



AGRADECIMENTOS

A concretização desta dissertação só foi possível com a colaboração prestada por algumas pessoas que me acompanharam durante esta campanha, e como tal importa mencionar estas mesmas pessoas e, fundamentalmente, agradecer-lhes.

Ao Eng.º Manuel Gamboa, meu orientador do ISEL, pelo auxílio demonstrado na campanha experimental desenvolvida bem como, pelos conhecimentos transmitidos que foram fundamentais para a definição dos objectivos a alcançar.

À Professora Cristina Borges, minha orientadora do ISEL, por todo o empenho e apoio evidenciado ao longo deste período, nomeadamente, prontidão na revisão dos capítulos mas também pelos equipamentos/materiais que conseguiu requisitar para a realização dos ensaios.

Ao Engenheiro António Fernandes e à Engenheira Raquel Milho do Laboratório de Materiais de Construção, pela ajuda e disponibilidade prestadas nas várias tarefas realizadas ao longo de todo o trabalho desenvolvido em laboratório e materiais disponibilizados.

Ao LNEC, pelos tubos de Karsten emprestados para a realização do ensaio relativo à permeabilidade à água.

Às colegas Daniela Afonso e Inês Laginha pelo material fornecido para a realização de alguns ensaios.

Ao Eng.º Pedro Silva, responsável pelo Laboratório de MC, pela areia disponibilizada e pela ajuda na concretização do ensaio de pull-off.

Ao Sr. Leonel, responsável pelo Laboratório de Construção do IST, pela cooperação prestada na realização do ensaio de pull-off.

Ao Sr. Paulo, pedreiro disponibilizado pelo Eng.º Manuel Gamboa, pelo transporte da pedra e tijolo desde os locais de compra até ao ISEL e pela ajuda prestada, inicialmente, na realização de rebocos.

A toda a minha família, em especial pais, avós e tios, pela ajuda dada ao longo do meu percurso académico.





SUMÁRIO

Associando o papel que a reabilitação de edifícios pode vir a registar de futuro aos rebocos de edifícios antigos, o trabalho desenvolvido pretende apresentar diferentes soluções de reabilitação consoante o suporte em causa, com base nas características fundamentais exigidas na execução de rebocos.

O trabalho realizado incluiu uma campanha experimental, em laboratório e in-situ, onde se avaliou a influência de alguns factores de aplicação (tipo de argamassa, natureza do suporte, número de camadas e espessura da camada) no desempenho mecânico (ultra-sons, resistência à compressão e flexão, pull-off, martelo de schimdt, retração), físico (tubos de Karsten, humidade superficial e absorção por capilaridade) e químico (pH e teor em sais) e as funções a respeitar numa solução de reabilitação.

Assim sendo, foram estabelecidos três tipos de rebocos – praticado em obra, tradicional e pré-doseado – e três suportes – betão, pedra e tijolo – por forma a conhecer as características de cada um a curto prazo e a sua adequabilidade aos suportes usados.

Com a realização dos ensaios também foi possível identificar e analisar os aspectos que condicionam os resultados alcançados e como tal, a interpretação dos dados exige prudência.

Palavras-chave: reabilitação, reboco, compatibilidade, argamassa, factores de aplicação, ensaios in-situ e laboratoriais





ABSTRACT

Associating the role that the rehabilitation of the outer coating on ancient buildings may register in the future, the work aims to present different solutions for the rehabilitation in accordance with the support in question, based on the fundamental characteristics necessary in the execution of render.

This work included a experimental study, in laboratory and in-situ, which assessed the influence of some application factors (mortar type, material of support, number of layers and layer thickness) on the mechanical (ultra-sonic method, compressive strength and flexural, pull-off, schmidt hammer and shrinkage) on the physical (karsten tube, superficial humidity and capillary absorption) and on the chemical (pH and soluble salts) and functions to comply in the rehabilitation solution.

Therefore, three types of rendering mortars were determined – practiced at work, traditional and pre-dosed – and three supports – concrete, stone and brick – in order to know the characteristics of each on a short-term basis and its suitability to the supports used.

With the trials it was also possible to identify and analyze the factors that influence the results and as such, data interpretation requires prudence.

Keywords: rehabilitation, render, compatibility, *in-situ*, application factors, mortar and laboratory tests





INDICE DE MATÉRIAS

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações Gerais	1
1.2	Objectivo do Trabalho.....	2
1.3	Estrutura do trabalho	3
2.	ESTADO DA ARTE.....	5
2.1	A reabilitação em Portugal.....	5
2.2	Tipologia dos Edifícios Existentes	10
2.2.1	Alvenaria de pedra	11
2.2.2	Edifícios Pombalinos.....	12
2.2.3	Edifícios Gaioleiros.....	13
2.2.4	Edifícios Mistos.....	14
2.2.5	Edifícios de betão armado e alvenaria.....	14
3.	TIPOS DE ANOMALIAS MAIS COMUNS	15
3.1	Sujidade.....	16
3.2	Humidade	16
3.3	Eflorescências e Criptoflorescências.....	18
3.4	Colonização Biológica	19
3.5	Perda de Aderência.....	19
3.6	Perda de coesão	20
3.7	Fendilhação e Fissuração	21
4.	REBOCOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS	23
4.1	Introdução/Considerações Gerais.....	23
4.2	Enquadramento Histórico.....	23
4.3	Tipos de Revestimentos	24
4.4	Argamassas de Rebocos	25
4.4.1	Rebocos Tradicionais	26
4.4.2	Rebocos Não-Tradicionais	27
4.5	Requisitos de desempenho/Funções e exigências funcionais.....	27



4.5.1	Tipos de intervenção a realizar.....	27
4.5.2	Compatibilidades a considerar	28
4.5.3	Características/Requisitos a apresentar	31
4.6	Aplicação.....	35
4.7	Cura.....	36
5.	CAMPANHA EXPERIMENTAL	39
5.1	Considerações Gerais	39
5.2	Caracterização dos materiais utilizados	40
5.2.1	Cimento	40
5.2.2	Areia.....	40
5.2.3	Água	40
5.3	Definição dos traços	42
5.4	Tipos de suporte adoptados	44
5.4.1	Descrição Geral	44
5.5	Execução de Rebocos.....	48
5.5.1	Reboco Pré-Doseado	48
5.5.2	Reboco Tradicional	56
5.5.3	Reboco Corrente.....	66
5.6	Ensaio Realizados	77
5.6.1	Considerações Gerais	77
5.6.2	Execução das amostras a ensaiar.....	77
5.6.3	Ensaio In-Situ	80
5.6.4	Ensaio Laboratoriais	89
6.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	97
6.1	Ensaio em estado fresco.....	97
6.2	Ensaio em estado endurecido.....	98
7.	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	113
7.1	Conclusões Finais.....	113
7.2	Desenvolvimentos Futuros.....	114



8. BIBLIOGRAFIA..... 115

ANEXOS

- i. ENSAIOS LABORATORIAIS – Reboco Corrente e Pré Doseado no estado fresco
- ii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Reboco Tradicional no estado fresco
- iii. ENSAIOS IN SITU – Permeabilidade à água com tubos de Karsten
- iv. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar com as respectivas massas absorvidas (Betão e Alvenaria de tijolo)
- v. ENSAIOS LABORATORIAIS – Coeficientes de absorção capilar dos provetes na alvenaria de tijolo e betão
- vi. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco tradicional na alvenaria ordinária
- vii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco tradicional na alvenaria ordinária (Continuação)
- viii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco corrente na alvenaria ordinária
- ix. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco corrente na alvenaria ordinária (Continuação)
- x. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco pré-doseado na alvenaria ordinária
- xi. ENSAIOS LABORATORIAIS – Absorção capilar dos provetes do reboco pré-doseado na alvenaria ordinária (Continuação)
- xii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Coeficientes de absorção capilar dos provetes na alvenaria de ordinária
- xiii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Resistência mecânica aos 7, 21 e 28 dias na alvenaria de tijolo e betão
- xiv. ENSAIOS LABORATORIAIS – Resistência mecânica aos 7, 21 e 28 dias dos provetes do reboco corrente e pré-doseado na alvenaria ordinária
- xv. ENSAIOS LABORATORIAIS – Resistência mecânica aos 7, 21 e 28 dias dos provetes do reboco tradicional na alvenaria ordinária
- xvi. ENSAIOS IN SITU – Ultra-Sons
- xvii. ENSAIOS IN SITU – Teor de humidade superficial
- xviii. ENSAIOS IN SITU – Martelo de Schmidt no reboco tradicional e pré-doseado
- xix. ENSAIOS IN SITU – Martelo de Schmidt no reboco corrente
- xx. ENSAIOS LABORATORIAIS – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria ordinária



- xxi. ENSAIOS LABORATORIAIS – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria ordinária (cont.)
- xxii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria de tijolo e betão
- xxiii. ENSAIOS LABORATORIAIS – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria de tijolo e betão (cont.)
- xxiv. ENSAIOS IN SITU – Pull-off aos 90 dias

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Peso da reabilitação residencial na Construção em 2009 [1]	5
Figura 2.2 - Reabilitação do edificado e construções novas em Portugal entre 1995 – 2010 [3] .	6
Figura 2.3 - Comparação entre os trabalhos de manutenção/reabilitação presente e futuro [1]....	7
Figura 2.4 - Estado dos Edifícios em 2001, relativo a dados dos Censos 2001 [7].....	7
Figura 2.5 - Necessidades de Reparação em 2001, relativas aos Censos 2001 [7]	8
Figura 2.6 - Exemplos de obras de reabilitação em edifícios.....	8
Figura 2.7 - Necessidades de reparação ao nível das paredes [7]	9
Figura 2.8 - Análise comparativa entre os edifícios existentes em 2001 e 2011.....	10
Figura 2.9 - Evolução dos edifícios ao longo dos séculos [9].....	11
Figura 2.10 - Diferentes tipos de alvenaria de pedra [39].....	12
Figura 2.11 - Edifício referente ao período Pombalino.....	13
Figura 3.1 - Aspecto de geral de edifícios antigos	15
Figura 3.2 - Sujidade presente nas manchas negras	16
Figura 3.3 - Humidade existente através das manchas evidentes, cerca de 1 metro de altura [13]	17
Figura 3.4 – Exemplo do fenómeno <i>termoforese</i>	18
Figura 3.5 - Abertura da zona dilatada devido a criptoflorescências [13].....	18
Figura 3.6 - Presença de vegetação entre os dois edifícios	19
Figura 3.7 - Destacamento de rebocos [13].....	20
Figura 3.8 - Exemplo de perda de coesão	20
Figura 3.9 - Exemplos de fissuração e fendilhação [13]	21
Figura 4.1 - Tipos de Revestimentos Exteriores utilizados em Portugal [7].....	25
Figura 4.2 - Comportamento distinto consoante o número de camadas em caso de fissuração [23].....	32
Figura 4.3 a) Suporte muito liso e compacto b) suporte rugoso e não demasiadamente absorvente c) suporte demasiadamente absorvente [19]	33



Figura 4.4 - Movimentos associados à técnica de sarrafar uma camada de reboco	36
Figura 4.5 a) Acabamento areado b) acabamento talochado.....	36
Figura 4.6 - Secagem do salpico (diferentes traços)	37
Figura 4.7 - Camada de emboço durante o processo de cura	37
Figura 5.1 - Transformação de cal viva em cal apagada.....	41
Figura 5.2 - Suporte de betão	44
Figura 5.3 - Preparação da base para a execução das alvenarias.....	44
Figura 5.4 - Processo construtivo com as diversas fiadas	45
Figura 5.5 - Alvenarias de tijolo concluídas.....	45
Figura 5.6 - Preparação e colocação de pedras na base.....	46
Figura 5.7 - a) Preparação da argamassa b) e c) Molhagem das pedras.....	46
Figura 5.8 - Preenchimento dos vazios e colocação de nova camada	47
Figura 5.9 - Evolução da alvenaria ordinária	47
Figura 5.10 a) e b) - Aspecto final da alvenaria ordinária.....	47
Figura 5.11 - Suporte de betão previamente humedecido	48
Figura 5.12 - Argamassa pré-doseada pronta a ser aplicada	48
Figura 5.13 - Início da execução do reboco de argamassa pré-doseada RHP	49
Figura 5.14 - Sarrafar a camada executada	49
Figura 5.15 - Preparação do suporte: humedecimento	50
Figura 5.16 - Preparação da argamassa pré-doseada.....	50
Figura 5.17 - Aplicação do RHP no respectivo suporte	51
Figura 5.18- Conferir aspecto final ao reboco.....	51
Figura 5.19 a) Execução do encasque b) Marcação dos pontos	52
Figura 5.20 - Conclusão da 1ª camada de RBA 01	53
Figura 5.21 - Sarrafo da camada em posições distintas	53
Figura 5.22 - Correção dos topos do paramento.....	54
Figura 5.23 - Aplicação da camada de acabamento RBR 20	54
Figura 5.24 - Aspecto da camada antes de ser sarrafada.....	55
Figura 5.25 - Sequência da execução do salpico.....	56
Figura 5.26 – Desenrolar da aplicação da argamassa.....	56
Figura 5.27 - Conclusão da 2ª camada: emboço	57
Figura 5.28 -Etapas realizadas na execução da camada de acabamento	58
Figura 5.29 - Excessos de argamassa retirados e talochar alternadamente	58
Figura 5.30 - Terminada a 3ª camada: acabamento.....	58
Figura 5.31 - Sequência construtiva do emboço na alvenaria de tijolo.....	60
Figura 5.32 - Chapar a argamassa contra o suporte até à espessura pretendida	60



Figura 5.33 - Aplicação da argamassa seguida alisamento	60
Figura 5.34 - Etapas finais: remover excessos e talochar.....	61
Figura 5.35 - Humedecimento da alvenaria ordinária.....	62
Figura 5.36 a) Aplicação do tijolo na alvenaria b) Encasque.....	62
Figura 5.37 - Sequência construtiva da camada base: emboço	63
Figura 5.38 - Aspecto após execução do sarrafo.....	63
Figura 5.39 a) Chapar argamassa b) Existência de depressões após sarrafo.....	64
Figura 5.40 a) Nivelamento da camada b) Acabamento à talocha	64
Figura 5.41 - Salpicos de argamassa projectados contra o suporte	66
Figura 5.42 - Cofragem do suporte a rebocar.....	66
Figura 5.43 - Evolução construtiva do emboço.....	67
Figura 5.44 - Observar e tapar zonas com défice de argamassa.....	67
Figura 5.45 - Sarrafar a camada	68
Figura 5.46 - Reboco de obra com acabamento talochado.....	68
Figura 5.47 - Espessura final do reboco	69
Figura 5.48 - Execução do salpico	70
Figura 5.49 - Camada de salpico	70
Figura 5.50 - Materiais necessários: a) Água, Cimento e Areia b) Betoneira c) Estância	71
Figura 5.51 - Evolução construtiva do reboco	71
Figura 5.52 - Aspecto antes de talochar	72
Figura 5.53 - Eliminar depressões e garantir planeza	72
Figura 5.54 - Conferir acabamento talochado ao reboco	72
Figura 5.55 - Aspecto Final.....	73
Figura 5.56 - Execução do encasque no reboco corrente	74
Figura 5.57 a) Nivelamento dos pontos b) Execução das duas filas verticais.....	74
Figura 5.58 - Conclusão da camada	74
Figura 5.59 - Execução da camada de acabamento.....	75
Figura 5.60 - Aspecto final da camada de acabamento do reboco corrente	75
Figura 5.61 - Pincelagem dos moldes com massa consistente	78
Figura 5.62 - Preparação dos provetes	78
Figura 5.63 - a) Colocação na câmara de cura b) Provetes após desmoldagem.....	78
Figura 5.64 - Mergulhar os provetes em água: processo de cura	79
Figura 5.65 - Representação da alvenaria ordinária	79
Figura 5.66 - Exemplos de amostras elaboradas	80
Figura 5.67 - a) Aparelho medidor b) Esclerómetro de Schmidt	81
Figura 5.68 - Introdução de água no tubo de Karsten	82



Figura 5.69 - Marcação dos pontos no revestimento exterior	83
Figura 5.70 - a) Posicionar aparelho b) Efectuar leitura	83
Figura 5.71 - Esquema representativo dos três tipos de métodos existentes a) método directo; b) método semi-directo e c) método indirecto [26]	84
Figura 5.72 - a) Definição dos pontos b) Aparelho registador	84
Figura 5.73 - a) Aplicar vaselina nos pontos a ensaiar b) Método indirecto	85
Figura 5.74 - a) Marcação das zonas a colar b) Bolachas quadradas coladas	86
Figura 5.75- a) Posicionamento do aparelho b) Exemplo de rotura mista	86
Figura 5.76 - a) Pesagem dos provetes b) Colocação na estufa	87
Figura 5.77 - a) Corte das amostras b) Aplicação de impermeabilizante	87
Figura 5.78 - Provetes no interior da tina com água	88
Figura 5.79 - Comparação do resultado obtido com valores-padrão	89
Figura 5.80 - Preenchimento e compactação	90
Figura 5.81 - Aspecto da argamassa após remover o molde	90
Figura 5.82 - 1ª camada compactada após as 10 pancadas	91
Figura 5.83 - Medição do teor em ar	92
Figura 5.84 - Colocação dos provetes e leitura da retracção	93
Figura 5.85 - Máquina de ensaio utilizada	94
Figura 5.86 - Exemplos de ensaios de resistência à flexão e compressão	95
Figura 5.87 - Mostrador do aparelho indicando o valor da força aplicada	95
Figura 6.1 - Relação entre espalhamento e teor em ar das argamassas	97
Figura 6.2 - Resistência à compressão simples aos 7°, 21° e 28° dias	98
Figura 6.3 - Resistência superficial dos diferentes rebocos executados	100
Figura 6.4 - Relação entre a resistência superficial e o índice esclerométrico	101
Figura 6.5 - Percentagem de constituintes a) reboco tradicional b) reboco corrente	102
Figura 6.6 - Percentagem de constituintes de um dos rebocos pré-doseados: RHP	102
Figura 6.7 - Teor em humidade superficial dos diferentes rebocos	105
Figura 6.8 - Resultados correspondentes à utilização do método indirecto	106
Figura 6.9 - Permeabilidade à água testada com tubos de Karsten	106
Figura 6.10 - Coeficientes de capilaridade registados aos 10 e 90 minutos	108
Figura 6.11 - Massa total de água absorvida ao longo do ensaio	109
Figura 6.12 - Valores de aderência registados nos diferentes rebocos	110
Figura 6.13 - Tipos de rotura registadas nos diferentes rebocos	110



ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Necessidades de reparação em diferentes elementos adaptado [7]	9
Quadro 2 – Tipos de intervenção a realizar em rebocos	28
Quadro 3 - Critérios gerais de decisão sobre o tipo de intervenção [5]	28
Quadro 4 - Relação entre as características recomendadas para as argamassas e as características dos elementos preexistentes [5].....	33
Quadro 5 - Requisitos mínimos de argamassas de revestimento para edifícios antigos [5].....	34
Quadro 6 - Definição dos diversos traços para os diferentes rebocos a executar.....	42
Quadro 7 - Quantidades utilizadas na execução do RHP em betão	50
Quadro 8 - Quantidades utilizadas na execução do RHP em tijolo.....	52
Quadro 9 - Quantidades relativas ao reboco tradicional em betão.....	59
Quadro 10 - Quantidades relativas ao reboco tradicional na alvenaria de tijolo.....	61
Quadro 11 - Quantidades referentes ao reboco tradicional na alvenaria ordinária	65
Quadro 12 - Quantidades relativas ao reboco corrente em betão	69
Quadro 13 - Quantidades relativas ao reboco corrente realizado na alvenaria de tijolo	73
Quadro 14 - Quantidades utilizadas na execução do reboco corrente em alvenaria ordinária	76
Quadro 15 – Classes de resistência à compressão aos 28 dias	99
Quadro 16 - Qualidade dos revestimentos com base no IE.....	101
Quadro 17 - Evolução da retracção dos diferentes provetes até ao 56º dia.....	103



1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Gerais

Tendo como base os princípios das Cartas de Atenas (1931) e de Veneza (1964), não só os monumentos históricos correspondem a património mas também os edifícios habitacionais, industriais e comerciais que, isoladamente ou, ainda mais em conjunto, ajudam a entender e a representar as formas como ao longo do tempo o Homem se organizou, viveu-se, trabalhou. Ou seja, todos estes factores contribuem para a caracterização de uma cidade devido ao seu significado histórico e cultural.

Todavia, tem-se verificado uma descaracterização dos grandes núcleos urbanos devido ao número considerável de demolições de habitações pertencentes a bairros históricos, por exemplo.

Como é notório, o mercado de habitação nova tem sofrido uma acentuada estagnação, podendo afirmar-se que este se encontra saturado, face à crise instalada mundialmente. Assim sendo, presume-se que a reabilitação de edifícios assuma cada vez mais uma maior importância com o passar dos tempos devido à expansão dos centros urbanos e construção nova se encontrarem esgotados por razões de insustentabilidade do ponto de vista, económico, ambiental e urbanístico [1] [2].

Os últimos anos em Portugal foram marcados quer por um incremento da oferta, dado o crescimento do número de fogos construídos, quer por um aumento da procura de habitação, devido à maior facilidade de acesso ao crédito para adquirir casa própria, por via da diminuição das taxas de juro até há uns anos atrás e do aumento do rendimento das famílias, e pela inércia do mercado de arrendamento de habitações, em alguns casos bastante degradados [1] [3] [4].

Deste modo, é necessário inverter esta situação, apostando claramente em soluções de reabilitação em detrimento das construções novas, como já foi referido anteriormente. Um exemplo evidente de recurso à reabilitação em vez de construção nova, aplica-se a edifícios existentes em locais como Bairro Alto, Alfama, Mouraria, Baixa-Chiado e Restauradores devido a estes serem símbolos históricos da cidade de Lisboa.

Num retrato global de um edifício antigo, podemos encontrar inúmeras patologias em determinados pontos:

- Pavimentos;
- Coberturas;
- Fundações;
- Paredes;



Dos quatro pontos indicados anteriormente, observemos, em particular, as paredes.

A necessidade de garantir a boa imagem/conservação exterior dos edifícios e, em consequência, a urgência em solucionar os problemas dos revestimentos de paredes, sem que haja conhecimento correcto sobre as respectivas funções, em particular no caso dos revestimentos de edifícios antigos, traduz-se frequentemente em opções mal fundamentadas por soluções que se revelam inadequadas, descaracterizadoras dos edifícios e, mesmo, potenciadoras de patologia, por vezes mais gravosa que a que originou a intervenção [5]. Com efeito, é corrente substituírem-se integralmente os rebocos de uma construção antiga por outros novos, de aspecto liso e coeso e cor homogénea, que no momento restituem um aspecto agradável e são às fachadas, mas nas quais, alguns meses depois, se observa uma degradação generalizada, constituída, nomeadamente, por fendilhação e perda de aderência em largas zonas. Ainda pior, podem surgir indícios de degradação da alvenaria que lhe serve de suporte, designadamente por perda de coesão e destacamento de camadas.

Para tal, a Engenharia Civil tem vindo a desenvolver técnicas e métodos de execução mais eficazes para a resolução de todas as patologias que este tipo de edifícios antigos possa evidenciar, de modo a poderem oferecer as melhores condições e a serem novamente habitáveis.

Por fim é essencial, identificar o tipo de intervenção a realizar [5]:

- Conservação;
- Consolidação;
- Reparação Localizada/Pontual;
- Substituição parcial ou integral.

1.2 Objectivo do Trabalho

A presente dissertação tem como principais objectivos:

- Identificar as causas associadas às patologias mais comuns ocorridas nos revestimentos exteriores de edifícios;
- Estudar a influência de factores de aplicação no desempenho das argamassas, tais como: tipo de argamassa, a natureza do suporte, o número de camadas e a espessura da camada;
- Apresentar as técnicas de aplicação associadas à execução de revestimentos exteriores, nomeadamente, rebocos;
- Evidenciar a importância das condições e técnicas de aplicação na qualidade final dos revestimentos;



- Utilizar os resultados dos ensaios laboratoriais e in-situ no sentido de conhecer, de forma mais aprofundada, e comparar os desempenhos mecânicos e físicos evidenciados pelos rebocos realizados.

1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação encontra-se organizada em sete capítulos.

No Capítulo 2 aborda-se o estado da reabilitação dos edifícios em Portugal bem como a caracterização do estado habitacional do nosso país através de gráficos ilustrativos, de diferentes publicações, da realidade evidenciada nos dias de hoje. Por forma, a complementar estes dois aspectos citados anteriormente e a conhecer o modelo construtivo, procede-se à descrição sumária das diferentes tipologias existentes pois ao realizar-se qualquer tipo de intervenção é necessário saber os elementos pré-existentes.

Associadas às necessidades de reparação, fundamentalmente das paredes, apresentadas no capítulo anterior, o Capítulo 3, mostra as anomalias mais frequentes nos rebocos exteriores dos edifícios mas também as causas possíveis para a sua ocorrência.

O Capítulo 4 começa por um enquadramento histórico dos rebocos exteriores, mais concretamente, argamassas de reboco. Apresenta também os diversos revestimentos exteriores existentes sendo o reboco, o alvo de estudo e como tal, descreve-se os tipos de rebocos existentes bem como as características a respeitar.

No Capítulo 5 é descrito toda a campanha experimental realizada no âmbito deste trabalho final de mestrado, ou seja, numa primeira fase é possível acompanhar a sequência construtiva pormenorizada dos nove rebocos realizados com recurso a figuras e a quadros com as quantidades de constituintes utilizados. Seguidamente, são apresentados os vários ensaios realizados, quer in-situ quer laboratorialmente, no sentido de perceber-se o comportamento físico mecânico e químico dos diferentes paramentos.

Com os ensaios mencionados no capítulo anterior, no Capítulo 6, procede-se à análise e exposição dos resultados obtidos de modo a visualizar as semelhanças e diferenças existentes entre os três tipos de reboco testados bem como a influência do suporte em causa e ainda, da adequabilidade como solução de reabilitação.

Por fim, o Capítulo 7, aborda as conclusões desta dissertação bem como o estabelecimento de propostas para desenvolvimentos futuros tendo em conta o trabalho já desenvolvido.





2. ESTADO DA ARTE

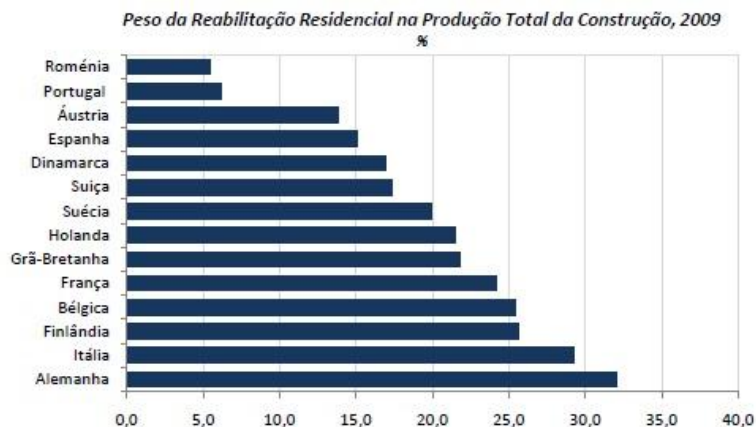
2.1 A reabilitação em Portugal

Nos dias correntes, vive-se um período de crise instalado em todo o mundo e que tem tido grandes implicações em diversos países, incluindo Portugal.

Para tal contribuíram o excessivo endividamento externo e o peso da dívida pública no PIB bem como os problemas estruturais que a economia portuguesa apresenta. Por forma, a solucionar os problemas mencionados tem sido imposta uma política de consolidação orçamental com vista à sua correcção [1] [4].

Assim sendo, as medidas impostas no âmbito da consolidação orçamental em vigor têm causado grande impacto na sociedade em geral, perspectivando-se que assim continue por mais uns anos. Entre os muitos sectores afectados, sem dúvida que o sector da Construção é um dos que mais problemas têm sentido. Segundo a AECOPS [1] [6] previa-se que a produção do segmento residencial continuasse em declínio, cerca de 8%, mantendo a tendência de quebra evidenciada nos últimos anos. Um factor decisivo para o decréscimo registado está no reduzido poder de compra das pessoas que leva a que o número das ofertas exceda em larga escala o valor da procura.

Desta forma, o modelo de desenvolvimento adoptado pelas cidades baseado no mercado da construção nova, está saturado sendo por isso, necessário vislumbrar novos modelos sustentáveis para as cidades [1] [4]. Ora, a reabilitação urbana é vista como um modelo a adoptar para o futuro, contudo, existe ainda muito trabalho por realizar de modo a tal solução ser favorável conforme se pode verificar pela [figura 2.1](#), que revela que o nosso país se encontra na cauda da tabela dos países da União Europeia no que diz respeito ao peso da reabilitação na construção.



Fonte: FIEC, AECOPS

Figura 2.1 - Peso da reabilitação residencial na Construção em 2009 [1]



Ao longo dos tempos, constatou-se que a maioria das decisões tomadas consistiram na demolição e posterior, construção nova em detrimento da conservação e reabilitação do edificado em causa.

Tal prática, provoca a descaracterização de determinado local, cidade ou País dado que *património* não é apenas considerado um monumento ou castelo mas também todo o edifício que integrado no meio urbano retrate algum período histórico marcante, ou seja, com isto pretende-se transmitir que todo o edifício tem um passado que na maioria das vezes deve ser preservado através de obras de conservação e reabilitação de modo a não se perder o seu significado e, conseqüentemente, a destruição do património urbano. Todavia, esta mentalidade só agora começa a ganhar alguma força.

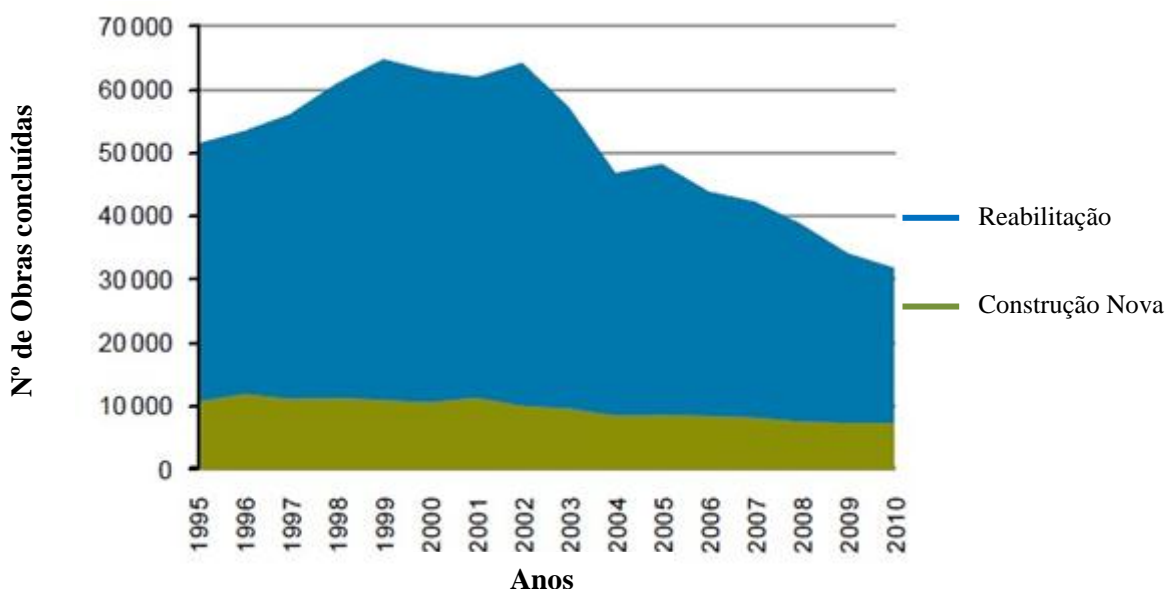


Figura 2.2 - Reabilitação do edificado e construções novas em Portugal entre 1995 – 2010 [3]

Através da [figura 2.2](#), é possível verificar que até 2002 registou-se um aumento das construções novas e a estabilização do número de reabilitações do edificado. A partir de 2002, observa-se uma redução do número de construções novas significativa e um ligeiro decréscimo da reabilitação, todavia o rácio entre estas duas práticas atribui um maior peso à reabilitação, situação que outrora não se registava.

Com base nos dados divulgados pelo INE [3] constatou-se que, em 2010, as obras de reabilitação concluídas realizaram-se, maioritariamente, no Comércio e na Indústria. Por sua vez, a habilitação evidencia valores reduzidos e, ao mesmo tempo, desfasados da perspetiva futura e do modelo pretendida para os próximos anos.

