



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Humidade no interior dos edifícios: Estudo de Casos

ERIKE PATRICK RODRIGUES PEREIRA

Licenciado em Engenharia Civil

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Civil

Orientador:

Especialista, Jorge Manuel Grandão Lopes – ISEL/ADEC

Júri:

Presidente:

Doutor, Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques - ISEL/ADEC

Vogais:

Especialista, Manuel Augusto Gamboa - ISEL/ADEC

Especialista, Jorge Manuel Grandão Lopes - ISEL/ADEC

Setembro de 2021

Agradecimentos

A realização e conclusão deste trabalho não teriam sido possíveis sem a colaboração, ao longo desse processo, de todos que me acompanharam. Manifesto, assim, o meu agradecimento às pessoas que, contribuíram para a apresentação final desta dissertação.

Primeiramente agradeço a Deus, que me conduziu durante todo esse mestrado. Por me dar saúde e coragem para mudar de país e força para vencer todos os obstáculos nesta nova fase de vida em Portugal. Obrigado, Deus, por permitir que eu concluísse esse mestrado com êxito. Sou muito grato a Ele por ter me atribuído o dom de ser Engenheiro e a missão de seguir colaborando com a sociedade exercendo esta profissão.

Agradeço a minha mãe Cleonice ao meu pai Rone e minha querida irmã Erika juntamente com meus sobrinhos Lívia e Emanuel, serei eternamente grato a tudo que fizeram e fazem por mim, mesmo com a distância física, estão sempre presentes me apoiando e dando forças durante todas as fases da minha vida, obrigado por acreditarem nos meus sonhos, vocês são a melhor família do mundo!

A todos os professores do mestrado de edificações, pelos conhecimentos e competências que me transmitiram ao longo deste percurso acadêmico, que culminaram na elaboração desta tese. Em particular ao professor Grandão Lopes, meu orientador, que me acompanhou ao longo da tese e que sempre se mostrou disponível para esclarecer dúvidas, dar opiniões e apoiar as alterações neste trabalho.

A SOPSEC SA pela oportunidade de ingressar na construção civil, o que me permitiu o contato com conceitos da área em Portugal e um importante aprimoramento profissional. Essa experiência permitiu-me um conhecimento rico e aprofundado das áreas de fiscalização e edificações, essencial para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas do ISEL e que hoje se tornaram grande amigos, Bruno, Ibraim e Gustavo, com quem tenho vindo a partilhar ideias e conhecimentos e que sempre se mostraram disponíveis em ouvir as minhas preocupações e dúvidas, mas também as minhas vitórias, ao longo deste processo.

Ao Luis Caitano, pelo apoio, incentivo, ajuda e paciência que teve comigo, enquanto durou a realização deste curso. Ao querido amigo o Prof^o. MSc. Luís Sant`Ana que sempre se mostrou interessado a me ajudar na dissertação e me apoiou para a realização do trabalho.

E por fim, agradeço a todos amigos do Brasil que direta ou indiretamente fizeram parte da minha vida durante este curso, muito obrigado!

Resumo

A crescente demanda por obras de remodelações no país tem causado um impacto positivo na construção civil principalmente nos setores de reabilitação e manutenção; devido à antiguidade das edificações em Portugal é comum o surgimento de anomalias, que visam ser solucionadas no decorrer das obras de remodelações. As anomalias relatadas nesse estudo têm origem devido o surgimento de humidades nos edifícios. Com um referencial bibliográfico, identificou-se os tipos de humidades existentes e as possíveis prevenções e soluções que irão impulsionar as análises deste trabalho. Realizou-se um estudo de casos através da coleta de dados com visitas e inspeções técnicas em três edifícios, localizados em duas freguesias do município de Oeiras: Algés e Paço de Arcos, os quais são edifícios de uso habitacional, e um de uso comercial na freguesia de Lisboa: Alvalade. No seguimento das inspeções executadas nas edificações em estudo, foram detetadas prováveis humidades decorrentes de condensação, precipitação, construção, ascensional e higroscopicidade. Foram analisadas as suas causas prováveis e indicado soluções através de técnicas construtivas para eliminar e prevenir as humidades identificadas. Pelo exposto, o presente Trabalho Final de Mestrado é focado na apresentação e análise de soluções construtivas para combater a humidade no interior dos edifícios.

