398,60</td> <td>3,70</td> <td>0,0013</td> <td>409,70</td> <td>3,30</td> <td>0,0012</td> <td>413,40</td> <td>3,70</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>2880</td> <td>410,80</td> <td>3,90</td> <td>#####</td> <td>410,80</td> <td>3,60</td> <td>#####</td> <td>397,90</td> <td>3,20</td> <td>0,0011</td> <td>398,60</td> <td>3,70</td> <td>0,0013</td> <td>409,70</td> <td>3,30</td> <td>0,0012</td> <td>413,40</td> <td>3,70</td> <td>#####</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td colspan="3">0,034</td> <td colspan="3">0,032</td> <td colspan="3">0,030</td> <td colspan="3">0,035</td> <td colspan="3">0,031</td> <td colspan="3">0,034</td> <td>0,033</td> </tr> </tbody> </table>																			Tempo (min)	7			8			9			10			11			12			Média	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	0	406,90	0,00	#####	407,20	0,00	#####	394,70	0,00	0,0000	394,90	0,00	0,0000	406,40	0,00	0,0000	409,70	0,00	#####	5	407,70	0,80	#####	408,00	0,80	#####	395,40	0,70	0,0003	395,70	0,80	0,0003	407,10	0,70	0,0002	410,50	0,80	#####	10	408,00	1,10	#####	408,30	1,10	#####	395,60	0,90	0,0003	396,00	1,10	0,0004	407,30	0,90	0,0003	410,80	1,10	#####	15	408,20	1,30	#####	408,50	1,30	#####	395,80	1,10	0,0004	396,20	1,30	0,0005	407,50	1,10	0,0004	411,00	1,30	#####	20	408,30	1,40	#####	408,60	1,40	#####	395,90	1,20	0,0004	396,30	1,40	0,0005	407,60	1,20	0,0004	411,10	1,40	#####	30	408,50	1,60	#####	408,80	1,60	#####	396,10	1,40	0,0005	396,60	1,70	0,0006	407,80	1,40	0,0005	411,30	1,60	#####	40	408,70	1,80	#####	409,00	1,80	#####	396,30	1,60	0,0006	396,80	1,90	0,0007	407,90	1,50	0,0005	411,50	1,80	#####	60	409,00	2,10	#####	409,30	2,10	#####	396,50	1,80	0,0006	397,10	2,20	0,0008	408,20	1,80	0,0006	411,80	2,10	#####	120	409,70	2,80	#####	409,90	2,70	#####	397,00	2,30	0,0008	397,80	2,90	0,0010	408,60	2,20	0,0008	412,40	2,70	#####	240	410,40	3,50	#####	410,50	3,30	#####	397,70	3,00	0,0011	398,40	3,50	0,0012	409,20	2,80	0,0010	412,90	3,20	#####	360	410,70	3,80	#####	410,70	3,50	#####	397,80	3,10	0,0011	398,50	3,60	0,0013	409,50	3,10	0,0011	413,20	3,50	#####	480	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####	1440	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####	2880	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####	C	0,034			0,032			0,030			0,035			0,031			0,034			0,033
Tempo (min)	7			8			9			10			11			12				Média																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.	Massa	Água abs.	Abs. Cap.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (g/mm²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	406,90	0,00	#####	407,20	0,00	#####	394,70	0,00	0,0000	394,90	0,00	0,0000	406,40	0,00	0,0000	409,70	0,00	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5	407,70	0,80	#####	408,00	0,80	#####	395,40	0,70	0,0003	395,70	0,80	0,0003	407,10	0,70	0,0002	410,50	0,80	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
10	408,00	1,10	#####	408,30	1,10	#####	395,60	0,90	0,0003	396,00	1,10	0,0004	407,30	0,90	0,0003	410,80	1,10	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
15	408,20	1,30	#####	408,50	1,30	#####	395,80	1,10	0,0004	396,20	1,30	0,0005	407,50	1,10	0,0004	411,00	1,30	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
20	408,30	1,40	#####	408,60	1,40	#####	395,90	1,20	0,0004	396,30	1,40	0,0005	407,60	1,20	0,0004	411,10	1,40	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
30	408,50	1,60	#####	408,80	1,60	#####	396,10	1,40	0,0005	396,60	1,70	0,0006	407,80	1,40	0,0005	411,30	1,60	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
40	408,70	1,80	#####	409,00	1,80	#####	396,30	1,60	0,0006	396,80	1,90	0,0007	407,90	1,50	0,0005	411,50	1,80	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
60	409,00	2,10	#####	409,30	2,10	#####	396,50	1,80	0,0006	397,10	2,20	0,0008	408,20	1,80	0,0006	411,80	2,10	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
120	409,70	2,80	#####	409,90	2,70	#####	397,00	2,30	0,0008	397,80	2,90	0,0010	408,60	2,20	0,0008	412,40	2,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
240	410,40	3,50	#####	410,50	3,30	#####	397,70	3,00	0,0011	398,40	3,50	0,0012	409,20	2,80	0,0010	412,90	3,20	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
360	410,70	3,80	#####	410,70	3,50	#####	397,80	3,10	0,0011	398,50	3,60	0,0013	409,50	3,10	0,0011	413,20	3,50	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
480	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1440	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
2880	410,80	3,90	#####	410,80	3,60	#####	397,90	3,20	0,0011	398,60	3,70	0,0013	409,70	3,30	0,0012	413,40	3,70	#####																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
C	0,034			0,032			0,030			0,035			0,031			0,034			0,033																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Laboratório de Ensaios de Revestimentos de Paredes (LNEC/LERevPa)																													
Data de realização:		Realizado por:								Verificado por:								Pag. 1/1											
07-11-2014		Michaël Santos								Carlos Jesus																			
FOLHA DE REGISTO DE RESULTADOS PARA ARGAMASSAS ANTIGAS																													
SECAGEM																													
Entidade requiriteante:		Trabalho de Dissertação																											
Identificação da amostra:		Granito de Grão Fino																											
Descrição da amostra:		Granito retirado das edificações existentes em Picões																											
Data de início de ensaio		07-11-2014																											
Obs:		Provete		7				8				9				10				11				12					
		S		2899,25				3016,93				2858,85				3030,84				3079,43				3097,15				mm ²	
		Massa Constante		409,6				404,4				385,9				389,8				407,1				369,8				g	
Tempo (min)	7				8				9				10				11				12				Média				
	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi	Massa	Água abs.	Ág. Ret./A	Wi					
	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%	M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%		M (g)	ΔM (g)	ΔM/S (Kg/m ²)	%
0	416,20	6,60	2,28	1,61	410,60	6,20	2,06	1,53	392,70	6,80	2,38	1,76	396,10	6,30	2,08	1,62	413,60	6,50	2,11	1,60	376,10	6,30	2,03	1,70	1,61				
30	416,00	6,40	2,21	1,56	410,20	5,80	1,92	1,43	392,40	6,50	2,27	1,68	395,80	6,00	1,98	1,54	413,30	6,20	2,01	1,52	375,90	6,10	1,97	1,65	1,55				
60	415,70	6,10	2,10	1,49	410,00	5,60	1,86	1,38	392,20	6,30	2,20	1,63	395,70	5,90	1,95	1,51	413,00	5,90	1,92	1,45	375,70	5,90	1,90	1,60	1,50				
90	415,60	6,00	2,07	1,46	409,90	5,50	1,82	1,36	392,00	6,10	2,13	1,58	395,50	5,70	1,88	1,46	412,70	5,60	1,82	1,38	375,40	5,60	1,81	1,51	1,46				
270	414,30	4,70	1,62	1,15	408,50	4,10	1,36	1,01	391,00	5,10	1,78	1,32	394,00	4,20	1,39	1,08	411,50	4,40	1,43	1,08	374,20	4,40	1,42	1,19	1,11				
450	412,80	3,20	1,10	0,78	407,10	2,70	0,89	0,67	389,60	3,70	1,29	0,96	393,10	3,30	1,09	0,85	410,30	3,20	1,04	0,79	373,10	3,30	1,07	0,89	0,82				
1440	410,70	1,10	0,38	0,27	405,20	0,80	0,27	0,20	386,60	0,70	0,24	0,18	391,10	1,30	0,43	0,33	408,40	1,30	0,42	0,32	370,90	1,10	0,36	0,30	0,28				
2880	410,20	0,60	0,21	0,15	405,10	0,70	0,23	0,17	386,50	0,60	0,21	0,16	390,70	0,90	0,30	0,23	407,90	0,80	0,26	0,20	370,50	0,70	0,23	0,19	0,18				
4320	410,10	0,50	0,17	0,12	405,00	0,60	0,20	0,15	386,40	0,50	0,17	0,13	390,50	0,70	0,23	0,18	407,80	0,70	0,23	0,17	370,40	0,60	0,19	0,16	0,16				
5760	410,00	0,40	0,14	0,10	409,90	5,50	1,82	1,36	386,30	0,40	0,14	0,10	390,40	0,60	0,20	0,15	407,70	0,60	0,19	0,15	370,30	0,50	0,16	0,14	0,14				
7200	409,90	0,30	0,10	0,07	404,80	0,40	0,13	0,10	386,20	0,30	0,10	0,08	390,30	0,50	0,16	0,13	407,60	0,50	0,16	0,12	370,20	0,40	0,13	0,11	0,10				
8640	409,80	0,20	0,07	0,05	404,70	0,30	0,10	0,07	386,10	0,20	0,07	0,05	390,20	0,40	0,13	0,10	407,50	0,40	0,13	0,10	370,10	0,30	0,10	0,08	0,08				
10080	409,70	0,10	0,03	0,02	404,60	0,20	0,07	0,05	386,00	0,10	0,03	0,03	390,10	0,30	0,10	0,08	407,20	0,10	0,03	0,02	370,00	0,20	0,06	0,05	0,04				
11520	409,60	0,00	0,00	0,00	404,50	0,10	0,03	0,02	385,90	0,00	0,00	0,00	390,00	0,20	0,07	0,05	407,10	0,00	0,00	0,00	369,90	0,10	0,03	0,03	0,01				
12960	409,60	0,00	0,00	0,00	404,40	0,00	0,00	0,00	385,90	0,00	0,00	0,00	389,90	0,10	0,03	0,03	407,10	0,00	0,00	0,00	369,80	0,00	0,00	0,00	0,00				
14400	409,60	0,00	0,00	0,00	404,40	0,00	0,00	0,00	385,90	0,00	0,00	0,00	389,80	0,00	0,00	0,00	407,10	0,00	0,00	0,00	369,80	0,00	0,00	0,00	0,00				
15840	409,60	0,00	0,00	0,00	404,40	0,00	0,00	0,00	385,90	0,00	0,00	0,00	389,80	0,00	0,00	0,00	407,10	0,00	0,00	0,00	369,80	0,00	0,00	0,00	0,00				
17280	409,60	0,00	0,00	0,00	404,40	0,00	0,00	0,00	385,90	0,00	0,00	0,00	389,80	0,00	0,00	0,00	407,10	0,00	0,00	0,00	369,80	0,00	0,00	0,00	0,00				