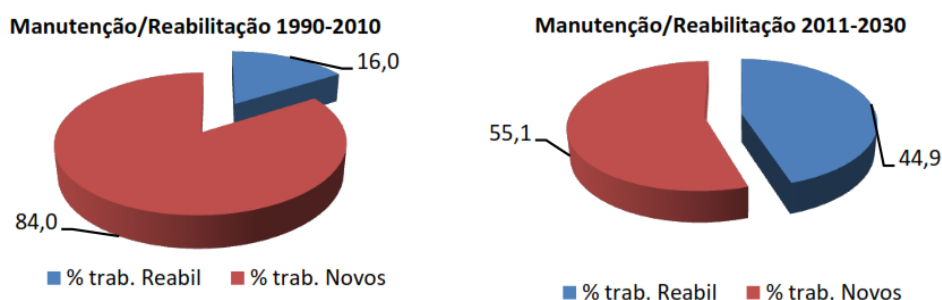


Figura 2.3 - Comparação entre os trabalhos de manutenção/reabilitação presente e futuro [1]

No seguimento dos números apresentados em cima, [figura 2.3](#) [1] aponta para um crescimento significativo da percentagem de obras de reabilitação/ manutenção, cerca de 29%, no período 2011-2030 tendo em conta os valores registados até então. Perspectiva-se desta forma, um acréscimo significativo das medidas de reabilitação em detrimento de trabalhos novos não só pela necessidade de reparação existentes mas fundamentalmente pelo facto dos orçamentos/investimentos disponíveis serem cada vez menores e pela estagnação do mercado construção nova.

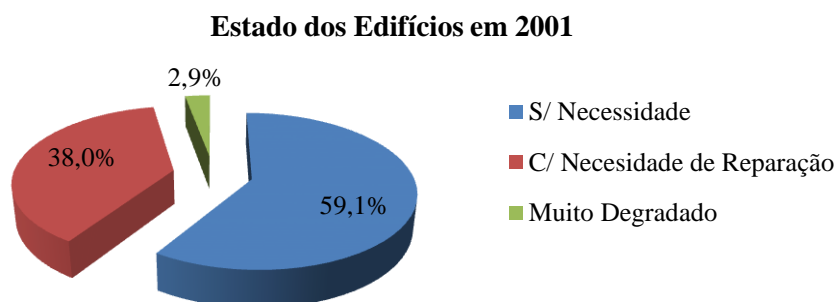


Figura 2.4 - Estado dos Edifícios em 2001, relativo a dados dos Censos 2001 [7]

Segundo a [figura 2.4](#), cerca 41% dos edifícios existentes em 2001 necessitavam de trabalhos de reparação, quer fossem alterações pontuais ou bastante significativas [2]. De uma forma geral, a grande percentagem destes edifícios correspondem a épocas de construção não tão recentes (inferior a 1940) contudo edifícios construídos recentemente não deixam de estar sujeitos a necessidades de reparação, bastando para tal, ocorrerem erros de execução aquando da sua construção daí alertar-se os intervenientes no processo construtivo para a importância que a concepção/execução das obras tem na durabilidade das construções.

Por outro lado, entre os edifícios que não necessitam de qualquer intervenção estão maioritariamente os edifícios construídos recentemente, bem como eventuais edifícios que já tenham sido alvo de intervenção.

Necessidade de Reparação 2001

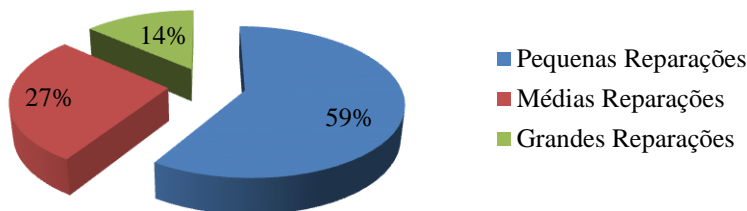


Figura 2.5 - Necessidades de Reparação em 2001, relativas aos Censos 2001 [7]

Tendo em conta, somente os edifícios que requerem trabalhos de reabilitação observa-se através da [figura 2.5](#) que 14% precisa de grandes reparações. Assim sendo, os dados revelam que 86% dos edifícios necessitam de reparações pontuais e de média dimensão, como por exemplo, substituição do revestimento existente, tratamento e preenchimento das fissuras existentes ou remoção parcial da cobertura existente.

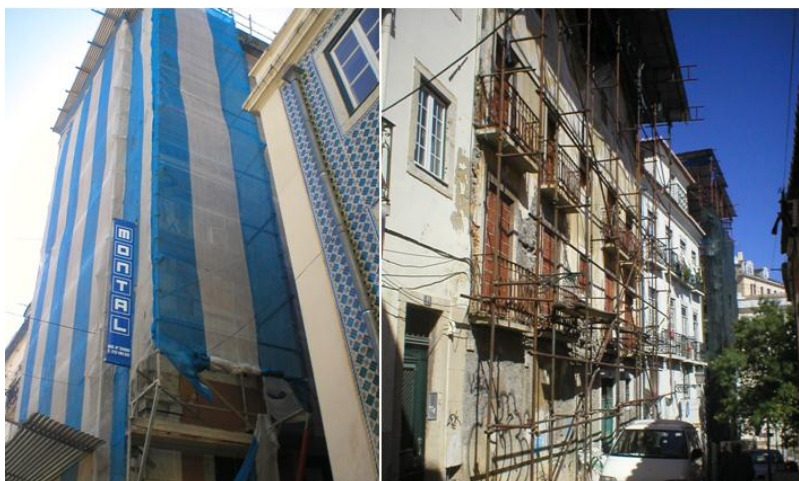


Figura 2.6 - Exemplos de obras de reabilitação em edifícios

Ora, quanto mais cedo estes problemas forem resolvidos menor será a dimensão dos danos causados, por outras palavras, ao serem solucionadas as pequenas anomalias existentes está a impedir-se que estas se propaguem e que se tornem em anomalias que necessitem de reparações em grande escala. Seguindo esta regra, a reabilitação ganha maior dimensão em relação à construção nova dado que permite resolver bastantes problemas existentes no edificado observados sem ser necessário recorrer a demolições, edifícios novos e dispêndio de verbas elevadas.

No [Quadro 1](#), apresenta-se as necessidades de reparação referentes aos diferentes elementos pertencentes a uma habitação, mais concretamente, paredes, cobertura e estrutura. [2] [7]



	Paredes		Cobertura		Estrutura	
Nenhumas	1671342	52,9%	1737389	55,0%	1889502	59,8%
Pequenas	698968	22,1%	627559	19,9%	610220	19,3%
Médias	444984	14,1%	430521	13,6%	372304	11,8%
Grandes	222494	7,0%	236135	7,5%	184860	5,8%
Muito Grandes	122255	3,9%	128439	4,1%	103157	3,3%
Nº total de edifícios= 3160043						

Quadro 1 - Necessidades de reparação em diferentes elementos adaptado [7]

Facilmente, se observa que as paredes são elementos com maior percentagem de reparação, 47,1%, todavia algumas patologias registadas nas paredes podem ter tido como origem a própria estrutura, ou seja, assentamentos de fundações (manifestando-se através de fissuras). Ao nível das necessidades de reparação de grandes dimensões, é nas coberturas dos edifícios que se verifica o maior valor percentual.

Necessidades de Reparação 2001 - Paredes

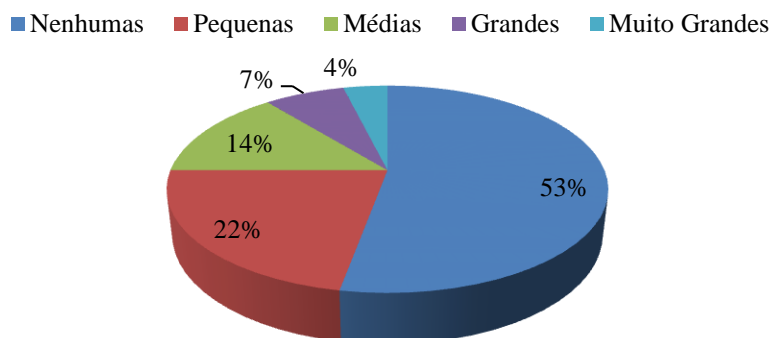


Figura 2.7 - Necessidades de reparação ao nível das paredes [7]

Dada a elevada percentagem evidenciada na [figura 2.7](#), importa conhecer a constituição dos diversos tipos de paredes existentes nos edifícios e como tal, apresentam-se no subcapítulo seguinte as características da habitação social existente no nosso país.

As obras de reabilitação realizadas estão dependentes da idade do edificado, do seu estado de conservação, da sua importância histórica e do modo de execução. Por exemplo, um edifício com cerca de 10 anos pode apresentar mais patologias e por conseguinte, maior necessidade de reabilitação que um edifício com 50 anos devido à incorrecta execução por parte dos intervenientes, tema a ser abordado com mais atenção adiante.

Seguidamente, apresenta-se a caracterização da habitação social em Portugal nos anos 2001 e 2011, na [figura 2.8](#) [7] [8].

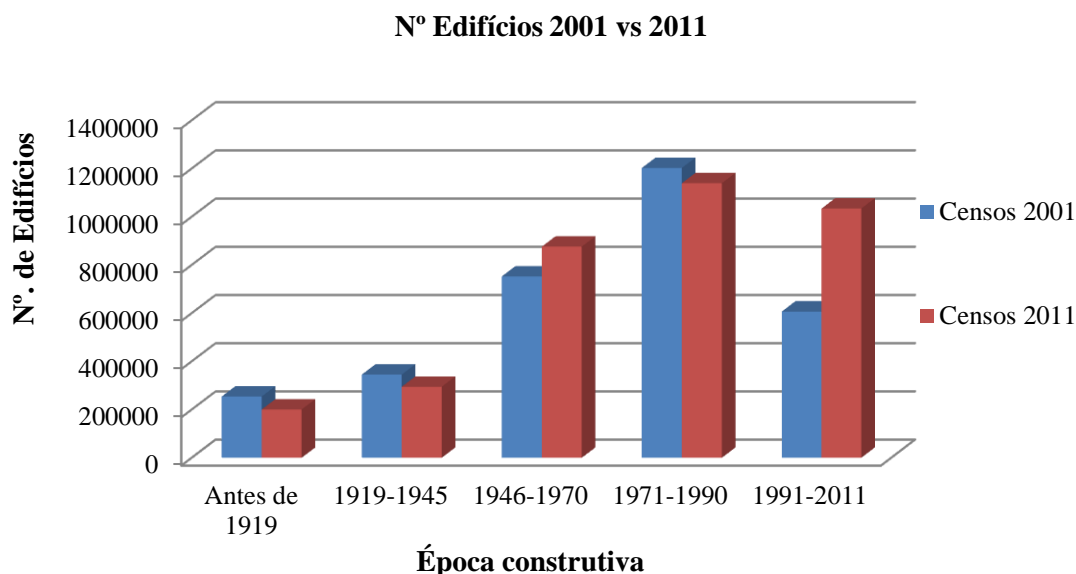


Figura 2.8 - Análise comparativa entre os edifícios existentes em 2001 e 2011

A partir da [figura 2.8](#) verifica-se um acréscimo do número de edifícios destinados à habitação, existentes em Portugal, nos últimos 10 anos, dado que em 2001 existiam 3160043 enquanto em 2011, eram 3543595 recenseados.. Ora tal facto, não se enquadra na política de reabilitação do edificado já existente mas sim na persistência pela construção nova e consequente, descaracterização das cidades e do património associado.

Estabelecendo uma analogia entre os edifícios correspondentes a cada uma das tipologias existentes, nos anos 2001 e 2011 [7] e [8], observa-se que as tipologias mais antigas (anteriores a 1970) diminuíram, em virtude, da política de construção nova implementada e recurso à demolição do património histórico.

Tendo em conta, os últimos dados referentes aos Censos 2011 [8] a maior percentagem de edifícios existentes corresponde à época de construção de 1971-1990, ou seja, os primeiros edifícios de betão armado e alvenaria. Mais uma vez, constata-se que a conservação, manutenção ou se necessária reabilitação dos edifícios mais antigos não é adoptada.

2.2 Tipologia dos Edifícios Existentes

Através da [figura 2.8](#), constata-se que os edifícios surgem associados a uma dada época e como tal, a metodologia, métodos de execução e técnicas construtivas diferem de período para período. De seguida, apresenta-se as diversas tipologias que marcaram períodos da história e que é possível identificar através dos edifícios existentes actualmente.

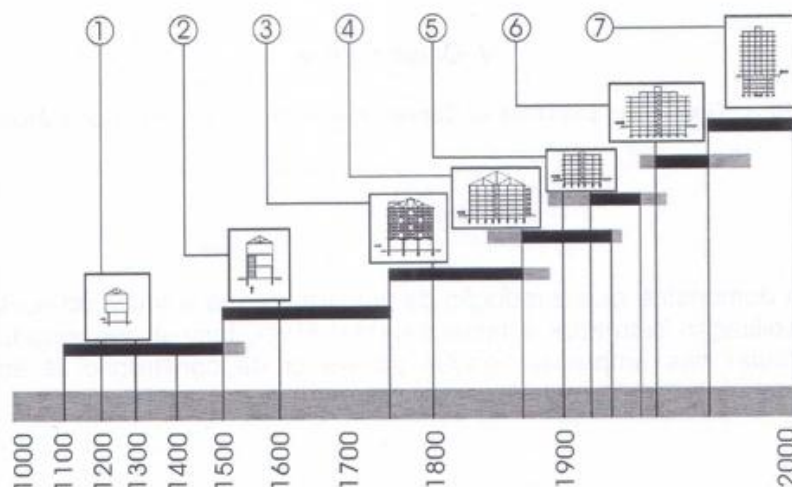


Figura 2.9 - Evolução dos edifícios ao longo dos séculos [9]

A classificação dos edifícios por períodos históricos baseia-se em [10] [11]:

- Alvenaria de pedra;
- Alvenaria pombalinos e similares;
- Alvenaria do tipo gaioleiro;
- Edifícios de placa;
- Edifícios de betão armado.

2.2.1 Alvenaria de pedra

Estas casas predominaram no período anterior a 1755, tinham lojas no piso térreo e salas e quartos nos pisos. As cozinhas correspondiam aos fundos da habitação, em ligação com o quintal e o campo. As ligações entre andares eram feitas por escadas corredor alongadas. Apresentam um pé direito pequeno, número reduzido de pisos por outro lado, a inexistência de instalações sanitárias é um ponto de destaque [10] [11].

As principais características desta tipologia são:

- Pavimentos térreos em lajes de pedra;
- Pé direito reduzido;
- Número máximo de pisos, 4;
- Inexistência de instalações sanitárias.

Existiam diferentes tipos de paredes:

- Cantaria;
- Alvenaria;
- Tabiques



Figura 2.10 - Diferentes tipos de alvenaria de pedra [39]

Tal como nesta tipologia, também nos edifícios referentes aos Pombalinos, Gaioleiros e de placa eram usadas paredes de alvenaria de pedra sendo por isso necessário referir os diversos tipos existentes:

- *Sem aparelhamento* - são paredes de pedra toscas, angulosas e irregulares em forma e dimensão, ou roladas, ligadas entre si por argamassas ordinárias. É rebocada e caiada para ser protegida dos agentes atmosféricos, nomeadamente a água.
- *Com aparelhamento* - em perpianho - ou seja regular, trabalhadas para o efeito, dispostas em camadas e ligadas entre si por argamassas, ou simplesmente depositadas umas sobre as outras. Cantaria que tem toda a largura da parede, aparelhada nas quatro faces.
- *De duas faces* - paredes de pedra argamassada, normalmente irregular de forma angulosa dispostas em duas folhas, uma interior e outra exterior, preenchidas no meio por material de pequenas dimensões com argamassa ordinária.

2.2.2 Edifícios Pombalinos

A ocorrência do terramoto de 1755, em Lisboa, provocou uma enorme destruição da cidade e arredores tendo provocado milhares de mortos e desalojados. Como tal, foi necessário proceder-se à reconstrução da cidade.

Porém, o desastre despertou o sinal de alerta para a forma como se construía até à data de forma a minimizar os danos em caso de novos fenómenos acontecerem. Prova disso, estava na ligação da gaiola ao r/c através de ferrolhos chumbados nas pedras por forma a melhorar o comportamento estrutural sob o ponto de vista da acção sísmica [10].

As principais características desta tipologia, [figura 2.10](#), são [10] [11]:



- Gaiola de madeira, cruz de Santo André, nas paredes interiores;
- Altura limitada a 3 pisos, mais a mansarda;
- Paredes meãs entre edifícios acima dos telhados reduzindo assim os riscos de passagem de fogo de uns edifícios para os outros;
- Abóbadas ao nível do r/c;
- Edifício assenta, frequentemente, sobre um andar térreo com arcaria em pedra ou abóbada de tijolo;
- Grandes paredes-mestras de alvenaria de pedra de 1 ou 2 folhas, presas a um pórtico tridimensional interior em madeira com a função de solidarizar os diferentes elementos estruturais.



Figura 2.11 - Edifício referente ao período Pombalino

2.2.3 Edifícios Gaioleiros

Após o Terramoto de 1755 e numa altura no qual vigorava o período Pombalino, surgiram os edifícios denominados gaioleiros o que, de certa forma correspondeu a uma evolução das características apresentadas pelos Pombalinos dado que os elementos horizontais pertencentes à cruz de Santo André deixaram de ser utilizados.

Relativamente, às características apresentadas, as que mais se evidenciam são: [10] [11]

- Número de pisos entre 5 a 6;
- Paredes interiores no r/c;
- Paredes divisórias nos andares superiores;
- Ferrolhos metálicos para travamento lateral;
- Paredes descarregam sobre caboucos cheios de alvenaria de pedra rija até alcançar a profundidade adequada á sua estabilização.

Ainda no que diz respeito a constituição das paredes deste tipo de construção importa dizer que:



- As paredes-mestras eram geralmente, de pedra rija e argamassas de cal e estavam dispostas nas fachadas principal e posterior. Apresentavam grande espessura;
- Com espessura de cerca de 30 cm, as paredes resistentes de tijolos maciços estavam colocados nas empenas e no interior do edifício;
- As paredes divisórias de tijolo furado tinham 15 cm de espessura.

2.2.4 Edifícios Mistos

Este tipo de construção vigorou entre 1930 a 1940, altura em que o betão armado surgiu. Trata-se de uma solução construtiva com um grande inconveniente, não apresentava peso próprio capaz de suportar o peso de um número de pisos elevados e como tal, o seu funcionamento era satisfatório apenas para um número reduzido de pisos desde que as paredes divisórias interiores conferissem solidez e fossem em bom número.

As principais características consistiam em [11]:

- Pé-direito reduzido para cerca de 3 metros;
- Paredes de alvenaria de pedra;
- Lajes de betão armado substituíram progressivamente pavimentos de madeira;
- Utilização de vigas de betão armado.

2.2.5 Edifícios de betão armado e alvenaria

A partir de 1940, as estruturas foram executadas, maioritariamente, em betão armado. Actualmente, constata-se essa a predominância, tal como é possível verificar na [figura 2.8](#), dos edifícios de betão armado e alvenaria de tijolo em todo o mundo após séculos de evolução marcados por constantes evoluções construtivas, aliás os modelos das cidades assentam fundamentalmente numa “(..) *acentuada dispersão na variedade dos edifícios construídos, tanto em altura, porte, implantação, soluções estruturais, acessos, etc.*” [10]

As principais características desta tipologia são [10] [11]:

- Aumento da altura e do número de fogos;
- Maior resistência estrutural;
- Diversas formas de pavimentos (maciças, pré-fabricadas – vigotas);
- Grandes aberturas para o exterior;
- Rés-do-chão sem alvenaria;
- Alvenaria de parede dupla.



3. TIPOS DE ANOMALIAS MAIS COMUNS

Dentro das necessidades de reparação já apresentadas, constatou-se que o maior valor percentual corresponde às paredes das habitações dos edifícios. As fachadas de qualquer edifício são elementos que se encontram mais expostos às acções dos agentes atmosféricos (sol, vento, chuva) e como tal, é compreensível que o grau de deterioração seja superior aos restantes. Todavia, importa realçar que eventuais erros de execução aquando da construção original ou da reparação efectuada são aspectos igualmente prejudiciais para além das agressões ambientais.

Antes de efectuar qualquer intervenção, é fundamental proceder a uma análise/diagnóstico cuidadoso dos casos em estudo dado que uma análise incorrecta trará consequências gravosas para o elemento que necessita de ser reparado, ou seja, a determinação das causas das patologias deve ser rigorosa.



Figura 3.1 - Aspecto de geral de edifícios antigos

Ora neste capítulo, são abordadas de forma sucinta as anomalias existentes e as causas associadas.

Associada à grande maioria das anomalias possíveis de ocorrerem surge frequentemente a presença da água, sendo desta forma, um dos principais factores a ter em consideração na degradação dos elementos construtivos dos edifícios.

Entre as anomalias verificadas [5], as mais frequentes são:

- Sujidade;
- Humidade;
- Eflorescências e criptoflorescências;
- Erosão;
- Perda de coesão;
- Perda de aderência;



- Colonização biológica;
- Fendilhação e Fissuração.

3.1 Sujidade

Através da [figura 3.2](#), observa-se algumas manchas negras resultantes da fixação das partículas existentes na atmosfera nos revestimentos exteriores. As causas mais frequentes associadas a esta patologia [5] podem ser:

- Escorrência das águas de precipitação;
- Acção do vento;
- Rugosidade do reboco.



Figura 3.2 - Sujidade presente nas manchas negras

Quanto maior for a rugosidade do reboco, maior será a deposição de partículas transportados pelo vento, no revestimento superficial. O humedecimento da parede por meio das águas precipitadas proporciona a acumulação de sujidades em determinados locais da parede, sendo que esta pode advir directamente da atmosfera ou da cobertura, devido à inexistência do sistema de drenagem de águas pluviais como por exemplo, tubos de queda e caleiras.

3.2 Humidade

Caracteriza-se pela presença de água, no entanto, a sua origem é variável.

Vejamos, os diferentes tipos de humidades existentes consoante a sua origem [5][12]:

- Humidade de obra;
- Humidade do terreno;
- Humidade de precipitação;
- Humidade de condensação;
- Humidade de higroscopicidade;
- Humidade devido a causas fortuitas.



Entende-se por fenómeno patológico humidade, o aparecimento de um teor de água superior ao desejado num revestimento, seja na superfície (acabamento) seja na sua própria massa (reboco), manifestando-se sob a forma de mancha [5][12].

Relativamente, à *humidade de obra ou construção*, esta manifesta-se através de materiais que contenham teores de humidade elevados e que tenham sido aplicados em obra mas também na aplicação dos revestimentos finais devido à insuficiente evaporação da água existente no suporte.



Figura 3.3 - Humidade existente através das manchas evidentes, cerca de 1 metro de altura [13]

No que diz respeito à *humidade do terreno*, está relacionada com ascensões capilares devido a eventual existência de níveis freáticos, contacto das paredes com vegetação envolvente ou à inexistência de barreiras estanques ou ao seu posicionamento incorrecto.

A acção simultânea da precipitação com o vento pode dar origem à penetração de água do exterior para o interior das paredes das habitações e conseqüentemente, ocorrência de humidificação dos materiais/elemento construtivos denominando-se este fenómeno, *humidade de precipitação* [5].

Quando existe na atmosfera uma quantidade de vapor de água próxima da máxima que o ar pode conter à temperatura a que se encontra, e por outro lado, a capacidade de ventilação não é suficiente para o remover, este condensa em contacto com as zonas mais frias dos paramentos, ou até no interior dos revestimentos. Designa-se a esta patologia, *humidade de condensação*.

Na [figura 3.4](#) está evidenciado um exemplo de patologia manifestada por humidade de condensação, nomeadamente, a termoforese, que define-se pela formação de manchas escuras em zonas dos paramentos correspondendo a pontes térmicas, devido ao depósito de poeiras nessas zonas e à sua retenção pela humidade em questão. Na realidade, a não-execução de camada de salpico potencia a ocorrência deste tipo de fenómeno devido à absorção excessiva de

água do suporte e conseqüentemente, humedecimento do mesmo e maior dificuldade de secagem.



Figura 3.4 – Exemplo do fenómeno *termoforese*

Quando os revestimentos contêm sais solúveis em água que ao entrarem em contacto com a água ou com quantidades elevadas de teor de vapor de água vão absorver esta mesma água dado que são absorventes e higroscópicos [5][12].

A ocorrência de fenómenos de humidade devido a causas fortuitas pode estar associada a eventuais roturas de canalizações, entupimento de caleiras, algerozes ou tubos de queda, deficiência de remates de cobertura [5][12].

3.3 Eflorescências e Criptoflorescências

Através da [figura 3.5](#) é possível observar uma alteração do aspecto visual do revestimento do edifício resultante da formação de uma substância de aspecto cristalino e, usualmente, de cor esbranquiçada.

Assim sendo, as causas mais frequentes para a sua ocorrência são [5][12]:

- Presença prolongada da humidade;
- Existência de sais solúveis;
- Cal não carbonatada;



Figura 3.5 - Abertura da zona dilatada devido a criptoflorescências [13]



Existem diferenças entre estas duas patologias, permitindo assim a sua distinção. A primeira dissemelhança reside no local de cristalização enquanto na eflorescência ocorre na superfície exterior do revestimento, na criptoflorescência dá-se no interior no revestimento provocando desta forma uma dilatação dessa área. O segundo aspecto que os diferencia, diz respeito à gravidade dos danos originados. Se no caso das eflorescências, apenas ocorre alteração do aspecto visual da fachada do edifício sem afectar a durabilidade, no caso das criptoflorescências pode ocorrer desagregação da camada de material que cobre a cavidade devido à dilatação originada pela cristalização dos sais no seu interior.

3.4 Colonização Biológica

Este tipo de patologia, caracteriza-se pela presença de microrganismos nas superfícies dos revestimentos sob determinadas condições provocando a sua deterioração.

As causas possíveis para a ocorrência deste fenómeno são [5][12]:

- Presença prolongada de humidade;
- Falta de ventilação;
- Acumulação de poluentes, pó, terra e sujidade na superfície do revestimento;
- Iluminação;
- Porosidade elevada do revestimento.



Figura 3.6 - Presença de vegetação entre os dois edifícios

3.5 Perda de Aderência

Conforme o seu comportamento, existem formas distintas desta anomalia manifestar-se, sendo elas [5]:

- Deslocamento – afastamento do reboco em relação ao suporte;
- Destacamento – separação definitiva do reboco/suporte;
- Abaulamento – formação de convexidades em determinados pontos do reboco.



Figura 3.7 - Destacamento de rebocos [13]

Deste modo, as causas possíveis [5] [12] para a ocorrência desta patologia são:

- Presença de humidade;
- Presença de sais;
- Dilatações e contracções térmicas;
- Erros de execução do revestimento;
- Impermeabilidade à água do suporte elevada;
- Movimentos do suporte;
- Insuficiente permeabilidade ao vapor de água do revestimento.

Entre as causas apresentadas anteriormente, destaque para os erros de execução no revestimento, nomeadamente, espessura inadequada do revestimento, falta de humedecimento do suporte, composição inapropriada da argamassa usada. Tal como será possível observar mais adiante, a execução adequada regendo-se pela regra de boa prática favorece a durabilidade e conservação do reboco, não potenciando assim, o aparecimento de anomalias.

3.6 Perda de coesão

A perda de coesão conforme o nome indica, caracteriza-se pela decomposição dos elementos constituintes do reboco tornando-o frágil.



Figura 3.8 - Exemplo de perda de coesão

As causas mais prováveis para este tipo de anomalia são [5] [12]:



- Presença de humidade;
- Presença de sais;
- Presença de microrganismos;
- Reboco fraco/execução deficiente;
- Ocorrência de reacções químicas.

3.7 Fendilhação e Fissuração

Frequentemente, não se diferenciam estas duas patologias todavia apresentam características distintas. Enquanto a fissuração consiste numa abertura longitudinal curta e estreita, a fendilhação corresponde a uma abertura longitudinal mais larga que se propaga ao longo de toda a espessura do reboco podendo atingir o suporte, contrariamente à primeira patologia que se manifestava superficialmente [5].



Figura 3.9 - Exemplos de fissuração e fendilhação [13]

- a) Causas atribuíveis a constituição reboco [5] [12]:
 - Retracção do reboco;
 - Dilatações e contracções higrotérmicas;
 - Gelo;
 - Deficiente dosagem na execução da argamassa;
 - Espessura inadequada do revestimento.
- b) Causas atribuíveis ao suporte [5] [12]:
 - Fendilhação;
 - Deslocamentos;
 - Reacções com sais;
 - Absorção excessiva.
- c) Outras causas [5] [12]:
 - Concentração de tensões junto a aberturas;
 - Corrosão de elementos metálicos existentes.





4. REBOCOS EXTERIORES DE EDIFÍCIOS

4.1 Introdução/Considerações Gerais

O presente capítulo pretende abordar os aspectos mais relevantes relacionados com os rebocos exteriores de edifícios. Assim sendo, é apresentada a sua evolução ao longo dos séculos tendo em especial consideração a sua origem e composição que permite relacionar com os diferentes tipos de suporte consoante a sua tipologia conforme é descrito no capítulo anterior. Paralelamente à composição, existem diversas argamassas e como tal, urge apresentar as mais conhecidas que são, igualmente, aplicadas na campanha experimental desta dissertação por forma a verificar o comportamento em serviço de cada uma.

São ainda abordados, de forma geral, distintos revestimentos exteriores de edifícios sendo o reboco tradicional e não-tradicional os mais relevantes para esta dissertação e como tal mais aprofundados. Deste modo, factores como a constituição (número de camadas, ligantes) bem como os requisitos/características a desempenhar são expostos de modo a criar bases de conhecimento que permitam uma melhor compreensão no capítulo referente à campanha experimental, ou seja, parâmetros físicos, mecânicos e químicos descritos de forma teórica neste capítulo são ilustrados, posteriormente, do ponto de vista prático.

Por fim, são expostas as diferentes técnicas de aplicação inerentes à execução de rebocos bem como os tempos de secagem entre camadas que, devem ser respeitados conforme as regras de boa arte, assim o indicam.

4.2 Enquadramento Histórico

A utilização bem como os cuidados associados aos rebocos não são considerações apenas de hoje em dia dado que transitam desde a Antiguidade e têm especial relevância na construção e reparação dos edifícios.

Tanto que, desde a Antiguidade Clássica já era notório, a aplicação de três ou mais camadas de reboco sobre uma camada de regularização da parede, como por exemplo, camada de encasque.

Das camadas referidas, a primeira era constituída por cal e agregados com uma granulometria mais grossa ou, então, utilizava-se aditivos como o pó de tijolo. Concluída essa camada inicial, eram realizadas mais duas camadas de reboco de cal e areia. Relativamente ao acabamento final conferido ao reboco, consistia na aplicação até três camadas finas de um guarnecimento feito com pasta de cal e pó de mármore, variando essas camadas no tipo de granulometria, cada vez mais fina, dos agregados [12].

Em grande parte, a utilização das argamassas visava a protecção das alvenarias da acção dos agentes climáticos (chuva, sol, vento, etc.). Ora, as primeiras argamassas consistiam numa



mistura de matérias vegetais com terra crua e argilosa que foi preterida devido à degradação rápida evidenciada [14]. Contudo, a descoberta do fogo provocou uma evolução ao nível de conhecimento das características de materiais, nomeadamente, o facto do efeito do calor provocado nos calcários e gessos evidenciar características aglutinantes em contacto com a água tendo então, surgido revestimentos de alvenarias e adobes compostos por cal aérea, areia e água [15].

A entrada na Europa deste tipo de argamassa foi da responsabilidade dos Gregos sendo que o expoente máximo quer do ponto de vista de aplicação quer de desenvolvimento qualitativo foi atingido pelos Romanos fruto do império construído. Ocorreram evoluções ao longo dos tempos devido à adição de outros produtos, adjuvantes, mais concretamente, pozolanas, cinzas e aditivos orgânicos consoante a característica pretendida [15].

A revolução industrial causou um grande impacto nas argamassas de reboco dando origem ao conceito de hidráulica e conseqüentemente, à cal hidráulica e posteriormente ao cimento, em 1824. Tal acontecimento, levou à substituição gradual da cal aérea pelo cimento devido à maior resistência e presa mais rápida evidenciada por este material. Os rebocos passaram a ser executados com argamassas de cimento[16].

A enorme evolução tecnológica que tem vindo a registar-se, proporcionou o aparecimento das argamassas pré-doseadas, caracterizada mais adiante, na segunda metade do século XX adicionando assim, mais um material passível de aplicação conforme o caso.

Porventura, se a aplicação e conhecimento acerca da cal aérea tinha diminuído com o fim do Império Romano e com a descoberta do cimento, hoje em dia, volta a ser tema de estudo no âmbito das intervenções em edifícios antigos devido ao menor desempenho apresentado pelo cimento, conforme é possível observar no capítulo relativo à campanha experimental.