Palavras-chave: Humidades; anomalias; remodelações; técnicas construtivas; edificações.

Abstract

The growing demand for remodeling works in the country has caused a positive impact on civil construction, mainly in the rehabilitation and maintenance sectors; due to the antiquity of buildings in Portugal, anomalies are common, which aim to be solved in the course of remodeling works. The anomalies reported in this study are due to the appearance of humidity in buildings. With a bibliographic reference, the types of humidity were identified and the possible preventions and solutions that will drive the analysis of this work. A case study was carried out through data collection with visits and technical inspections in three buildings, located in two parishes in the municipality of Oeiras: Algés and Paço de Arcos, which are buildings for residential use, and one for commercial use in the parish of Lisbon: Alvalade. Following the inspections carried out on the buildings under study, probable humidity resulting from condensation, precipitation, construction, ascension and hygroscopicity was detected. Their probable causes were analyzed and solutions were indicated through constructive techniques to eliminate and prevent the identified humidity. For this reason, this Final Master's Work is focused on the presentation and analysis of constructive solutions to combat humidity inside buildings.

Keywords: Humidity; anomalies; remodeling; constructive techniques; buildings.

Índice

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Enquadramento | 1 |
| 1.2 Objetivos | 4 |
| 1.3 Metodologia | 4 |
| 1.4 Organização do Trabalho | 5 |
| 2. A HUMIDADE NOS EDIFÍCIOS..... | 7 |
| 2.1. Tipos de humidade - Origens..... | 7 |
| 2.1.1 Humidade de construção..... | 9 |
| 2.1.2 Humidade de condensação..... | 9 |
| 2.1.3 Humidade proveniente do terreno por capilaridade ou ascensional | 10 |
| 2.1.4 Humidade de precipitação ou por infiltração..... | 12 |
| 2.1.5 Humidade devido a fenómenos de higroscopicidade..... | 13 |
| 2.1.5 Humidade de causas fortuitas | 13 |
| 2.2 Anomalias devidas à humidade | 14 |
| 2.3 Meios para diagnóstico de humidades | 16 |
| 2.3.1 Técnicas de identificação de humidades não-destrutivas | 16 |
| 2.3.2 Técnicas destrutivas de identificação de humidades | 21 |
| 2.4 Estratégias de prevenção de humidades..... | 22 |
| 2.5 Soluções de reparação das anomalias oriundas da humidade..... | 23 |
| 2.5.1 Soluções para humidades decorrentes de condensação | 24 |
| 2.5.2 Soluções para humidades ascendentes do terreno | 24 |
| 2.5.3 Soluções para humidades provenientes da infiltração | 27 |
| 2.5.4 Soluções para humidades decorrentes de intempéries | 27 |
| 2.5.5 Soluções para humidades decorrentes da construção | 27 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.6 Soluções para humidades decorrentes da higroscopicidade | 28 |
| 3. ESTUDO DE CASOS..... | 29 |
| 3.1. Edificações de estudo..... | 29 |
| 3.1.1 Identificação do Edifício A – Algés..... | 29 |
| 3.1.2 Identificação do Edifício B – Paço de Arcos | 31 |
| 3.1.3 Identificação do Edifício C – Alvalade..... | 32 |
| 3.2. Humidades Identificadas..... | 33 |
| 3.2.1 Humidades do Edifício A – Algés | 34 |
| 3.2.2 Humidades do Edifício B – Paço de Arcos..... | 37 |
| 3.2.3 Humidades do Edifício C – Alvalade | 39 |
| 4. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS | 43 |
| 4.1. Relação das humidades com as anomalias identificadas | 43 |
| 4.2. Soluções de isolamento térmico..... | 44 |
| 4.2.1 Sistema de isolamento térmico de fachadas pelo exterior | 46 |
| 4.2.2 Isolante pelo interior | 48 |
| 4.2.3 Fachadas ventiladas | 49 |
| 4.2.4 Argamassas térmicas..... | 50 |
| 4.3 Soluções expeditas para reparação de paredes..... | 50 |
| 4.4. Soluções para as estalactites | 52 |
| 5. CONCLUSÕES E PROSSEGUIMENTO DO ESTUDO | 53 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |
| ANEXO I - FICHA TÉCNICA DE INSPEÇÃO DE EDIFÍCIO | 60 |
| INSPEÇÃO DO EDIFÍCIO A (Algés) | 60 |
| INSPEÇÃO DO EDIFÍCIO B (Paço de Arcos)..... | 65 |
| INSPEÇÃO DO EDIFÍCIO C (Alvalade) | 70 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Organograma de desenvolvimento dos estudos de casos. | 5 |
| Figura 2. Principais Fontes de Humidade na Edificação. | 8 |