 Universidade do Minho Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Materiais de Construção Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães Tel: 253 510 249 Fax: 253 510 217/249 e-Mail: aires@civil.uminho.pt	Ensaio da Porosidade Aberta e Densidade Aparente					
	REQUERENTE: Trabalho de Dissertação - Michaël Santos					
	OBRA:					
	LOCALIZAÇÃO:					
	PROC. Nº: IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS - Procedimento usado:					
Provete: Granito Grão Fino	1	2	3	4	5	6
Massa seca M_1 (g)	409,448	383,013	388,349	387,130	384,719	376,045
Massa Saturada M_2 (g)	417,300	390,400	395,300	393,500	390,700	382,100
Massa Imersa em Água M_3 (g)	252,200	235,500	239,600	238,600	237,200	231,900
Porosidade	4,756	4,769	4,464	4,112	3,896	4,031
Média Porosidade	4,288					
Desvio-Padrão Porosidade	0,378					
Densidade Aparente	2475,04	2467,70	2489,22	2494,23	2501,30	2498,62
Média Densidade Aparente	2491,73					
Desvio- padrão Densidade Aparente	13,49					
Provete: Granito Grão Grosso	1	2	3	4	5	6
Massa seca M_1 (g)	404,744	395,686	391,112	406,675	392,190	406,012
Massa Saturada M_2 (g)	408,7	399,5	395,8	410,1	395,9	409,5
Massa Imersa em Água M_3 (g)	251,8	243,2	241,1	251,7	241,5	250,4
Porosidade	2,521	2,440	3,030	2,162	2,403	2,192
Média Porosidade	2,422					
Desvio-Padrão Porosidade	0,314					
Densidade Aparente	2574,47	2526,52	2523,14	2562,26	2535,01	2546,83
Média Densidade Aparente	2540,92					
Desvio- padrão Densidade Aparente	20,44					
TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA)		COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA)				
DATA:		DATA:				

 Universidade do Minho Departamento de Engenharia Civil Laboratório de Materiais de Construção Campus de Azurém, 4800-058	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PEDRA NATURAL (NP EN 1926 de 2000)	
	REQUERENTE Trabalho de Dissertação	
	OBRA Não especificado	
REQUISIÇÃO DE ENSAIO Nº	LOCALIZAÇÃO Não especificado	
DATA DE ENTREGA	NOME E CONTACTO Michael Santos	

OBSERVAÇÕES: Resistência à compressão da pedra natural existente nos edifícios históricos de Picões. Granito de Grão Fino e Granito de Grão Grosso.

NOTA: O provete 3 do granito de grão grosso

REFERÊNCIA: Grão Fino		1	2	3	4	5	6
DATA DE PREPARAÇÃO							
DATA DO ENSAIO							
DIMENSÕES (mm)	L1	54,07	54,81	53,85	54,15	55,05	54,16
	L2	53,39	54,45	53,92	54,26	53,33	54,78
SECÇÃO (mm ²)		2887	2984	2904	2938	2936	2967
PESO DO PROVETE (g)		408,7	406,2	399,7	400,2	402,5	398,4
CARGA DE ROTURA (KN)		163,8	187,3	197,4	216,3	219,0	230,0
TENSAO DE ROTURA (MPa)		56,74	62,76	67,98	73,62	74,60	77,52
MÉDIA (MPa)		70,8					
Dif (MED-AMOSTRA)		14,06	8,04	2,82	2,82	3,80	6,72
DESVIO PADRÃO		7,25					
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO		0,10					
VALOR MÁXIMO		77,52					
VALOR MÍNIMO		56,74					
REFERENCIA: Grão Grosso		1	2	3*	4	5	6
DATA DE PREPARAÇÃO							
DATA DO ENSAIO							
DIMENSÕES (mm)	L1	55,01	53,49	53,89	54,02	55,01	54,25
	L2	54,58	54,65	53,84	54,26	54,85	55,02
SECÇÃO (mm ²)		3002	2923	2901	2931	3017	2985
PESO DO PROVETE (g)		405,8	406,8	398,4	399,3	403,4	408,5
CARGA DE ROTURA (KN)		237,7	250	210,5	319,8	297,3	330,1
TENSAO DE ROTURA (MPa)		79,17	85,52	72,55	109,10	98,53	110,59
MÉDIA (MPa)		92,0					
Dif (MED-AMOSTRA)		12,86	6,50	19,48	17,08	6,50	18,57
DESVIO PADRÃO		14,51					
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO		0,16					
VALOR MÁXIMO		110,59					
VALOR MÍNIMO		72,55					

TÉCNICO RESPONSÁVEL (ASSINATURA) DATA:	COORDENADOR DO LMC (ASSINATURA) DATA:
---	--

BOLETIM DE ANÁLISE



Boletim nº 48/FRX/2014
Página nº 1 de 1
Nº Ordem Lab. 292/2014

Amostras 3 Amostras com referência: Saibro, Cal-hidráulica e Pó de Mármore (Argamassas antigas)
A amostragem é da responsabilidade do requerente

Requerente UTAD/ Eng.º. Luís Sousa
Endereço UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - 5000 VILA REAL
Req. E-mail 03/10/14

Estudo Solicitado Análise de Elementos Maiores
Método Instrumental Dosagem de elementos Maiores/Fluorescência de Raios-X
Metodologia Método Interno - PA 003/FRX (2010-10-15)

Sector: Fluorescência de Raios-X
Data de Início da Análise: 29-10-2014

Registo: 108 FRX a 110 FRX
Data de Conclusão da Análise: 31-10-2014

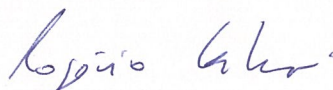
(Resultados dados em %)

Amostras

Elementos	Saibro	Cal- hidráulica	Pó de Mármore
SiO ₂	66,29	13,77	1,24
Al ₂ O ₃	18,45	3,90	0,40
Fe total (Fe ₂ O ₃)	1,84	1,65	<0,08
MnO	0,03	0,02	<0,02
CaO	0,07	56,94	54,47
MgO	0,35	2,09	0,61
Na ₂ O	0,54	0,25	<0,20
K ₂ O	5,77	0,95	0,06
TiO ₂	0,30	0,15	<0,04
P ₂ O ₅	0,10	0,07	<0,04
P. Rubro	6,05	20,12	42,97

S. Mamede de Infesta, 31 de Outubro de 2014

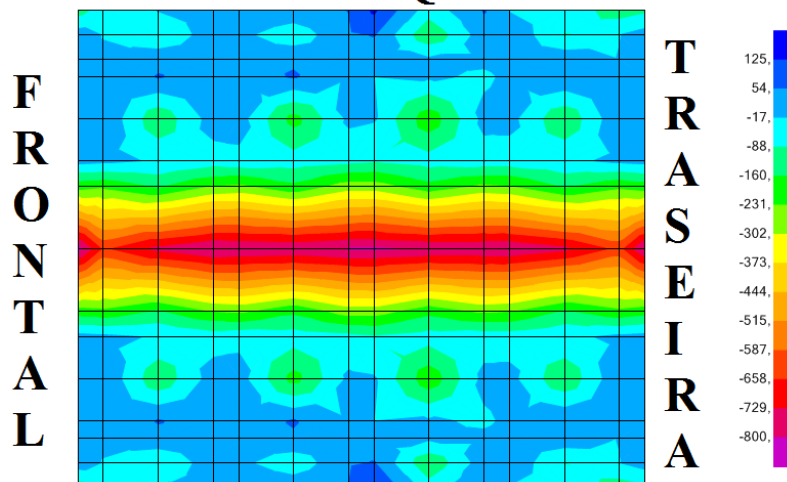
O Responsável Técnico do Sector de FRX,



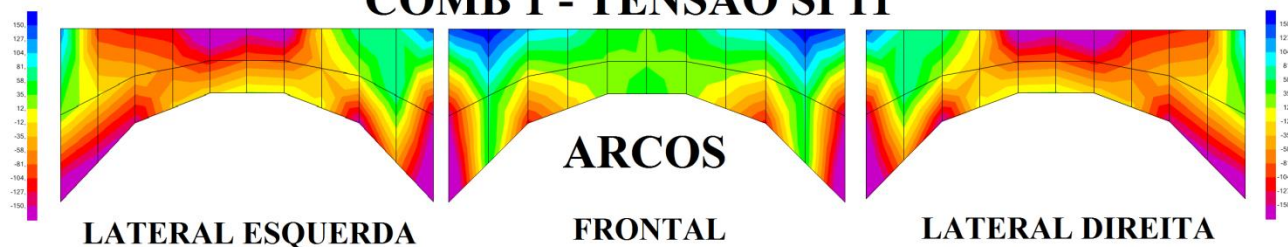
Rogério Calvo
(Eng.º Químico)