4.3 Tipos de Revestimentos

Existem diferentes hipóteses de revestimentos exteriores, entre os quais:

- Reboco Tradicional;
- Betão à vista;
- Ladrilho;
- Pedra

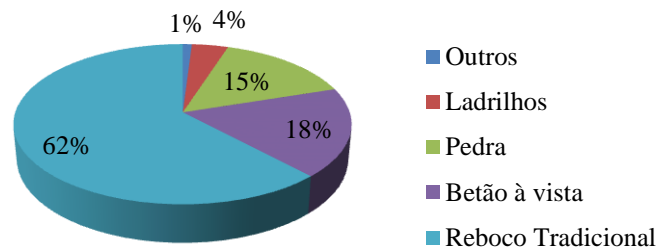


Figura 4.1 - Tipos de Revestimentos Exteriores utilizados em Portugal [7]

Conforme, é possível observar na [figura 4.1](#), são os revestimentos de paredes de ligante mineral, usualmente designados por rebocos, que correspondem à maior percentagem de utilização no nosso país devido ao custo inicial ser baixo bem como a complexidade reduzida da técnica de aplicação (todavia nem sempre é executado de acordo com as regras de boa arte).

Os rebocos, consoante os produtos aplicados, podem designar-se por:

- Rebocos tradicionais;
- Rebocos não-tradicionais.

4.4 Argamassas de Rebocos

Muitas argamassas têm sido recomendadas para rebocos de edifícios antigos, em substituição dos originais. As soluções usadas enquadram-se, normalmente, nos seguintes tipos:

a) Argamassas de cimento

Têm aspecto final muito diferente das argamassas antigas, em termos por exemplo, da textura do modo como reflectem a luz; apresentam na sua composição sais solúveis que são transportados para o interior das paredes e lá cristalizam dando origem a criptoflorescências e caracterizam-se também por uma rigidez excessiva e uma capacidade limitada de permitir a secagem da parede [17].

b) Argamassas de cal hidráulica

Relativamente, às argamassas de cal hidráulica, são compostas, na sua maioria, por silicatos e aluminatos de cálcio e hidróxido de cálcio e apresentam como propriedade principal, a realização da presa e endurecimento (cura) quando em contacto com a água[18].

Os processos de produção associados são a cozedura, extinção e moagem de calcários argilosos.

c) Argamassas de cal aérea e cimento

As argamassas bastardas, intermédias entre estes dois extremos (só de cimento e só de cal) procuram melhorar algumas características evitando os piores inconvenientes[17]. De salientar



que, para além de argamassas de cal aérea e cimento também é possível observar mais adiante argamassas de cal hidráulica e cimento.

d) Argamassas de cal aérea

As argamassas de cal aérea, de composição mais próxima das argamassas antigas, portanto mais capazes de assegurar uma compatibilidade estética e funcional com os materiais pré-existentes, têm apresentado problemas de durabilidade, principalmente quando expostas à chuva e, ainda mais, ao gelo. No entanto, chegaram até aos nossos dias argamassas de cal com centenas e, até, milhares de anos, que se apresentam com resistência e coesão superiores a muitas argamassas actuais e mesmo com capacidades de impermeabilização superiores[17].

e) Argamassas pré-doseadas

As argamassas pré-doseadas têm composições muito variadas e, em consequência, características e comportamentos diversificados conforme é possível visualizar nas três gamas utilizadas nesta dissertação para realização dos rebocos pré-doseados, designadamente RBA 01, RBR 20 e RHP.

É conveniente, enfatizar que não são apenas as características dos materiais que influenciam o comportamento, a durabilidade e, em geral, a qualidade do revestimento, uma vez que as técnicas de reparação e aplicação, as condições climáticas e de cura e a preparação do suporte são igualmente importantes.

4.4.1 Rebocos Tradicionais

Relativamente aos rebocos tradicionais, caracterizam-se por dosear e preparar em obra as argamassas, sendo estas constituídas por:

- Ligante, por exemplo cimento;
- Areia;
- Adjuvantes e aditivos, ocasionalmente.

Este tipo de reboco baseia-se na execução de 2 a 3 camadas, mais concretamente, salpico, camada de base – emboço e camada de acabamento, tratando-se este aspecto de uma regra de boa arte. Segundo Rosário Veiga [19] é difícil dosear uma argamassa de reboco para que o revestimento resultante seja, em simultâneo, pouco susceptível à fendilhação, pouco permeável à água, bastante permeável ao vapor de água, bem aderente ao suporte, entre outros requisitos.

Assim através da aplicação de várias camadas de reboco, com funções complementares consegue-se aproximar das características evidenciadas em cima. A utilização de várias camadas permite, por exemplo que as fendas que surgem nas várias camadas estejam



desfasadas, o que torna o revestimento mais resistente à penetração da água e de outros agentes agressivos (poluição, sais, entre outros). Porém, constata-se que tal processo construtivo não é respeitado, habitualmente devido a diversos factores, entre os quais os prazos de execução bem como o custo por m².

Relativamente, às funções de cada uma das camadas referidas, importa salientar as seguintes [20]:

- Salpico – melhorar a aderência ao suporte e reduzir a absorção da água das argamassas das camadas precedentes;
- Emboço – garantir planeza e verticalidade;
- Acabamento – conferir aspecto final, por exemplo, talochado ou esponjado.

4.4.2 Rebocos Não-Tradicionais

Devido às crescentes exigências de qualidade e rapidez execução dos trabalhos as argamassas tradicionais começaram a ser substituídas pela pré-doseadas (feitas em fábrica) tendo surgido em Portugal através do fabrico de cimentos-cola na década de 80.

Apresentam na sua constituição um maior número de componentes, em comparação com as tradicionais, permitindo, geralmente melhores níveis de desempenho. No que diz respeito a rebocos de edifícios antigos, caracterizam-se por serem argamassas bastardas, tendencialmente cal aérea e cimento, todavia a cal hidráulica também é utilizada devido a vantagem de acelerar a presa. [20]

Factores como, adicionar apenas a quantidade de água de amassadura especificada na ficha técnica da argamassa bem como a redução do espaço de estaleiro potenciam a utilização das mesmas. Para além das pré-doseadas, também os rebocos monocamada são misturas produzidas em fábrica que podem atingir uma espessura final na ordem dos 10 a 20 mm. [20]

4.5 Requisitos de desempenho/Funções e exigências funcionais

4.5.1 Tipos de intervenção a realizar

Aquando da realização do diagnóstico, para definição de uma solução de reabilitação, é de fundamental importância serem conhecidas as funções do reboco em análise mas também dos mecanismos do seu desempenho e, respeitar os critérios científicos consoante o tipo de intervenção a realizar nos mesmos. Existem quatro tipos de intervenção [5] [21] [22] conforme é apresentado na tabela seguinte.



Tipos de intervenção existentes
Conservação
Consolidação
Reparação Pontual/Localizada
Substituição parcial ou total

Quadro 2 – Tipos de intervenção a realizar em rebocos

Entre os tipos de intervenção apresentados, apenas é abordado um ao longo desta dissertação, mais concretamente, a substituição parcial/total do reboco – situação mais desfavorável. Assim sendo, a escolha do revestimento para este caso específico deve, primeiramente, respeitar os seguintes requisitos gerais [22] [21]:

- Não contribuir para degradar os elementos preexistentes, nomeadamente as alvenarias;
- Proteger as paredes;
- Não prejudicar a apresentação visual da arquitectura, nem descaracterizar o edifício;
- Ser durável (e contribuir para a durabilidade do conjunto).

Com base nestes requisitos e na hipótese de ocorrência mais gravosa nos rebocos, degradação profunda generalizada, apresenta-se seguidamente, no [Quadro 3](#), os critérios gerais de decisão sobre o tipo de intervenção a adoptar [5].

Tipo de Degradação	Valor Histórico, arquitectónico ou artístico	Opção de intervenção	Seleção de materiais	Seleção de técnicas	Outros aspectos
Degradação profunda generalizada	Elevado	Consolidação	Materiais compatíveis e idênticos	Técnicas tradicionais e/ou especializadas	Reversibilidade; Reparabilidade; Aspecto idêntico
	Reduzido	Substituição integral	Materiais compatíveis dos pontos de vista funcional e de aspecto	Técnicas de aplicação com as regras de boa arte	Reparabilidade; Aspecto compatível

Quadro 3 - Critérios gerais de decisão sobre o tipo de intervenção [5]

4.5.2 Compatibilidades a considerar

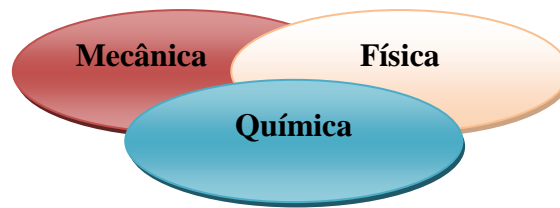
Para a verificação destes requisitos gerais é fundamental ter um aspecto em consideração ao longo do estudo/análise/execução de um reboco, mais concretamente, a compatibilidade com os elementos pré-existentes. Para que o reboco seja compatível com estes elementos, por exemplo uma argamassa usada na construção de uma alvenaria ordinária, é necessário que sejam verificadas duas condições chave [5]:



- Execução cuidada, de acordo com as regras de boa arte;
- Argamassa com características pré-definidas de modo a respeitar a compatibilidade.

Deste modo, é necessário considerar a compatibilidade sob vários aspectos e analisar as características da argamassa que a condicionam, tais como:

- Compatibilidade mecânica;
- Compatibilidade física;
- Compatibilidade química.



i. Compatibilidade mecânica

Relativamente ao aspecto mecânico, as características mais condicionantes são [5]

- Resistência à tracção e à compressão;
- Módulo de elasticidade;
- Aderência ao suporte;
- Forças induzidas por retracção.

As argamassas produzidas devem apresentar características mecânicas, como a resistência à flexão e à compressão e módulo de elasticidade inferiores às do suporte onde são aplicadas de modo que a distribuição de tensões e as deformações ocorridas sejam semelhantes às que se registavam anteriormente. No entanto, para garantir a capacidade de protecção e a durabilidade, os valores destas características também não podem ser demasiado reduzidas. [5]

Outro factor relevante para garantir a capacidade de protecção e a durabilidade do revestimento corresponde à aderência ao suporte e também entre camadas, todavia, não pode ser excessiva de modo a evitar uma eventual degradação da alvenaria resultante de resistências superiores à do suporte – aspecto estudado com base no ensaio de pull-off.

Relativamente, às forças originadas pela retracção, variações dimensões do revestimento, importa efectuar um controlo das tensões introduzidas no suporte, uma vez que, a retracção tem especial importância na execução das várias camadas do reboco, mais concretamente, no aparecimento de eventuais fissuras [5].



De todos estes factores apresentados, apenas o módulo de elasticidade não é alvo de estudo na campanha experimental apresentada no capítulo seguinte.

ii. Compatibilidade física

Para que exista compatibilidade física é necessário que as seguintes características [5] estejam em consonância com as dos elementos preexistentes:

- Características relacionadas com o comportamento à água, que são, fundamentalmente, a permeabilidade à água e a permeabilidade ao vapor de água.
- Características térmicas, nomeadamente condutibilidade térmica e coeficiente de dilatação térmica.

Antes de abordar, os dois pontos apresentados em cima, convém referir que apenas o primeiro foi alvo de estudo nesta dissertação, mais concretamente, através da realização do ensaio dos tubos de Karsten bem como da absorção por capilaridade e teor de humidade superficial.

Entre muitas propriedades, sem dúvida, que o comportamento à água é uma das mais importantes para o desempenho da argamassa e conseqüentemente do revestimento em si. As argamassas produzidas para substituição total de rebocos devem garantir uma permeabilidade à água idêntica à das argamassas preexistentes e inferior à do suporte, caso contrário a água passará a infiltrar-se pela alvenaria antiga, contribuindo para a sua degradação. [5] [22]

Para favorecer a evaporação da água infiltrada ou absorvida, a permeabilidade ao vapor de água evidenciada tem que ser tão elevada quanto possível. Corroborando o que foi afirmado anteriormente, frequentemente, refere-se que um bom revestimento é aquele que apresenta uma boa permeabilidade ao vapor de água e simultaneamente, boa impermeabilidade à água. Em situação que se registre a degradação do reboco pela existência de água no interior da alvenaria, podem surgir anomalias como as que foram abordadas mais atrás, nomeadamente, criptoflorescências e eflorescências, em caso de cristalização de sais. Para tal, também contribui decisivamente a estrutura porosimétrica existente.

A minimização das tensões de origem térmica depende da semelhança dos valores do coeficiente de dilatação térmica dos novos materiais em relação aos elementos preexistentes, mas também dos valores relativos dos respectivos módulos de elasticidade. Na verdade, na maior parte das situações, quanto menores forem o coeficiente de dilatação térmica e o módulo de elasticidade do material novo, menores serão as tensões de origem térmica, independentemente dos valores correspondentes dos materiais preexistentes, uma vez que se minimizam as deformações (restringidas ou não) e também as tensões geradas. [5] [17]



iii. Compatibilidade química

Em relação à parte química, importa evidenciar os seguintes aspectos [5]:

- Limitação do teor de sais solúveis dos novos materiais;
- Resistência a sais solúveis dos novos materiais.

A utilização de uma argamassa com alto teor de sais solúveis, ou seja, quantidade elevada de cimento, representa um factor impulsionador de patologias graves sobre as alvenarias. A principal justificação para adoptar-se uma argamassa com uma menor percentagem de cimento deve-se ao facto que apesar de não apresentarem uma resistência mecânica boa também não contribuem para o aumento da cristalização de sais no suporte e consequentemente, aparecimento de anomalias. Enquadrado nesta vertente, realizaram-se ensaios referentes ao teor de cloretos bem como do pH de cada revestimento de cada revestimento mas apenas foi possível tirar ilações do segundo.

Apesar de terem sido abordados separadamente, estes diferentes tipos de compatibilidades, são posteriormente correlacionados com vista a uma homogeneização dos dados obtidos na campanha experimental.

4.5.3 Características/Requisitos a apresentar

De um modo geral, o cumprimento das exigências funcionais dos rebocos exteriores [5] [20] visam a:

- Regularização das alvenarias, por exemplo, encasque;
- Impermeabilização e protecção de paredes;
- Durabilidade de acordo com a vida útil prevista para a edificação
- Facilitação da manutenção da fachada;
- Acabamento das paredes: talochado, areado, etc.

Assim sendo, as características primordiais para garantir o cumprimento destas exigências são:

- Resistência à fendilhação;
- Aderência e Compatibilidade com suporte;
- Durabilidade face às acções externas;
- Capacidade de impermeabilização da zona não fendilhada;
- Trabalhabilidade.

a) Resistência à fendilhação

A resistência de uma argamassa à fendilhação é função da capacidade da argamassa para resistir às tensões de tracção nela induzida pelo efeito da restrição da retracção, aspecto já referenciado na compatibilidade mecânica.



Imediatamente após a sua aplicação sobre os suportes, inicia-se a retracção da argamassa e como tal provoca o desenvolvimento de tensões de tracção no revestimento e de corte no plano de contacto do revestimento com o suporte. Como tal, o revestimento tenderá a fissurar e, posteriormente, o seu descolamento [19] [20].



Figura 4.2 - Comportamento distinto consoante o número de camadas em caso de fissuração [23]

Através da [figura 4.2](#), é possível estabelecer uma análise comparativa referente às fissuras originadas. Enquanto argamassas fortemente doseadas em ligante, apresenta fissuras de largura elevada, embora bastante afastadas entre si e atravessam toda a espessura do revestimento, já as argamassas menos ricas em ligante, caracterizam-se por fissuras finas, pouco espaçadas entre si, e que em geral não atravessam toda a espessura de um revestimento porque as tensões instaladas são mais baixas que as primeiras [19] [20] [23].

b) Trabalhabilidade

A trabalhabilidade da argamassa produzida deve traduzir-se pela facilidade de aplicação de modo a que a aderência ao suporte seja boa e conseqüentemente, uma maior compacidade e rendimento. Todavia, existe um aspecto a ter em consideração, mais concretamente, a função a que se destina.

O aumento do teor de finos das areias usadas, o aumento do teor do ligante e o aumento da quantidade de água da amassadura são factores que permitem melhorar a trabalhabilidade, mas que têm conseqüências gravosas para outras características da argamassa. Assim, é preferível melhorar a trabalhabilidade através da mistura da cal ou da incorporação de adjuvantes apropriados [20] [20].

c) Aderência e Compatibilidade com Suporte

A aderência da argamassa ao suporte é devida essencialmente à penetração da água carregada de ligante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades do suporte. Como tal, importa ter em consideração os seguintes factores:

- Preparação do suporte: limpeza, humedecimento e conservação do mesmo;
- Condições atmosféricas existentes, exemplo, tempo seco provoca uma rápida absorção de água por parte do suporte;

- Rugosidade evidenciada pelo suporte em causa – ver [figuras 4.3 a\), b\) e c\)](#);
- Método de aplicação.

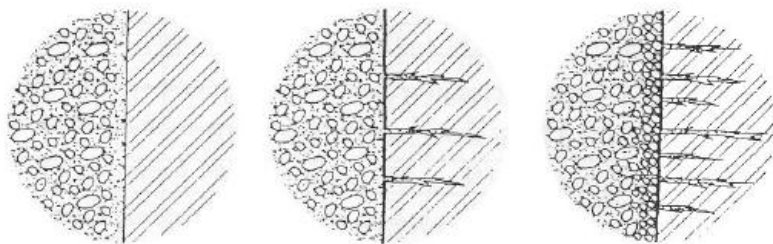


Figura 4.3 a) Suporte muito liso e compacto b) suporte rugoso e não demasiadamente absorvente c) suporte demasiadamente absorvente [19]

Estabelece-se, no [Quadro 6](#), as condições a respeitar pelas características da nova argamassa a utilizar tendo em conta as características dos elementos preexistentes com os quais irá existir interacção. Todavia, o método de selecção da argamassa de substituição a usar não se afigura de fácil realização dado que as argamassas estão em evolução contínua e assim sendo a reprodução dos processos de cristalização, dissolução e recristalização a longo prazo torna-se complicada mas também pelo facto dos métodos de execução e aplicação serem diferenciados ao longo da história.

Argamassa	Características Mecânicas aos 90 dias (MPa)		Aderência ao suporte (MPa)	Comportamento à água Coef. de Capilaridade
	Resist. à compressão Rc	Módulo de elasticidade E		
Reboco exterior	Características mecânicas semelhantes às das argamassas originais e inferiores às do suporte		Resistência ao arrancamento inferior à resistência à tracção do suporte: a rotura nunca deve ser coesiva pelo suporte	Capilaridade e permeabilidade ao vapor de água semelhantes às argamassas originais e superiores às do suporte

Quadro 4 - Relação entre as características recomendadas para as argamassas e as características dos elementos preexistentes [5]

No [Quadro 4](#), observa-se características relativas ao comportamento mecânico e físico que os revestimentos para edifícios antigos devem apresentar, mais concretamente:

- Resistência à compressão;
- Módulo de elasticidade;
- Aderência ao suporte;
- Comportamento à água.



Argamassa	Características Mecânicas aos 90 dias (MPa)		Aderência ao suporte (MPa)	Comportamento à água Coef. de Capilaridade
	Resist. à compressão Rc	Módulo de elasticidade E		
Reboco exterior	0,4 – 2,5	2000 a 5000	0,1-0,3 ou com rotura coesiva pelo reboco	8-12

Quadro 5 - Requisitos mínimos de argamassas de revestimento para edifícios antigos [5]

Os valores-padrão evidenciados no quadro anterior baseiam-se em experiência acumulada na maioria das paredes de alvenaria mistas nacionais e serão utilizados para enquadramento dos resultados obtidos na campanha experimental que é abordada mais adiante nesta dissertação.

d) Durabilidade

Esta característica é essencial para assegurar o nível de qualidade da fachada ao longo da sua vida útil e está dependente de muitos factores [20] [23], entre os quais:

- Técnicas de aplicação utilizadas, por exemplo, espessuras excessivas;
- Materiais utilizados incompatíveis;
- Localização e clima em que se insere o edifício;
- Fendilhação;
- Perdas de aderência;
- Ascensão capilar;
- Ataque de sais;
- Topografia do terreno, eventuais assentamentos superficiais.

Assim um revestimento exterior será mais durável quanto menos susceptível estiver ao aparecimento deste tipo de patologias.

e) Capacidade de impermeabilização em zona não fendilhada

No que à capacidade de impermeabilização em zona não fendilhada [20] diz respeito, a possibilidade de ocorrência de fenómenos como a permeabilidade e ou capilaridade está condicionada pelos seguintes aspectos:

- Dimensão dos poros e dos capilares;
- Grau de sucção do suporte;
- Pressão de água incidente.

A absorção capilar depende da finura do cimento (diminui quando a finura aumenta), da relação a/c (aumenta quando a/c aumenta), da idade (diminui quando a idade aumenta), da duração da cura húmida (diminui quando a duração aumenta) e da compactidade [20].



4.6 Aplicação

Demonstrar a influência exercida pelas técnicas de aplicação/métodos de execução na qualidade final alcançada nos rebocos dos edifícios é um dos objectivos estabelecidos para este trabalho final de mestrado e, como tal, em seguida, mostra-se as diversas técnicas de aplicação usadas na realização dos rebocos bem como os trabalhos preparatórios que devem ser desenvolvidos.

No que diz respeito às condições de aplicação de uma argamassa executada para camadas de reboco, importa garantir a verificação das seguintes:

Ao nível do suporte

- Efectuar, previamente, uma limpeza do suporte de modo a que poeiras, produtos de desmoldagem, gorduras ou outro tipo de produtos sejam eliminadas e, conseqüentemente, não afectem a ligação suporte/argamassa. Pode ser realizado através de ar comprimido ou água sob pressão, no entanto, deve ter-se, em especial atenção, a degradação da alvenaria em causa [24];
- Humedecer o suporte, após a remoção de eventuais detritos existentes no suporte, com o objectivo do suporte não absorver, em grandes quantidades, a água de amassadura utilizadas na formulação das argamassas [24].

Ao nível dos agentes atmosféricos

- Averiguar e controlar as temperaturas registadas (tempo húmido ou quente) aquando da aplicação das argamassas devido à sua influência quer na presa quer no processo de cura, ou seja, poder retardar a carbonatação ou potenciar a sua retracção e fissuração [24];
- Percepcionar a preponderância que o vento pode demonstrar na secagem do reboco ou de uma das suas camadas;
- Alcançar uma boa aderência ao suporte, mesmo estando na presença de ambientes quentes ou húmidos e assim sendo, comprova-se novamente a importância de efectuar um humedecimento adequado do suporte consoante a situação registada.

Em termos de aplicação de argamassa, existem dois tipos de processos:

- Projectada, utilizada ao nível de argamassas pré-doseadas/industriais;
- Manual, procedimento tradicional.

Associada a estes processos surgem diferentes etapas a desenrolar durante a execução de uma camada de reboco, designadamente:

- Chapar, consiste na aplicação vigorosamente da argamassa contra o suporte ou camada subjacente com o auxílio de uma colher de pedreiro;

- Apertar corresponde à técnica utilizada para aplicar a argamassa em toda a extensão da área a trabalhar bem como a garantir uma boa aderência e compacidade. Esta técnica é de maior facilidade quanto maior a trabalhabilidade evidenciada pela argamassa;
- Sarrafar, ver [figura 4.4](#), define a remoção de excessos de argamassas em determinadas zonas e nivelamento da mesma camada através da utilização de uma régua de nível;



Figura 4.4 - Movimentos associados à técnica de sarrafar uma camada de reboco

- Talochado ou Areado é a denominação atribuída ao acabamento final do reboco exterior, conforme é indicado nas [figuras 4.5 a\) e b\)](#). Enquanto o primeiro apresenta um aspecto liso, o segundo tem uma textura areada devido à utilização de uma esponja húmida. Após a conclusão desta técnica, procede-se a pintura, caiação ou colagem de elementos cerâmicos ou rocha ornamental [24].



Figura 4.5 a) Acabamento areado b) acabamento talochado

4.7 Cura

Paralelamente às técnicas de aplicação, surge o tempo de cura iniciado após a aplicação da argamassa utilizada, e como tal, são estabelecidos tempos-padrão para as camadas de salpico e emboço. Salienta-se, novamente, a importância de que estes tempos sejam respeitados, conjuntamente, com os restantes aspectos mencionados anteriormente neste capítulo (características a respeitar, compatibilidades, técnicas de aplicação adequadas, etc.).



Apresenta-se, em baixo, os tempos de cura referentes a cada uma das camadas executadas:

- Salpico, 2 a 3 dias, ver [figura 4.6](#);



Figura 4.6 - Secagem do salpico (diferentes traços)

- Emboço deve aplicar-se após o período de cura definido para o salpico, ver [figura 4.7](#);

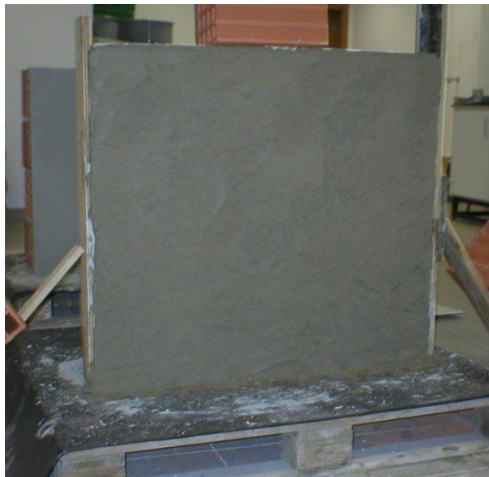


Figura 4.7 - Camada de emboço durante o processo de cura

- Acabamento, esta camada deverá executar-se cerca de 7 dias (mínimo) após a conclusão da camada de emboço, de modo, a que ocorra a retracção significativa.





5. CAMPANHA EXPERIMENTAL

5.1 Considerações Gerais

No presente capítulo, pretende-se abordar as seguintes questões:

- Descrição do estudo experimental realizado;
- Técnicas construtivas adoptadas para a realização deste estudo;
- Influência dos materiais utilizados e do suporte no desempenho de cada um dos rebocos construídos;
- Importância dos ensaios na obtenção de resultados que permitam uma avaliação criteriosa no comportamento dos rebocos de fachadas, quer a nível mecânico, físico ou químico;
- Relacionar os valores obtidos nos ensaios com a possível ocorrência de anomalias idênticas às que foram apresentadas no capítulo anterior;
- Comparar os resultados alcançados com tabelas-padrão e outros resultados que abordem conteúdo semelhante;

Em primeiro lugar, descreve-se o estado dos três tipos de suporte usados, em segundo, apresenta-se a sequência construtiva utilizada e por fim, indica-se as quantidades de constituintes utilizadas para cada um dos rebocos construídos.

Descrita a parte relativa à execução dos nove rebocos, apresenta-se cada um dos ensaios realizados, mais concretamente, os laboratoriais e in-situ. Refere-se o procedimento realizado em cada um dos ensaios bem como os equipamentos utilizados com recurso a imagens ilustrativas. Aborda-se ainda, a data de realização destes.

Paralelamente à execução dos rebocos, foram realizados quinze provetes prismáticos de cada uma das argamassas produzidas, de modo a serem testados nos diferentes ensaios laboratoriais bem como moldes representativos dos suportes utilizados bem como dos rebocos construídos. A adopção pelo método mencionado no segundo ponto baseou-se na impossibilidade de realização do ensaio de pull-off no laboratório de Materiais de Construção do ISEL e na sua facilidade de transporte para o laboratório de Construção do IST.



5.2 Caracterização dos materiais utilizados

5.2.1 Cimento

Para a realização das argamassas de cimento e bastardas para os diferentes tipos de rebocos, foi utilizado um Cimento Portland Calcário CEM II/B-L Classe 32,5 N da Secil.

Trata-se de um ligante com uma presa rápida, como por exemplo em relação à cal aérea, que origina argamassas mais compactas e de maior resistência, todavia tornam-se mais rígidas e com retracção elevada. Evidenciam também a presença de sais que são prejudiciais no que diz respeito às alvenarias antigas.

5.2.2 Areia

Foram utilizados dois tipos de areias, que variaram na quantidade consoante a função de cada uma das camadas executadas:

- Areia Média;
- Areia Fina;

Um exemplo disso, é a camada de acabamento que apresenta uma percentagem elevada de areia fina comparativamente à areia média de modo a obter uma pasta mais fina e consequentemente, um acabamento mais liso.

Os principais factores que influenciam o aspecto, trabalhabilidade e porosidade da argamassa são:

- Forma dos grãos;
- Curva granulométrica.

5.2.3 Água

Utilizou-se água potável das redes de abastecimento público e como tal, não apresentam qualquer tipo de contaminação que afecte de alguma maneira a presa, o endurecimento e a durabilidade do revestimento.

Importa realçar o papel fundamental da água de amassadura dado que não só a trabalhabilidade bem como a fendilhação são parâmetros que variam consoante as quantidades introduzidas.

5.2.4 Cal

No que diz respeito ao tipo de cal usada, distingue-se dois:

- Cal Hidráulica – utilizada no reboco tradicional na camada de base (emboço) e de acabamento;



- Cal Aérea ou apagada - usada na construção da alvenaria ordinária de modo a assemelhar-se às construções antigas e no encasque realizado para o reboco tradicional – [ver fig. 5.1](#).



Figura 5.1 - Transformação de cal viva em cal apagada

5.2.5 RHP

O Reboco Hidráulico Pronto (RHP Exterior Manual) corresponde a uma das diversas argamassas pré-doseadas utilizadas neste estudo e é constituído por:

- Ligantes hidráulicos especiais;
- Agregados calcários e sílica;
- Adjuvantes químicos;
- Agentes hidrofugantes.

Trata-se de uma alternativa ao reboco tradicional e como tal a sua aplicação de modo a poder estabelecer uma análise comparativa com o reboco tradicional também executado. As vantagens fornecidas pela ficha técnica respectiva são:

- Melhor aderência ao suporte;
- Maior rapidez na aplicação, pois basta adicionar a água de amassadura;
- Boa trabalhabilidade e acabamento;
- Ausência de fissuração.

Devido ao seu campo de utilização não abranger a pedra como suporte, apenas foi utilizado na alvenaria de tijolo e no suporte de betão.

5.2.6 RBA 01

No âmbito desta dissertação, adoptou-se uma argamassa de reabilitação da Secil, mais concretamente, uma argamassa de consolidação de alvenarias antigas que caracteriza-se por apresentar:

- Ligantes especiais;



- Agregados siliciosos e calcários;
- Propriedades particulares de tixotropia, aderência e durabilidade particularmente adaptadas à função a que se destina.

O RBA 01, enquadra-se nas argamassas pré-doseadas e foi utilizada na alvenaria ordinária.

5.2.7 RBR 20

Tendo em conta que o RBA 01 não constituía por si só acabamento para os paramentos adoptou-se uma argamassa de reparação de rebocos, RBR 20, da Secil conforme era indicado na ficha técnica respectiva. Destina-se à execução de reparações em panos de reboco hidráulico, antigo ou não, suficientemente endurecidos e aderentes ao suporte.

As principais características são:

- Rapidez de execução e excelente rentabilidade;
- Dispensa remoção dos rebocos hidráulicos danificados desde que se apresentem suficientemente endurecidos e aderentes;

5.3 Definição dos traços

Com vista à realização da campanha experimental em estudo foi necessário definir um plano geral acerca do processo construtivo, [Quadro 6](#), relativo a cada um dos rebocos a executar podendo variar consoante o tipo de suporte em questão. A definição dos traços utilizados é de extrema importância para uma análise de resultados posteriormente a ter sido realizados todos os ensaios definidos.

Rebocos Realizados

Suporte	Camadas	Corrente	Tradicional		Pré-Doseado	
Alv. Ordinária	Encasque	1:3	cim+areia	0,5:0,5:3	cal+cim+areia	RBA 01
	Emboço	1:3	cim+areia	1:1:6	cal+cim+areia	RBA 01
	Acabamento		cim+areia	1:2:9	cal+cim+areia	RBR 20
Alv. Tijolo	Salpico	1:3	cim+areia	-	-	-
	Emboço	1:3	cim+areia	1:1:6	cal+cim+areia	RHP
	Acabamento		cim+areia	1:2:9	cal+cim+areia	
Betão	Salpico	1:3	cim+areia	1:1,5	cal+cim+areia	-
	Emboço	1:3	cim+areia	1:1:6	cal+cim+areia	RHP
	Acabamento		cim+areia	1:2:9	cal+cim+areia	

Quadro 6 - Definição dos diversos traços para os diferentes rebocos a executar



Apresenta-se, seguidamente, cada um dos três tipos de reboco realizados:

- i. Reboco Corrente: este tipo de reboco pretende representar o que ocorre de forma significativa na execução de revestimentos exteriores, ou seja, tendo em conta os custos associados à execução, muitas das vezes, não são respeitadas as regras da boa arte – execução das 3 camadas – sendo apenas realizada só uma camada (sem contar com o salpico). Assim sendo, adoptou-se um traço comum em obra, nomeadamente uma argamassa de cimento;
- ii. Reboco Tradicional: aponta para a importância da execução das três camadas – regra de boa arte – com diferentes traços que será analisada com a realização dos ensaios efectuados (descritos mais adiante neste capítulo). Os traços adoptados tiveram como base valores recomendados/padronizados. Contrariamente ao reboco corrente, as argamassas utilizadas são bastardas;
- iii. Reboco Pré-Doseado: tendo em conta o aumento da utilização deste tipo de produtos nas obras realizadas pretende analisar quais as vantagens/desvantagens apresentadas pelas diferentes argamassas pré-doseadas adoptadas no âmbito da reabilitação de fachadas de edifícios. Tal como já foi referido no subcapítulo *Materiais utilizados*, para os suportes de tijolo e betão foi utilizado o RHP enquanto para a alvenaria ordinária, o RBA 01 e o RBR 20.