| Figura 3. Exemplo de manifestação da humidade por condensação | 10 |
| Figura 4. Representação esquemática dos tipos de origem de água em um terreno: freática e superficial..... | 11 |
| Figura 5. Exemplo de efeitos da humidade ascensional em uma parede..... | 12 |
| Figura 6. Exemplo de efeitos da humidade de precipitação em uma construção. | 13 |
| Figura 7. Sinalização de áreas com humidade através de infravermelhos..... | 19 |
| Figura 8. Exemplos de Aparelhos da TRAMEX utilizados na identificação de humidades. | 19 |
| Figura 9. Humidímetro portátil e suas escalas de teor de humidade. | 20 |
| Figura 10. Exemplo de marcadores colorimétricos utilizados para a identificação de sais..... | 21 |
| Figura 11. Representação esquemática das anomalias e correção..... | 23 |
| Figura 12. Aplicação da electro-osmose..... | 25 |
| Figura 13. Representação dos efeitos da redução da secção absorvente em um edifício | 25 |
| Figura 14. Representação esquemática de um sifão cerâmico composto de duas partes. | 26 |
| Figura 15. Localização do edifício A..... | 30 |
| Figura 16. Alçado frontal do edifício A..... | 30 |
| Figura 17. Localização edifício B..... | 31 |
| Figura 18. Alçado frontal do edifício B..... | 32 |
| Figura 19. Localização edifício C..... | 32 |
| Figura 20. Alçado frontal do edifício C..... | 33 |
| Figura 21. Paramento interior da casa de banho do edifício A apresentando efeitos da humidade | 35 |
| Figura 22. Teto da casa de banho do edifício A apresentando efeitos da humidade | 35 |
| Figura 23. Estores do quarto do edifício A apresentando efeitos da humidade..... | 36 |
| Figura 24. Quarto do edifício A apresentando efeitos da humidade | 36 |
| Figura 25. Casa de banho do edifício B apresentando efeitos da humidade | 37 |
| Figura 26. Casa de banho do edifício B apresentando efeitos da humidade | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 27. Sala de estar do edifício B apresentando sinais da humidade de precipitação..... | 38 |
| Figura 28. Sala de estar do edifício B apresentando sinais da humidade de precipitação..... | 38 |
| Figura 29. Cobertura do parque de estacionamento do edifício C apresentando sinais da ação da humidade..... | 39 |
| Figura 30. Vista 1 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade | 40 |
| Figura 31. Vista 2 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade | 40 |
| Figura 32. Vista 3 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade | 41 |
| Figura 33. Descolamento de mosaico cerâmico e trincas no paramento interior do edifício | 41 |
| Figura 34. Teto do piso 0 com presença de estalactites..... | 42 |
| Figura 35. Parede simples com ETICS..... | 47 |
| Figura 36. Composição da parede simples com ETICS pelo interior..... | 49 |
| Figura 37. Fachada ventilada com isolante na caixa-de-ar | 50 |
| Figura 38. Tabuleiro no teto do edifício C..... | 52 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Origem da humidade nas edificações..... | 07 |
| Tabela 2. Anomalias causadas pela humidade..... | 14 |
| Tabela 3. Relação de humidades, indícios e anomalias..... | 43 |
| Tabela 4. Benefícios das soluções de isolamento térmico..... | 45 |

Lista de Siglas

TFM - Trabalho Final de Mestrado

ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

TDR - Time Domain Reflectometry

OEPM - Oficina Espanhola de Patentes e Marcas

PVA - Acetato de polivinila

PPH - Peritagens de Patologias da Habitação

ETICS - External Thermal Insulation Composite System

EPS - Poliestireno expandido

XPS - Poliestireno extrudido

ASTM - American Society for Testing Materials

BIM - Building Information Modeling

IFMG - Instituto Federal de Minas Gerais

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A reabilitação de edifícios, sejam eles históricos ou habitacionais, concebe-se como um fator de significativa importância na maioria dos países europeus (Freire *et al.*, 2008). Muito embora a reabilitação de prédios seja colocada como um debate presente na atualidade, deve-se assinalar que há muitos séculos existem manifestações registadas representando o zelo e as preocupações com relação à preservação de monumentos arquitetónicos ao longo da história da humanidade (Silva, 2008).