ANEXO V - DIAGRAMA DE TENSÕES DA CAPELA DE SANTO ANTÓNIO

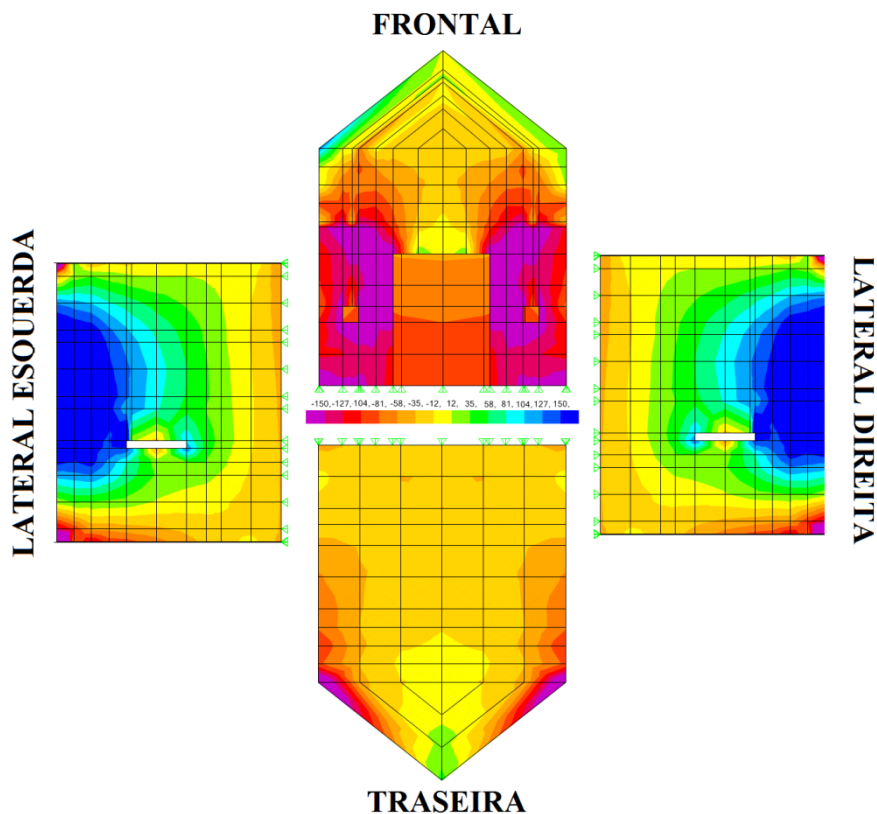
COMB 1- TENSÃO SI 11 LATERAL ESQUERDA



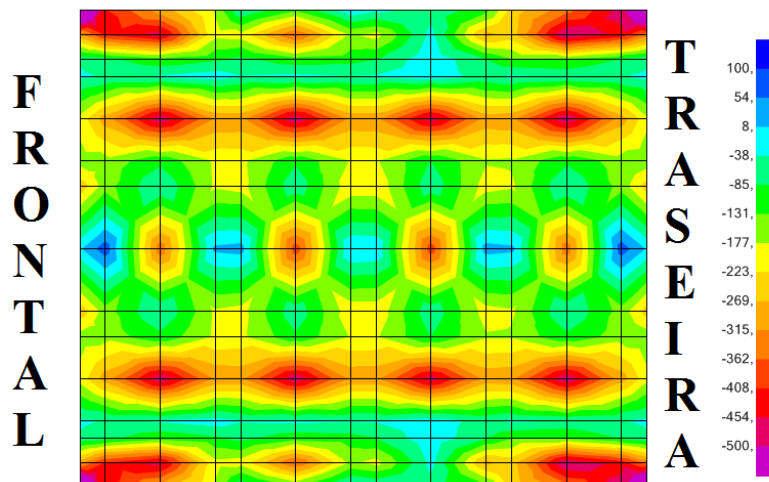
LATERAL DIREITA COMB 1 - TENSÃO SI 11



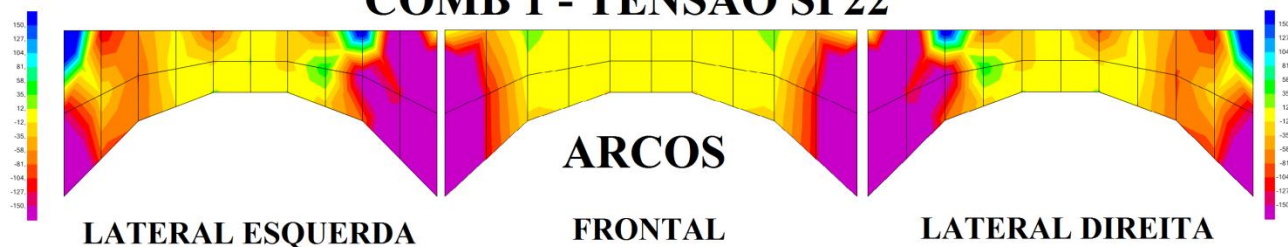
COMB 1 - TENSÃO SI 11



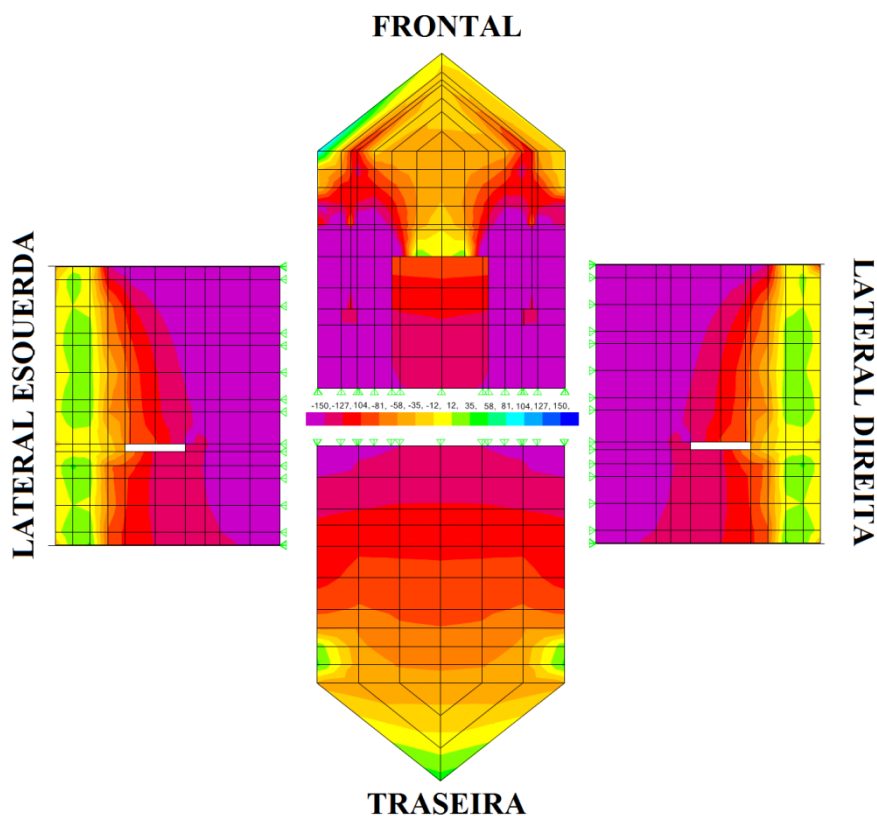
COMB 1- TENSÃO SI 22 LATERAL ESQUERDA



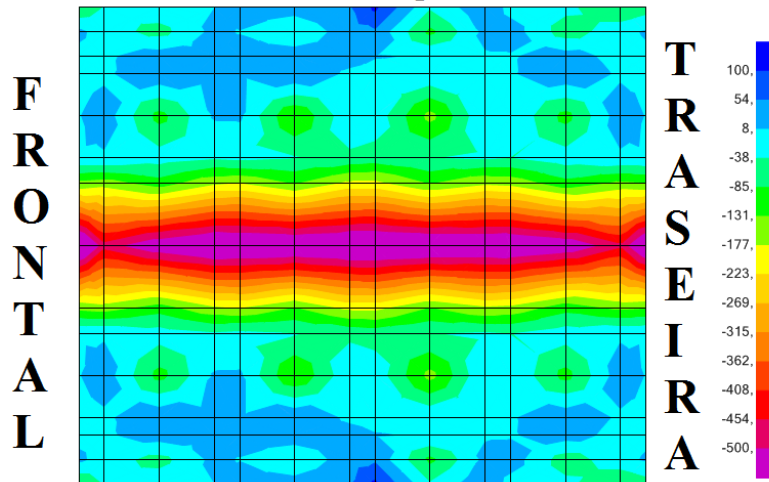
LATERAL DIREITA COMB 1 - TENSÃO SI 22



COMB 1 - TENSÃO SI 22