5.4 Tipos de suporte adoptados

5.4.1 Descrição Geral

a) Betão

O presente suporte evidenciava bastantes irregularidades quer na superfície de contacto quer na verticalidade tal como a [figura 5.2](#) ilustra. Deste modo, na execução dos rebocos, estes aspectos foram tidos em consideração de forma a solucioná-los.



Figura 5.2 - Suporte de betão

b) Alvenaria de Tijolo

Em contraponto com o suporte de betão, foi necessário executar dois panos de alvenaria de tijolo de modo a realizarem-se os diferentes tipos de rebocos, conforme se pode verificar mais adiante.

Assim sendo, construíram-se, previamente, duas bases de apoio para as duas paredes de alvenaria que consistiram em paletes de madeira cobertos por telas de impermeabilização de dimensão (1,60x1,00m).



Figura 5.3 - Preparação da base para a execução das alvenarias

Seguidamente, foram adicionados três baldes de areia média, um de cimento Portland e um balde de água à betoneira de modo a iniciar-se a amassadura da qual resultou a argamassa de assentamento a aplicar na execução das alvenarias.

Terminada a amassadura, iniciou-se o processo construtivo:



- Colocar a primeira camada de argamassa sobre a tela de impermeabilização – cerca de 2cm de espessura;
- Seguidamente, executa-se a 1ª fiada de tijolos. De salientar que estes tijolos foram dispostos com um ligeiro afastamento entre si por forma a introduzir argamassa nas juntas, permitindo assim a ligação entre si;



Figura 5.4 - Processo construtivo com as diversas fiadas

- Efectuada a 1ª fiada, voltou-se a espalhar uma camada de argamassa agora sobre a toda a extensão da alvenaria. Para efeitos de travamento, foram utilizados meios tijolos nas 2ª e 4ª fiadas;
- Aplicar nova fiada de tijolos e conseqüente fecho das juntas;
- O processo construtivo desenrolou-se, de forma idêntica à descrita em cima, até à fiada final, a quarta.

Na [figura 5.5](#), as alvenarias de tijolo elaboradas apresentavam 0,90x0,80x0,22 m de dimensão.



Figura 5.5 - Alvenarias de tijolo concluídas

c) Alvenaria Ordinária

Tal como as alvenarias de tijolo apresentadas anteriormente, reproduziu-se uma parede de alvenaria ordinária semelhante às paredes que vigoraram à séculos passados por forma a estabelecer comparações entre os revestimentos utilizados nos diferentes suportes.

O traço adoptado para a argamassa de assentamento das pedras foi 1:3 (cal e cimento + areia média) e para tal apagou-se cal viva (ver [fig.5.1](#)) de modo a proceder-se à sua utilização. A aproximação aos traços predominantes para o suporte em questão esteve na base da escolha deste traço.



Figura 5.6 - Preparação e colocação de pedras na base

A construção da alvenaria ordinária englobou diferentes fases, entre as quais:

- Disposição de várias pedras sobre a tela de impermeabilização por forma a esquematizar as dimensões da parede – [ver fig. 5.6](#);
- Molhagem com água das pedras dispostas sobre a base – [ver fig. 5.7b e c](#);
- Preparação da argamassa de assentamento;



Figura 5.7 - a) Preparação da argamassa b) e c) Molhagem das pedras

- Aplicar a argamassa produzida nos vazios existentes entre as pedras criando uma ligação entre as mesmas – [ver fig. 5.8](#);
- Colocar nova camada de pedras, sendo que as primeiras correspondiam aos cantos das paredes devido à dificuldade verificada em encontrar a pedra ideal para cada lugar – [ver fig. 5.8](#);

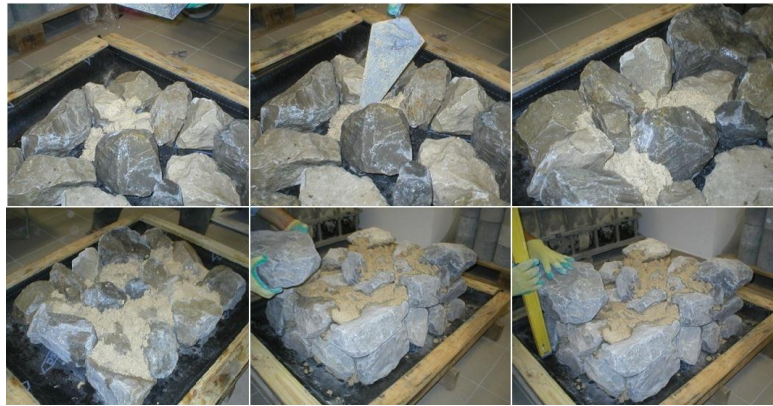


Figura 5.8 - Preenchimento dos vazios e colocação de nova camada

- Preencher, novamente, todos os orifícios existentes na parede;
- Aderir, adequadamente, as pedras à argamassa aplicada;
- Repetição dos passos apresentados anteriormente, até a alvenaria ordinária alcançar a espessura prevista, cerca de 0,80 m;



Figura 5.9 - Evolução da alvenaria ordinária

Concluída a construção da alvenaria ordinária, de dimensões 0,6x0,6x0,8 m, – [ver figuras 5.10 a\) e b\)](#) – estabeleceu-se um período de 1 semana de secagem para a respectiva parede. Para além disso, a alvenaria apresentou zonas de grandes depressões, mais concretamente, na sua zona inferior e como tal, esse foi um aspecto relevante na realização dos trabalhos conforme é possível constatar mais adiante neste capítulo.



Figura 5.10 a) e b) - Aspecto final da alvenaria ordinária



5.5 Execução de Rebocos

5.5.1 Reboco Pré-Doseado

5.5.1.1 Betão

No suporte em betão, a argamassa pré-doseada escolhida, foi o RHP (apresentado no subcapítulo referente aos materiais utilizados).



Figura 5.11 - Suporte de betão previamente humedecido

As tarefas desenvolvidas na execução do reboco em causa foram:

- Molhar previamente o suporte com água conforme é ilustrado na [figura 5.11](#);
- Construir a cofragem para a face da parede em causa com o auxílio de barrotes de madeira;
- Preparação da amassadura: 30 minutos – num carro de mão com a ajuda de uma pá – [ver fig. 5.12](#);

No entanto, verificou-se que a argamassa estava demasiadamente seca e impossível de trabalhar, ou seja, ocorria queda da argamassa aquando da sua projecção contra o suporte. De modo a solucionar o facto de a argamassa estar bastante seca, adicionou-se mais água à amassadura, continuando a respeitar o intervalo de 4 a 5 L indicado no saco da argamassa pré-doseada RHP.

- Repetição do processo de amassadura: 20 minutos;
- Secagem do suporte;



Figura 5.12 - Argamassa pré-doseada pronta a ser aplicada



- Aplicar a pasta de RHP, de baixo para cima, em quantidades médias - ao chapar a pasta no suporte, verificou-se que a aderência era consideravelmente superior à apresentada aquando da 1ª amassadura apesar de apresentar ainda alguma dificuldade, ponto este que será mais adiante alvo de análise;



Figura 5.13 - Início da execução do reboco de argamassa pré-doseada RHP

- Tal como, a figura em cima ilustra, a argamassa foi aplicada, inicialmente, numa das extremidades sendo realizada de cima para baixo até esse paramento vertical (cerca de 10 cm de comprimento) se encontrar preenchido;
- Puxar/alisar a argamassa de baixo para cima, com a colher de pedreiro, de modo a que a compactação e aderência com o suporte fosse a melhor possível mas também para remover os eventuais excessos de argamassa e obter a espessura da camada pretendida (mais concretamente 1,5 cm);
- Repetição dos passos indicados anteriormente - [ver fig. 5.13](#) - até todo suporte estar preenchido;



Figura 5.14 - Sarrafar a camada executada

- Aplicar mais argamassa de modo a regularizar a parede de betão visto que algumas zonas apresentavam défice de argamassa;
- Após período de secagem, sarrafou-se a parede com uma régua de nível de forma que esta ficasse com uma camada plana, ou seja, procedeu-se à última remoção de eventuais excessos que ainda apresentasse - [ver fig. 5.14](#).



No que diz respeito ao tipo de acabamento conferido ao reboco, este não recebeu nenhum revestimento cerâmico nem pintura lisa e como tal o RHP não foi acabado nem à talocha, nem à esponja (areado) acabando por ficar com um tom acinzentado e de aspecto rugoso, fruto da última vez que se sarrafou a parede.

No [Quadro 7](#), apresenta-se as quantidades usadas na realização do reboco em causa.

RHP - Camada Única		
	Traço	Total (kg)
RHP	-	26,613
Água	-	4,783

Quadro 7 - Quantidades utilizadas na execução do RHP em betão

5.5.1.2 Alvenaria de Tijolo

Com recurso a tábuas de madeira, efectuou-se a cofragem do suporte tendo como referência a espessura pré-definida. Antes de realizar-se a amassadura, saturou-se com água a alvenaria de tijolo tendo em conta as recomendações descritas no catálogo do RHP.



Figura 5.15 - Preparação do suporte: humedecimento

Foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- Humedecer o suporte;
- Período de secagem: 20 minutos;
- Preparação da amassadura: 15 minutos, no interior de um balde de média dimensão com o auxílio de um berbequim – [ver fig. 5.16](#);



Figura 5.16 - Preparação da argamassa pré-doseada



- Verificar a homogeneidade e trabalhabilidade da argamassa obtida;
- Chapar argamassa, na fase inicial, pela parte inferior do suporte no qual eram aplicadas pequenas quantidades de argamassa com a colher de pedreiro até atingir o topo do pano de alvenaria;
- Puxar/alisar toda a argamassa aplicada anteriormente tendo em conta a espessura pretendida (aquando da aplicação, a pasta apresentava uma boa aderência ao suporte bem como fácil manuseamento, contrariamente, ao que se verificou para o mesmo tipo de argamassa aplicada em betão);



Figura 5.17 - Aplicação do RHP no respectivo suporte

- O suporte restante foi preenchido de igual modo ao que já foi referido em cima, ou seja, aplicação de pasta a partir da parte inferior e preenchimento até atingir o topo.
- Período de secagem, de modo a ganhar alguma presa;
- Sarrafar a camada de RHP com uma régua em diferentes posições com o objectivo de remover zonas onde a quantidade de argamassa seja inadequada – [ver fig. 5.17](#);
- Passar aleatoriamente com a talocha sobre o RHP, conferindo-lhe o tipo de acabamento denominado talochado, indicado na [figura 5.18](#).



Figura 5.18- Conferir aspecto final ao reboco

Seguidamente, são indicadas as quantidades usadas respeitantes a cada um dos elementos constituintes do presente reboco.



RHP - Camada Única		
	Traço	Total (kg)
RHP	-	22,920
Água	-	3,152

Quadro 8 - Quantidades utilizadas na execução do RHP em tijolo

5.5.1.3 Alvenaria Ordinária

a) Encasque

Antes de iniciar-se o encasque na alvenaria ordinária, efectuou-se uma molhagem prévia do suporte de modo a criar um envolvimento/ligação melhor entre argamassa e a parede.

As tarefas para a execução do encasque na presente camada foram:

- Verificar as maiores cavidades existentes;
- Preparação da argamassa: 25 minutos;
- Aplicar argamassa na face mais lisa de pedaços de tijolos – [ver fig. 5.19a](#);
- Colocar nas zonas onde existam as maiores cavidades o conjunto argamassa+tijolo;



Figura 5.19 a) Execução do encasque b) Marcação dos pontos

- Marcação dos pontos com tijolos na parede e nivelamento dos mesmos com uma régua de nível – [ver fig. 5.19b](#);
- Chapar argamassa entre os pontos superiores e inferiores, formando duas filas verticais;
- Período de secagem: 30 minutos;
- Sarrafar as duas filas de argamassa com uma tábua de madeira tendo como referência os pontos delineados na fase anterior;
- Período de secagem: 1 dia;
- Chapar argamassa na zona central da parede de modo a preencher essa área até à espessura definida pelas duas filas formadas no dia anterior – [ver fig. 5.20](#);



Figura 5.20 - Conclusão da 1ª camada de RBA 01

- Período de secagem: 20 minutos;
- Sarrafar a camada e correcção de zonas onde se registre depressões;
- Verificar nivelamento da camada;
- Acabamento rugoso, tendo em conta que não se trata da camada final.

b) 2ª Camada – RBA 01

Realizada a camada de encasque com RBA 01, executou-se uma segunda camada com o mesmo produto – RBA 01, tendo sido efectuadas as seguintes tarefas:

- Preparação da argamassa: 25 minutos;
- Aplicação da argamassa contra o suporte de baixo para cima;
- Alisar/Puxar a argamassa até ao topo da parede e junto à tábua de madeira que serviu de cofragem e na qual tinha marcada uma linha orientadora;
- Repetição do processo descrito anteriormente, até ao preenchimento total da camada;
- Período de secagem: 20 minutos;



Figura 5.21 - Sarrafo da camada em posições distintas

- Sarrafar, tal como é possível observar em cima, o reboco em diferentes movimentos;
- Verificação de zonas deficitárias ou excedentes de massa e posterior colocação de massa nas depressões existentes;



Figura 5.22 - Correção dos topos do paramento

- Correção dos topos da camada – [ver fig. 5.22](#);
- Sarrafar novamente e verificação do nivelamento da camada, ficando com aspecto rugoso.

A espessura final obtida para a respectiva camada foi de 1,5 cm.

c) Acabamento

Mais uma vez, foi definida a cofragem do elemento em questão através de barrotes de madeira sendo que para além de verificar o nivelamento também foi traçada uma guia com um marcador numa das suas faces, de modo a ter uma linha orientadora da espessura prevista, 1,5 cm.

Ora, na execução desta camada foram realizados os seguintes passos:

- Preparação da argamassa: 20 minutos;
- Chapar argamassa numa das extremidades, na fase inicial – [ver fig. 5.23](#);
- Aplicação de mais argamassa até à espessura pretendida;
- Avanço na camada seguido de novo chapar de argamassa;



Figura 5.23 - Aplicação da camada de acabamento RBR 20

- Alisar/Puxar a argamassa aplicada inicialmente até ao topo camada;
- Repetição do processo até conclusão da camada em causa;
- Período de secagem: 30 minutos;
- Sarrafar a camada após esta evidenciar alguma presa – [ver fig. 5.24](#);



Figura 5.24 - Aspecto da camada antes de ser sarrafada

- Colocar argamassa nas depressões originadas após o sarrafo da parede, nomeadamente, no canto inferior direito da camada;
- Verificação do nivelamento da camada com régua de nível;
- Período de secagem: 3 horas;
- Conferir acabamento final da camada à talocha, ou seja, aspecto liso.

Encasque - RBA 01		
	Traço	Total (kg)
RBA 01	-	41,821
Água	-	6,417
2ª Camada RBA 01		
	Traço	Total (kg)
RBA 01	-	30,000
Água	-	4,084
Camada de Acabamento - RBR 20		
	Traço	Total (kg)
RBR 20	-	30,000
Água	-	4,095

Quadro 7 - Quantidades referentes ao reboco pré-doseado na alvenaria ordinária

5.5.2 Reboco Tradicional

5.5.2.1 Betão

a) Salpico

Inicialmente, procedeu-se à execução de um salpico com um traço de 1:1,5 no suporte de betão. Conforme pode observar-se através da [figura 5.25](#), foram aplicadas pequenas quantidades de argamassa com a colher de pedreiro de baixo para cima em duas fases, sendo que a segunda apenas se aplicou nas zonas onde o suporte estava visível.



Figura 5.25 - Sequência da execução do salpico

b) Emboço

O emboço realizou-se 24 horas após o salpico. Montada a cofragem do elemento de betão a rebocar (um metro de extensão), aplicou-se em quantidades médias a pasta referente ao emboço. Começou-se pelas laterais e pelo topo e por fim, efectuou-se o preenchimento da zona central como é possível visualizar na [figura 5.26](#).



Figura 5.26 – Desenrolar da aplicação da argamassa



A técnica usada consistiu nas seguintes etapas:

- Aplicar pasta duas vezes, nas laterais e topo;
- Alisar e espalhar a mesma pasta sobre o suporte;
- Aplicar argamassa na zona central;
- Nivelar a superfície com régua de nível;
- Verificar a (in)existência de défice de pasta em algumas zonas e preencher no caso de existir;



Figura 5.27 - Conclusão da 2ª camada: emboço

Para terminar, esta camada base, designada emboço, ficou com um acabamento rugoso – [figura 5.27](#) – tendo em conta que faltava executar ainda a camada de acabamento e como tal, ao apresentar um acabamento rugoso permite uma melhor aderência entre as camadas. Frequentemente, a espessura do emboço vai desde os 10 aos 15 mm, todavia neste caso, o valor foi largamente ultrapassado (3 mm) tendo em conta a grande irregularidade existente e que já tinha sido mencionada na caracterização do suporte de betão em causa.

A [figura 5.47](#) ilustra bem os defeitos que condicionaram a espessura da camada.

c) Acabamento

Passadas 48 horas após a conclusão da camada de regularização, emboço, realizou-se a última camada, o acabamento com 1:2:9 de traço (idêntico ao usado na alvenaria de tijolo). Assim sendo, o procedimento consistiu em:

- Projectar, inicialmente, a argamassa a nível inferior até a meio da parede e só depois a nível superior (2 vezes);
- Aplicada a argamassa em metade da parede, esta foi puxada, com o auxílio da colher de pedreiro, de baixo para cima com o intuito de retirar a argamassa em excesso e, simultaneamente, a alisar o reboco;



Figura 5.28 -Etapas realizadas na execução da camada de acabamento

Procedeu-se de forma semelhante para a outra metade da parede.

Antes de conferir o acabamento à camada, esperou-se 30 minutos para a camada ganhar um pouco de presa de modo a não estar mole em demasia aquando do acabamento final.



Figura 5.29 - Excessos de argamassa retirados e talochar alternadamente

A fase final da execução da camada de acabamento baseou-se em sarrafar a camada com uma régua de nível, visível na [figura 5.29](#), para remover os excessos de argamassa existentes, verificar o nivelamento e depressões e por fim, a talochar toda a superfície da camada de acabamento.



Figura 5.30 - Terminada a 3ª camada: acabamento

Do lado direito da [figura 5.30](#), é possível identificar as três camadas que compõem o reboco: salpico, emboço e acabamento.



Salpico		
	Traço	Total (kg)
Areia Média	1,5	20,040
Cimento	1	9,654
Água	-	4,957

Emboço		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	4	52,335
Areia Média	2	29,057
Cal	1	8,948
Cimento	1	9,623
Água	-	17,262

Camada de Acabamento		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	7	84,361
Areia Média	2	23,818
Cal	2	15,511
Cimento	1	11,45
Água	-	23,391

Quadro 9 - Quantidades relativas ao reboco tradicional em betão

5.5.2.2 Alvenaria de Tijolo

a) Salpico

Comparativamente ao reboco utilizado em obra, não foi realizado nenhum salpico no suporte de alvenaria.

b) Emboço

Observando a [figura 5.31](#), o emboço iniciou-se na parte inferior do lado direita da alvenaria.

O traço usado correspondia a 1:1:6 sendo que os 6 baldes de areia eram diferenciados, mais concretamente, 2 de areia média e os restantes de areia fina.

Aplicou-se quantidades médias de argamassa com a colher de pedreiro até chegar ao topo da parede, puxando a mesma de imediato de modo a espalhar e alisar uniformemente a argamassa. O acabamento atribuído à camada foi o rugoso por motivos de aderência entre o emboço e a camada de acabamento que ainda não tinha sido realizada.

A espessura obtida foi de 1 cm devido à superfície do suporte de alvenaria de tijolo ser plana, contrariamente, ao que sucedeu na parede de betão.



Figura 5.31 - Sequência construtiva do emboço na alvenaria de tijolo

c) Acabamento

Decorridas 48 horas após o término do emboço, preparou-se a argamassa para a camada de acabamento do reboco em causa, com 1 cm de espessura. Para a camada de acabamento, utilizou-se um traço de 1:2:9 sendo que, voltou a misturar-se dois tipos de areia: média – 2 baldes – e fina – 7 baldes.



Figura 5.32 - Chapar a argamassa contra o suporte até à espessura pretendida

A camada de acabamento, executou-se de forma idêntica à aplicada em suporte de betão:

- Aplicar argamassa em pequenas fracções em duas fases, desde a parte inferior até à superior;
- Puxar a argamassa até ao topo da alvenaria;
- Período de secagem: 30 minutos;



Figura 5.33 - Aplicação da argamassa seguida alisamento



- Analisar in(existência) de depressões e nivelamento – [ver fig. 5.33](#);



Figura 5.34 - Etapas finais: remover excessos e talochar

- Alisar com a régua de nível alternadamente ao longo de toda a camada;
- Tipo de acabamento: talochado – [ver fig. 5.34](#).

Em baixo, são apresentadas todas as quantidades e constituintes utilizados na realização do reboco tradicional em alvenaria de tijolo ([Quadro 10](#)).

Emboço		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	4	52,335
Areia Média	2	29,057
Cal	1	8,948
Cimento	1	9,623
Água	-	17,262

Camada de Acabamento		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	7	84,361
Areia Média	2	23,818
Cal	2	15,511
Cimento	1	11,45
Água	-	23,391

Quadro 10 - Quantidades relativas ao reboco tradicional na alvenaria de tijolo

5.5.2.3 Alvenaria Ordinária

a) Encasque

Antes de realizar o encasque, montou-se a cofragem da face a rebocar e molhou-se o suporte em causa com uma aguada de cimento, [figura 5.35](#), de modo a obter uma melhor aderência entre argamassa e pedra.



Figura 5.35 - Humedecimento da alvenaria ordinária

Concluída a molhagem, iniciou-se o encasque que englobou os seguintes passos:

- Partir tijolos em pequenos pedaços – [ver fig. 5.36a](#);
- Colocar argamassa na face lisa dos tijolos e aplicar manualmente nas maiores cavidades existentes – [ver fig. 5.36b](#);



Figura 5.36 a) Aplicação do tijolo na alvenaria b) Encasque

- Preenchimento de toda a face com argamassa até à espessura pretendida, ou seja, a pedra mais saliente da alvenaria ordinária;
- Alisar camada e posterior sarrafo.



b) Emboço

Para a execução desta camada foi necessário extinguir, previamente, cal viva de modo a resultar a mesma cal apagada que foi utilizada na construção da alvenaria ordinária de modo a existir compatibilidade entre as diferentes argamassas. Na cofragem adoptada, definiu-se uma guia orientadora para a espessura pretendida, 1 cm.

A execução consistiu nas seguintes tarefas:

- Aplicação de argamassa produzida, chapar, com colher de pedreiro;
- Alisar e puxar a mesma, simultaneamente, de baixo para cima;
- Aplicação de nova fila de massa, conseqüentemente alisamento e assim sucessivamente – [ver fig.5.37](#);
- Preenchida toda a área, espera-se 40 minutos de modo a ganhar alguma presa a argamassa, caso contrário, ao sarrafar-se iria observar-se que a argamassa ainda estaria muito mole o que provocaria a queda de bocados do produto aplicado.



Figura 5.37 - Sequência construtiva da camada base: emboço

- Sarrafou-se a camada – [ver fig. 5.38](#);
- Enchimento de novas onde existe défice de argamassa;
- Sarrafou-se novamente e verifica-se o nivelamento da camada;
- Adoptou-se por um acabamento ligeiramente rugoso dado que ainda ia receber mais uma camada, a de acabamento.



Figura 5.38 - Aspecto após execução do sarrafo

c) Acabamento

Inicialmente, estabeleceu-se a cofragem em volta da área a rebocar com barrotes de madeira travados por tábuas de madeira e tijolos bem como a espessura pretendida, 1cm.

A realização da camada de acabamento, após 2 dias da conclusão do emboço, englobou os seguintes processos:

- Preparação da argamassa: 20 minutos de amassadura;
- Chapar argamassa de baixo para cima, formando uma fila com o produto aplicado;
- Chapar argamassa de forma idêntica dando origem a nova fila – [ver fig. 5.39a](#);
- Alisar e puxar a argamassa aplicada inicialmente até ao topo e à espessura pretendida – estabelecida com o auxílio dos barrotes de madeira que servem de cofragem;
- Repetição dos passos anteriores até a camada estar totalmente aplicada;
- Período de secagem: 35 minutos;



Figura 5.39 a) Chapar argamassa b) Existência de depressões após sarrafo

- Sarrafar a camada de acabamento de baixo para cima de modo a remover os excedentes de argamassa bem como as zonas deficitárias de pasta – [ver fig. 5.39b](#);
- Preenchimento das zonas deficitárias com o auxílio da colher de pedreiro;
- Verificação do nivelamento da camada – [ver fig. 5.40a](#);
- Período de secagem: 30 minutos;



Figura 5.40 a) Nivelamento da camada b) Acabamento à talocha



- Conferir o acabamento final da camada, talochando-a – [ver fig. 5.40b](#).

Encasque		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	1,5	14,905
Areia Média	1,5	15,890
Cal	0,5	4,420
Cimento	0,5	3,720
Água	-	3,279

Emboço		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	4	17,531
Areia Média	2	9,421
Cal	1	5,476
Cimento	1	3,965
Água	-	4,735

Camada de acabamento		
	Traço	Total (kg)
Areia Fina	7	13,880
Areia Média	2	4,567
Cal	2	4,299
Cimento	1	2,299
Água	-	4,039

Quadro 11 - Quantidades referentes ao reboco tradicional na alvenaria ordinária



5.5.3 Reboco Corrente

5.5.3.1 Betão

a) Salpico

O salpico usado para o suporte em betão foi igual ao produzido para a alvenaria de tijolo e que já foi mencionado atrás. O modo de aplicação também não se alterou e por isso, eram colocadas pequenas quantidades de argamassa na colher de pedreiro que posteriormente, se lançavam contra o suporte em causa até ao seu total preenchimento formando uma camada fina.



Figura 5.41 - Salpicos de argamassa projectados contra o suporte

b) Emboço

O emboço e a camada de acabamento deram a origem a uma só camada, tal como na alvenaria de tijolo. Todavia, existiu um aspecto que os diferenciou, mais concretamente, na irregularidade evidenciada pelo suporte de betão. As quantidades utilizadas foram idênticas como é possível observar no quadro seguinte – [Quadro 12](#).

Previamente, elaborou-se a cofragem do elemento de betão que ia ser alvo de reboco, conforme é possível visualizar na [figura 5.42](#).



Figura 5.42 - Cofragem do suporte a rebocar



Preparada a argamassa, aplicou-se, em primeiro lugar, argamassa na parte inferior do suporte até metade da sua extensão, em segundo, até ao topo do suporte e por fim, alisou-se as quantidades de argamassa que haviam sido aplicadas antes com a colher de pedreiro, por forma a distribuir uniformemente a argamassa aplicada e a respeitar a espessura definida.



Figura 5.43 - Evolução construtiva do emboço

O processo repetiu-se até o suporte estar totalmente preenchido com argamassa.

Completado todo o suporte, demorou-se uns minutos até reiniciar os trabalhos pois pretendeu-se que a camada executada adquira-se alguma presa. No presente estado, a remoção dos eventuais excessos existentes e o acabamento à talocha seriam mais difíceis de realizar devido à argamassa estar muito mole/fluída ainda.

Tal como é ilustrado na [figura 5.44](#), procedeu-se ao complemento de algumas zonas deficitárias de argamassa, como por exemplo, junto à cofragem. O acto seguinte baseou-se no alisamento da mesma argamassa com a colher de pedreiro.



Figura 5.44 - Observar e tapar zonas com défice de argamassa



Para alisar/nivelar a camada foi usada uma régua de nível que era disposta em diversas posições, [figura 5.45](#), de modo a abranger todos os pontos da superfície do suporte. Além disto, permitia a remoção dos excessos que ainda pudessem existir.

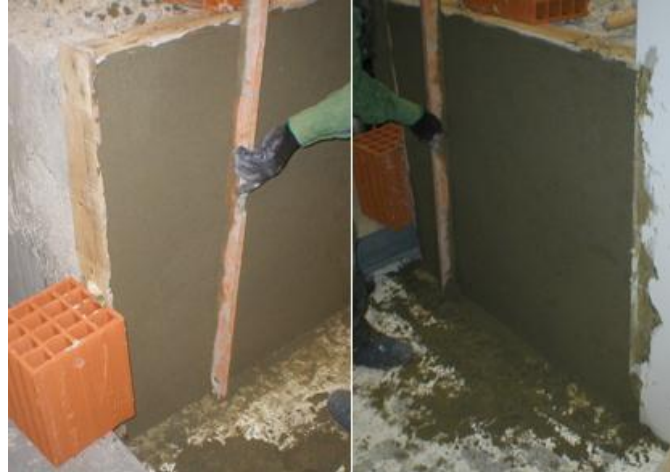


Figura 5.45 - Sarrafar a camada

Mais uma vez, adoptou-se como acabamento final, o talochado, que surge representado na [figura 5.46](#).



Figura 5.46 - Reboco de obra com acabamento talochado

É notório, na [figura 5.47](#), o aspecto do suporte de betão e como tal, a espessura da monocamada realizada variou de maneira a apresentar verticalidade (e também planeza superficial), aspecto que, inicialmente, não evidenciava.



Figura 5.47 - Espessura final do reboco

Por fim, importa referir a composição do reboco usado em obra quando aplicado em suporte de betão.

Salpico		
	Traço	Total(kg)
Areia Média	3	31,892
Cimento	1	10,275
Água	-	5,217

Emboço / Camada de Acabamento		
	Traço	Total(kg)
Areia Fina	2	25,892
Areia Média	1	15,645
Cimento	1	8,801
Água	-	8,147

Quadro 12 - Quantidades relativas ao reboco corrente em betão

5.5.3.2 Alvenaria de Tijolo

a) Salpico

No que diz respeito, à reprodução do reboco elaborado em obra, definiu-se que deveria ser feito, inicialmente, um salpico de traço 1:3 (cimento e areia média) na alvenaria de tijolo. Esta argamassa era semelhante à que foi utilizada na construção da alvenaria de tijolo, tendo sido usado um balde de água para envolver os materiais referidos.



Figura 5.48 - Execução do salpico

Obteve-se uma argamassa consistente que permitiu projectar em pequenas quantidades a argamassa obtida contra a parede. Quanto menos fosse colocada na colher de pedreiro, mais força podia ser empregue na projecção da argamassa.

O principal objectivo na aplicação baseou-se na formação de uma camada fina (salpico), conforme é possível observar na [figura 5.49](#), que possibilite uma boa aderência com a camada subjacente que veio a receber.



Figura 5.49 - Camada de salpico

b) Emboço

Em relação à 2ª camada a aplicar no pano de alvenaria, efectuou-se uma camada com as funções de um emboço bem como de um acabamento. Assim sendo, estas duas camadas deram origem a uma monocamada com um traço de 1:3, no qual misturou-se areia fina (2) com areia média (1) e com 2 cm de espessura.

A água de amassadura usada correspondeu a um balde e meio de água. Ora estabelecendo um paralelo com a argamassa produzida para o salpico, verifica-se que esta pasta é mais fina por destinar-se a um acabamento mas também mais fraca devido à maior quantidade de água adicionada.



Figura 5.50 - Materiais necessários: a) Água, Cimento e Areia b) Betoneira c) Estância

Com os aparelhos e materiais ilustrados na [figura 5.50](#), reproduziu-se a argamassa referente à camada final do reboco, em 20 minutos. Retirou-se a pasta para uma estância de forma a facilitar a execução da camada.

Então, a sequência construtiva adoptada, [figura 5.51](#), foi a seguinte:

- Aplicar/Chapar argamassa contra o suporte, de baixo para cima;
- Alisar/Puxar a argamassa até ao topo preenchendo bem os espaços;
- Repetição das duas etapas anteriores;
- Avançar na parede;
- Repetição de todas as etapas referidas até o reboco estar completo.



Figura 5.51 - Evolução construtiva do reboco

Preenchida toda a superfície da alvenaria de tijolo, concluiu-se a primeira fase.

Após período curto de secagem, para a argamassa ganhar um pouco de presa, deu-se início à segunda fase da execução desta camada – monocamada – que apresentava o aspecto identificado na [figura 5.52](#). Facilmente, se percebe que existem depressões em alguns pontos bem como excedente de argamassa noutros.



Figura 5.52 - Aspecto antes de talochar

Procedeu-se às restantes etapas, entre as quais:

- Sarrafar/Alisar com régua de nível aleatoriamente;



Figura 5.53 - Eliminar depressões e garantir planeza

- Observar/Colocar zonas onde seja necessário mais argamassa (depressões) – [ver fig. 5.53](#);
- Sarrafar/Alisar novamente até ficar com aspecto uniforme;
- Talochar repetidamente toda a superfície até ficar com aspecto liso - [ver fig. 5.54](#).