Grande parte destes cuidados pode ser explicada se ligadas, principalmente, a ações embasadas nas necessidades de se conservar estas características para as gerações futuras. Por muito tempo, estas ações se direcionavam no sentido de considerar, apenas, as construções, com valorosos caracteres históricos, como sendo os únicos edifícios a serem conservados e protegidos (Silva, 2008). No entanto, percebe-se que, nos últimos anos, esta prática tem-se expandido cada vez mais para os edifícios habitacionais e não necessariamente para os que envolvem, exclusivamente, um contexto histórico (Freire *et al.*, 2008).

Neste cenário de mudanças, Portugal viveu, nos últimos anos, um influente crescimento econômico e tecnológico, e o setor da construção civil foi o responsável por grande parte da movimentação econômica do país, havendo um aumento significativo nas obras de reabilitação devido à idade dos edifícios. Segundo Correia (2009), as reabilitações dos edifícios assumem sua importância na sociedade e no mercado econômico, pela necessidade de preservação das edificações. Especificamente em relação à preservação, Silva (2008) explica que a manutenção de obras mais antigas é crucial para que ocorra a conservação da identidade cultural nacional e do padrão europeu, contribuindo, assim, para a preservação de parte da memória coletiva e patrimonial.

Ainda no que se refere ao intuito da preservação, pontua-se que as ações de conservação dos edifícios antigos demandam por um conhecimento mais especializado dos materiais e técnicas empregadas, de maneira a permitir o estabelecimento de materiais, para reabilitação e substituição, compatíveis com os previamente utilizados, assim como para as estruturas onde estes serão aplicados. Além disso, o conhecimento e domínio da composição dos revestimentos possibilitam, também, adquirir dados relevantes relacionados ao histórico dos edifícios e de suas etapas de construção (Freire *et al.*, 2008).

No que diz respeito à ascendente demanda por moradias, Silva (2008) mostra que, mediante a necessidade de contornar as tendências de envelhecimento e desertificação dos centros urbanos, torna-se imprescindível, que os mesmos disponibilizem espaços residenciais com melhores condições de conforto, capazes de estabelecer e modernizar os aglomerados populacionais existentes. Em outras palavras, para se evitar o esvaziamento de conjuntos populacionais e a reorganização de pontos de acessos aos serviços básicos de uma cidade, é indubitavelmente necessário pensar sobre a reabilitação de edifícios mais antigos, sob a perspectiva de garantir mais espaços em centros urbanos acometidos pelo envelhecimento de seus edifícios.

Face às demandas de preservação e de espaços nas áreas urbanas, de acordo com um estudo feito por Ferreira e Brito (2007), o sector da reabilitação e manutenção em Portugal representava, em 2007, efetivamente mais de 7% da indústria da construção. Além disso, os estudos feitos por estes autores demonstram que a reabilitação representa, em média, 25% deste setor, uma grande evolução que se assume como oportunidade de negócios para as empresas na lucratividade da reabilitação urbana.

Este aumento expressivo nas atividades de reabilitação também foi evidenciado por Silva (2008) ao relatar que a quantidade de edifícios em processos de reabilitação encontrava-se em um significativo crescimento, em Portugal. Entretanto, não se sabia de um consolidado quanto ao valor gerado pelas ações de reabilitação de edifícios, mas, estimou-se que, para 2008, esta percentagem variava entre 20 e 25%, segundo dados do Euroconstruct. Em contrapartida, verificou-se que, para o cenário de investimento em construção de novos edifícios, as percentagens diminuía-se consideravelmente.