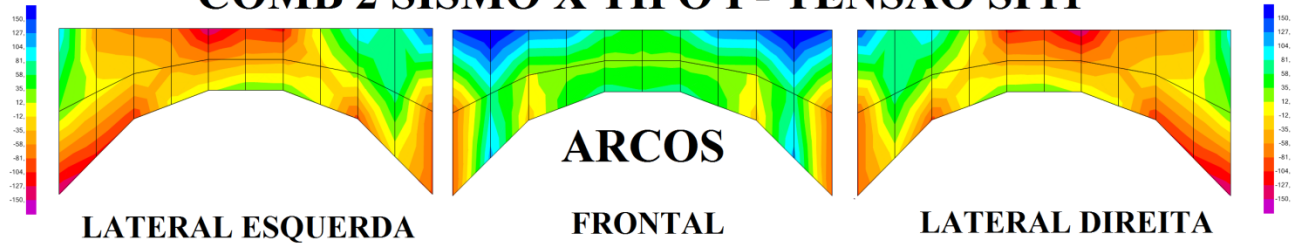


COMB 2 SISMO X TIPO I - TENSÃO SI 11
LATERAL ESQUERDA



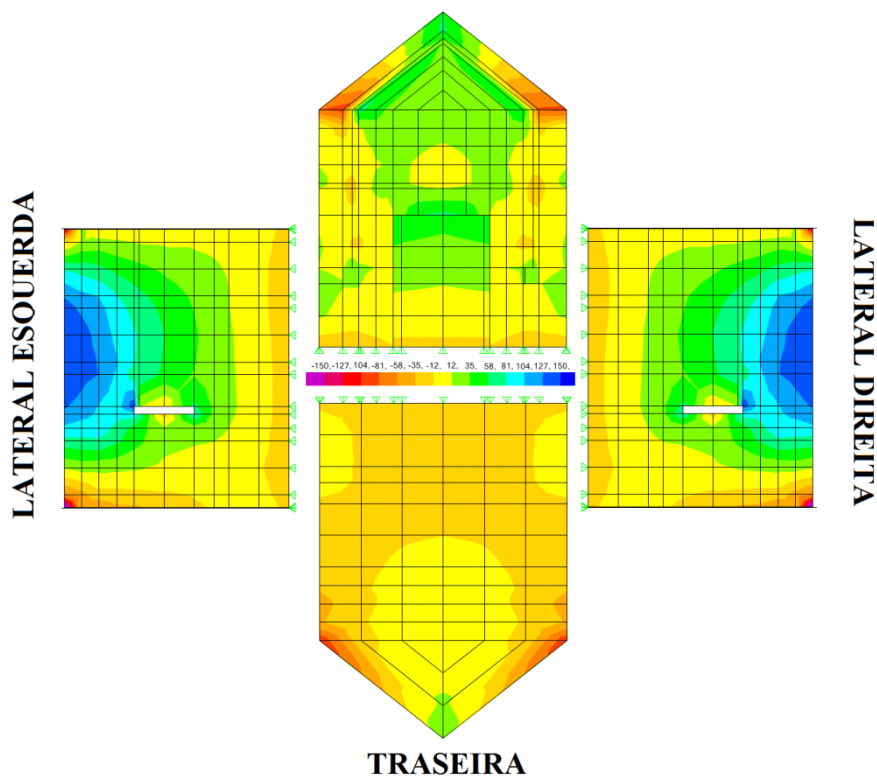
LATERAL DIREITA

COMB 2 SISMO X TIPO I - TENSÃO SI11

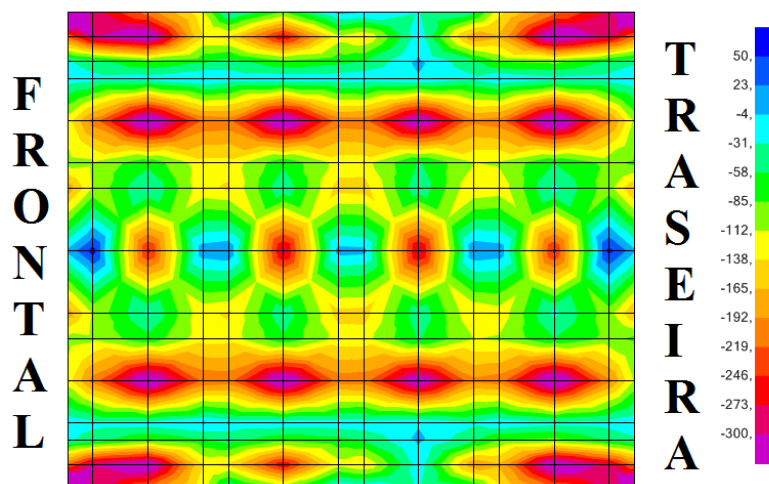


COMB 2 SISMO X TIPO I - SI 11

FRONTAL

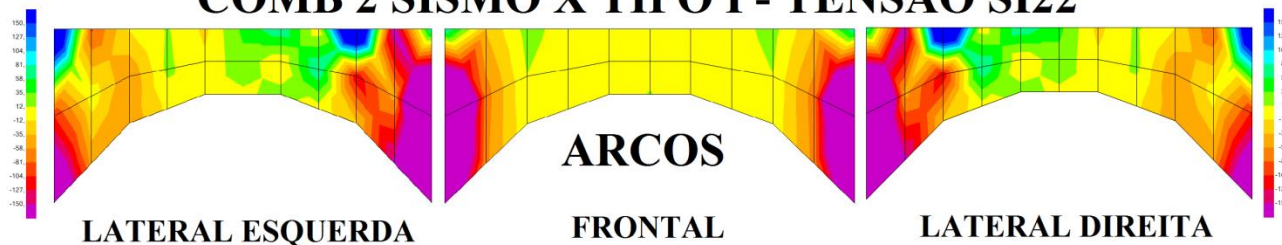


COMB 2 SISMO X TIPO I - TENSÃO SI 22
LATERAL ESQUERDA

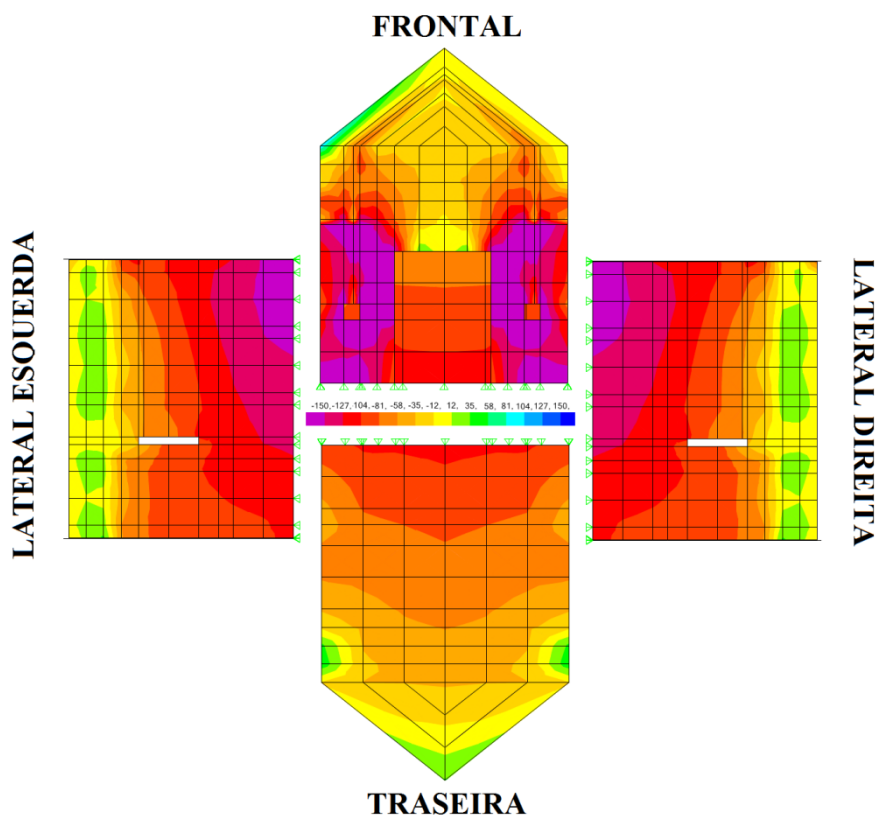


LATERAL DIREITA

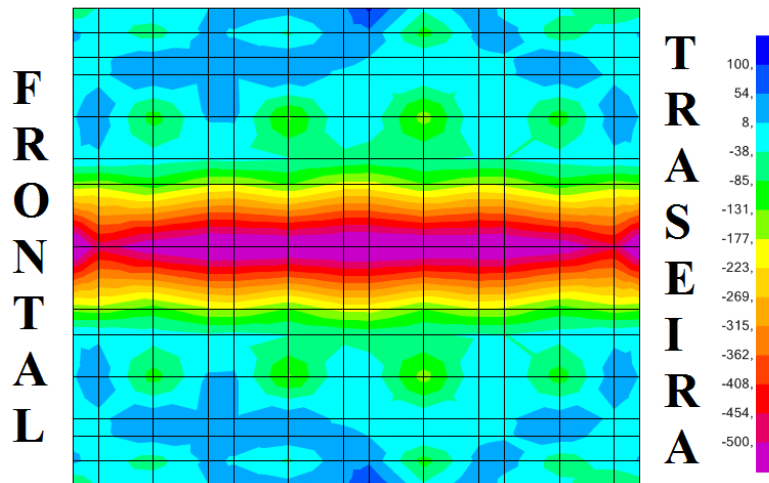
COMB 2 SISMO X TIPO I - TENSÃO SI22