Figura 5.54 - Conferir acabamento talochado ao reboco

Por último, o aspecto final obtido após a camada ter sido talochada e descofrado, está representado na [figura 5.55](#) na qual apenas é identificável somente uma camada.



Figura 5.55 - Aspecto Final

A tabela seguinte, [Quadro 13](#), indica as quantidades utilizadas para este caso.

Salpico		
	Traço	Total(kg)
Areia Média	3	31,892
Cimento	1	10,275
Água	-	5,217

Emboço / Camada de Acabamento		
	Traço	Total(kg)
Areia Fina	2	27,414
Areia Média	1	14,938
Cimento	1	8,804
Água	-	8,639

Quadro 13 - Quantidades relativas ao reboco corrente realizado na alvenaria de tijolo

5.5.3.3 Alvenaria Ordinária

a) Encasque

- Preparação da argamassa, cerca de 20 minutos;
- Colocação de pequenas porções de tijolo cerâmico nos locais/zonas onde as cavidades são maiores com recurso à argamassa produzida, neste caso zona inferior e topos;
- Assim, corrige-se as irregularidades evidenciadas pela alvenaria ordinária;



Figura 5.56 - Execução do encasque no reboco corrente

- Após as maiores depressões se encontrarem preenchidas, procedeu-se à marcação dos pontos, neste caso 4, de modo a auxiliar no nivelamento do reboco. Deste modo, aplicou-se a argamassa nos pontos pretendidos seguidos de pedaço de tijolo;
- Posteriormente, com o auxílio da régua de nível, verificou-se a verticalidade entre o ponto superior e o inferior – [ver fig. 5.57a](#);
- Terminado a marcação dos pontos, deixou-se a argamassa ganhar presa durante 2 dias;



Figura 5.57 a) Nivelamento dos pontos b) Execução das duas filas verticais

- Seguidamente, executou-se duas filas verticais entre os pontos superiores e inferiores relativos a cada margem da parede – [ver fig. 5.57b](#). Com o auxílio de uma régua, tábua de madeira, nivelou-se as duas linhas de argamassa de forma a ficarem em concordância com os pontos marcados previamente;



Figura 5.58 - Conclusão da camada



- Preencheu-se com argamassa o restante paramento tendo como referência os 4 pontos e as 2 linhas de argamassa – [ver fig. 5.58](#);
- Deixou-se a ganhar presa durante alguns minutos;
- Sarrafou-se de modo a retirar eventuais excessos de argamassas e a nivelar a camada;

b) Emboço/Camada de Acabamento

Decorridos 2 dias após a realização do encasque, executou-se a última camada referente ao reboco utilizado em obra. Contrariamente, à camada anterior, realizou-se uma cofragem da área a rebocar com o auxílio de tábuas de madeira e tijolos para travamento.

De salientar, que o traçado adoptado foi 1:3 (cimento: 2 areia fina e 1 areia média). Assim sendo, foram realizadas as seguintes tarefas:

- Chapar duas vezes argamassa contra o suporte até ao topo;
- Chapar mais argamassa formando uma nova fila e alisar/puxar a anterior – [ver fig. 5.59](#);
- Repetição do processo até toda a face estar preenchida com argamassa;
- Período de secagem: 50 minutos;



Figura 5.59 - Execução da camada de acabamento

- Sarrafar a camada, com tábua de madeira de baixo para cima e tendo como referência a guia traçada nos elementos utilizados para a cofragem;
- Verificar a (in)existência de depressões na camada e proceder ao seu tapamento;
- Período de secagem médio e talochar a camada – [ver figura 5.60](#).



Figura 5.60 - Aspecto final da camada de acabamento do reboco corrente



Encasque		
	Traço	Total (kg)
Areia Média	3	37,591
Cimento	1	10,452
Água	-	6,571

Emboço / Camada de Acabamento		
	Traço	Total(kg)
Areia Fina	2	18,833
Areia Média	1	10,341
Cimento	1	7,461
Água	-	5,462

Quadro 14 - Quantidades utilizadas na execução do reboco corrente em alvenaria ordinária



5.6 Ensaios Realizados

5.6.1 Considerações Gerais

No presente trabalho, para a avaliação do comportamento mecânico, físico e químico dos rebocos foram realizados dois grupos de ensaios, conforme se expõe em seguida:

- In-Situ;
 - Esclerómetro de Schmidt;
 - Tubos de Karsten;
 - Humidímetro;
 - Ultra-sons (método indirecto);
 - Pull-off;
 - Absorção por capilaridade;
 - Ph (Fitas colorimétricas).
- Laboratoriais
 - Mesa de Espalhamento;
 - Massa Volúmica;
 - Teor em ar;
 - Retracção;
 - Compressão simples e flexão.

Tal como já foi abordado, no início deste capítulo, para além dos rebocos e alvenarias elaborados, foram construídos provetes prismáticos bem como moldes representativos dos respectivos rebocos por forma a possibilitar a realização de alguns dos ensaios pré-estabelecidos. Assim sendo, discriminam-se todos os procedimentos adoptados, segundo as normas, nos ensaios realizados, bem como as actividades preparatórias/auxiliares inerentes.

5.6.2 Execução das amostras a ensaiar

– Preparação dos Provetes Prismáticos

Os ensaios de absorção por capilaridade, retracção, compressão simples e flexão requereram a elaboração de provetes prismáticos por forma à sua realização se tornar possível. Como tal, durante o processo de amassadura de cada uma das argamassas usadas durante a campanha experimental, foram recolhidas quantidades pequenas resultantes da amassadura final de modo a efectuar o preenchimento de cada um dos moldes.



Cada molde normalizado permite a realização de três provetes prismáticos com as dimensões 40x40x160 mm, o que conduz a um volume de 256 cm³ por provete, Para cada tipo de argamassa foram feitos 15 provetes prismáticos, cujo procedimento de moldagem consistiu em:

- Aplicar óleo desmoldante em todas as superfícies e peças do molde;



Figura 5.61 - Pincelagem dos moldes com massa consistente

- Aplicar a argamassa nos moldes em duas camadas diferentes com o auxílio de uma colher;
- Compactar cada camada com 25 pancadas, com o auxílio de um pilão destinado ao efeito;



Figura 5.62 - Preparação dos provetes

- Nivelar a superfície, com recurso a uma talocha, e ao longo da maior dimensão dos moldes;

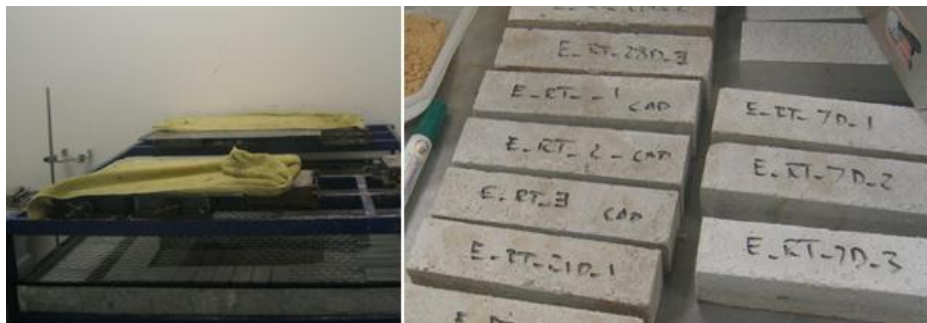


Figura 5.63 - a) Colocação na câmara de cura b) Provetes após desmoldagem

- Colocar cada um dos moldes dentro da câmara de cura a uma temperatura de 23,9°C e humidade de 60% cobertos por uma placa de vidro e toalhas durante 1 a 2 dias (no caso das argamassas pré-doseadas);

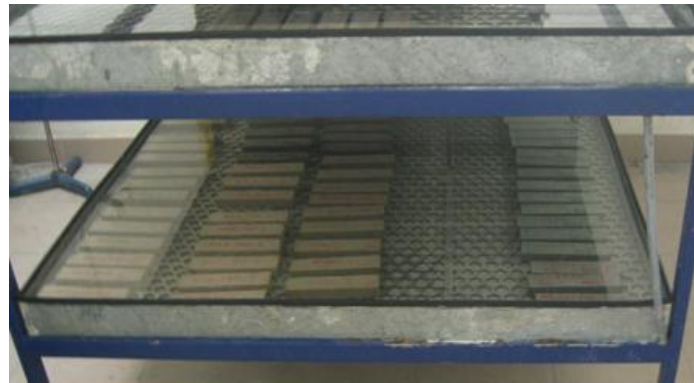


Figura 5.64 - Mergulhar os provetes em água: processo de cura

- Retirar os provetes, ao fim do tempo referido anteriormente e colocar dentro de água durante 28 dias - argamassas de cimento – ou 7 dias dentro de água mais 21 dias dentro de uma câmara de cura com uma humidade relativa de 65% para as restantes, como por exemplo, encasque do reboco tradicional (contem cal apagada).

– **Execução de amostras dos rebocos realizados**

Por forma a solucionar o facto do pull-off existente, no laboratório de MC, do ISEL, não apresentar uma escala adequada para a leituras dos valores obtidos aquando da realização do ensaio, procedeu-se à elaboração de 18 amostras, correspondentes aos 9 rebocos realizados com vista à sua concretização noutra local, designadamente, no laboratório de Construção, do IST. Assim sendo, numa escala reduzida, representaram-se duas amostras para cada tipo de reboco devido à necessidade de aplicar 5 pastilhas na superfície conforme é descrito na norma do respectivo ensaio, conforme é descrito mais adiante.

.De uma forma geral, as principais tarefas consistiram em:

- Aglomerar duas pedras, em alusão à alvenaria ordinária;
- Cortar provetes de betão, sendo que estes não apresentavam as irregularidades evidenciadas pelo suporte onde se executaram os rebocos;



Figura 5.65 - Representação da alvenaria ordinária



- Preparar os traços estabelecidos, espessuras e camadas definidas com base nas quantidades registadas aquando do processo de amassadura de cada uma das argamassas;
- Humedecer o suporte (tijolo, betão e alvenaria ordinária);
- Cofragem das amostras;



Figura 5.66 - Exemplos de amostras elaboradas

- Realizar encasques e salpicos;
- Chapar, apertar, sarrafar e talochar foram as técnicas de execução usadas.

5.6.3 Ensaios In-Situ

5.6.3.1 Esclerómetro de Schmidt (aos 28 dias)

Com base na Norma Europeia EN 12504: 2000, efectuou-se o ensaio não destrutivo denominado Esclerómetro de Schmidt. Destina-se à determinação do índice esclerométrico bem como a resistência do material analisado que servem de complemento aos resultados obtidos nos ensaios de resistência à flexão e compressão realizados nos provetes prismáticos. Apesar de mais apropriado a betões, recorreu-se para este estudo devido à inexistência de um esclerómetro pendular para argamassas de revestimento.

a) Procedimento de ensaio

O procedimento utilizado para medir a dureza superficial das argamassas em questão consistiu nos seguintes passos:

- Definir/Marcar os pontos, mais concretamente. 12 pontos espaçados 20 mm, de cada superfície a ensaiar;
- Colocar o esclerómetro na posição adequada (perpendicular à superfície analisada);



Figura 5.67 - a) Aparelho medidor b) Esclerómetro de Schmidt

- Empurrar gradualmente o esclerómetro contra o suporte até ao impacto do martelo na superfície em teste;
- Registrar o índice esclerométrico, resultante do ressalto do pêndulo, indicado no aparelho acoplado ao esclerómetro.

Para este ensaio, adoptou-se como material de ensaio, um esclerómetro de Schmidt, que é mais apropriado a betões. Como tal, o valor de impacto da mola condiciona o valor do índice esclerométrico obtido, ou seja, varia consoante o esclerómetro usado.

b) Resultados

Após as 12 medições, calculou-se o valor do índice esclerométrico médio bem como a sua resistência superficial.

5.6.3.2 Tubos de Karsten – Método dos cachimbos (aos 44 dias)

O ensaio que aqui se descreve [25] tem o propósito de determinar a quantidade de água absorvida numa dada área e num determinado intervalo de tempo, caracterizando assim através de um coeficiente de absorção, os diferentes tipos de argamassas em estudo. A finalidade deste ensaio visa a compreensão do comportamento dos rebocos, nomeadamente ao nível da sua porosidade.

Para avaliar a permeabilidade à água líquida dos vários tipos de reboco presentes recorreu-se à técnica do tubo de Karsten. Foram ensaiados nove paramentos e utilizados em médias três tubos graduados em cada.

a) Procedimento de ensaio

O processo do ensaio consistiu em:

- Definir as zonas a ensaiar;
- Fixar os tubos nos paramentos;
- Período de secagem do silicone;



Figura 5.68 - Introdução de água no tubo de Karsten

- Encher com água os tubos até ao valor 0 cm³ – graduado no vidro;
- Ligar o cronómetro após a colocação da água;
- Efectuar as leituras da quantidade de água absorvida aos 5, 10, 15, 30 e 60 minutos;

Para a fixação dos tubos aos paramentos utilizou-se um silicone transparente que foi colocado na superfície de contacto do tubo bem como na sua envolvente de modo a isolar a superfície de contacto. Outro aspecto tido em consideração, foi o estado da superfície do revestimento (rugosa, lisa) bem como a existência ou não de fissuras.

b) Resultados

Obtém-se para cada instante de leitura um coeficiente médio de absorção por área de contacto entre a água e a argamassa. Este coeficiente é expresso através de:

$$C_{abs} = \frac{m}{A} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Sendo;

M – massa de água absorvida em cada instante (g);

A – área de absorção.

Consideram-se para efeitos de análise, os valores médios dos diferentes provetes ensaiados.

5.6.3.3 Humidímetro (realizado aos 28 dias)

Caracteriza-se por ser um aparelho portátil que mede o teor de humidade à superfície. Para cada paramento em estudo, registou-se doze valores de modo a que a amostra seja maior.

a) Procedimento de ensaio

- Definir pontos a testar, conforme ilustra a imagem em baixo;
- Colocar o aparelho em contacto, perpendicularmente, com a superfície do paramento em estudo;

- Proceder à leitura do valor indicado no monitor.

1	4	7	10
2	5	8	11
3	6	9	12

Figura 5.69 - Marcação dos pontos no revestimento exterior

b) Resultados

Consideram-se para efeitos de análise, os valores médios dos diferentes provetes ensaiados.



Figura 5.70 - a) Posicionar aparelho b) Efectuar leitura

5.6.3.4 Ultra-Sons (aos 28 dias)

Aplicada aos revestimentos de paredes, a técnica dos ultra-sons é utilizada essencialmente para:

- Estimativa da resistência do material ensaiado;
- Caracterização do estado de degradação e desempenho;
- Observação de anomalias e heterogeneidades;
- Detecção, medição e monitorização de fendas, fissuras e juntas;
- Avaliação das propriedades mecânicas.

A estimativa da resistência do material ensaiado baseia-se no princípio de que materiais apresentam velocidades de propagação das ondas e valores de resistência mais elevados.

Este ensaio foi realizado segundo a norma europeia EN 12504-4 [26] e para a sua realização foi necessário os seguintes equipamentos:

- Transdutores;
- Marcador;



- Régua;
- Transdutores;
- Vaselina;
- Espátula;
- Aparelho registador;

Segundo a EN 12504-4 [26], a posição dos transdutores para medição do tempo de propagação das ondas ultra-sónicas pode ser efectuada de três modos distintos:

- Método directo;
- Método semi-directo;
- Método indirecto;

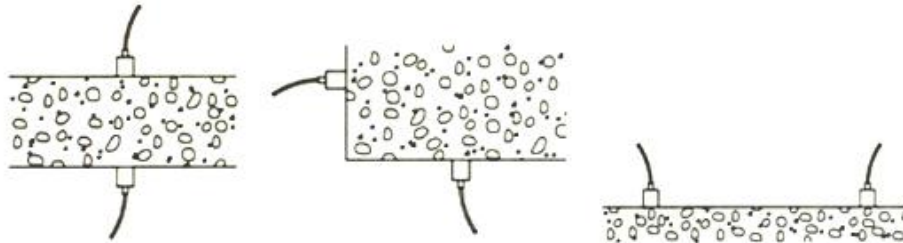


Figura 5.71 - Esquema representativo dos três tipos de métodos existentes a) método directo; b) método semi-directo e c) método indirecto [26]

Para este estudo, recorreu-se ao método indirecto apesar de apresentar uma maior incerteza nos resultados na medida em que a velocidade obtida é uma velocidade aparente, devido ao comprimento do percurso das ondas não ser medido com tanta precisão. Assim sendo, realizaram-se 5 medições ao longo de cada paramento de modo a aumentar a representatividade das zonas entre os transdutores e conseqüentemente a reduzir a incerteza dos resultados obtidos.

a) Procedimento de ensaio

- Marcação dos pontos, a uma distância de 10 cm, no revestimento exterior com o auxílio de uma régua;



Figura 5.72 - a) Definição dos pontos b) Aparelho registador



- Colocar vaselina na zona de contacto dos transdutores bem como nos pontos marcados com recurso a uma espátula;
- Ligar os transdutores ao aparelho de medição central;
- Proceder à calibração do aparelho;



Figura 5.73 - a) Aplicar vaselina nos pontos a ensaiar b) Método indirecto

- Aplicar os dois transdutores (receptor e transmissor) nos pontos marcados anteriormente – aplicação do método indirecto;
- Registar a velocidade aparente das ondas elásticas e o tempo decorrido, indicada pelo aparelho.

b) Resultados

O valor final foi calculado através da média dos 5 valores registados em cada uma das superfícies testadas.

5.6.3.5 Pull-off (aos 90 dias)

O método adoptado segue o disposto na norma europeia EN 1015-12 [27] consiste em determinar a força de aderência a partir da máxima tensão aplicada por tracção directa perpendicular à superfície de argamassa. Esta carga é aplicada através de uma pastilha colada na superfície da argamassa, tendo-se utilizado pastilhas metálicas circulares e quadrada.

Existem três tipos de roturas possíveis de ocorrerem, mais concretamente:

- Fractura de adesão – na interface entre a argamassa e o suporte. O valor do ensaio iguala a força de aderência (EN 1015-12, 2000);
- Fractura de coesão – através de fractura interna da argamassa ou do suporte. A força adesiva é maior que o valor obtido no ensaio (EN 1015-12, 2000);
- Cedência na zona colada entre a pastilha e a argamassa – ensaio inválido.

a) Procedimento de ensaio

De modo, a efectuar o ensaio procedeu-se às seguintes etapas:

- Regularizar a superfície da camada de argamassa com uma pedra de desgaste;



- Marcar os locais de entalhe;
- Realizar o processo de corte para as bolachas circulares ($A=16\text{ cm}^2$) e quadradas ($A=25\text{ cm}^2$);



Figura 5.74 - a) Marcação das zonas a colar b) Bolachas quadradas coladas

- Colagem das pastilhas e posterior período de secagem;
- Posicionar o aparelho na superfície testada;
- Encaixar o parafuso no orifício da bolacha;
- Ajustar a área a testar no aparelho e colocar a carga aplicada a zero;
- Encaixar o parafuso ao aparelho de arrancamento através da abertura lateral;
- Ajustar novamente a área a testar no aparelho e colocar a carga aplicada a zero;
- Rodar lentamente o manípulo, aumentando gradualmente a carga aplicada, até ocorrer o arrancamento do conjunto pastilha+argamassa;
- Verificar/Registar o tipo de rotura ocorrida;

Para estabelecer uma análise correcta, utiliza-se a seguinte equação [28] de modo a homogeneizar os resultados obtidos por bolachas quadradas e circulares:

$$\sigma_{circ} \times A_{circ} = \sigma_{quad} \times A_{quad}$$



Figura 5.75- a) Posicionamento do aparelho b) Exemplo de rotura mista

b) Resultados

Para cada reboco, foram ensaiados 5 valores que posteriormente são usados na obtenção do valor final relativo à força de aderência de cada uma das superfícies.

5.6.3.6 Ensaio de absorção por capilaridade (aos 28 dias)

O ensaio foi realizado de acordo com a Norma Europeia EN 1015-18 [29] e o equipamento utilizado consistiu em:

- Máquina de corte eléctrica;
- Balança;
- Estufa;
- Excicador;
- Régua;
- Papel absorvente;
- Tina.

Foram ensaiados três provetes (0,40x0,40x1,60) de cada tipo de argamassa aos 28 dias de idade de acordo com o procedimento a seguir descrito.

a) Procedimento de ensaio

- Retirar provetes da câmara de cura, ao fim do 28º dia;
- Colocar numa estufa ventilada, a uma temperatura de 60 +/- 5°C até estabilização das respectivas massas, aproximadamente 3 dias, ou seja, verificada a condição $\Delta M < 0,2\%$ da massa total.



Figura 5.76 - a) Pesagem dos provetes b) Colocação na estufa

- Serrar os provetes ao meio após retirados da estufa e posterior identificação;
- Colocar os provetes cortados na estufa para secagem rápida da água que foi utilizada no processo de corte dos mesmos;



Figura 5.77 - a) Corte das amostras b) Aplicação de impermeabilizante



- Aplicar tinta impermeabilizante nos provetes de modo à ascensão capilar efectuar-se exclusivamente no interior da argamassa;
- Período de secagem da tinta;
- Introduzir os provetes a ensaiar no excicador, durante um dia, com o objectivo de terminar o processo de presa;
- Pesagem dos provetes revestidos com a tinta impermeabilizante após serem removidos do excicador;
- Preparar tina de água, criando uma linha de água com 10 mm de altura – para evitar a evaporação da água foi colocado um tampo de vidro;
- Posicionar os provetes no interior da tina com as faces cortadas viradas para baixo, dando-se início ao ensaio;



Figura 5.78 - Provetes no interior da tina com água

- Efectuar as leituras respectivas, aos 10 min, 90 min, 3 h, 6h, 24 h, 48 h e 72 h;
- Retirar faseadamente os provetes;
- Limpar a face molhada com um papel absorvente;
- Pesagem do provete para o intervalo de tempo correspondente;
- Repetição dos últimos três pontos para os restantes tempos de leitura.

b) Resultados

A absorção por capilaridade pode ser traduzida pela curva de absorção capilar que corresponde ao andamento do gráfico que indica a quantidade de água absorvida por unidade de área da base do provete em função da raiz quadrada do tempo de imersão.

O coeficiente de absorção de água por capilaridade é obtido através da seguinte expressão [27]:

$$C_{abs} = 0,1 * (M2 - M1)$$

Em que,

M1 corresponde à massa do provete, aos 10 minutos;

M2 corresponde à massa do provete, aos 90 minutos.



Através da expressão é possível calcular o coeficiente de absorção de água para cada provete sendo o valor final a média dos resultados individuais dos três provetes referentes aos diferentes tipos de rebocos em estudo.

5.6.3.7 PH – Fitas colorimétricas (aos 44 dias)

Baseia-se na determinação do ph da superfície testada.

a) Procedimento de ensaio

A realização deste ensaio englobou as seguintes tarefas:

- Colocar fita em contacto com a superfície do reboco em estudo;
- Aplicar água destilada sobre a mesma fita;
- Comparar cor obtida com as cores padrão existentes;
- Registar o valor de pH tendo em conta a cor da fita ensaiada.

b) Resultados

Tendo em conta que se trata de rebocos recentes, apenas se realizou uma medição para cada um dos rebocos existentes.



Figura 5.79 - Comparação do resultado obtido com valores-padrão

5.6.4 Ensaio Laboratoriais

5.6.4.1 Mesa de Espalhamento

O procedimento experimental realizado baseou-se na Norma Europeia EN 1015-3 [30] e caracteriza-se pela determinação da consistência por espalhamento, mais concretamente, a fluidez da argamassa fresca.

Ao longo da campanha experimental, foram realizadas diversas argamassas com diferentes espalhamentos em função das características pretendidas, por exemplo, na realização do encasque produziu-se uma argamassa pouco fluída de modo a obter uma melhor aderência ao suporte e a preenchimento das depressões existentes. Para o efeito, recorreu-se ao seguinte equipamento:



- Mesa de espalhamento;
- Colher;
- Cone de Abrams normalizado;
- Régua;
- Pilão normalizado;

a) Procedimento de ensaio

- Limpar a superfície da mesa com um pano seco e limpo;
- Posicionar o molde no centro da mesa;
- Encher o molde em duas camadas de argamassa, com uma colher, e compactar com 10 golpes do pilão cada uma das camadas de modo a obter uma superfície plana e a distribuição uniforme;



Figura 5.80 - Preenchimento e compactação

- Rasar a superfície do molde de forma a remover o material existente em volta;
- Retirar suavemente o molde;



Figura 5.81 - Aspecto da argamassa após remover o molde

- Aplicar 15 revoluções em 15 segundos;
- Medir o espalhamento em 2 diâmetros perpendiculares entre si, com o auxílio da régua;



b) Resultados

Após efectuar as duas medições, procede-se à média destes dois valores obtendo, assim, o valor final correspondente ao espalhamento (cm);

5.6.4.2 Massa Volúmica

Este ensaio foi realizado de acordo com a Norma Europeia EN 1015-2 [31] e teve como finalidade, a determinação da massa volúmica das argamassas em pasta produzidas com o decorrer desta campanha experimental.

Utilizaram-se os seguintes equipamentos:

- Balança;
- Colher;
- Recipiente;

a) Procedimento de ensaio

Concluída a preparação da argamassa, procedeu-se às seguintes tarefas:

- Pesagem do recipiente – tirar a tara;
- Encher o recipiente com 2 camadas iguais sendo que cada uma deve ser compactada suavemente, com 10 pancadas leves, inclinando cada lado do recipiente, alternadamente;



Figura 5.82 - 1ª camada compactada após as 10 pancadas

- Alisar a superfície, após a compactação da última camada, com uma régua;
- Limpar os resíduos acumulados em volta do recipiente;
- Pesagem do recipiente com a argamassa, obtendo assim o valor da massa da argamassa no estado fresco.



b) Resultados

A massa volúmica da argamassa em pasta pode então ser calculada através da expressão (CEN, 1998b).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Sendo;

ρ - massa volúmica da argamassa em pasta (g/dm^3);

m – massa total da argamassa contida no interior do recipiente (g);

V – volume de argamassa contido no interior do recipiente cheio, que é igual à sua capacidade total previamente conhecida.

5.6.4.3 Teor em Ar

Este ensaio faz parte de um conjunto de ensaios no estado fresco apresentados na Norma Europeia EN 1015-7 [32] e visa determinar a percentagem de ar existente nas argamassas produzidas. Os equipamentos usados foram:

- Campânula;
- Recipiente;
- Esguicho.

a) Procedimento de ensaio

Finalizado o ensaio relativo à determinação da massa volúmica em estado fresco, desenvolveu-se os seguintes passos:

- Posicionar a campânula sobre o recipiente cheio;
- Fechar as cavilhas do mesmo aparelho;



Figura 5.83 - Medição do teor em ar

- Abrir as válvulas laterais, posição para cima, e verificar se a campânula está despressurizada;
- Injectar água pela válvula da direita;



- Fechar, simultaneamente, as duas válvulas assim que a água sair pela válvula da esquerda;
- Libertar a bomba de pressão e ajustar o ponteiro do mostrador com o botão vermelho – válvula de descompressão – até ao 0;
- Efectuar a leitura indicada no mostrador.

b) Resultados

Para cada argamassa produzida, efectuou-se uma medição do teor em ar.

5.6.4.4 Retracção (realizada aos 28 e 56 dias)

O presente ensaio foi realizado de acordo com o documento normativo LNEC E – 398 -1993 [33] e tem como finalidade a determinação da variação de volume – retracção – das argamassas produzidas. A retracção dos provetes preparados anteriormente (40x40x160 mm) foi medida até aos 56 dias de idades e iniciada logo após o processo de desmoldagem dos mesmos (a uma 22,8°C e com uma humidade de 56%). Foram necessários os seguintes equipamentos:

- Provetes de argamassa preparada anteriormente – os provetes devem possuir pontos de referência materializados por hastes metálicas colocadas durante a moldagem nos topos do provete;
- Pernos metálicos;
- Aparelho de medição da retracção.

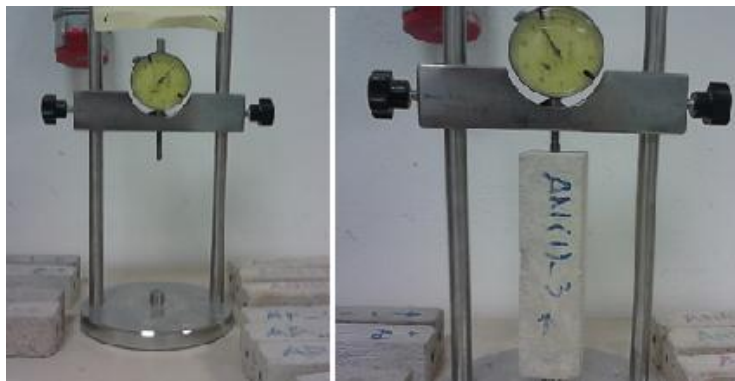


Figura 5.84 - Colocação dos provetes e leitura da retracção

a) Procedimento de ensaio

Baseou-se nos seguintes passos:

- Limpar o provete de modo a retirar pequenos detritos que possam existir;
- Colocação do provete no aparelho e verificar o seu correcto posicionamento
- Rodar o provete;
- Registar valor da retracção.



b) Resultados

Após as 3 medições para cada uma das argamassas formuladas, calculou-se a média dos respectivos resultados obtidos.

5.6.4.5 Ensaios de Flexão e Compressão

O ensaio para determinar a resistência da argamassa endurecida à flexão e à compressão foi realizado de acordo com a EN 1015-11 [34]. Neste ensaio foram utilizados 3 provetes para cada uma das camadas de reboco produzidas, aos 7, 21 e 28 dias de idade. Para o efeito, o equipamento usado consistiu em:

- Máquina de ensaio – prensa;



Figura 5.85 - Máquina de ensaio utilizada

a) Procedimento de ensaio

Relativamente, ao ensaio de resistência à flexão, as etapas realizadas foram:

- Retirar provetes da câmara de cura nos prazos estabelecidos anteriormente;
- Limpar eventuais detritos existentes na zona de ensaio e/ou nos provetes a ensaiar;
- Colocar provete com uma das faces de moldagem sobre os rolos de suporte;
- Alinhar a amostra para que a carga seja aplicada em toda a superfície da amostra em contacto com o prato da máquina;
- Aplicar, gradualmente, carga sem choque a uma velocidade de 50 N/s de modo que a rotura ocorra num intervalo de tempo entre 30 a 90 segundos;
- Registrar valor correspondente à carga máxima aplicada do provete, expressa no mostrador do aparelho em N;
- Calcular a tensão de rotura à flexão, N/mm^2 .

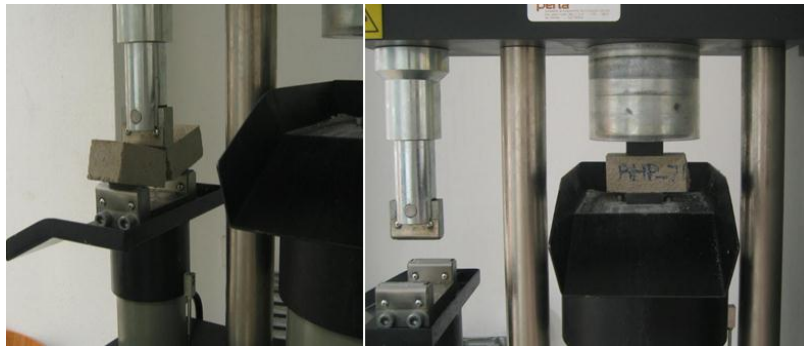


Figura 5.86 - Exemplos de ensaios de resistência à flexão e compressão

No que diz respeito ao ensaio de resistência à compressão, procedeu-se da seguinte forma:

- Retirar provetes da câmara de cura nos prazos estabelecidos anteriormente;
- Limpar eventuais detritos existentes na zona de ensaio e/ou nos provetes a ensaiar;
- Colocar provete com uma das faces de moldagem sobre os rolos de suporte;
- Alinhar a amostra para que a carga seja aplicada em toda a superfície da amostra em contacto com o prato da máquina;
- Testar, separadamente, as metades dos provetes resultantes do ensaio de resistência à flexão;
- Aplicar, carga de forma gradual e sem choques em incrementos da ordem dos 50N/s a 500N/s para que a rotura ocorra num período compreendido entre 30s a 90s;
- Registrar valor correspondente da carga máxima aplicada, em N – ver fig.5.87;



Figura 5.87 - Mostrador do aparelho indicando o valor da força aplicada

- Calcular a tensão de rotura por compressão como a máxima carga suportada pela amostra dividida pela área da superfície que a suportou.

b) Resultados

Realizou-se a média dos 3 valores de rotura obtidos para cada argamassa testada para a resistência à flexão, por outro lado, o valor final da compressão foi calculado com base numa média de 6 valores.





6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Por forma, a uma melhor compreensão dos dados e análise apresentadas neste capítulo importa mencionar os aspectos relevantes para o efeito, entre os quais, se destacam:

- Tipos de suporte: betão, alvenaria de tijolo e ordinária;
- Diferentes camadas de reboco: tradicional, praticado em obra e pré-doseado;
- Número de camadas: uma a três;
- Espessura de camadas: entre 1,5 cm a 3 cm;
- Constituintes utilizados e sua influência.