Em relação às anomalias, nas etapas de remodelações dos edifícios é provável se deparar com patologias da construção. Para efeito de melhor entendimento, a patologia, no âmbito da engenharia civil, pode ser entendida como o campo da engenharia que investiga os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções (Oliveira, 2013a). No caso das anomalias voltadas para o contexto do paramento de edifícios, especificamente, elas podem ser causadas por: (1) erros de projeto, (2) erros de execução, (3) ações ambientais, (4) origem humana, (5) falhas na manutenção, e por (6) alterações das condições inicialmente previstas (Gonçalves 2007).

No que se refere às causas mencionadas acima, as mesmas podem ser exemplificadas, respetivamente por: (1) insuficiente estabilidade e má qualidade dos materiais aplicados; (2) má

execução da verga e estabilização ineficiente do solo; (3) variações da humidade e ação biológica; (4) vandalismos e acidentes de tráfego; (5) corrosão em elementos metálicos e anomalias em canalizações; e (6) escavações na vizinhança do edifício, bem como alterações nos parâmetros de conforto (Gonçalves, 2007).

Dentre as anomalias mais comuns, em paramentos de edifícios, pode-se destacar: fissuração, esmagamento, abaulamento, degradação das características mecânicas, desajustes face a exigências de conforto térmico, desajustes face a exigências de conforto acústico, desagregação, perda da aderência, criptoflorescências, presença de microrganismos vivos, empolamento, pulverulência, descamação e manchas (Gonçalves, 2007).

Conforme os dados registados no contexto acima citado, observa-se que muitas são as causas de anomalias nos edifícios; no entanto, se atendo, exclusivamente, a humidade, conforme Gaspar e Freitas (2012), um dos principais motivos de degradação dos edifícios é a presença de humidade, seja ela oriunda da água que se acumula no interior dos edifícios, nas paredes, tetos e pavimento, que possa vir de coberturas, precipitações, do terreno, ou ainda do vapor de água que condense sobre as superfícies. De forma geral, como consequência, o aparecimento de humidades no interior dos edifícios podem causar manchas, marcas de bolor, danos na estrutura, liberação de odores desagradáveis, e além disso, pode ser prejudicial à saúde humana. Cabe também ressaltar que não somente em edifícios mais antigos, em obras mais recentes ou remodeladas, a humidade também se apresenta como um fator acarretador de anomalias.

Neste cenário, destaque-se que as patologias ocasionadas pela humidade nos paramentos interiores de um edifício podem ser evitadas, com a utilização de soluções construtivas e técnicas de construção apropriadas, mas, caso as medidas preventivas não sejam empregadas, é preciso buscar formas de sanar as anomalias oriundas desta causa. Sendo assim, levando em consideração o arcabouço teórico até ao momento apresentado, através do presente trabalho, visou-se investigar e diagnosticar os tipos e as causas de patologias ocasionadas por humidade, no interior das edificações de uso habitacional e comercial, em zonas de Lisboa, bem como propor possíveis soluções para prevenir o surgimento e tratar de tais anomalias.

1.2 Objetivos

Através do contexto teórico já debatido, este trabalho final de mestrado teve como principais objetivos:

- Realizar uma revisão bibliográfica, relativa a caracterização das humidades e às patologias ocasionadas pela ação da humidade;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos, através do levantamento bibliográfico, para investigar e diagnosticar os tipos e as causas de anomalias ocasionadas por humidade, no interior dos edifícios, abordagem *in situ*, em construções antigas, recentes e remodeladas, do distrito de Lisboa;
- Estabelecer, em traços gerais, as humidades e consequentes anomalias, nos edifícios estudados;
- Propor possíveis soluções para prevenir e tratar as anomalias diagnosticadas durante as inspeções.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho e o cumprimento dos objetivos, será primeiramente levantado, através de pesquisa, quais são as anomalias provocadas pela humidade em edifícios de Portugal, levantando quais podem afetar o interior de um edifício. Posteriormente será feita uma inspeção dos edifícios em estudo, com levantamento de dados e identificação das anomalias existentes. Para esta inspeção será utilizada uma Ficha (ANEXO 1) adaptada de Marques (2018), com identificação dos locais a observar, das potenciais anomalias que neles podem ser encontradas e de uma primeira análise do tipo de humidade que deu origem a essas anomalias.

Feitos os levantamentos, serão analisados, com detalhe, as prováveis fontes de humidade que resultaram na anomalia e verificação de quais as tecnologias que podem ser utilizadas para solucionar os problemas apresentados nas obras visitadas objeto deste trabalho.