COMB 2 SISMO X TIPO I - SI 22

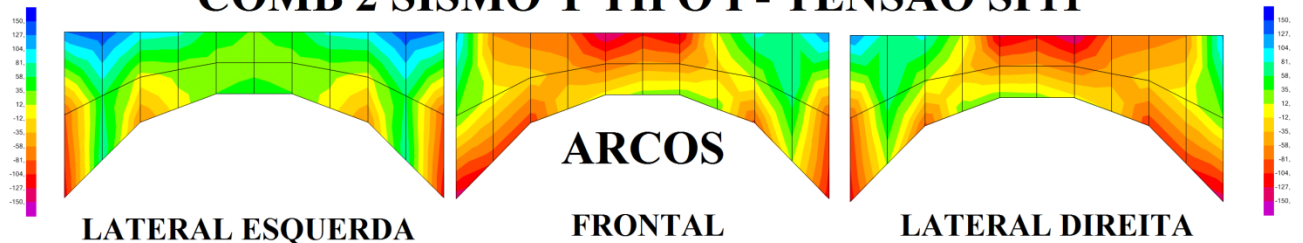


COMB 2 SISMO Y TIPO I - TENSÃO SI 11
LATERAL ESQUERDA

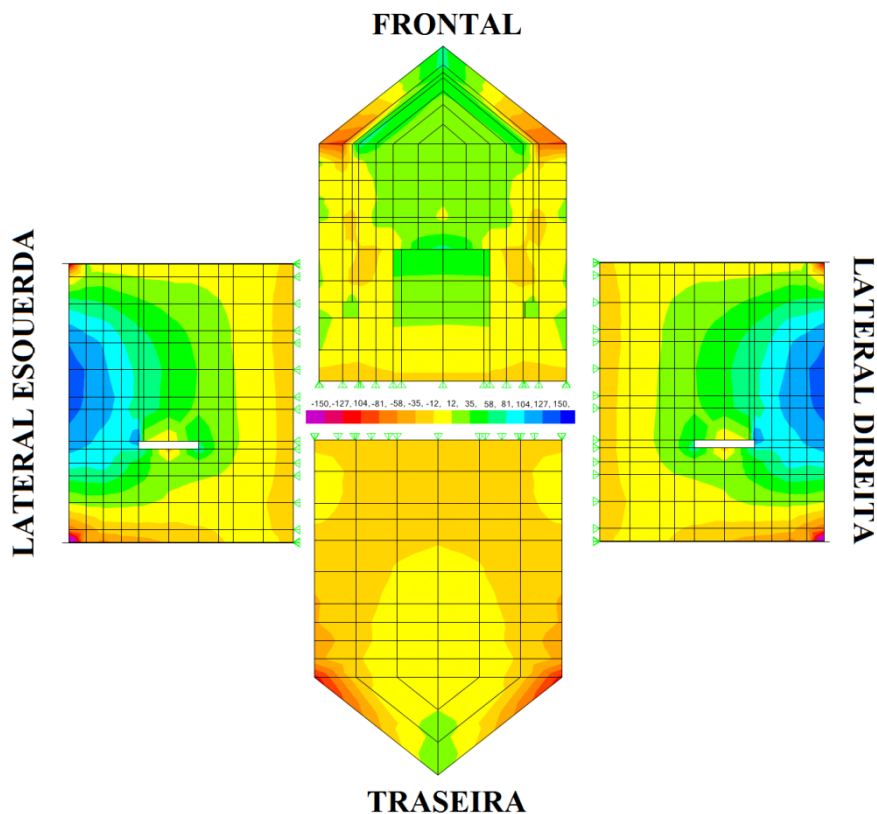


LATERAL DIREITA

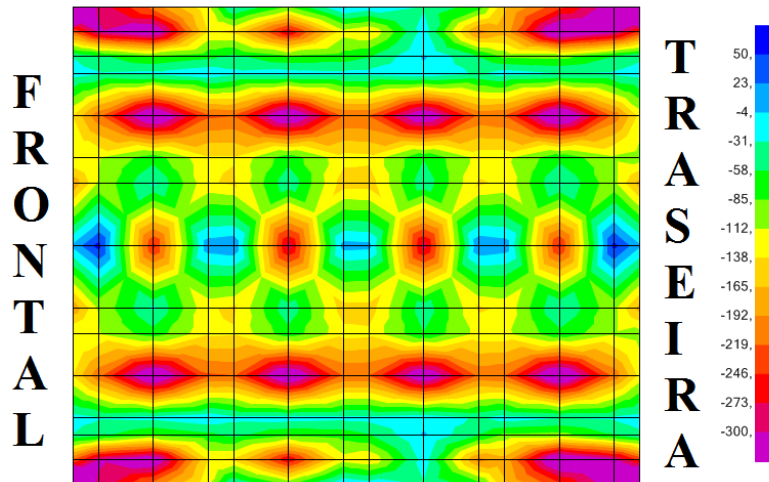
COMB 2 SISMO Y TIPO I - TENSÃO SI11



COMB 2 SISMO Y TIPO I - SI 11

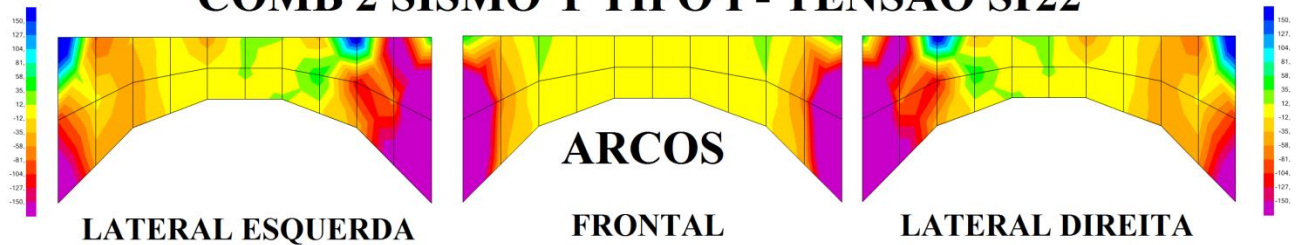


COMB 2 SISMO Y TIPO I - TENSÃO SI 22
LATERAL ESQUERDA

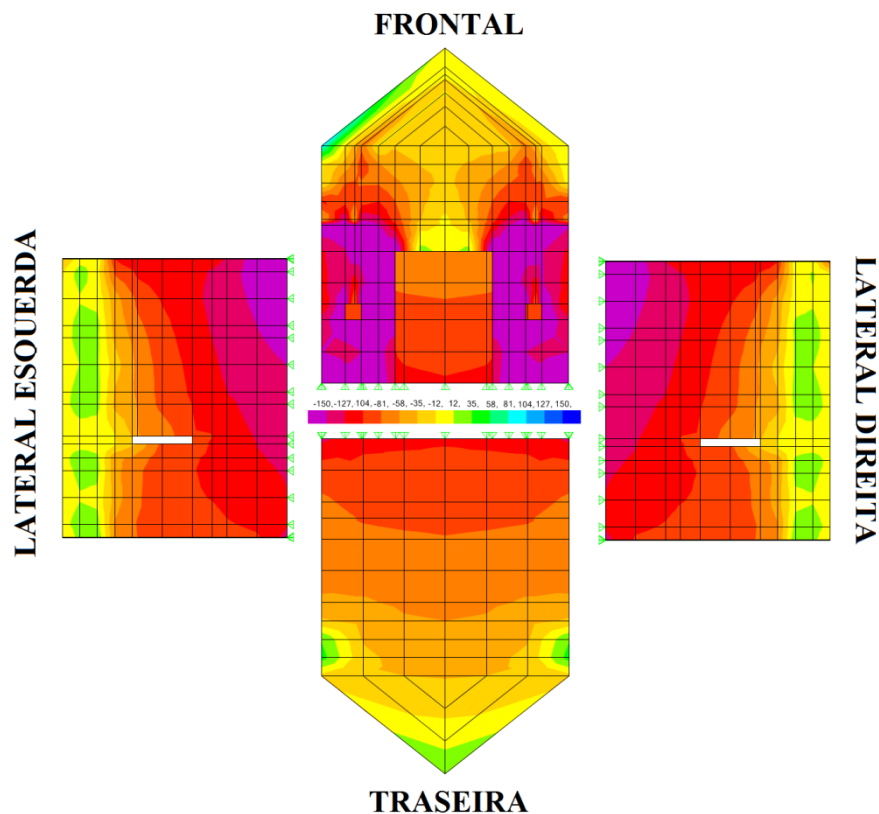


LATERAL DIREITA

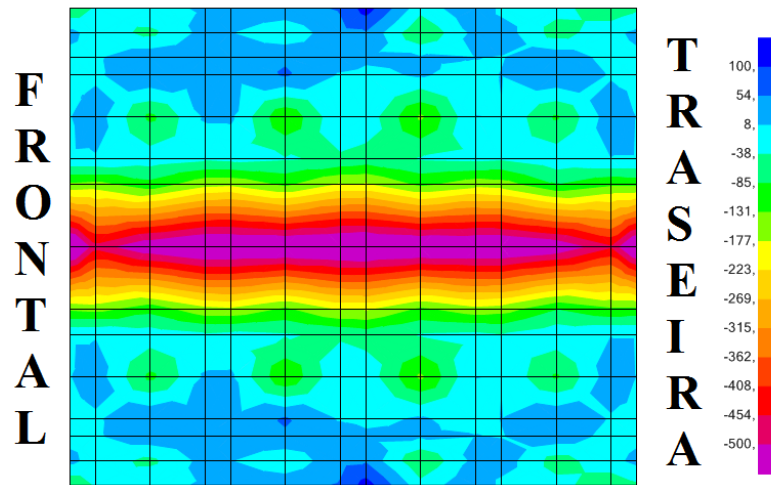