6.1 Ensaio em estado fresco

– Mesa de Espalhamento e Teor em Ar

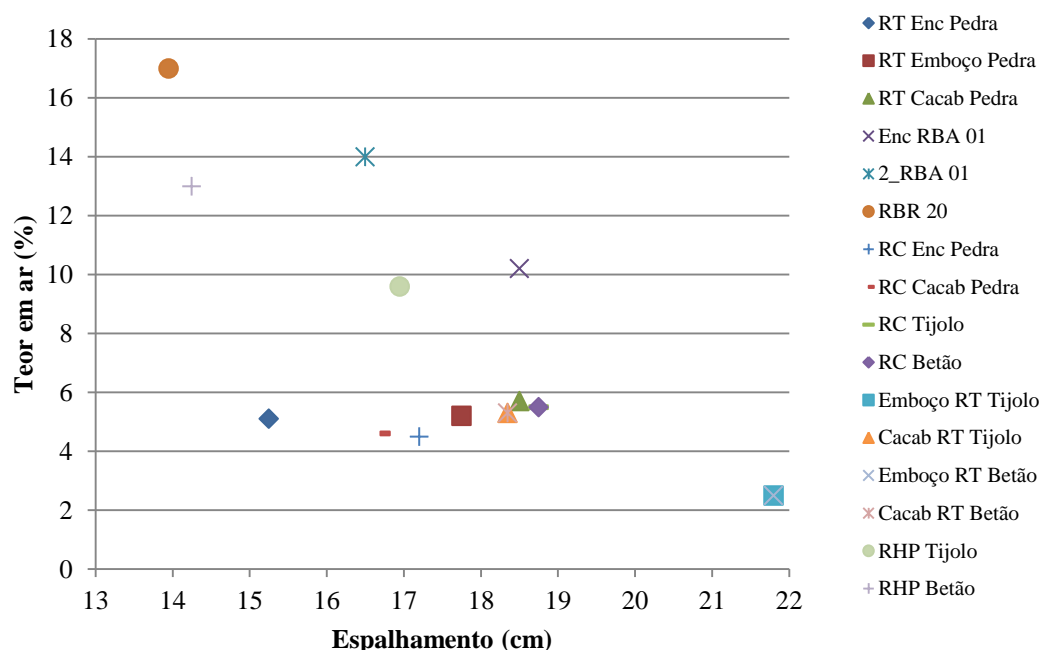


Figura 6.1 - Relação entre espalhamento e teor em ar das argamassas

A [figura 6.1](#) espelha a relação existente entre o espalhamento obtido pela argamassa em estado fresco com o teor em ar apresentado.

Numa primeira análise, seria questionável o facto de uma argamassa com espalhamento elevado apresentar um teor em ar elevado, conforme é o caso de RBR 20, todavia tal deve-se à presença de hidrofugantes da mesma argamassa que repele a presença de água e assim sendo os vazios existentes no seu interior não são preenchidos pela água introduzida na realização do ensaio.

A dispersão de valores demonstrada é consequência das diferentes argamassas utilizadas bem como da função a que se destinam. Por exemplo, RBR 20 apresenta um espalhamento de 13,95 cm que *a priori* poderia ser reduzido (tendo em conta que o valor mínimo indicado era 15%),



todavia, a sua aplicação foi satisfatória e, por outro lado, o seu elevado teor em ar, está relacionado com a presença de hidrofugantes.

O valor relativo ao emboço do reboco tradicional realizado na alvenaria de tijolo e betão é excessivo e está relacionado com o facto de se pretender uma argamassa fluída e fácil aplicação mas que posteriormente, favorece uma retracção maior da camada e torna-a mais porosa e assim sendo mais permeável á água conforme é possível constatar com os resultados apresentados mais adiante.

Constata-se, assim, a importância que a quantidade de água de amassadura utilizada para a elaboração de cada uma das camadas tem no seu desempenho, designadamente, retracção, trabalhabilidade e permeabilidade à água.

Destaque ainda, para os valores também considerados baixos, tendo como referência os 18 cm, do encasque do reboco tradicional – por forma a uma melhor aderência ao suporte e enchimento das depressões existentes – e do RHP betão cujas causas são mencionadas nos resultados referentes à resistência à compressão.

6.2 Ensaios em estado endurecido

– Resistência à compressão simples

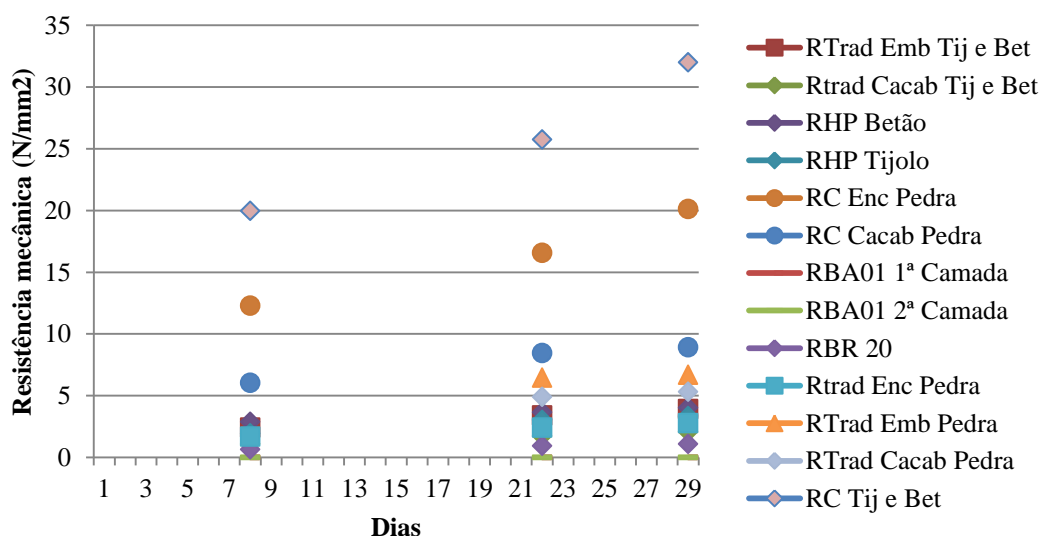


Figura 6.2 - Resistência à compressão simples aos 7º, 21º e 28º dias

Através da [figura 6.2](#), verifica-se que existem duas camadas de reboco que se sobrepõem às restantes, nomeadamente:

- Camada de Acabamento - Reboco corrente em suporte de betão e tijolo;
- Encasque – Reboco corrente em alvenaria ordinária.



Tal facto, deve-se aos traços usados para as mesmas camadas, ou seja, o 1:3 corresponde ao traço mais forte usado na campanha experimental descrita anteriormente e como tal, a percentagem de cimento e a ausência de cal contribuíram para que os provetes testados registassem uma resistência mecânica elevada logo ao 7º dia devido ao processo de cura ser superior relativamente a todas as outras camadas (nos primeiros dias). Nos restantes provetes observou-se um crescimento linear da resistência mecânica devido à presença de cal hidráulica, ou seja, cura mais demorada.

Como as camadas relativas ao reboco tradicional bem como ao reboco pré-doseado apresentavam na sua constituição cal hidráulica provocou um endurecimento mais lento comparativamente aos provetes referentes ao reboco praticado, correntemente, em obra, justificando-se assim que os valores obtidos sejam bastante mais baixos nas 3 datas ensaiadas (7,21,28 dias). No entanto, estes resultados obtidos não comprovam que estes mesmos rebocos não apresentem um maior desempenho mecânico que o reboco corrente a longo prazo.

Outro ponto interessante registado prende-se com o cumprimento da regra de degressividade entre as camadas, tal como havia sido referido no capítulo 4, e que pode ser observado com maior rigor nas tabelas apresentadas em anexo. O facto da camada subjacente ser mais forte impede que as tensões aplicadas nesta camada sejam de elevada intensidade e como tal origine fissuras na camada. O tempo de secagem entre a realização de camadas também se revela importante.

Relativamente, aos rebocos pré-doseados utilizados, destaque para as camadas executadas com a argamassa RBA 01 que não apresentaram valores significativos para a escala utilizada bem como para a data de ensaio: 28 dias.

Propriedades	Classes	Valores
Resistência à compressão aos 28 dias	CS I	0,4 a 2,5 N/ mm ²
	CS II	1,5 a 5,0 N/ mm ²
	CS III	3,5 a 7,5 N/ mm ²
	CS IV	>7,5 N/mm ²

Quadro 15 – Classes de resistência à compressão aos 28 dias

Com base, na tabela apresentada em cima, baseada na EN 998:1 2003 [35], observa-se um conjunto de classes de argamassas tendo em conta a sua resistência aos 28 dias e, como tal, seguidamente procede-se à caracterização de todas as argamassas realizadas neste trabalho final de mestrado:

- CS I – RBA 01, RBR 20;
- CS II – RHP Tijolo, Camada de acabamento (tijolo e betão), encasque do reboco tradicional;



- CS III – RHP betão, emboço (tijolo, betão e pedra), camada de acabamento (pedra);
- CS IV – Reboco corrente (encasque e camada de acabamento em todos os suportes).

Em relação à CS I, a escala da prensa utilizada não registou valores tanto para RBA 01 como para RBR 20. Relativamente ao ensaio à flexão, apenas foram obtidos valores para as argamassas de cimento – reboco corrente – devido a uma cura mais rápida, tendo todas as outras relevado resultados inconclusivos, mais uma vez, devido à escala do aparelho não registar valores baixos – ver anexos.

Com base nos pressupostos apresentados em capítulos anteriores, é desaconselhável a aplicação da argamassa correspondente aos rebocos corrente em alvenarias antigas dado que, registou resistências mecânicas elevadas e, previsivelmente, módulo de elasticidade elevado não se compatibilizando assim, com suportes de alvenarias antigas que, usualmente, apresentam elevada deformabilidade e baixas resistências.

As argamassas realizadas para os rebocos tradicionais e pré-doseados apresentam valores aceitáveis que se aproximam dos resultados-padrão indicados no quadro 6 relativo às características de argamassas a aplicar em alvenarias antigas – 0,4 a 2,5 MPa aos 90 dias.

– Esclerómetro

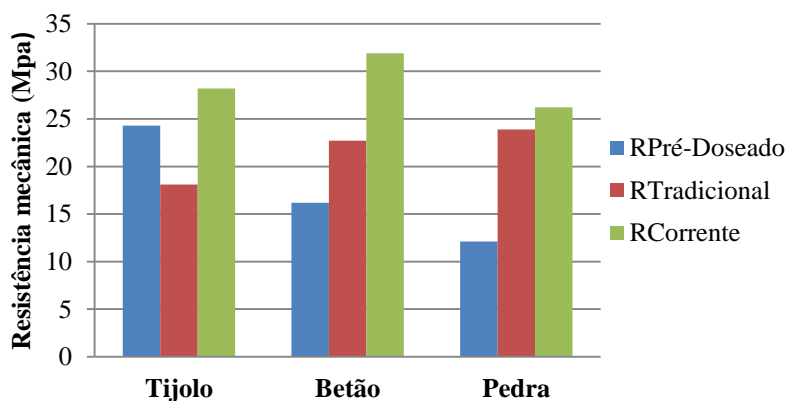


Figura 6.3 - Resistência superficial dos diferentes rebocos executados

Paralelamente, ao ensaio laboratorial, utilizou-se o esclerómetro de Schmidt de modo a obter os valores da resistência à compressão dos rebocos realizados. Conforme, é possível observar na [figura 6.3](#), os resultados atingidos estão em concordância com a [figura 6.2](#), assim:

- O reboco corrente é aquele que apresenta uma resistência mecânica mais elevada em todos os suportes em comparação com os restantes rebocos sendo que uma das causas, além da percentagem de cimento utilizada, para o esclerómetro ter registado o valor mais elevado no betão se deva à dureza do mesmo suporte;



- O reboco pré-doseado na alvenaria ordinária-pedra, que tinha como camada final RBR 20 apresenta também aqui, o valor mais baixo;
- O reboco tradicional em alvenaria de tijolo e betão foi construído com a mesma argamassa e como tal, o resultado superior registado no betão justifica-se devido à maior dureza do betão em relação ao tijolo;

Porém, existe um resultado *in-situ* que não confirma o valor obtido laboratorialmente, mais concretamente, a resistência mecânica evidenciada pelo reboco pré-doseado, RHP, no betão e na alvenaria de tijolo. Se por um lado, na [figura 6.2](#), o RHP do betão se superioriza ao tijolo, por outro apresenta um valor mais reduzido em comparação ao mesmo suporte. A principal causa para o sucedido baseia-se no facto dos provetes do RHP betão apresentarem uma menor quantidade de água na sua elaboração, atingindo assim uma resistência superior mas também pela camada de reboco de RHP ter evidenciado fissuração uns dias após a sua execução.

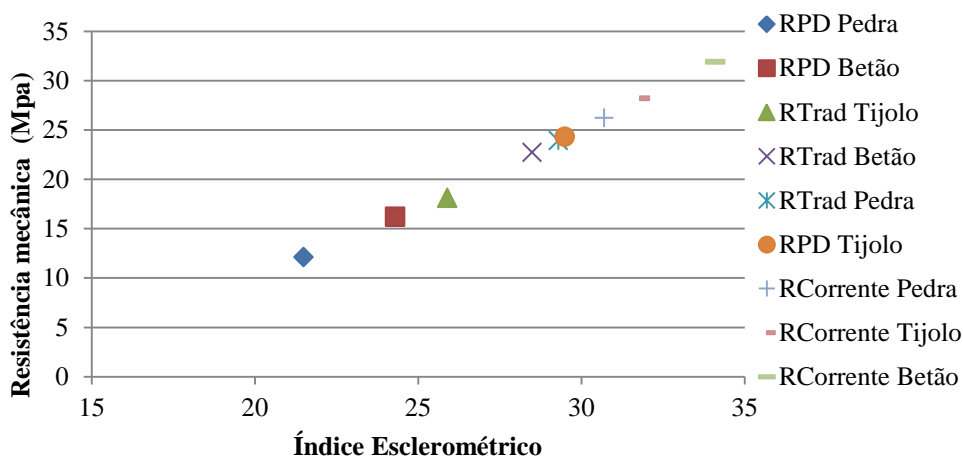


Figura 6.4 - Relação entre a resistência superficial e o índice esclerométrico

Ainda relacionado com o comportamento físico dos 9 rebocos, é possível identificar o acréscimo do valor do índice esclerométrico à medida que a resistência vai aumentando (linearmente). Também neste caso, não foi possível estabelecer nenhum paralelismo com os valores padrão já existentes [36] dado que a energia de impacto bem como a zona de impacto do martelo de Schmidt ser superior à do esclerómetro pendular.

Todavia, adoptou-se a seguinte tabela por forma a identificar as diferentes resistências.

IE (MPa)	Qualidade relativa à resistência
<10	Fraca
10-16	Moderada
17-25	Normal
≥ 26	Dura

Quadro 16 - Qualidade dos revestimentos com base no IE



Estabelecido um intervalo de valores respeitantes à qualidade relativa à resistência à compressão, é possível classificar os rebocos realizados na campanha experimental, isto é:

- Moderada – Reboco pré-doseado em alvenaria ordinária e betão;
- Normal – Reboco pré-doseado e reboco tradicional em alvenaria de tijolo, reboco tradicional em alvenaria ordinária e betão;
- Dura – Reboco corrente realizado nos três tipos de suporte utilizados.

Exemplo de Reboco Tradicional

Exemplo de Reboco Corrente

■ Areia Média ■ Areia Fina ■ Cimento ■ Água ■ Cal ■ Areia Média ■ Areia Fina ■ Cimento ■ Água

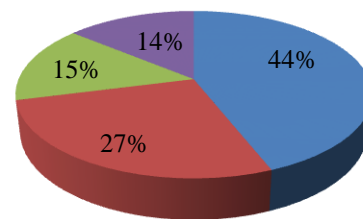
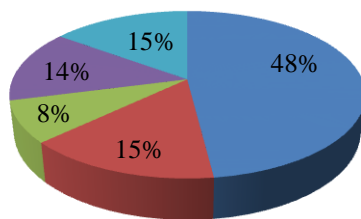


Figura 6.5 - Percentagem de constituintes a) reboco tradicional b) reboco corrente

Através destes três gráficos ilustrativos de cada um dos rebocos executados, destacam-se os seguintes aspectos:

- Na amassadura de argamassas pré-doseadas, um desconhecimento das características das mesmas por parte do operador pode revelar-se prejudicial, como aconteceu na aplicação do RHP no suporte de betão;
- Apesar da água adicionada ter respeitado o intervalo indicado na ficha técnica, a argamassa não aderiu em condições satisfatórias ao suporte, tendo contribuído para o efeito, o processo de amassadura (realizado com uma pá num carro de mão);

Exemplo de Reboco Pré-Doseado

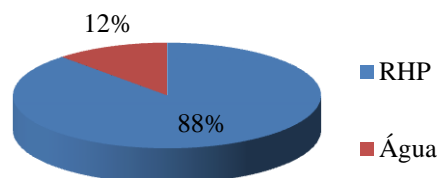


Figura 6.6 - Percentagem de constituintes de um dos rebocos pré-doseados: RHP

- A diferença e justificação para a obtenção de valores distantes de resistência mecânica entre o reboco corrente e tradicional reside na percentagem de cimento usado bem como na adição ou não de cal hidráulica;



- A percentagem de areia usada, também favorece a existência de um maior número de vazios dado que quanto maior for maior é a dificuldade do ligante em homogeneizar a argamassa;
- Excesso/defeito de água de amassadura revela-se importante na aplicação da argamassa mas também ao nível da retracção das camadas e como tal é fundamental uma dosagem adequada no sentido de evitar anomalias.

– **Retracção**

Evolução da retracção dos provetes					
Camadas ensaiadas	7º dia		28º dia		56º dia
	(mm)	% (em relação ao 56º dia)	(mm)	% (em relação ao 56º dia)	(mm)
RHP Tijolo	0,18	48,6%	0,33	88,3%	0,37
RHP Betão	0,05	19,8%	0,27	100,0%	0,27
RPD Enc Pedra	0,10	43,5%	0,23	100,0%	0,23
RPD Emb Pedra	0,11	64,7%	0,17	100,0%	0,17
RPD Cacab Pedra	0,09	37,5%	0,23	95,8%	0,24
RC Enc Pedra	0,07	50,0%	0,14	100,0%	0,14
RC Cacab Pedra	0,16	55,2%	0,29	98,9%	0,29
RC Cacab Tijolo	0,10	26,9%	0,27	74,1%	0,36
RC Cacab Betão	0,10	27,8%	0,27	74,1%	0,36
RTrad Emboço Tijolo	0,07	20,0%	0,27	78,1%	0,35
RTrad Emboço Betão	0,07	20,0%	0,27	77,1%	0,35
RTrad Cacab Tijolo	0,05	14,3%	0,30	84,8%	0,35
RTrad Cacab Betão	0,05	14,3%	0,30	84,8%	0,35
RTrad Enc Pedra	0,06	37,8%	0,15	100,0%	0,15
RTrad Emb Pedra	0,15	63,9%	0,24	98,6%	0,24
RTrad Cacab Pedra	0,12	46,2%	0,26	100,0%	0,26

Quadro 17 - Evolução da retracção dos diferentes provetes até ao 56º dia

Analisando a evolução da dimensão dos diferentes provetes ao longo dos 56 dias, conforme é apresentado no [Quadro 17](#), conclui-se que:

- Resultados correspondentes aos rebocos executados em alvenaria de tijolo e no betão apresenta uma perda de água semelhante, cerca de 0,37 mm, excepto, o RHP betão devido às causas apresentadas anteriormente – argamassa mais seca;
- Na alvenaria ordinária, os encasques evidenciam as menores retracções devido à quantidade de água utilizada (ver o espalhamento obtido) para a função a que se destinavam;
- Todos os provetes relativos aos rebocos realizados na alvenaria ordinária apresentam uma gama de valores mais baixo comparativamente aos restantes suportes, devendo-se esta situação, a um maior controlo e rigor na realização das amassaduras;
- Ocorre um ressalto significativo nos primeiros dias de ensaio, tendo a estabilizar com o desenrolar dos dias sendo que quanto maior a quantidade de água maior será a perda de



volume e conseqüentemente, originar vazios no interior da estrutura tornando-a assim mais porosa;

- Ao 28º dia do ensaio, os provetes correspondentes às camadas dos rebocos realizados na alvenaria ordinária apresentavam valores estáveis em relação ao 56º dia, isto é, a retracção ocorreu, praticamente, na sua totalidade;
- Comparando o desempenho das argamassas de reboco corrente com as de reboco tradicional, enquanto no 7º dia, as primeiras apresentavam um maior valor percentual, no 28º dia, o reboco tradicional já evidenciava supremacia em relação às primeiras. Este comportamento era expectável, uma vez que, as argamassas de cimento têm uma cura mais rápida nos primeiros dias em contraponto, com as argamassas que sejam constituídas, parcialmente, por cal hidráulica (processo de cura mais retardado);
- O cumprimento dos tempos de cura estabelecidos para posterior aplicação de nova camada deve averiguar, previamente, a evolução da retracção. Ao verificarmos as percentagens do 7º dia de cada uma das camadas ensaiadas, detectamos que a camada de emboço do reboco pré-doseado e tradicional na alvenaria ordinária bem como reboco corrente realizado na alvenaria ordinária apresentam uma retracção superior a 50%, isto é, a retracção considerada mais significativa já ocorreu e como tal, pode aplicar-se uma nova camada sem que esta seja afectada por retracção excessiva da camada subjacente;
- Não obstante o referido anteriormente, as camadas de acabamento do reboco tradicional a realizar na alvenaria de tijolo e betão deveriam ter sido executadas após um período de secagem superior a 7 dias (considerado o tempo mínimo de cura para a camada de emboço) devido à reduzida retracção evidenciada. Uma vez que, ao 28º dia, 78% da retracção ocorreu, é expectável que os 21 dias recomendados pelas regras de boa arte fossem o período indicado para a secagem das respectivas camadas;
- A causa plausível para que o RHP betão apresente um dos menores valores de retracção ao 7º dia e por sua vez, ao 28º dia já tenha estabilizado o seu valor, está na inadequada/ineficiente amassadura e pouca quantidade de água,

– **Humidímetro**

Com base nos resultados apresentados em baixo, verifica-se que existe um suporte que se destaca em detrimento dos outros, isto é, alvenaria de tijolo. Ainda assim, e salvo as devidas proporções, o reboco corrente é aquele apresentava maior humidade superficial enquanto o reboco pré-doseado a mais reduzida.

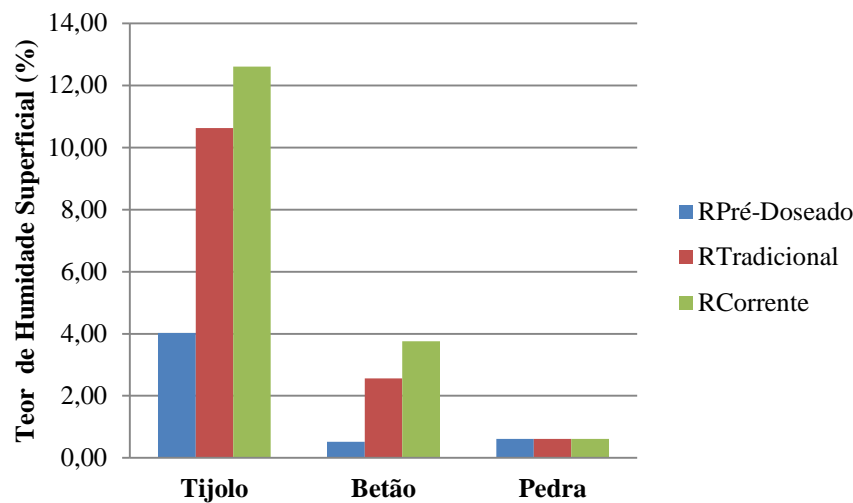


Figura 6.7 - Teor em humidade superficial dos diferentes rebocos

Os tipos de suporte utilizados apresentam neste ensaio de forma clara a sua influência no comportamento das camadas de reboco executadas, ou seja, tanto o betão como a alvenaria ordinária apresentam um poder de absorção de água muito elevado em comparação com a alvenaria de tijolo, mesmo tendo sido saturados previamente.

Outra justificação plausível mas não tão preponderante, reside na quantidade de água usada nas amassaduras de cada camada de reboco, podendo constatar-se os valores obtidos na mesa de espalhamento. Adicionalmente, considera-se de especial relevância, a execução da camada de salpico, ou seja, o reboco corrente realizado na alvenaria de tijolo apresenta esta camada, contrariamente, ao reboco tradicional e assim, evita uma menor absorção de água por parte do suporte que o segundo (apresenta maior teor de humidade à superfície).

Relativamente, aos rebocos pré-doseados executados importa salientar que apesar do valor no betão, RHP, se assemelhar ao da alvenaria ordinária, RBR 20, este último está em boas condições e sem qualquer fissuração.

– Ultra-Sons (método indirecto)

Tendo em conta, resultados obtidos em outras dissertações [28] [36] [37], os valores registados foram bastante dispersos e menores em relação a estes sendo que os rebocos que mais se aproximaram foram, o reboco pré-doseado em alvenaria de tijolo e todos os rebocos realizados em alvenaria ordinária. Algumas das causas possíveis para obtenção de velocidades reduzidas:

- Método utilizado – indirecto, maior incerteza dos resultados e menor fiabilidade;
- Espessura da camada reduzida e como tal a propagação das ondas era alterada;
- Espaçamento entre transdutores e posicionamento (em zonas de juntas);
- Homogeneidade dos rebocos;

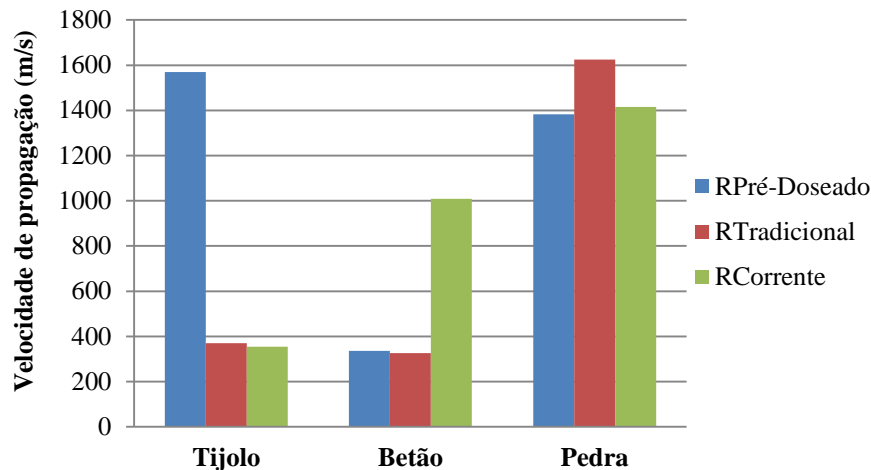


Figura 6.8 - Resultados correspondentes à utilização do método indirecto

A última hipótese apresentada, apesar de em muitos casos justificar as velocidades reduzidas não aparenta ser a causa tendo em conta os resultados obtidos nos restantes ensaios realizados.

Em relação à espessura da camada, tendo em conta a irregularidade da alvenaria ordinária inicialmente, que foi corrigida com a realização encasque e, conseqüentemente, pelas restantes camadas proporcionou um reboco com espessura superior às registadas na alvenaria de tijolo e em betão.

No que diz respeito ao comportamento dos rebocos face à acção da água, expõe-se, seguidamente as ilações registadas tendo em conta a permeabilidade e absorção por capilaridade das diferentes camadas.

– **Tubos de Karsten**

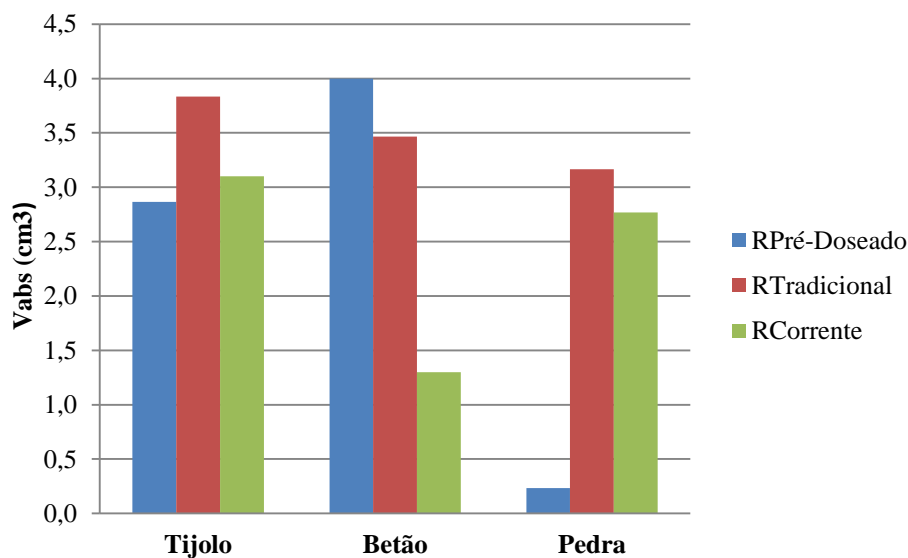


Figura 6.9 - Permeabilidade à água testada com tubos de Karsten



A camada de RHP executada em suporte de betão apresenta o valor máximo de água absorvida sendo que o período de absorção foi bastante rápido, algo expectável tendo em conta que o paramento se encontra fissurado e oco em certas zonas.

Em contraponto, o reboco pré-doseado realizado em alvenaria ordinária evidencia resultados bastante satisfatórios no que se refere à permeabilidade à água sendo que o facto de tratar-se de uma argamassa hidrofugada, RBR 20, origina a obtenção deste desempenho.

Não obstante o facto de o reboco corrente apresentar uma menor permeabilidade à água que o reboco tradicional não se pode considerar como uma solução melhor sem antes analisar os seguintes factores:

- Apesar de apresentarem a mesma espessura, 2 cm, na alvenaria de tijolo e betão, existe diferença relativamente ao nível de número de camadas e como tal, ao existir uma descontinuidade no reboco tradicional pode provocar uma obstrução maior à água em atingir o suporte comparativamente ao reboco tradicional que apenas apresenta uma camada e que assim sendo apesar de evidenciar uma permeabilidade menor, fica também mais facilitado o caminho até ao suporte;
- Associado a este ponto, surge também a diferente humidade superficial registada entre alvenaria de tijolo e betão, ou seja, a longo prazo os paramentos poderão evidenciar manchas de humidade para o primeiro suporte enquanto o segundo poderá originar danos no interior das habitações bem como danos em maior escala dos rebocos;
- O reboco tradicional (alvenaria de tijolo) como não tem camada de salpico pode possibilitar uma maior absorção por parte do suporte (apesar de ter mais uma camada de reboco), comparativamente ao reboco corrente;
- Por sua vez, a não realização de salpico quer nos rebocos pré-doseados bem como no reboco tradicional na alvenaria de tijolo pode potenciar a ocorrência de fenómenos como a termoforese (referido no capítulo 3).

– **Absorção por capilaridade**

Inserido no ensaio da absorção por capilaridade, registaram-se os pesos obtidos ao longo de vários sendo que para o cálculo do coeficiente de capilaridade foram tomadas em consideração as seguintes datas: 10 minutos e 90 minutos.

Com base nestas referências, e com o auxílio da [figura 6.10](#) verifica-se que o RBR 20 apresenta um coeficiente bastante reduzido (tal como é apresentado na sua ficha técnica), ou seja, baixo poder de absorção e conseqüentemente, impermeável à água conforme resultado apresentado anteriormente.

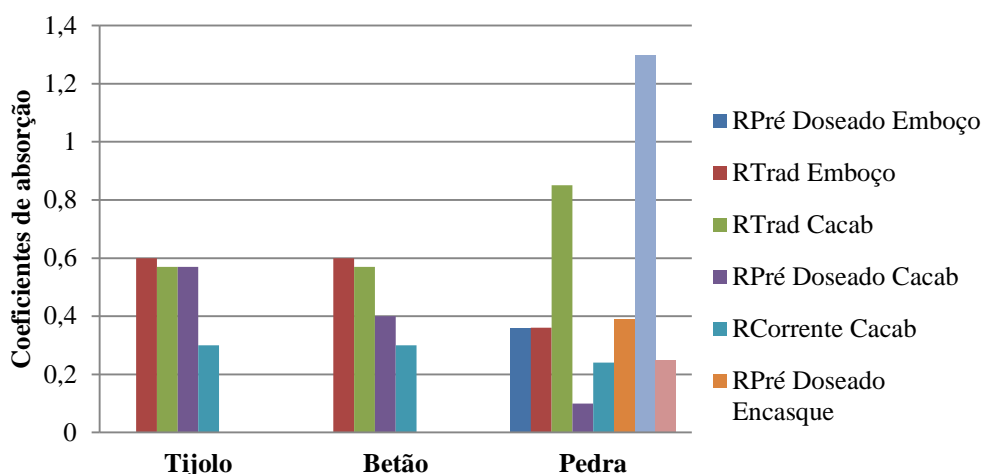


Figura 6.10 - Coeficientes de capilaridade registados aos 10 e 90 minutos

Os resultados relativos à alvenaria de tijolo e ao betão são em tudo idênticos dado que as argamassas utilizadas foram as mesmas tendo apenas variado na execução do RHP. Todavia, apesar do RHP betão apresentar um coeficiente mais baixo que o RHP tijolo nos ensaios realizados laboratorialmente, não se pode aferir que se traduza em bons resultados na realidade (reboco pré-doseado no tijolo não apresenta fissuração ao contrário do betão).