Por fim, será usado o conhecimento adquirido para solucionar as anomalias oriundas dos vários tipos de humidade no interior de uma edificação.

A Figura 1 demonstra a representação esquemática através de um organograma para desenvolvimento dos estudos de casos que serão analisados no presente trabalho.

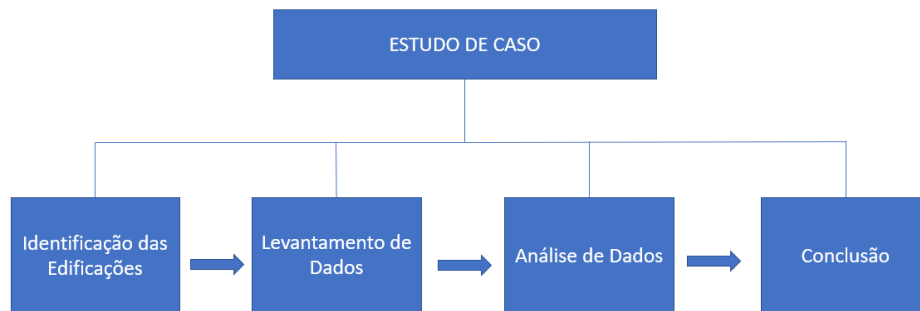


Figura 1. Organograma de desenvolvimento dos estudos de casos.
(Autoria Própria, 2020)

1.4 Organização do Trabalho

O presente Trabalho Final de Mestrado - TFM está organizado em 5 capítulos, sendo os mesmos:

Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo é realizado um enquadramento sobre a temática abordada, um histórico geral sobre o tema, a justificação da necessidade do seu desenvolvimento e são apresentados os objetivos pretendidos e metodologia utilizada para o desenvolvimento.

Capítulo 2 – A Humidade nos Edifícios

Neste capítulo foi realizada uma pesquisa bibliográfica relativa às humidades, aos tipos de humidades existentes, aos fatores que podem ter causado a humidade, às formas de identificação das mesmas, às estratégias de prevenção, e às possíveis soluções construtivas para fazer face aos diferentes tipos de humidades.

Com vista a dar uma ideia, desde já, sobre os vários tipos de humidade que poderão verificar-se no interior dos edifícios, e das técnicas correntemente usadas para as identificar, apresenta-se neste capítulo uma descrição desses tipos e dessas técnicas.

Capítulo 3 – Estudo de Casos

No capítulo 3, abordou-se o levantamento *in situ* dos casos de anomalias existentes nos edifícios através da inspeção das edificações. Foi realizado um levantamento dos casos apresentados nos edifícios e fatores que causaram a anomalia devida à presença de humidade no interior destes edifícios.

Capítulo 4 – Soluções Construtivas

No capítulo 4, abordou-se, a indicação de soluções construtivas para reparar e prevenir as anomalias oriundas das humidades dos edifícios visitados. Apresentam-se algumas soluções técnicas para evitar a presença de humidades em paramentos interiores de edifícios que poderão servir como referência para construções com os mesmos problemas.

Capítulo 5 – Conclusões e Prosseguimento do Estudo

Neste capítulo apresentam-se as considerações finais do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

2. A HUMIDADE NOS EDIFÍCIOS

2.1. Tipos de humidade - Origens

Uma série de estudos vêm ressaltando o fato da humidade se estabelecer como uma das principais causas de degradação das edificações. Esta mesma constatação foi feita por Henriques (1994), Luso *et al.*, (2003), Silva (2012), Oliveira (2013b), Marinho (2014) e Carvalho (2015). Neste sentido, percebendo os impactos da ação da humidade em construções, assinala-se a importância de cada vez mais se compreender a ação deste fenômeno, permitindo, assim a garantia de melhores resultados, seja no diagnóstico, prevenção ou tratamento desta manifestação. Segundo Verçoza (1991), a ocorrência de humidade é um meio necessário para que ocorram várias anomalias nas edificações, tais como: ferrugens, mofo, eflorescência, descascamento de pinturas, bolores e ainda falhas estruturais. O autor menciona que a humidade nas edificações pode ser ocasionada durante o processo construtivo, decorrentes de condensação, de humidade ascendente do terreno por capilaridade, provenientes de infiltração de água de chuva e até resultantes de vazamento em redes hidráulicas. A Tabela 2 apresenta a correspondência de onde se originam os tipos de humidade com os locais onde elas possam surgir.