COMB 2 SISMO Y TIPO I - TENSÃO SI22



COMB 2 SISMO Y TIPO I - SI 22

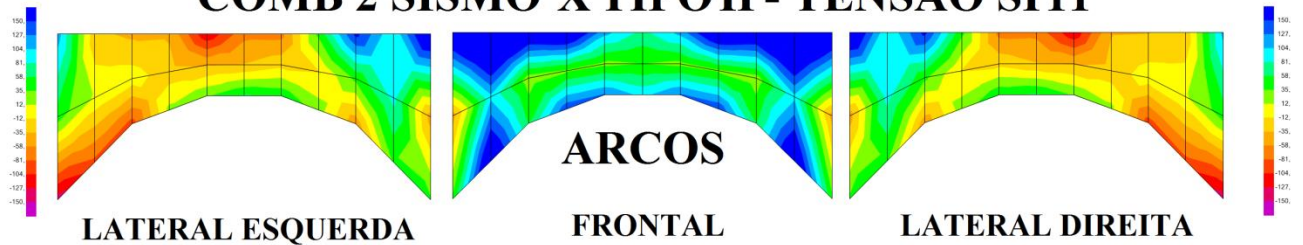


COMB 2 SISMO X TIPO II- TENSÃO SI 11
LATERAL ESQUERDA



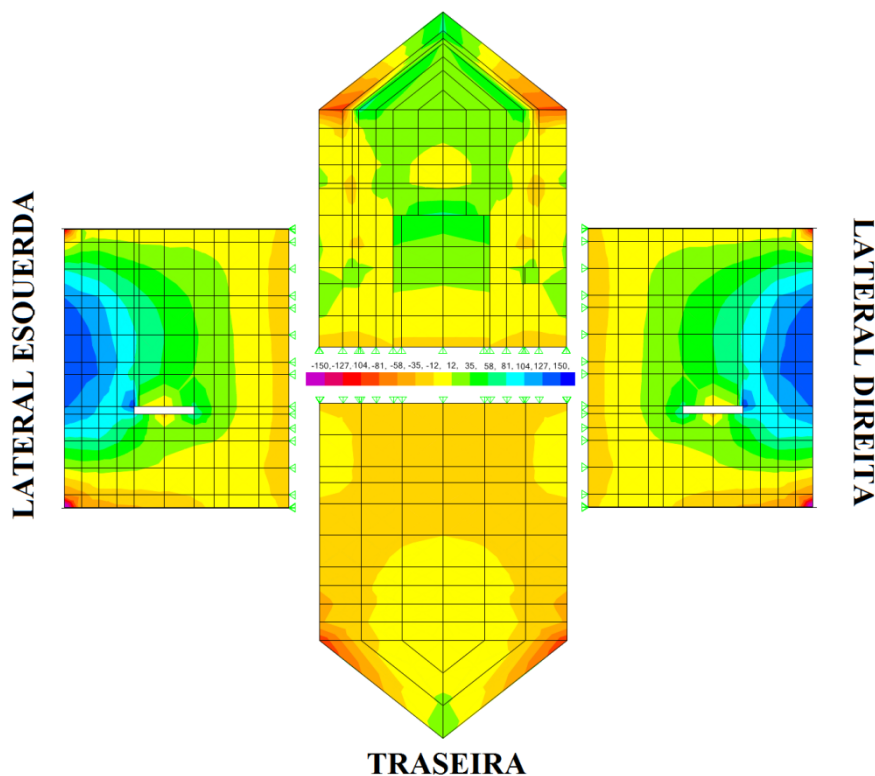
LATERAL DIREITA

COMB 2 SISMO X TIPO II- TENSÃO SI11

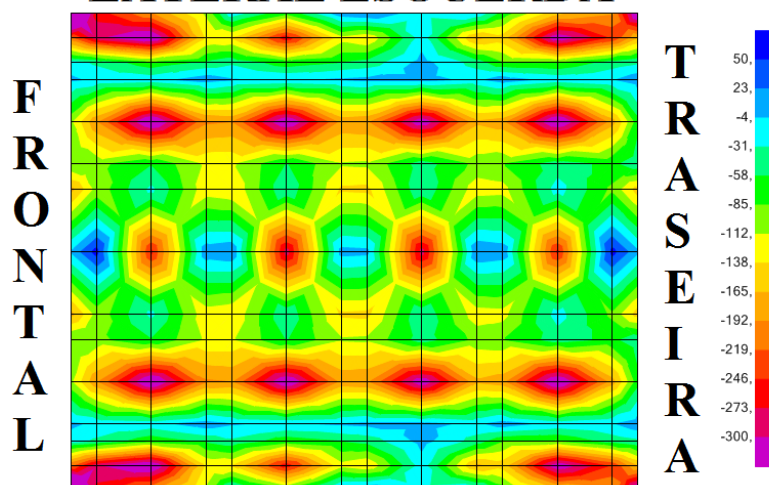


COMB 2 SISMO X TIPO I - SI 11

FRONTAL

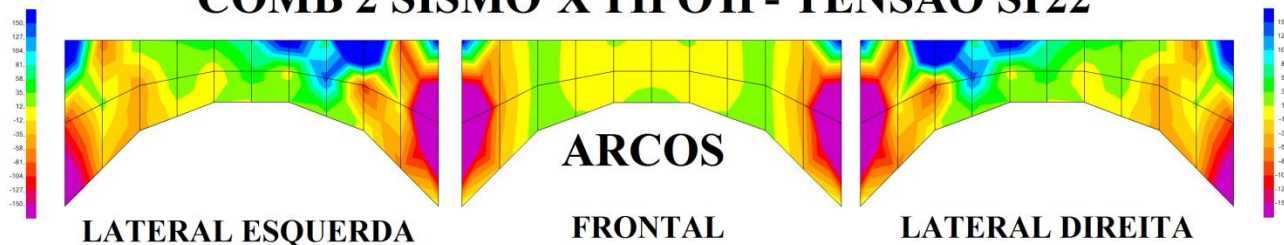


COMB 2 SISMO X TIPO II- TENSÃO SI 22
LATERAL ESQUERDA

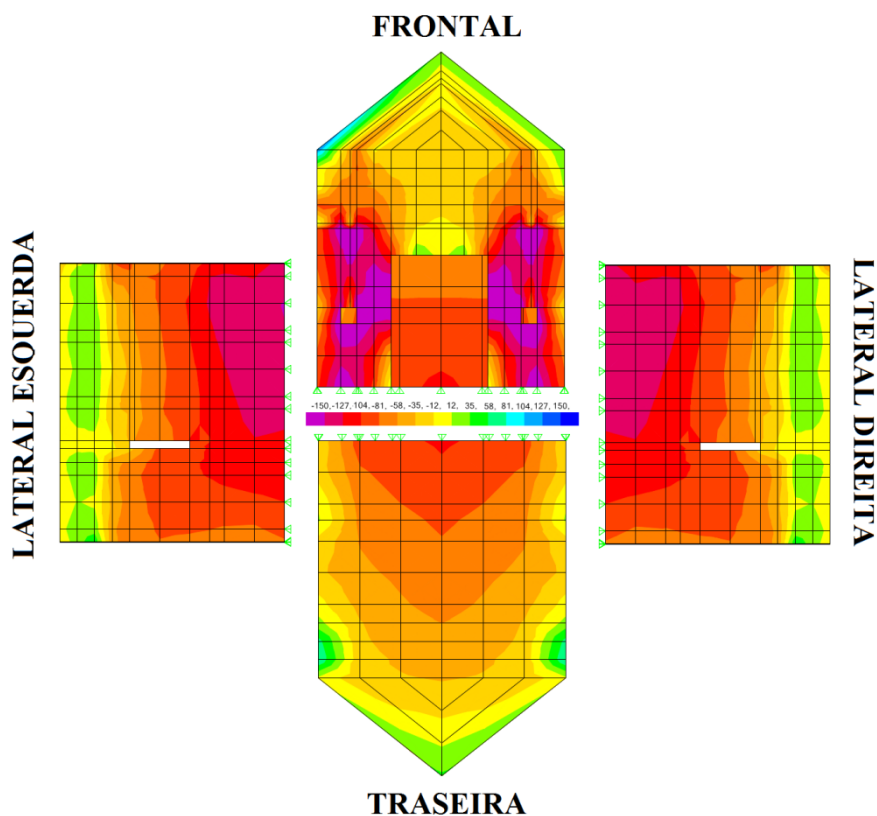