Observando, cuidadosamente, o gráfico detecta-se, ainda, a constância dos valores do reboco corrente nos diferentes suportes e que por sinal são bastante satisfatórios corroborados também pela quantidade de água absorvida tendo em consideração que apenas é composto por areia e cimento.

Os resultados obtidos estão de acordo com o expectável e o concluído em outros trabalhos [37] nos quais os coeficientes de absorção para reboco tradicional variam entre 0,32 a 2,68, todavia para reboco pré-doseado (monocamada) situam-se entre 0,09 a 0,26 e conforme a figura 6.11 mostra apenas RBR 20 verifica esta condição.

Importa referir que a média para estabilização das massas correspondeu a cerca de 12 dias sendo que os provetes de RBR 20 evidenciaram um prazo ainda maior para preenchimento total dos vazios, resultado expectável tendo em conta o seu coeficiente.

Também neste caso, os provetes relativos ao reboco tradicional revelam as maiores quantidades de massas absorvidas, sendo as principais causas:

- Estrutura porosa, índice de vazios elevados;
- Maior quantidade de areia utilizada, traços mais fracos;

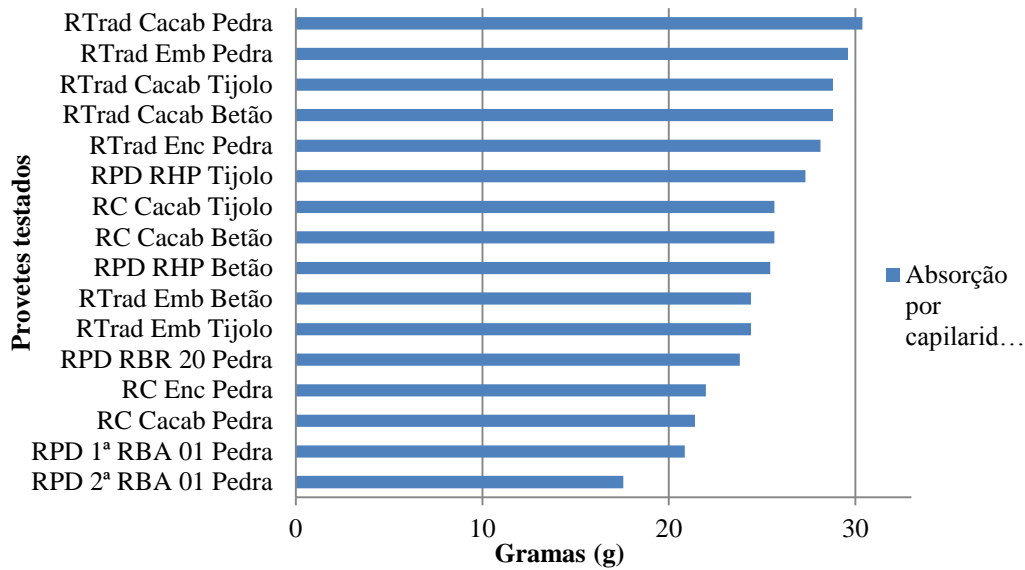


Figura 6.11 - Massa total de água absorvida ao longo do ensaio

De uma forma geral, observa-se que os provetes pertencentes às camadas pré-doseadas executadas em alvenaria ordinária absorveram uma menor massa de água em relação às restantes devido à presença de hidrofugantes.

Constata-se, novamente, resultados melhores por parte de argamassas de cimento usadas no reboco corrente do que as argamassas bastardas usadas no reboco tradicional, ver [figura 6.11](#), todavia apresentam, habitualmente, permeabilidades reduzidas ao vapor de água, isto é, apesar de absorver menores quantidades de água não evidencia uma libertação da mesma água em vapor de água suficiente de modo a evitar a formação de cristais no interior dos revestimentos.

Além de todos os resultados já mencionados, importa abordar o ensaio da fita colorimétrica e do teor em sais. Tal como era esperado, todos os rebocos apresentaram um pH de 12 dado que se tratam de camadas recentes e que ainda não evidenciam qualquer tipo de deterioração.

– Pull-off

Com base na [figura 6.12](#), destacam-se os seguintes pontos:

- Reboco corrente superioriza-se dos restantes com uma tensão de aderência bastante superior em todos os suportes em causa, em consequência, do traço com percentagem de cimento usado;
- Reboco pré-doseado apresenta os valores mais reduzidos sendo que para o betão, não se enquadra no intervalo estabelecido pelo [Quadro 5](#), facto que era expectável tendo em conta o desempenho apresentado pelo reboco em causa;

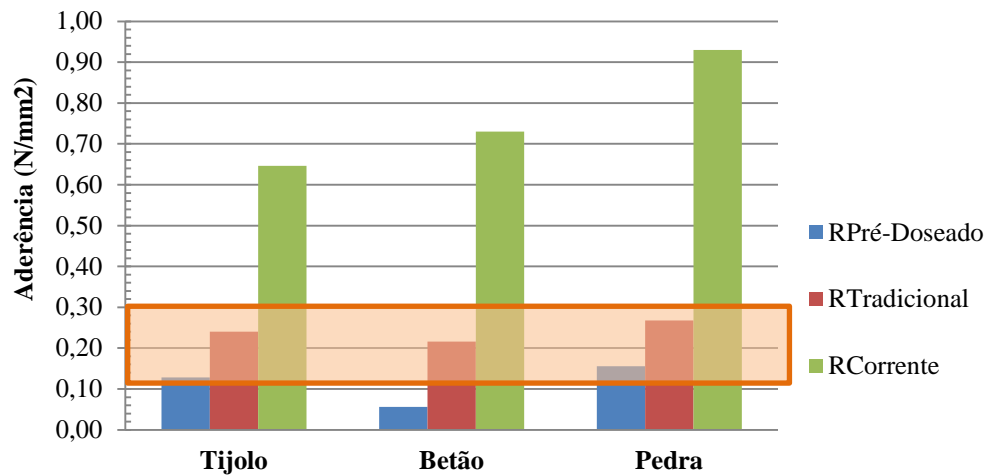


Figura 6.12 - Valores de aderência registados nos diferentes rebocos

- Reboco tradicional demonstra em todos os suportes, valores adequáveis aos requisitos mínimos que uma argamassa de revestimento para edifícios antigos deve apresentar ao nível de aderência aos 90 dias [5];
- É notório, também aqui, a influência que o suporte tem nas características dos rebocos exteriores pois é nos suportes mais rígidos – alvenaria ordinária e betão – que se verifica valores mais elevados comparativamente a suportes com dureza menor – alvenaria de tijolo.

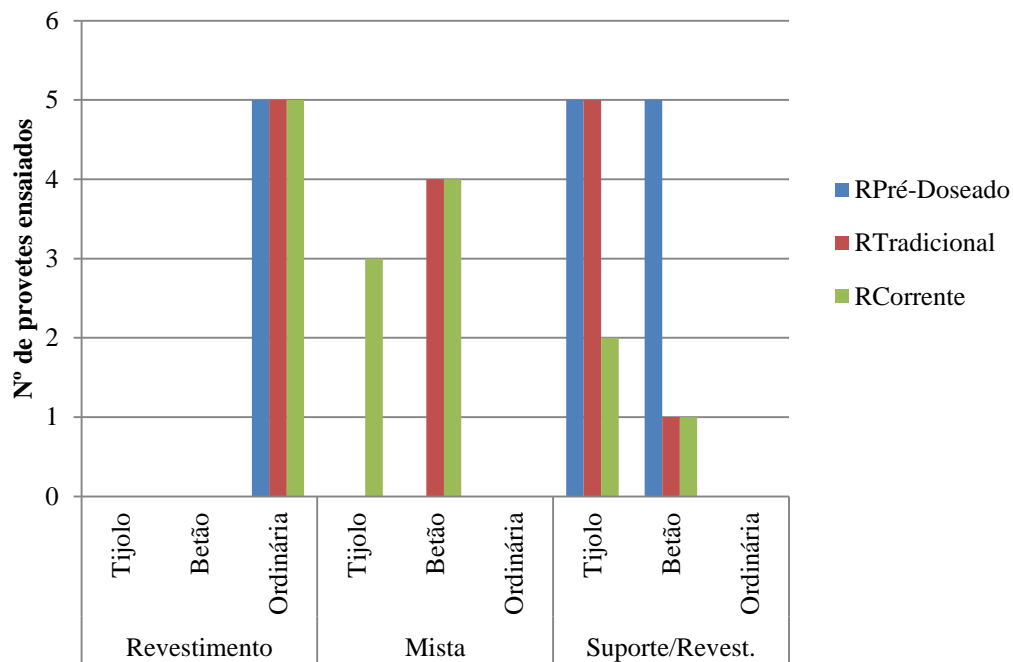


Figura 6.13 - Tipos de rotura registadas nos diferentes rebocos



Para além, dos resultados apresentados anteriormente, foi possível identificar os diferentes tipos de rotura que ocorreram, entre os quais se destacam:

- Reboco corrente apresentou, na sua maioria, rotura mista quer na alvenaria de tijolo quer no betão apesar de ter evidenciado, rotura adesiva em alguns - camada de salpico demasiado fina de modo a possibilitar a aderência entre camadas).
- Reboco tradicional na alvenaria de tijolo ocorreu rotura adesiva em todos os provetes ensaiados e deste modo, constata-se que a não realização de salpico influenciou o resultado obtido;
- No betão designadamente, no reboco tradicional, verificou-se uma rotura mista (salpico e suporte) mas também rotura adesiva e, relativamente à alvenaria ordinária a rotura ocorrida foi no encasque (revestimento);
- Reboco pré-doseado, o tipo de rotura obtida correspondeu a uma rotura entre o plano de revestimento e o suporte (adesiva), mais concretamente, alvenaria de tijolo e betão; todavia, na alvenaria ordinária ocorreu pelo encasque.

Em síntese, e com base na observação e análise dos resultados, as conclusões gerais acerca do ensaio de pull-off são:

- Todos os rebocos que não executaram camada de salpico correspondem aos provetes com menor valor de aderência;
- Os rebocos de maior aderência, reboco corrente, não cumprem os requisitos pretendidos para uma argamassa a utilizar no âmbito da reabilitação.





7. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 Conclusões Finais

De entre as argamassas estudadas, as principais ilações retiradas são:

- Na maioria dos ensaios realizados, o número de camadas não se revelou decisivo, excepto na análise feita à permeabilidade à água de cada um dos rebocos;
- As argamassas do reboco tradicional com base nos resultados obtidos, consideram-se possíveis de aplicação nos três suportes testados dado que um reboco deve apresentar uma resistência suficiente e reduzida permeabilidade à água, sendo também necessário evidenciar elevada permeabilidade ao vapor de água de modo a evitar a ocorrência de criptoflorescências no interior dos rebocos – aspecto não abordado neste trabalho;
- Apesar dos resultados satisfatórios, tal como já foi referido, do ponto de vista de reabilitação, o reboco de obra apresenta valores que apenas se compatibilizariam com um suporte como o betão, devido à sua resistência também ser elevada, nos outros possibilitaria a ocorrência de tensões na interface reboco+suporte e conseqüentemente a sua degradação;
- Ao nível de aderência ao suporte, verificou-se que os rebocos tradicionais e pré-doseados respeitaram os requisitos estabelecidos para rebocos exteriores a executar em paredes antigas; Observou-se ainda, a importância da execução do salpico na alvenaria de tijolo e no betão de forma a proporcionar uma melhor ligação entre suporte/revestimento, ou seja, evitar a ocorrência de rotura adesiva;
- Os resultados relativos à resistência mecânica da argamassa RBA01 aos 28 dias, foram nulos e como tal importa saber em desenvolvimentos futuros se o processo de cura foi executado erradamente e efectuar uma análise da mesma argamassa a longo prazo;
- As várias condicionantes associadas à realização de alguns ensaios, entre os quais se destaca os ultra-sons, podem provocar uma interpretação inadequada dos resultados e como tal, importa efectuar uma análise cuidada pois nem sempre os valores alcançados correspondem à realidade.

Para além de todas as análises que foram efectuadas, esta dissertação possibilitou que se adquirissem competências a nível prático da execução de alvenarias bem como dos seus rebocos exteriores, ou seja, todas as técnicas de aplicação e métodos construtivos foram executadas e deste modo foi possível aperceber das dificuldades e particularidades que cada um destes pontos apresenta ganhando-se maior sensibilidade para além de experiência.



Deste modo, existe a vantagem de perceber o desempenho destes revestimentos exteriores, isto é, uma fissuração prematura ou a (im)permeabilidade da camada de reboco será mais facilmente justificada devido a conhecer todas acções desenvolvidas.

Ao longo da campanha experimental foram solucionados alguns problemas que foram ocorrendo como por exemplo, material necessário para a realização dos ensaios e execução das alvenarias bem como a adaptação de moldes representativos dos rebocos para o pull-off.

7.2 Desenvolvimentos Futuros

Para futuros trabalhos, apresenta-se seguidamente, alguns aspectos relevantes de análise e com base no que foi desenvolvido neste trabalho final de mestrado:

- Efectuar um estudo a longo prazo das características físicas e mecânicas dos respectivos rebocos;
- Recorrer a outras argamassas pré-doseadas existentes no mercado;
- Avaliar a influência de diversas tintas em todos nos resultados dos ensaios realizados;
- Estudar a influência de utilização de armaduras, como por exemplo, rede de fibra de vidro;
- Analisar o comportamento químico aprofundado das argamassas produzidas com recurso a ensaios laboratoriais;
- Realizar o ensaio de ultra-sons – método directo para comparação com os valores registados pelo método indirecto;
- Adoptar novos traços para o reboco tradicional para estabelecer paralelismos com as que já foram estudadas;
- Influência da cal hidráulica no desempenho das argamassas utilizadas na execução do reboco tradicional;
- Escolher outro tipo de intervenção, no âmbito da reabilitação, a longo prazo, aproveitando os rebocos executados;
- Perceber a influência do salpico no reboco tradicional executado na alvenaria de tijolo;
- Estudar o comportamento mecânico da cal aérea usada na execução da alvenaria ordinária;
- Conferir novos acabamentos (por exemplo, esponjado), estudar a influência nos diferentes ensaios realizados neste trabalho final de mestrado e estabelecer as devidas comparações.



8. BIBLIOGRAFIA

- [1] AECOPS, *O Mercado da Reabilitação: Enquadramento, Relevância e Perspectivas*, 2009.
- [2] F. P. AFONSO, *Seminário Censos 2001, Resultados Definitivos: Potencialidade do mercado de reparação e manutenção face às características do parque edificado*, LNEC, 2001.
- [3] INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, *Destaque - Estatísticas da Construção e Habitação: Construção continua em quebra, mas menos intensa do que em 2009*, INE, 2011.
- [4] Equipa CIV205, *A reabilitação de edifícios: A importância da formação na actividade da reabilitação de edifícios*, Porto: Projecto FEUP, 2009.
- [5] M. VEIGA e J. AGUIAR, *Cadernos de Edifícios 02: Revestimentos de paredes em edifícios antigos.*, LNEC: Caderno de Edifícios, 2002.
- [6] INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, “Estatísticas da Construção e Habitação,” 2010.
- [7] INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, *Resultados Definitivos Censos 2001 - Habitação*, INE, 2001.
- [8] INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, *Resultados Provisórios - Censos 2011*, 2012.
- [9] V. C. E. SILVA, *Viabilidade técnica de execução do "Programa nacional de redução da vulnerabilidade sísmica do edificado"*, Lisboa: SPES e GECORPA, 2001.
- [10] NÚCLEO DE ENGENHARIA SÍSMICA E DINÂMICA DE ESTRUTURAS, *Evolução das tipologias construtivas em Portugal*, NESD, 2005.
- [11] B. FARINHA, *Folhas de apoio à unidade curricular Reabilitação de Edifícios e Monumentos: Evolução das tipologias*, Lisboa: ISEL, 2012.
- [12] M. VEIGA, J. AGUIAR, A. S. SILVA e F. CARVALHO, *Conservação e renovação de revestimentos de paredes de edifícios antigos*, LNEC: CED 9, 2004.
- [13] B. FARINHA, *Folhas de apoio à unidade curricular Reabilitação de Monumentos e Edifícios: Patologias das Alvenarias*, Lisboa: ISEL, 2012.
- [14] J. NERO, *A evolução na utilização e no conhecimento dos materiais de construção (parte I) - Da Antiguidade à Revolução Industrial*, *Arquitectura e Vida* n.º.12, 2001.
- [15] P. GASPARGAR, *Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes. Dissertação de mestrado em Construção*, IST, Lisboa, 2002.



- [16] J. NERO, *A evolução na utilização e no conhecimento dos materiais de construção (parte II) - Da Revolução Industrial à II Grande Guerra*, Arquitectura e Vida, 2001.
- [17] M. R. VEIGA, *Argamassas para revestimentos de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. Acta do 3º ENCORE, Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*, Lisboa: LNEC, 2003.
- [18] J. MARTINS e J. ASSUNÇÃO, *Materiais de Construção: Argamassas e Rebocos (3ª Edição)*, UFP, 2010.
- [19] M. R. VEIGA, *Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. Contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil*, FEUP, Porto, 1997.
- [20] P. M. S. SILVA e J. B. COSTA, *Argamassas: Rebocos Tradicionais*, ISEL, Lisboa, 2006.
- [21] M. R. VEIGA, *Intervenções em revestimentos antigos: Conservar, Substituir ou... Destruir. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de edifícios*, Porto, 2006.
- [22] M. VEIGA e J. AGUIAR, *Definição de estratégias de intervenção em revestimentos de edifícios antigos - 1º Encontro Nacional sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios*, FEUP, Porto, 2003.
- [23] M. R. VEIGA, *Construção 2004 - Acção de formação sobre revestimentos exteriores de paredes. 2º Congresso Nacional da Construção*, Porto, FEUP, 2004.
- [24] APFAC, *Monografia: Argamassas de Reboco, Monomassas e ETICS*, APFAC, 2008.
- [25] LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, *Ficha de ensaio de revestimentos de paredes, FE Pa 39 - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão*, LNEC, Lisboa, 2002.
- [26] CEN, *Testing for concrete - Part 4: Determination of ultrasonic pulse velocity*, Brussels: EN 12504-4, 2004.
- [27] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 12: Determination of the adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates*, Brussels: EN 1015-12, 2000.
- [28] B. V. MENDONÇA, *Estudo do desempenho das argamassas hidráulicas: influência do ligante. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil*, IST, Lisboa, 2007.
- [29] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened rendering mortar*, Brussels: EN 1015-18,



2002.

- [30] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 3: Determination of consistence of fresh mortar*, Brussels, 1999.
- [31] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 2: Bulk sampling of mortars and preparation of test mortars*, Brussels: EN 1015-2, 1998.
- [32] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 7: Determination of air content of fresh mortar*, Brussels: EN 1015-7, 1998.
- [33] LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, *Determinação da retracção e expansão*, Lisboa: LNEC E – 398 -1993 , 1993.
- [34] CEN, *Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar*, Brussels: EN 1015-11, 1999.
- [35] CEN, *Especificações para argamassas de alvenaria - Parte 1: Argamassas para reboco exterior e interior*, EN 998:1 2003, 2003.
- [36] J. M. GALVÃO, *Técnicas de ensaio in-situ para avaliação do comportamento mecânico de rebocos em fachadas - Esclerómetro e ultra-sons. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil*, IST, Lisboa, 2009.
- [37] A. E. GONÇALVES, *Estudo da influência dos factores de aplicação no desempenho de argamassas de revestimento recorrendo a técnicas de ensaio. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil*, IST, Lisboa, 2010.
- [38] P. M. S. SILVA e J. B. COSTA, *Argamassas: Propriedades e Características*, ISEL, Lisboa, 2009.
- [39] L. Paulo Jones, *Recuperar casas velhas e transformá-las em casas antigas é para nós uma arte e um desafio*, URL:<http://www.paulojones.pt>, Visitado em Abril 2012.





9. ANEXOS

Reboco Pré-doseado:

RHP Betão		
Teor em Ar	8,00%	
Massa Volúmica	1505,8 g	
Mesa de Espalhamento	14,0	14,5
	14,25	

RHP Tijolo		
Teor em Ar	9,60%	
Massa Volúmica	1543,3 g	
Mesa de Espalhamento	16,8	17,1
	16,95	

Encasque - RBA 01			2ª Camada RBA 01		
Teor em Ar	10,20%		Teor em Ar	14,00%	
Massa Volúmica	1103,0 g		Massa Volúmica	1215,2 g	
Mesa de Espalhamento	18,0	19	Mesa de Espalhamento	16,0	17,5
	18,5			16,5	

Camada de Acabamento - RBR 20		
Teor em Ar	17,00%	
Massa Volúmica	1261,8 g	
Mesa de Espalhamento	13,4	14,5
	13,95	

Reboco Corrente:

Encasque			Camada de Acabamento		
Teor em Ar	4,50%		Teor em Ar	4,60%	
Massa Volúmica	1599,8 g		Massa Volúmica	1537,4 g	
Mesa de Espalhamento	17,3	17,1	Mesa de Espalhamento	16,5	16,9
	17,2			16,7	

Emboço/Camada de Acabamento		
Teor em Ar	5,50%	
Massa Volúmica	1601,1 g	
Mesa de Espalhamento	18,5	19
	18,75	

i. Ensaios Laboratoriais – Estado Fresco



Reboco Tradicional:

Encasque			Emboço		
Teor em Ar	5,10%		Teor em Ar	5,20%	
Massa Volúmica	1560,9 g		Massa Volúmica	1506,2 g	
Mesa de Espalhamento	15,0	15,5	Mesa de Espalhamento	18,0	17,5
	15,25			17,75	

Camada de Acabamento		
Teor em Ar	5,70%	
Massa Volúmica	1590,8 g	
Mesa de Espalhamento	18,5	18,5
	18,5	

Emboço			Camada de Acabamento		
Teor em Ar	2,50%		Teor em Ar	5,30%	
Massa Volúmica	1610,2 g		Massa Volúmica	1559,0 g	
Mesa de Espalhamento	22,0	21,5	Mesa de Espalhamento	18,2	18,5
	21,75			18,35	

ii. Ensaios Laboratoriais – Estado Fresco (Cont.)



Reboco Tradicional						Reboco Corrente						Reboco Pré-Doseado					
Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão		Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão		Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão	
t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)	t (min.)	Vabs.(cm3)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,6	5	0,5	5	0,8	5	0,5	5	0,5	5	0,2	5	0	5	0,4	3,55	4
10	1,3	10	0,9	10	1,2	10	0,8	10	0,7	10	0,3	10	0	10	0,6	-	-
15	1,5	15	1,3	15	1,7	15	1	15	0,9	15	0,4	15	0,2	15	0,9	-	-
30	2,4	30	2,2	30	2,8	30	1,6	30	1,9	30	0,6	30	0,2	30	1,6	-	-
60	3,9	60	3,9	51	4	60	2,4	60	2,2	60	0,8	60	0,3	60	2,8	-	-
0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,5	5	0,7	5	0,5	5	0,4	5	1,4	5	0,4	5	0,1	5	0,4	5	-
10	1,7	10	1,3	10	0,9	10	0,6	10	2,0	10	0,5	10	0,1	10	0,5	10	-
15	2	15	1,7	15	1,2	15	0,9	15	2,5	15	0,6	15	0,1	15	0,7	15	-
30	2,5	30	2,9	30	2,2	30	1,3	30	3,8	30	0,8	30	0,1	30	1,2	30	-
60	3,4	45	4,0	60	3,6	60	1,9	34	4,0	60	1,2	60	0,2	60	2	0	-
0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0,4	5	0,5	5	0,4	5	0,6	5	-	5	0,3	5	0,1	5	0,8	5	-
10	0,8	10	0,8	10	0,7	10	0,8	10	-	10	0,7	10	0,1	10	1,1	10	-
15	0,9	15	1,2	15	1,0	15	1,8	15	-	15	0,8	15	0,1	15	1,5	15	-
30	1,5	30	2,1	30	1,7	30	2,8	30	-	30	1,2	30	0,1	30	2,3	30	-
60	2,2	60	3,6	60	2,8	50	4	60	-	60	1,9	60	0,2	60	3,8	0	-
60	3,2	55	3,8	57,0	3,5	56,7	2,8	47,0	3,1	60,0	1,3	60,0	0,2	60,0	2,9	3,6	4,0

iii. Ensaio in-situ – permeabilidade à água com tubos de Karsten



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
 Área Departamental de Engenharia Civil – Tese Final de Mestrado

Provetes	t	Betão/Tijolo									Betão			Tijolo	
		Reboco Tradicional						Reboco Corrente			Reboco Pré-Doseado				
		Emboço	Emboço	Emboço	Cacab	Cacab	Cacab	Cúnica	Cúnica	Cúnica	RHP	RHP	RHP	RHP	RHP
I	0	240,68	225,93	241,13	225,05	223,39	224,34	244,07	239,52	240,08	232,40	233,88	231,93	228,03	225,29
	10	245,70	231,36	246,42	229,20	228,18	228,93	245,15	241,80	243,11	234,49	236,70	234,64	233,01	229,70
	90	252,00	237,37	252,16	235,29	233,72	234,32	247,09	244,99	246,31	237,96	241,00	238,77	238,37	235,50
	3 h	256,71	241,60	257,09	239,27	237,62	238,20	248,51	246,96	248,52	240,52	243,72	241,56	242,42	239,52
	6 h	263,10	247,61	263,37	245,28	243,35	243,92	250,83	249,83	251,49	244,50	247,92	245,70	248,10	245,56
	24 h	270,50	253,54	271,75	252,43	250,56	251,92	258,13	258,45	260,50	257,14	259,19	257,03	256,01	253,18
	48 h	270,76	253,80	272,04	252,69	250,84	252,21	263,33	263,35	264,21	258,27	259,38	257,34	256,16	253,26
	72 h	271,00	254,03	272,30	252,90	251,08	252,46	266,59	264,53	264,81	258,41	259,49	257,48	256,34	253,45
	144h	271,43	254,39	272,67	253,28	251,52	252,75	269,76	265,26	265,41	258,72	259,76	257,75	256,65	253,71
	168 h	271,47	254,41	272,74	253,31	251,52	252,79	269,96	265,35	265,49	258,79	259,85	257,82	256,65	253,75
192 h	271,51	254,49	272,77	253,38	251,55	252,87	270,1	265,44	265,49	258,84	259,89	257,84	256,65	253,79	
ΔM		30,83	28,56	31,64	28,33	28,16	28,53	26,03	25,92	25,41	26,44	26,01	25,91	28,62	28,50
II	0	231,69	233,43	214,24	233,27	233,82	226,11	236,51	242,10	-	221,35	222,84	228,27	207,22	206,71
	10	237,09	238,46	218,79	238,03	238,05	229,36	238,91	243,87	-	223,61	225,58	230,18	212,03	211,27
	90	242,88	244,46	225,01	243,85	243,59	235,38	241,97	246,99	-	227,66	229,72	234,17	217,81	217,15
	3 h	246,88	248,88	229,05	247,94	247,33	239,38	244,04	248,93	-	230,41	232,48	236,56	222,67	221,16
	6 h	252,71	255,24	234,86	254,35	252,72	245,37	247,00	251,74	-	234,51	236,77	240,47	227,30	226,98
	24 h	259,84	262,08	241,04	262,09	262,54	254,43	256,07	260,50	-	245,09	247,04	252,22	232,54	232,37
	48 h	260,11	262,34	241,32	262,31	262,86	254,64	260,34	265,45	-	245,37	247,11	252,68	232,64	232,49
	72 h	260,35	262,63	241,54	262,58	263,11	254,88	261,05	266,76	-	245,51	247,25	252,85	232,80	232,65
	144h	260,68	263,07	241,86	262,97	263,44	255,26	261,71	267,57	-	245,75	247,51	253,16	233,00	232,93
	168 h	260,73	263,07	241,91	263,02	263,48	255,31	261,78	267,61	-	245,78	247,51	253,17	233,02	232,96
192 h	260,81	263,17	241,98	262,07	263,56	255,34	261,81	267,67	-	245,87	247,58	253,25	233,07	233,03	
ΔM		29,12	29,74	27,74	28,8	29,74	29,23	25,3	25,57	0	24,52	24,74	24,98	25,85	26,32
Média		29,61			28,80			25,65			25,43			27,32	

iv. Ensaios Laboratoriais – Absorção capilar com as respectivas massas absorvidas



Betão/Tijolo										Betão			Tijolo	
Reboco Tradicional							Reboco Corrente			Reboco Pré-Doseado				
	Emboço	Emboço	Emboço	Cacab	Cacab	Cacab	Cúnica	Cúnica	Cúnica	RHP	RHP	RHP	RHP	RHP
I	0,63	0,60	0,57	0,61	0,55	0,54	0,19	0,32	0,32	0,35	0,43	0,41	0,54	0,58
II	0,58	0,60	0,62	0,58	0,55	0,60	0,31	0,31	0,32	0,40	0,41	0,40	0,58	0,59
Média	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55	0,57	0,25	0,32	0,32	0,38	0,42	0,41	0,56	0,58
Média		0,60			0,57			0,30			0,40			0,57

v. Ensaio Laboratoriais – Coeficientes de absorção capilar dos provetes na alvenaria de tijolo e betão



Reboco Tradicional										
Provetes	t	Encasque	Encasque	Encasque	Emboço	Emboço	Emboço	Cacab	Cacab	Cacab
I	0	242,95	235,25	236,52	256,38	257,18	252,05	245,03	242,72	233,24
	10	250,06	242,43	243,91	258,40	258,88	253,97	248,25	246,29	239,78
	90	262,50	255,76	256,80	262,45	262,63	258,55	255,77	253,56	250,93
	3 h	269,33	262,08	263,23	264,43	264,73	261,21	259,85	257,26	255,86
	6 h	270,31	262,31	263,48	267,22	267,53	264,78	264,88	261,86	261,58
	24 h	270,61	262,63	264,77	275,34	275,56	273,39	276,04	272,86	262,36
	48 h	270,90	262,89	264,02	280,24	280,65	273,77	276,28	273,14	262,56
	72 h	271,08	263,05	264,08	281,71	282,06	274,01	276,43	273,27	262,73
	144h	271,39	263,31	264,40	281,99	282,39	274,23	276,63	273,46	262,90
	168 h	271,47	263,39	264,45	282,12	282,49	274,28	276,65	273,52	262,91
	192 h	271,61	263,54	264,68	282,19	282,63	274,38	276,66	273,52	262,96
	216 h	271,64	263,58	264,60	282,23	282,65	274,40	276,70	273,54	262,97
240 h	271,65	263,59	264,60	-	-	-	-	-	-	
ΔM		28,44	28,06	27,88	25,61	25,21	22,18	31,60	30,74	29,66
Média (g)			28,13			24,33			30,67	

vi. Ensaio Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco tradicional na alvenaria ordinária



II	0	241,22	240,06	242,34	238,43	247,41	245,22	226,02	229,47	226,95
	10	248,18	246,82	250,16	240,21	249,06	247,62	229,26	233,28	232,16
	90	261,43	259,75	263,47	244,20	253,02	252,87	236,91	240,52	242,45
	3 h	268,34	266,55	269,80	246,30	255,14	255,66	240,71	244,16	247,16
	6 h	268,75	267,20	270,12	249,04	257,97	259,09	245,43	248,72	253,14
	24 h	269,08	267,55	270,45	256,90	266,12	268,08	256,24	259,03	255,67
	48 h	269,28	267,70	270,59	261,57	270,91	269,07	256,44	259,26	255,82
	72 h	269,42	267,91	270,73	262,54	271,93	269,28	256,57	259,40	255,95
	144h	269,72	268,23	270,05	262,77	272,23	269,52	256,74	259,58	256,15
	168 h	269,91	268,31	271,12	262,86	272,33	269,57	256,82	259,66	256,21
	192 h	269,96	268,37	271,24	262,90	272,34	269,60	256,82	259,66	256,22
	216 h	269,99	268,40	271,25	262,91	272,39	269,61	256,82	259,66	256,22
240 h	270,08	268,42	271,27	-	-	-	-	-	-	
ΔM		28,50	28,17	27,71	24,34	24,82	24,30	30,80	30,19	29,27
Média (g)			28,13			24,49		30,09		
Média Final (g)			28,13			24,41		30,38		

vii. Ensaio Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco tradicional na alvenaria ordinária