Tabela 1. Origem da humidade nas edificações.

| Origem | Elemento Construtivo |
|--|--|
| Humidade proveniente do processo construtivo | - Elementos de betão ou argamassa |
| | - Paredes e tetos pintados |
| Humidade decorrentes de intempéries | - Cobertura |
| | - Paredes |
| Humidade ascendente por capilaridade | - Fundação |
| | - Piso térreo |
| Humidade decorrente de condensação | - Paredes, coberturas e pisos em contacto com o exterior |
| | - Compartimentos com pouca ventilação, envolvente exterior |
| | - Casa de banho, cozinhas e garagem |

(Adaptado de Verçoza, 1991)

Na Figura 2 temos a representação esquemática das principais fontes de ocorrência da humidade numa edificação.

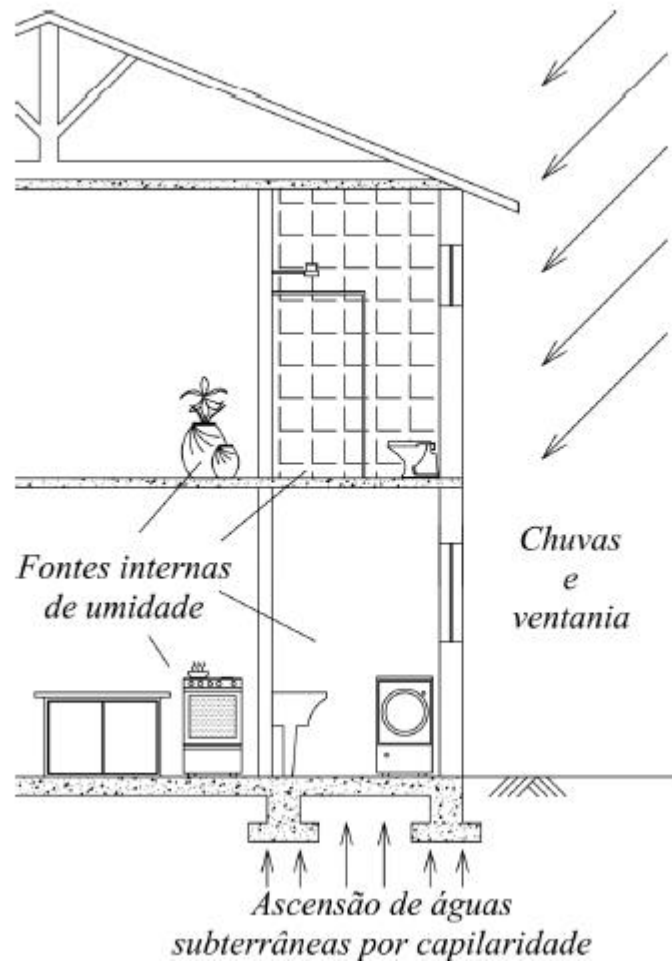


Figura 2. Principais Fontes de Humidade na Edificação.
(Carvalho e Pinto, 2018)

Nos próximos itens, serão expostos e debatidos os principais tipos de humidades encontrados no interior dos edifícios, disponíveis na literatura: humidade da construção, humidade de condensação, humidade ascensional, humidade de precipitação e humidades de causas fortuitas.

2.1.1 Humidade de construção

De forma geral, os materiais frequentemente utilizados em obras podem armazenar uma quantidade expressiva de água. Esta quantidade de água presente pode estar associada ao processo de execução, como o das argamassas, do betão ou pinturas preparados em obra, por exemplo, ou de suas etapas de aplicação na obra, local onde surge o contato direto com outros materiais que apresentam teores de água em suas composições, ou ainda dos fenômenos pluviométricos que ocorrem durante o período em que os materiais encontram-se expostos às condições do clima ao longo das etapas da construção (Verçoza, 1991; American Society of Heating, 2013; e Marinho, 2014).