LATERAL DIREITA

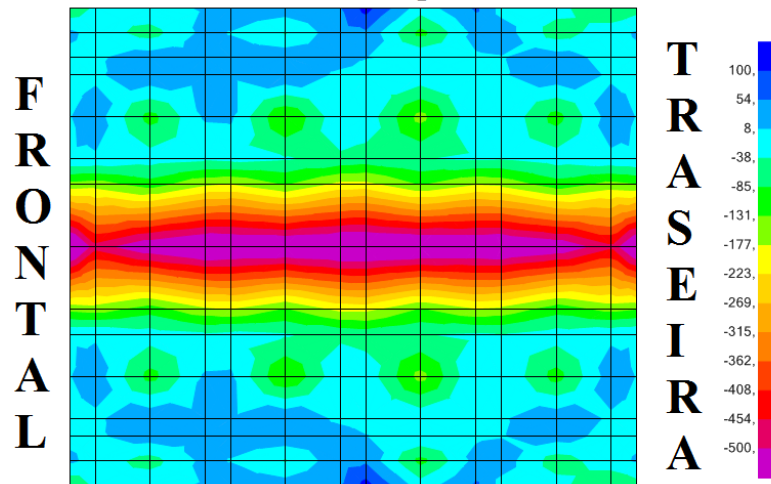
COMB 2 SISMO X TIPO II - TENSÃO SI22



COMB 2 SISMO X TIPO II - SI 22

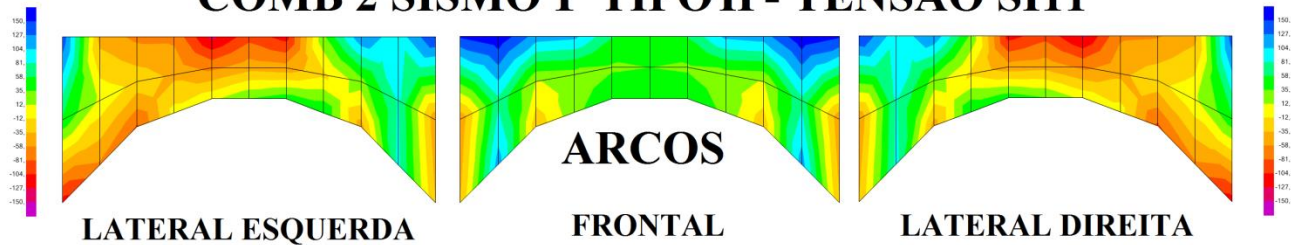


COMB 2 SISMO Y TIPO II- TENSÃO SI 11
LATERAL ESQUERDA



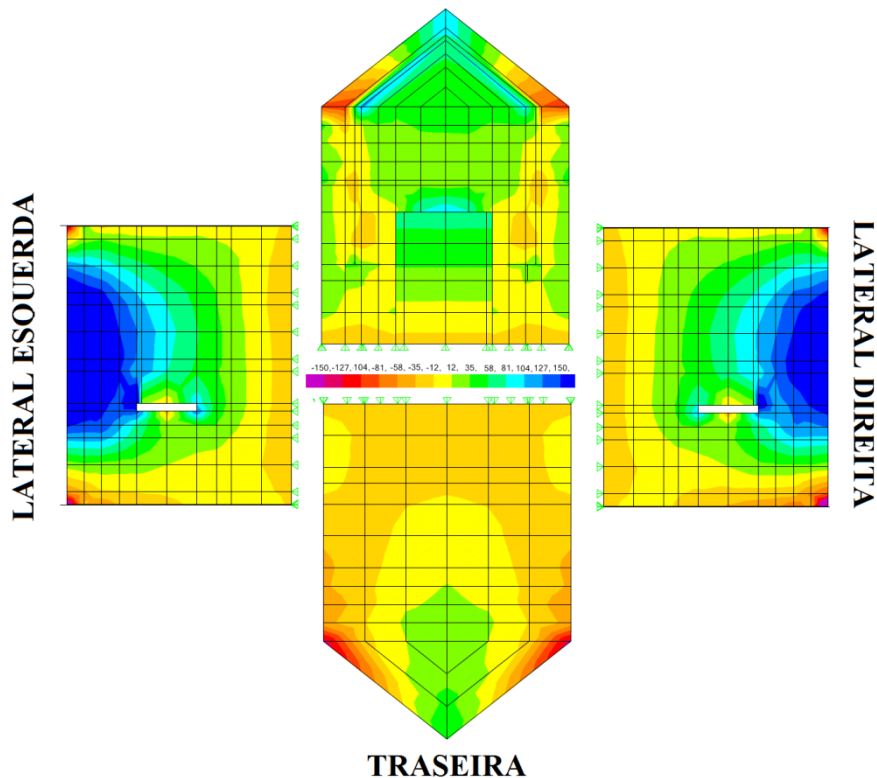
LATERAL DIREITA

COMB 2 SISMO Y TIPO II- TENSÃO SI11

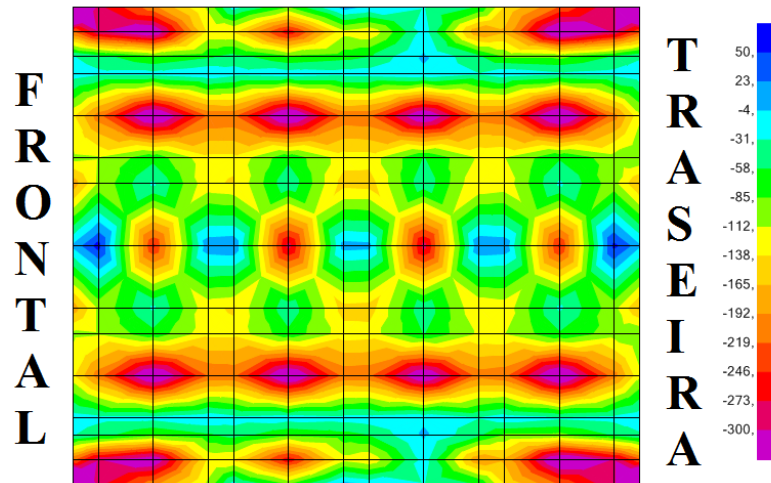


COMB 2 SISMO Y TIPO II- SI 11

FRONTAL

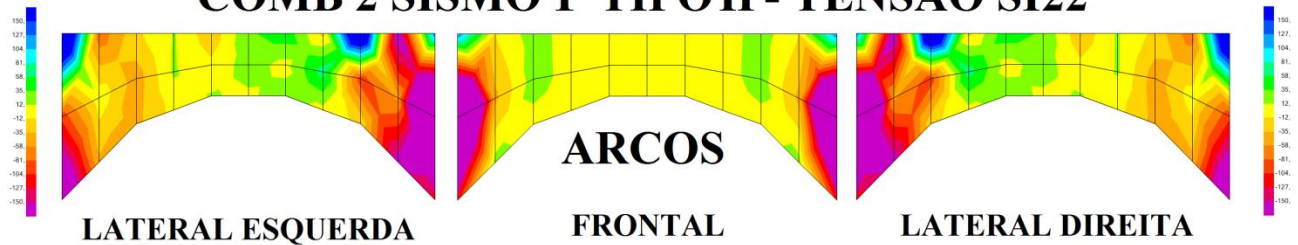


COMB 2 SISMO Y TIPO II- TENSÃO SI 22