Reboco Corrente							
Provetes	t	Encasque	Encasque	Encasque	Cacab	Cacab	Cacab
I	0	247,95	251,30	238,99	232,36	234,93	236,24
	10	249,62	253,01	240,53	233,56	236,57	237,73
	90	251,96	255,41	243,10	235,67	239,27	239,92
	3 h	253,43	256,90	244,59	237,01	240,96	241,35
	6 h	255,40	258,85	246,53	238,70	242,89	243,09
	24 h	261,61	264,90	252,69	243,72	248,52	248,30
	48 h	265,35	268,45	256,23	246,77	251,80	251,37
	72 h	267,58	270,67	258,46	248,96	254,09	253,60
	144h	270,33	273,51	260,95	252,74	256,99	257,13
	168 h	270,69	273,86	261,26	253,31	257,23	257,57
	192 h	270,72	274,08	261,35	253,60	257,34	257,84
	216 h	270,94	274,17	261,45	253,80	257,43	257,99
	240 h	271,06	274,31	261,51	253,93	257,47	258,09
ΔM		23,11	23,01	22,52	21,57	22,54	21,85
Média (g)		22,88			21,99		

viii. Ensaio Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco corrente na alvenaria ordinária



II	0	240,50	241,28	251,95	252,03	241,21	242,27
	10	242,05	242,68	253,68	253,21	243,09	243,61
	90	244,65	245,11	256,13	255,29	245,79	246,00
	3 h	246,17	246,45	257,59	256,61	247,61	247,43
	6 h	248,23	248,28	259,58	258,26	249,74	249,25
	24 h	254,72	254,06	265,56	263,33	255,87	254,64
	48 h	258,42	256,42	269,04	266,44	258,47	257,77
	72 h	260,56	259,56	271,31	268,66	259,47	260,01
	144h	262,40	262,32	274,36	272,83	264,18	263,58
	168 h	262,52	262,61	274,71	273,61	264,31	264,04
	192 h	262,67	262,83	274,96	274,24	264,45	264,32
	216 h	262,74	262,94	275,10	274,63	264,45	264,41
	240 h	262,81	263,03	275,21	274,90	264,55	264,53
ΔM	22,31	21,75	23,26	22,87	23,34	22,26	
Média (g)		22,44		22,82			
Média Final (g)		22,66		22,41			

ix. Ensaio Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco corrente na alvenaria ordinária



Reboco Pré-Doseado										
Provetes	t	1ªRBA 01	1ªRBA 01	1ªRBA 01	2ªRBA 01	2ª RBA 01	2º RBA 01	RBR 20	RBR 20	RBR 20
I	0	167,36	170,05	Inválido	169,96	169,68	170,44	198,63	193,27	200,50
	10	170,92	173,66		173,32	172,24	172,90	199,30	193,98	201,25
	90	175,43	178,31		178,13	175,51	176,11	200,30	195,11	202,29
	3 h	177,83	180,88		180,02	176,92	177,51	200,95	195,79	202,97
	6 h	180,84	184,88		182,14	178,70	179,33	201,50	196,73	203,01
	24 h	187,12	190,51		185,75	184,42	185,16	204,86	199,96	207,26
	48 h	187,66	190,91		186,02	186,40	187,52	207,18	202,38	209,73
	72 h	187,76	191,03		186,20	186,90	188,10	209,02	204,25	211,68
	144h	187,88	191,26		186,37	187,20	188,50	213,15	208,35	215,87
	168 h	187,96	191,37		186,40	187,21	188,54	214,26	209,55	217,02
	192 h	188,04	191,39		186,30	187,25	188,55	215,32	210,60	218,12
	216 h	188,05	191,39		186,31	187,33	188,60	216,15	211,43	219,02
	240 h	188,06	191,41		-	-	-	217,06	212,30	219,94
	312 h	-	-		-	-	-	219,48	214,76	222,53
	336 h	-	-		-	-	-	220,21	215,53	223,34
360 h	-	-	-	-	-	221,12	215,98	224,01		
384 h	-	-	-	-	-	221,58	216,89	224,91		
Média (g)		21,03			17,39			23,66		
ΔM		20,70	21,36		16,35	17,65	18,16	22,95	23,62	24,41

x. Ensaio Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco pré-doseado na alvenaria ordinária



II	0	172,05	170,32	165,28	191,40	183,48	173,30	200,39	199,78	198,66
	10	175,93	173,78	168,86	192,77	185,39	175,83	200,94	200,54	199,39
	90	180,06	178,79	173,72	195,69	189,11	179,37	201,90	201,60	200,39
	3 h	182,51	181,46	176,41	197,26	190,69	180,64	202,58	202,32	201,04
	6 h	185,51	184,80	179,61	199,44	192,85	182,54	203,48	203,23	201,93
	24 h	192,24	190,82	185,22	205,40	199,10	188,50	206,64	206,51	205,08
	48 h	192,76	191,06	185,59	206,83	201,30	190,60	209,08	208,98	207,51
	72 h	192,86	191,21	185,69	207,19	201,76	191,09	210,79	210,74	209,27
	144h	193,01	191,37	185,74	207,30	202,07	191,40	215,99	214,97	213,69
	168 h	193,10	191,50	185,86	207,34	202,08	191,46	216,04	216,12	214,99
	192 h	193,17	191,52	185,92	207,50	202,15	191,52	217,14	217,20	216,13
	216 h	193,17	191,53	185,92	207,56	202,18	191,57	218,08	218,06	217,08
	240 h	193,18	191,55	185,93	-	-	-	218,96	218,95	218,06
	312 h	-	-	-	-	-	-	221,42	221,45	220,78
	336 h	-	-	-	-	-	-	222,29	222,29	221,63
360 h	-	-	-	-	-	-	223,07	222,98	222,31	
384 h	-	-	-	-	-	-	223,64	223,77	223,21	
ΔM	21,13	21,23	20,65	16,16	18,70	18,27	23,25	23,99	24,55	
Média (g)		21,00			17,71			23,93		
Média Final (g)		21,02			17,55			23,80		

xi. Ensaios Laboratoriais – Absorção capilar dos provetes do reboco pré-doseado na alvenaria ordinária (cont.)



Reboco Corrente						
	Encasque			Cacabamento		
I	0,23	0,24	0,26	0,21	0,27	0,22
II	0,26	0,24	0,24	0,21	0,27	0,24
Média	0,25	0,24	0,25	0,21	0,27	0,23
Média	0,25			0,24		

Reboco Tradicional									
	Encasque			Emboço			Cacabamento		
I	1,24	1,33	1,29	0,41	0,38	0,46	0,75	0,73	1,12
II	1,33	1,29	1,33	0,40	0,40	0,53	0,77	0,72	1,03
Média	1,29	1,31	1,31	0,41	0,39	0,50	0,76	0,73	1,08
Média	1,30			0,43			0,85		

Reboco Pré-Doseado									
	1º RBA	1º RBA	1º RBA	2º RBA	2º RBA	2º RBA	RBR 20	RBR 20	RBR 20
I	0,45	0,47	0,00	0,48	0,33	0,32	0,10	0,11	0,10
II	0,41	0,50	0,49	0,29	0,37	0,35	0,10	0,11	0,10
Média	0,43	0,48	0,24	0,39	0,35	0,34	0,10	0,11	0,10
Média	0,39			0,36			0,10		

xii. Ensaio Laboratoriais – Coeficientes de absorção capilar dos provetes dos rebocos na alvenaria ordinária



	Reboco Corrente			Reboco Tradicional						Reboco Pré-Doseado					
7º Dia															
	Argamassa Obra			Emboço			Acabamento			RHP_Betão			RHP_Tijolo		
F (kN)	1,95	1,85	1,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Média (N/mm ²)	1,82			0			0			0			0		
C_1	33	33	32	4	3	4	2	2	2	4	4	5	3	4	3
C_2	31	31	31,5	4	4	4	1	1	2,5	4,5	5	5	3	3	2,5
Média (N/mm ²)	20,00	20,00	19,84	2,50	2,19	2,50	0,94	0,94	1,41	2,66	2,81	3,13	1,88	2,19	1,72
Média (N/mm ²)	19,95			2,40			1,09			2,86			1,93		
21º Dia															
	Argamassa Obra			Emboço			Acabamento			RHP_Betão			RHP_Tijolo		
F (kN)	2,6	2,75	2,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Média (N/mm ²)	1,625			0			0			0			0		
C_1	40	42	38	6	5,5	5	3	3	3	6	6	5,5	5	4,5	5
C_2	41	42	44	6	5	5	3	2,5	2	6	5,5	6	4,5	5	5
Média (N/mm ²)	25,31	26,25	25,63	3,75	3,28	3,13	1,88	1,72	1,56	3,75	3,59	3,59	2,97	2,97	3,13
Média (N/mm ²)	25,73			3,39			1,72			3,65			3,02		
28º Dia															
	Argamassa Obra			Emboço			Acabamento			RHP_Betão			RHP_Tijolo		
F (kN)	2,95	3,2	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Média (N/mm ²)	3,12			0			0			0			0		
C_1	50	56	46	7	6,5	6	3	4	4	7	6	6	5	6	5
C_2	52	56	47	6	6	6	3	3	3	6	6,5	7	6	5	5
Média (N/mm ²)	31,88	35,00	29,06	4,06	3,91	3,75	1,88	2,19	2,19	4,06	3,91	4,06	3,44	3,44	3,13
Média (N/mm ²)	31,98			3,91			2,08			4,01			3,33		

xiii. Ensaio Laboratoriais – Resistência Mecânica aos 7, 21 e 28 dias na alvenaria de tijolo e betão



	Reboco Corrente						Reboco Pré-Doseado								
7º Dia															
	C_Regularização			C_Acabamento			Encasque			2ª camada RBA 01			RBR 20		
F (kN)	1	1,25	1,3	0,15	0,15	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média (N/mm2)	0,74			0,09			0,00			0,00			0,00		
C_1	20	19	19	10	10	9	0	0	0	0	0	0	1	1	1
C_2	21	19	20	10	9	10	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Média (N/mm2)	12,8125	11,875	12,1875	6,25	5,94	5,94	0	0	0	0	0	0	0,63	0,63	0,63
Média (N/mm2)	12,29			6,04			0,00			0,00			0,63		
21º Dia															
	C_Regularização			C_Acabamento			Encasque			2ª camada RBA 01			RBR 20		
F (kN)	1,75	1,4	1,55	0,6	0,7	0,85	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0
Média (N/mm2)	0,98			0,45			0,00			0,00			0,10		
C_1	25	25	27	14	13	14	0	0	0	0	0	0	1	1	0,5
C_2	28	28	28	13	13	13	0	0	0	0	0	0	2	1	1
Média (N/mm2)	26,50	26,50	27,50	13,50	13,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	1,00	0,75
Média (N/mm2)	16,56			8,44			0,00			0,00			0,94		
28º Dia															
	C_Regularização			C_Acabamento			Encasque			2ª camada RBA 01			RBR 20		
F (kN)	1,7	2	1,8	0,8	0,45	0,4	0	0	0	0	0	0	0,05	0,03	0,05
Média (N/mm2)	1,15			0,34			0,00			0,00			0,03		
C_1	31	34	32	13	14,5	16	0	0	0	0	0	0	1,5	2	2
C_2	30	35	31	14	14	14	0	0	0	0	0	0	1	2	2
Média (N/mm2)	19,06	21,56	19,69	8,44	8,91	9,38	0	0	0	0	0	0	0,78	1,25	1,25
Média (N/mm2)	20,10			8,91			0,00			0,00			1,09		

xiv. Ensaio Laboratoriais – Resistência Mecânica aos 7, 21 e 28 dias do reboco corrente e pré-doseado na alvenaria ordinária



Reboco Tradicional									
7º Dia									
	Encasque			Emboço			C_Acabamento		
F (kN)	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0	0	0
Média (N/mm ²)	0,00			0,03			0,00		
C_1	2	3	3	5	4	4	3	2,5	3,5
C_2	2	3	3	4	4,5	4	3	3	3
Média (N/mm ²)	1,25	1,88	1,88	2,81	2,66	2,50	1,88	1,72	2,03
Média (N/mm ²)	1,67			2,66			1,88		
21º Dia									
	Encasque			Emboço			C_Acabamento		
F (kN)	0	0	0	0,05	0,15	0,2	0,25	0,05	0,05
Média (N/mm ²)	0,00			0,13			0,12		
C_1	4	4	4	8	11	12	10	7	6,5
C_2	4	3	4	8	11	12	10	6,5	7
Média (N/mm ²)	2,50	2,19	2,50	5,00	6,88	7,50	6,25	4,22	4,22
Média (N/mm ²)	2,40			6,46			4,90		
28º Dia									
	Encasque			Emboço			C_Acabamento		
F (kN)	0	0	0	0	0,15	0,2	0	0,05	0,01
Média (N/mm ²)	0,00			0,07			0,01		
C_1	5,5	4,5	4,5	9	11	12	8	7	11
C_2	4	4	4	9	11	12	7	7	11
Média (N/mm ²)	2,97	2,66	2,66	5,63	6,88	7,50	4,69	4,38	6,88
Média (N/mm ²)	2,76			6,67			5,31		

xv. Ensaio Laboratoriais – Resistência Mecânica aos 7, 21 e 28 dias do reboco tradicional na alvenaria ordinária



Reboco Corrente						Reboco Pré-Doseado						Reboco Tradicional					
Tijolo		Betão		Pedra		Tijolo		Betão		Pedra		Tijolo		Betão		Pedra	
t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)	t	v (m/s)
302	330	71,7	1400	79,4	1260	51,5	1940	433	230	62,7	1600	284	350	251	400	51,4	1950
272	370	62,9	1590	79,6	1260	104,6	960	283	350	64,7	1550	253	400	268	370	78,5	1270
262	280	68,6	1460	83,6	1200	74,5	1340	298	340	55,5	1800	236	420	336	300	82,5	1220
266	380	317	320	71,2	1400	58,5	1710	240	420	65,8	1520	282	360	311	320	49,4	2020
247	410	370	271	50,7	1970	52,6	1900	292	340	55,7	1800	308	320	419	240	76,4	1310
269,8	354,0	178,0	1008,2	72,9	1418,0	68,3	1570,0	309,2	336,0	60,9	1654,0	272,6	370,0	317,0	326,0	67,6	1554,0

xvi. Ensaio in-situ – Ultra-sons



Reboco Corrente			Reboco Pré-Doseado			Reboco Tradicional			
Tijolo	Betão	Pedra	Tijolo	Betão	Pedra	Tijolo	Betão	Pedra	
	11,33	2,14	1,06	3,76	0,22	0,58	9,94	2,01	0,58
	11,44	2,25	1,04	4,80	0,48	0,42	8,60	3,29	0,90
	11,76	3,55	1,07	2,01	0,65	0,65	11,06	2,43	0,45
	10,62	2,18	1,17	3,14	0,52	0,64	12,02	1,89	1,60
	13,12	4,54	1,2	11,35	0,54	0,81	11,65	2,56	0,93
	12,90	4,82	0,85	7,46	0,65	0,48	12,06	2,12	0,70
%	15,56	3,92	1,11	3,39	0,58	0,75	10,40	2,48	1,74
	15,91	4,29	0,96	6,76	0,52	0,83	10,32	3,18	1,62
	11,40	4,83	0,96	1,31	0,37	0,44	11,51	2,86	0,34
	13,93	5,03	1,09	1,08	0,82	0,47	10,60	1,97	1,20
	10,40	4,16	1,15	1,74	0,58	0,83	9,70	3,56	1,70
	12,88	3,38	1,54	1,54	0,34	0,49	9,61	2,41	0,61
	12,60	3,76	1,10	4,03	0,52	0,62	10,62	2,56	1,03

xvii. Ensaio in-situ – Teor de humidade superficial



	Reboco Tradicional						Reboco Pré-Doseado					
	Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão		Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão	
	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)
1	30	25,1	26,6	18,8	27	20,3	22	12,8	29	23,5	20	9,9
2	28	21,9	26,6	18,8	28	21,9	21	11,4	28	21,9	23	14,2
3	29	23,5	26,6	18,8	29	23,5	22	12,8	26	18,8	25	17,2
4	29	23,5	26,6	18,8	27	20,3	20	9,9	30	25,1	21	11,4
5	28	21,9	25	17,2	29	23,5	20	9,9	31	26,7	22	12,8
6	30	25,1	26,6	18,8	29	23,5	20	14,2	27	20,3	25	17,2
7	31	26,7	26,6	18,8	29	23,5	23	12,8	31	26,7	25	17,2
8	29	23,5	25	17,2	28	21,9	22	17,2	30	25,1	22	12,8
9	31	26,7	25	17,2	29	23,5	25	9,9	29	23,5	27	20,3
10	27	20,3	25	17,2	28	21,9	20	9,9	31	26,7	28	21,9
11	28	21,9	26,6	18,8	31	26,7	22	12,8	34	31,8	27	20,3
12	31	26,7	25	17,2	28	21,9	21	11,4	28	21,9	26	18,8
	29,3	23,9	25,9	18,1	28,5	22,7	21,5	12,1	29,5	24,3	24,3	16,2

xviii. Ensaio in-situ – Martelo de Schmidt no reboco tradicional e pré-doseado



Reboco Corrente					
Alvenaria Ordinária		Alvenaria Tijolo		Betão	
IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)	IE	f (Mpa)
32	28,4	33	30,1	32	28,4
30	25,1	31	26,7	34	31,8
32	28,4	28	21,9	36	35,2
30	25,1	36	35,2	33	30,1
29	23,5	33	30,1	33	30,1
28	21,9	31	26,7	36	35,2
30	25,1	31	26,7	33	30,1
28	21,9	33	30,1	35	33,5
33	30,1	32	28,4	35	33,5
33	30,1	32	28,4	35	33,5
31	26,7	32	28,4	34	31,8
32	28,4	30	25,1	33	30,1
30,7	26,2	31,8	28,2	34,1	31,9

xix. Ensaios in-situ – Martelo de Schmidt no reboco corrente



		Reboco Corrente						Reboco Pré-Doseado						Reboco Tradicional											
		Encasque			Cacabamento			1º Camada RBA			2º Camada RBA			RBR 20			Encasque			Emboço			Cacabamento		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
15-Jun	1	-	-	-	-	-	-	15,45	15,21	15,11	-	-	-	15,11	15,73	15,34	14,69	14,91	15,01	-	-	-	-	-	-
16-Jun	2																								
17-Jun	3																								
18-Jun	4	-	-	-	-	-	-	15,41	15,16	15,05	15,76	15,39	-	15,05	15,68	15,29	14,66	14,89	15,00	-	-	-	-	-	-
19-Jun	5	14,65	14,45	14,75	14,84	14,75	14,83	15,39	15,14	15,03	15,72	15,39	-	15,04	15,66	15,27	14,66	14,88	14,98	14,54	14,74	14,90	15,40	15,39	14,97
20-Jun	6	14,65	14,44	14,70	14,82	14,63	14,74	15,37	15,13	15,02	15,71	15,39	15,16	15,02	15,66	15,26	14,64	14,85	14,96	14,53	14,72	14,87	15,37	15,38	14,96
21-Jun	7	14,65	14,41	14,69	14,82	14,62	14,72	15,36	15,11	15,00	15,69	15,38	15,13	15,01	15,65	15,25	14,63	14,85	14,96	14,39	14,72	14,80	15,31	15,37	14,96
22-Jun	8	14,65	14,39	14,68	14,81	14,60	14,72	15,35	15,10	14,98	15,68	15,37	15,12	14,98	15,62	15,22	14,61	14,84	14,93	14,35	14,71	14,79	15,30	15,36	14,94
23-Jun	9																								
24-Jun	10																								
25-Jun	11	14,63	14,38	14,66	14,78	14,58	14,70	15,34	15,07	14,96	15,66	15,31	15,05	14,94	15,55	15,20	14,58	14,82	14,91	14,32	14,69	14,76	15,25	15,31	14,90
26-Jun	12	14,62	14,37	14,65	14,76	14,50	14,69	15,34	15,06	14,95	15,65	15,29	15,03	14,92	15,54	15,18	14,56	14,80	14,90	14,30	14,67	14,75	15,22	15,31	14,87
27-Jun	13	14,61	14,36	14,64	14,76	14,49	14,68	15,18	15,06	14,94	15,65	15,28	15,02	14,92	15,52	15,17	14,56	14,78	14,89	14,29	14,66	14,73	15,20	15,22	14,85
28-Jun	14	14,60	14,35	14,63	14,75	14,48	14,66	14,16	15,04	14,93	15,64	15,28	15,01	14,91	15,52	15,16	14,56	14,78	14,89	14,28	14,66	14,72	15,20	15,21	14,83
29-Jun	15	14,58	14,34	14,62	14,74	14,47	14,50	15,15	15,03	14,93	15,63	15,27	15,01	14,90	15,51	15,15	14,55	14,76	14,88	14,27	14,65	14,71	15,18	15,20	14,82
30-Jun	16																								
01-Jul	17																								
02-Jul	18	14,57	14,33	14,60	14,72	14,46	14,48	15,15	15,03	14,92	15,62	15,27	15,00	14,88	15,49	15,14	14,54	14,76	14,87	14,25	14,62	14,69	15,13	15,17	14,78
03-Jul	19	14,57	14,32	14,60	14,72	14,46	14,48	15,15	15,02	14,91	15,62	15,26	15,00	14,88	15,49	15,14	14,54	14,76	14,87	14,25	14,61	14,68	15,13	15,16	14,78
04-Jul	20	14,57	14,32	14,60	14,72	14,46	14,48	15,15	15,02	14,91	15,62	15,26	15,00	14,88	15,49	15,14	14,54	14,76	14,87	14,24	14,61	14,68	15,13	15,15	14,78
05-Jul	21	14,56	14,32	14,60	14,71	14,46	14,47	15,15	15,02	14,90	15,61	15,26	15,00	14,88	15,49	15,14	14,54	14,76	14,87	14,24	14,60	14,68	15,12	15,14	14,77
06-Jul	22	14,56	14,32	14,59	14,71	14,45	14,47	15,15	15,02	14,90	15,61	15,26	15,00	14,88	15,49	15,14	14,53	14,76	14,87	14,24	14,60	14,67	15,11	15,14	14,77
07-Jul	23																								
08-Jul	24																								
09-Jul	25	14,55	14,31	14,59	14,70	14,45	14,46	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,99	14,88	15,48	15,14	14,53	14,76	14,87	14,23	14,59	14,67	15,11	15,13	14,76
10-Jul	26	14,55	14,31	14,59	14,70	14,44	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,99	14,88	15,48	15,14	14,53	14,76	14,87	14,23	14,59	14,66	15,11	15,12	14,76
11-Jul	27	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,99	14,87	15,48	15,14	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
12-Jul	28	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,99	14,87	15,48	15,14	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75

xx. Ensaios Laboratoriais – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria ordinária



13-Jul	29	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,96	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
14-Jul	30																								
15-Jul	31																								
16-Jul	32	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,96	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
17-Jul	33	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
18-Jul	34	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
19-Jul	35	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
20-Jul	36	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
21-Jul	37																								
22-Jul	38																								
23-Jul	39	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
24-Jul	40	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
25-Jul	41	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
26-Jul	42	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,85	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
27-Jul	43	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,85	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
28-Jul	44																								
29-Jul	45																								
30-Jul	46	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
31-Jul	47	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
01-Ago	48	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
02-Ago	49	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,85	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
03-Ago	50	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,85	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
04-Ago	51																								
05-Ago	52																								
06-Ago	53	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
07-Ago	54	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
08-Ago	55	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,87	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75
09-Ago	56	14,54	14,31	14,58	14,69	14,43	14,44	15,15	15,02	14,90	15,61	15,25	14,94	14,85	15,48	15,13	14,53	14,76	14,87	14,23	14,58	14,66	15,11	15,12	14,75

xxi. Ensaios Laboratoriais – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria ordinária (Cont.)



		Reboco Corrente			Reboco Tradicional						Reboco Pré-Doseado					
		Alvenaria de Tijolo e Betão									Betão			Alvenaria Tijolo		
		Cacabamento			Enboço			Cacabamento			RHP Betão			RHP Tijolo		
25-Abr	1	15,51	15,22	15,48	15,08	15,13	14,93	-	-	-	14,95	15,06	15,10	-	-	-
26-Abr	2	15,49	15,09	15,46	15,03	15,10	14,91	-	-	-	14,89	15,06	15,08	-	-	-
27-Abr	3	15,48	15,06	15,45	15,01	15,10	14,89	15,17	15,29	15,78	14,87	15,05	15,07	15,26	15,06	15,15
28-Abr	4															
29-Abr	5															
30-Abr	6	15,47	15,04	15,42	14,99	15,09	14,88	15,15	15,27	15,76	14,86	15,05	15,07	15,09	15,00	15,01
01-Mai	7															
02-Mai	8	15,47	15,03	15,42	14,97	15,08	14,88	15,14	15,27	15,76	14,85	15,04	15,06	15,07	14,92	14,99
03-Mai	9	15,47	15,02	15,42	14,95	15,07	14,86	15,12	15,26	15,75	14,85	15,03	15,05	15,06	14,91	14,98
04-Mai	10	15,46	15,02	15,41	14,94	15,06	14,85	15,11	15,24	15,74	14,84	15,03	15,04	15,05	14,91	14,97
05-Mai	11															
06-Mai	12															
07-Mai	13	15,45	15,00	15,39	14,92	15,03	14,82	15,08	15,21	15,71	14,82	15,02	15,02	15,04	14,88	14,95
08-Mai	14	15,44	14,99	15,38	14,91	15,02	14,81	15,06	15,20	15,70	14,81	15,02	15,01	15,02	14,87	14,95
09-Mai	15	15,44	14,99	15,38	14,91	15,01	14,80	15,05	15,19	15,69	14,81	15,01	15,00	15,02	14,85	14,95
10-Mai	16	15,42	14,98	15,38	14,90	14,99	14,79	15,05	15,17	15,67	14,80	15,01	15,00	15,02	14,84	14,94
11-Mai	17	15,41	14,98	15,37	14,89	14,97	14,77	15,04	15,16	15,65	14,79	15,00	15,00	15,02	14,83	14,94
12-Mai	18															
13-Mai	19															
14-Mai	20	15,39	14,96	15,34	14,88	14,96	14,76	15,01	15,11	15,62	14,77	14,98	14,98	15,00	14,82	14,92
15-Mai	21	15,37	14,95	15,33	14,88	14,95	14,75	14,99	15,09	15,60	14,76	14,96	14,97	15,00	14,82	14,92
16-Mai	22	15,36	14,94	15,31	14,87	14,94	14,73	14,97	15,07	15,57	14,75	14,95	14,94	14,99	14,81	14,91
17-Mai	23	15,35	14,93	15,30	14,86	14,93	14,72	14,95	15,05	15,54	14,74	14,94	14,92	14,99	14,80	14,90
18-Mai	24	15,34	14,91	15,29	14,82	14,89	14,71	14,93	15,03	15,53	14,72	14,93	14,91	14,95	14,76	14,89
19-Mai	25															
20-Mai	26															

xxii. Ensaio Laboratoriais – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria de tijolo e betão



21-Mai	27	15,31	14,88	15,25	14,81	14,85	14,68	14,92	14,99	15,50	14,70	14,90	14,90	14,92	14,73	14,88
22-Mai	28	15,30	14,87	15,24	14,79	14,85	14,68	14,90	14,99	15,49	14,69	14,90	14,89	14,92	14,73	14,88
23-Mai	29	15,30	14,86	15,24	14,79	14,85	14,68	14,89	14,99	15,49	14,68	14,90	14,88	14,92	14,72	14,87
24-Mai	30	15,29	14,86	15,24	14,78	14,85	14,67	14,89	14,98	15,48	14,68	14,90	14,88	14,91	14,72	14,87
25-Mai	31	15,28	14,85	15,24	14,78	14,84	14,65	14,89	14,98	15,48	14,68	14,89	14,88	14,91	14,71	14,87
26-Mai	32															
27-Mai	33															
28-Mai	34	15,25	14,82	15,22	14,77	14,84	14,63	14,87	14,95	15,48	14,65	14,87	14,86	14,90	14,69	14,86
29-Mai	35	15,25	14,81	15,20	14,75	14,84	14,63	14,87	14,94	15,48	14,65	14,87	14,86	14,89	14,69	14,86
30-Mai	36	15,25	14,81	15,19	14,74	14,84	14,61	14,86	14,94	15,48	14,65	14,87	14,86	14,89	14,68	14,86
31-Mai	37	15,24	14,81	15,19	14,74	14,84	14,61	14,86	14,94	15,48	14,65	14,86	14,86	14,89	14,68	14,86
01-Jun	38	15,23	14,80	15,19	14,74	14,83	14,60	14,85	14,93	15,47	14,65	14,86	14,85	14,88	14,68	14,86
02-Jun	39															
03-Jun	40															
04-Jun	41	15,23	14,80	15,19	14,74	14,83	14,60	14,85	14,93	15,46	14,64	14,85	14,85	14,88	14,68	14,85
05-Jun	42	15,23	14,79	15,18	14,74	14,83	14,60	14,85	14,93	15,46	14,64	14,85	14,84	14,88	14,68	14,85
06-Jun	43	15,23	14,79	15,18	14,74	14,83	14,60	14,85	14,93	15,46	14,64	14,85	14,84	14,88	14,67	14,85
07-Jun	44	15,23	14,79	15,18	14,74	14,82	14,60	14,85	14,93	15,46	14,63	14,85	14,84	14,88	14,67	14,85
08-Jun	45	15,22	14,78	15,18	14,73	14,82	14,59	14,85	14,92	15,45	14,63	14,85	14,84	14,88	14,67	14,84
09-Jun	46															
10-Jun	47															
11-Jun	48	15,22	14,78	15,18	14,73	14,82	14,59	14,85	14,92	15,45	14,63	14,85	14,84	14,88	14,66	14,84
12-Jun	49	15,22	14,78	15,17	14,72	14,81	14,59	14,84	14,92	15,45	14,63	14,85	14,84	14,88	14,66	14,84
13-Jun	50	15,22	14,78	15,17	14,72	14,81	14,59	14,84	14,92	15,45	14,63	14,85	14,84	14,88	14,66	14,84
14-Jun	51	15,22	14,78	15,17	14,72	14,81	14,59	14,84	14,92	15,45	14,63	14,83	14,84	14,88	14,66	14,84
15-Jun	52	15,22	14,77	15,17	14,72	14,81	14,58	14,84	14,91	15,44	14,63	14,83	14,84	14,88	14,66	14,84
16-Jun	53															
17-Jun	54															
18-Jun	55	15,22	14,77	15,16	14,72	14,81	14,58	14,84	14,91	15,44	14,63	14,83	14,84	14,87	14,65	14,84
19-Jun	56	15,21	14,76	15,16	14,72	14,80	14,58	14,83	14,91	15,44	14,62	14,83	14,84	14,87	14,65	14,84

xxiii. Ensaios Laboratoriais – Retracção aos 28 e 56 dias na alvenaria de tijolo e betão (Cont.)



Reboco Tradicional											
Alvenaria Tijolo				Alvenaria Ordinária				Betão			
Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)
1	Suporte/Rev.	0,22	0,583	1	Rev.	0,33	0,834	1	Mista	0,18	0,475
2	Suporte/Rev.	0,28	0,707	2	Rev.	0,13	0,335	2	Mista	0,21	0,530
3	Suporte/Rev.	0,24	0,595	3	Rev.	0,4	0,918	3	Mista	0,19	0,490
4	Suporte/Rev.	0,20	0,521	4	Rev.	0,19	0,502	4	Rev.	0,25	0,613
5	Suporte/Rev.	0,26	0,653	5	Rev.	0,29	0,745	5	Mista	0,25	0,607

Reboco Pré-Doseado											
Alvenaria Tijolo				Alvenaria Ordinária				Betão			
Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)
1	Suporte/Rev.	0,13	0,326	1	Rev.	0,18	0,468	1	Suporte/Rev.	0,06	0,175
2	Suporte/Rev.	0,14	0,367	2	Rev.	0,16	0,403	2	Suporte/Rev.	0,10	0,214
3	Suporte/Rev.	0,14	0,371	3	Rev.	0,12	0,312	3	Suporte/Rev.	0,04	0,119
4	Suporte/Rev.	0,11	0,269	4	Rev.	0,18	0,476	4	Suporte/Rev.	0,05	0,147
5	Suporte/Rev.	0,12	0,298	5	Rev.	0,14	0,362	5	Suporte/Rev.	0,03	0,098

Reboco Corrente											
Alvenaria Tijolo				Alvenaria Ordinária				Betão			
Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)	Pontos	Tipo rotura	σ (Mpa)	F (kN)
1	Suporte/Rev.	0,63	1,005	1	Rev.	0,90	2,313	1	Mista	0,71	1,745
2	Mista	0,62	0,997	2	Rev.	0,87	2,174	2	Suporte/Rev.	0,64	1,610
3	Mista	0,68	1,044	3	Rev.	1,19	2,978	3	Mista	0,82	2,050
4	Suporte/Rev.	0,60	0,973	4	Rev.	0,88	2,198	4	Mista	0,78	1,923
5	Mista	0,70	1,065	5	Rev.	0,81	2,015	5	Mista	0,70	1,727

xxiv. Ensaios in-situ – Pull-off aos 90 dias