LATERAL ESQUERDA



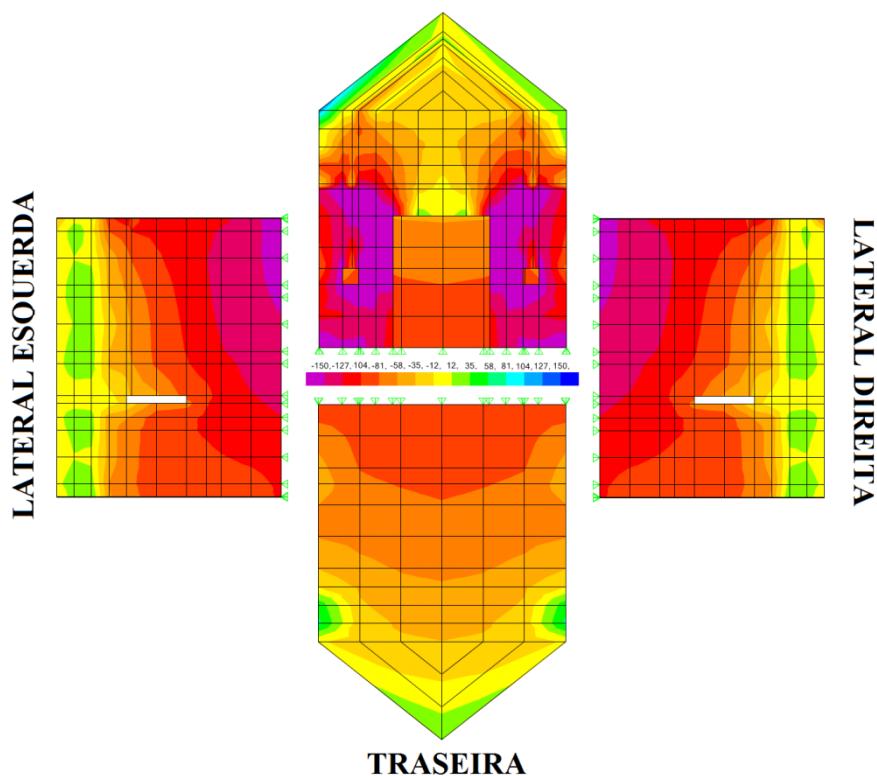
LATERAL DIREITA

COMB 2 SISMO Y TIPO II - TENSÃO SI22

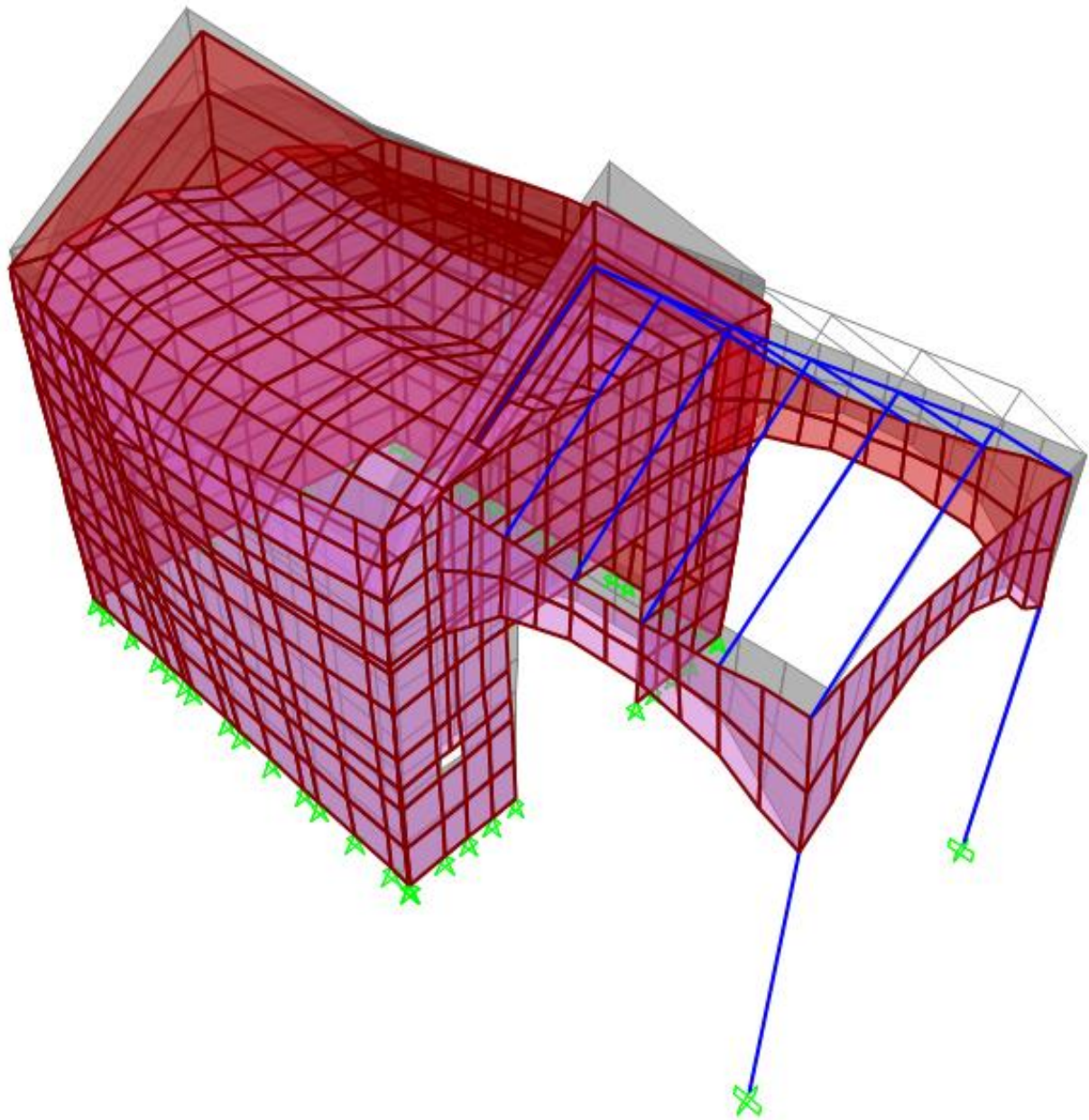


COMB 2 SISMO Y TIPO II - SI 22

FRONTAL

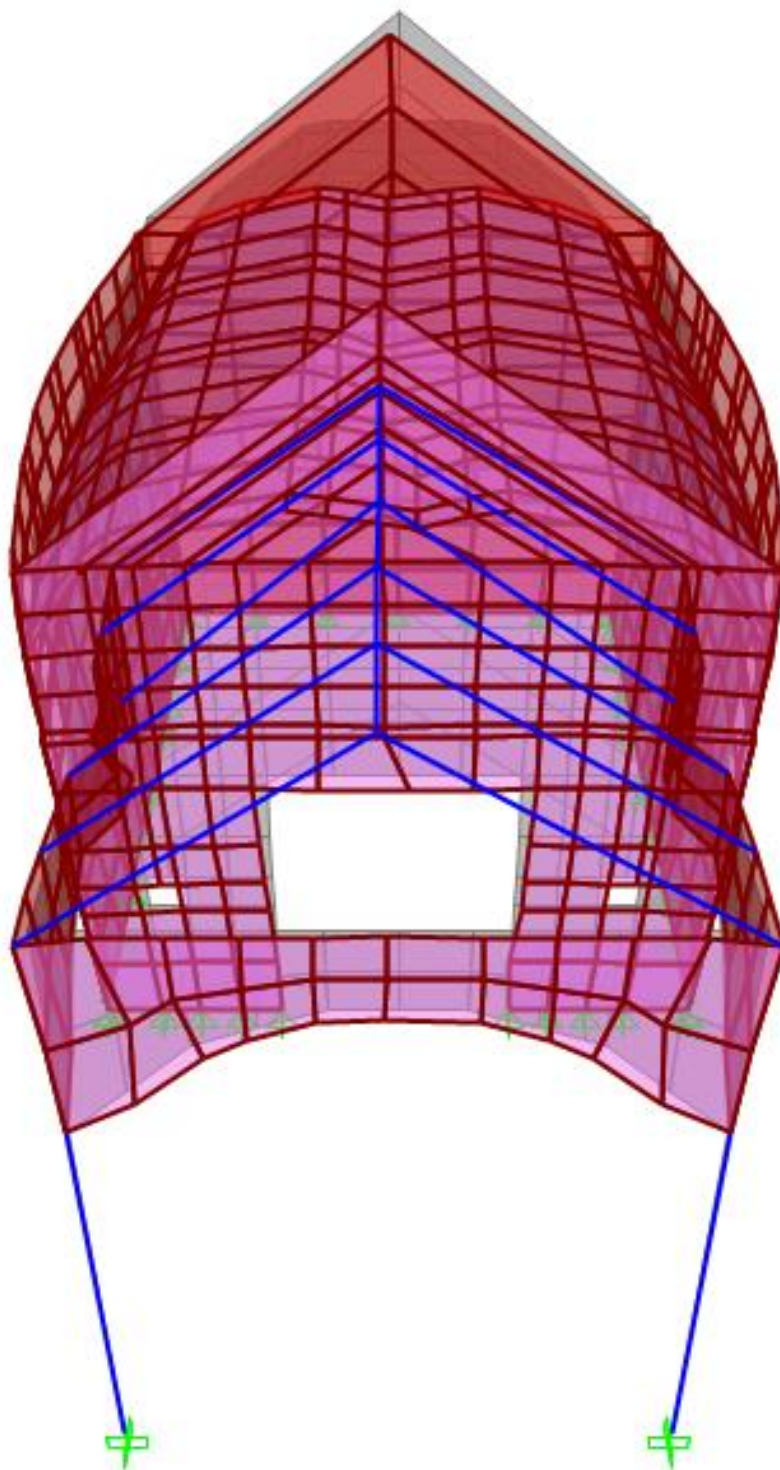


DEFORMADA – COMB1



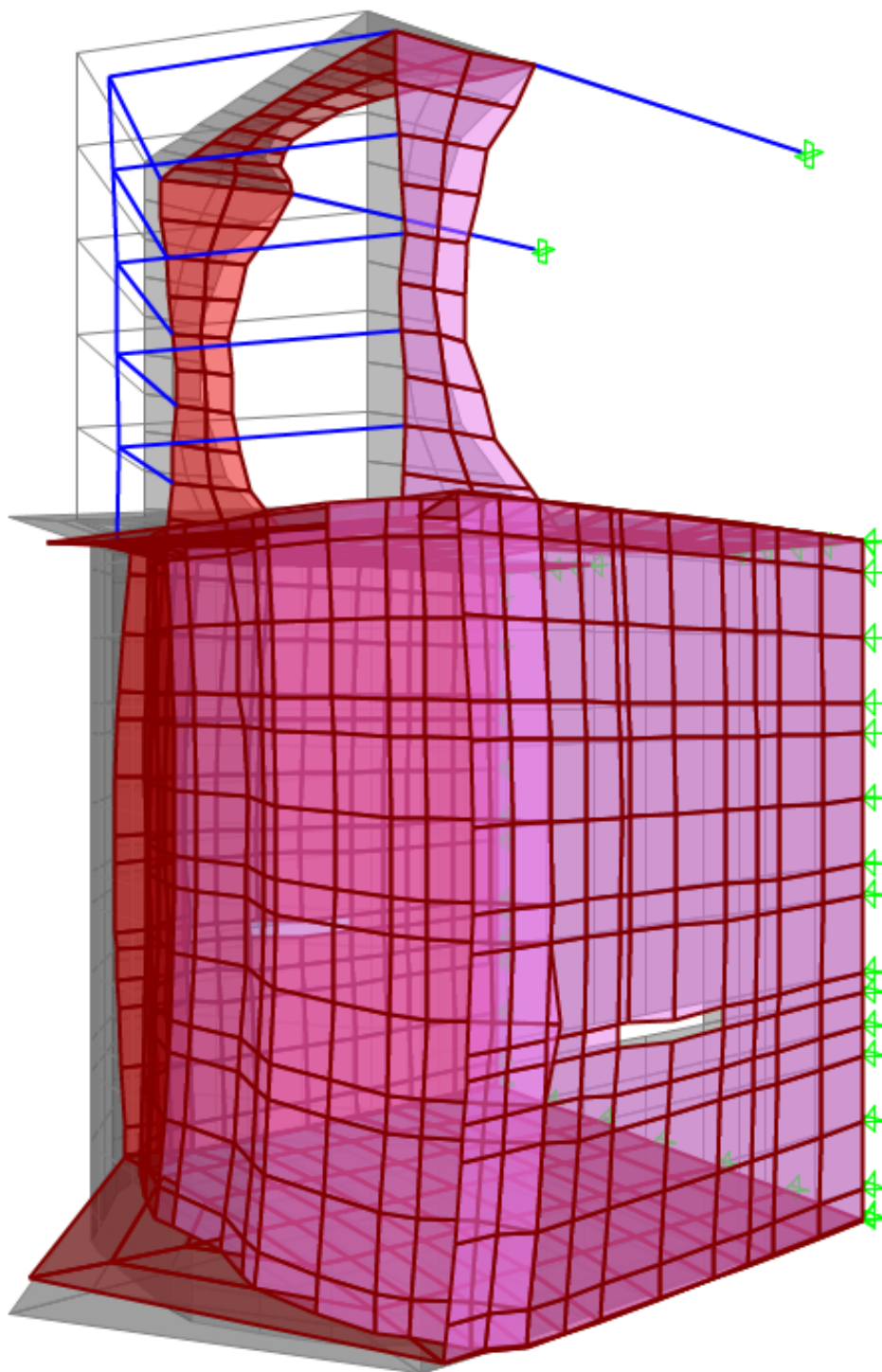
DEFORMADA – COMB2

SISMO X TIPO I



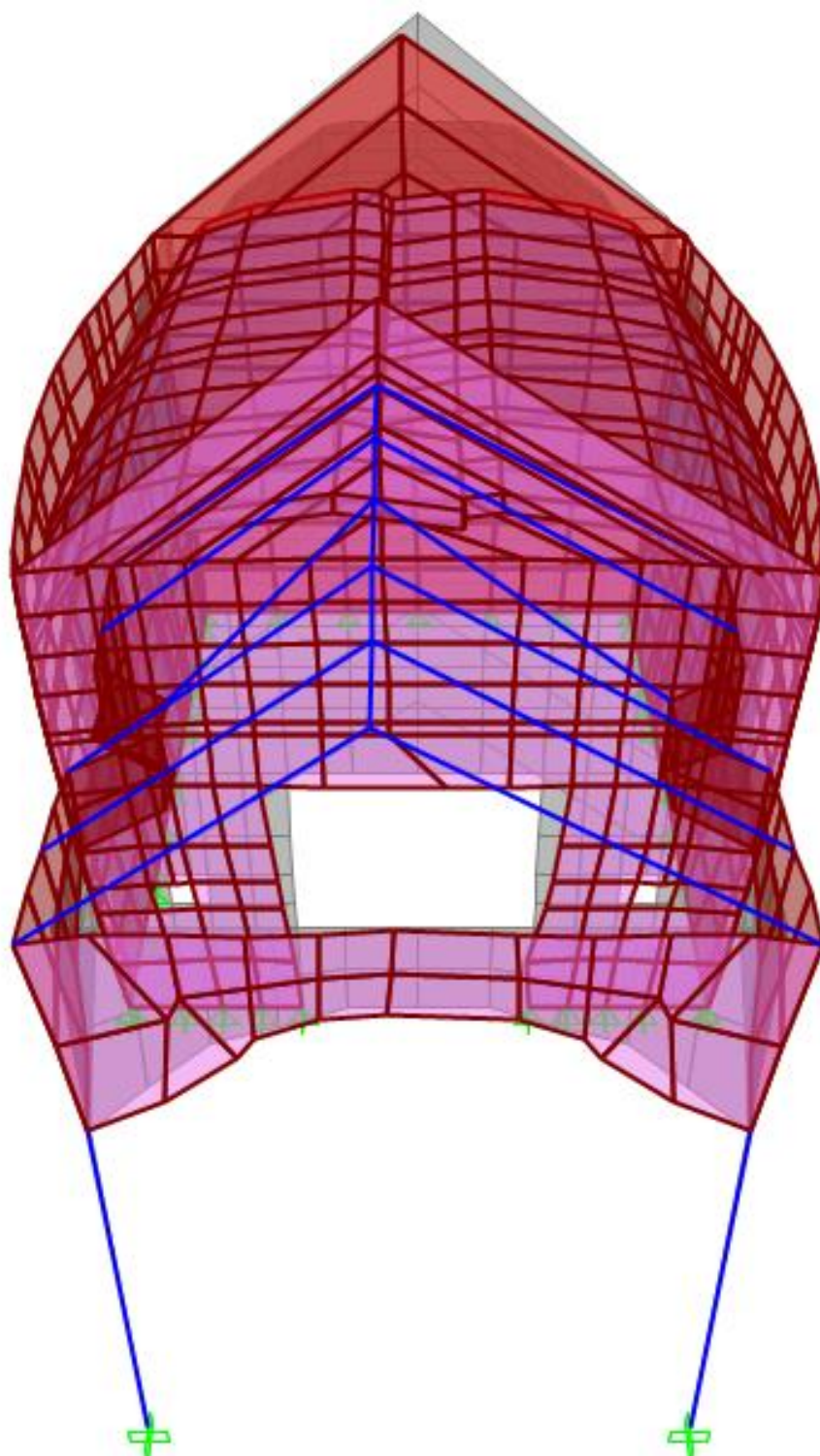
DEFORMADA – COMB2

SISMO Y TIPO I



DEFORMADA – COMB2

SISMO X TIPO II



DEFORMADA – COMB2

SISMO Y TIPO II