A humidade da construção é um tipo de humidade que tende a desaparecer ou a estabilizar com o passar do tempo. O desaparecimento da água contida nos materiais ocorre quando toda humidade atravessa, no estado líquido ou gasoso, os poros presentes, até alcançar a superfície externa. É importante pontuar que a duração total para o processo de secagem possui valores variados e está associada a outros fatores como a dosagem do material utilizado e do ambiente onde o material está aplicado. Sabe-se que um ambiente com maiores teores de humidade, o processo de evaporação é dificultado, enquanto em ambientes mais secos, a secagem é favorecida (Carvalho, 2015 e Freitas *et al.*, 2008).

Neste sentido, levando-se em consideração a presença de humidade nos materiais utilizados na construção, é fundamental atentar-se para a eliminação destes teores excedentes de água presentes, através do respeito ao tempo de secagem de cada material. Apesar das recomendações e estudos mostrando a importância da secagem dos materiais para se evitar problemas futuros, chama-se a atenção para as restritas tolerâncias que existem em relação aos prazos de execução de uma obra. Em muitos casos, não se confere o tempo adequado de secagem, aos materiais, antes de serem utilizados, o que, conseqüentemente, produz reflexos posteriores, como o aparecimento de anomalias (Henriques, 1994).

2.1.2 Humidade de condensação

Henriques (1994), afirma que o ar é constituído por gases e vapor de água. Por essa afirmação é possível perceber que a saturação é atingida pela quantidade limite de vapor de água que o ar pode suportar, levando em consideração a temperatura. O mesmo autor também afirma que a humidade relativa é a relação entre a quantidade de vapor de água contida no ar e a saturação máxima correspondente à temperatura do ar.

Segundo Verçoza (1991), a humidade de condensação é bastante diferente das outras, pois a água já se encontra no ambiente em forma de vapor e se deposita na superfície dos elementos construtivos do edifício.

Existem dois tipos de condensações: as superficiais e as internas (Carvalho, 2015). No que se refere às condensações superficiais, nas construções, estas dependem de fatores como a produção de vapor, seja ela pelos ocupantes ou pelos equipamentos; a presença ou não de isolamento térmico; e de ventilação do ambiente. O fenómeno da condensação superficial (Figura 3) ocorre quando massas de ar, com vapor de água, se deparam com superfícies que apresentam temperaturas superficiais inferiores à temperatura de ponto de orvalho, e, portanto, passam pela transformação de estado físico: a condensação (Henriques, 1994).

Já as condensações internas ocorrem quando o vapor de água atravessa uma parede por difusão e iguala a pressão de saturação. De forma generalizada, as condensações internas não acarretam degradações visíveis, no entanto, podem propiciar o apodrecimento dos materiais (Carvalho, 2015), especialmente se se tratar de materiais orgânicos.



Figura 3. Exemplo de manifestação da humidade por condensação
(Carvalho, 2015)

2.1.3 Humidade proveniente do terreno por capilaridade ou ascensional

Segundo Freitas *et al.* (2008, p.17), “A capilaridade ocorre quando um material poroso é posto em contacto com água em fase líquida.” Entende-se por capilaridade a capacidade que os materiais porosos possuem de absorver e armazenar a água quando em interação com água no estado líquido. Conforme Freitas e colaboradores (2008), a humidade ascensional depende de vários fatores, tais como: condições climáticas, temperatura e humidade do ambiente, presença de sais, porosidade dos materiais, espessura da parede e natureza dos materiais utilizados no revestimento.

De acordo com Verçoza (1991), a humidade proveniente do terreno por capilaridade ou humidade ascensional, sobe do solo húmido. Esta humidade ocorre na fundação, devido às condições de porosidade do solo e à falta de um meio que impeça o seu seguimento. Além disso, ocorre também por meio de materiais de construção através dos canais capilares, podendo a água alcançar o interior do edifício.

Conforme Lstiburek e Carmody (1991), a absorção capilar é um dos principais meios de condução da humidade do exterior para o interior da edificação. No entanto, destaca-se, também, que este tipo de humidade pode ocorrer por outros meios como: difusão do vapor de água, deslocação do ar e infiltrações.

Para Marinho (2014), a água existente em um terreno tem duas origens distintas que acarretam consequências diferentes. Portanto, conforme a origem, as águas de um terreno podem ser: águas freáticas e águas de precipitação, conforme representado na Figura 4. Quando a humidade é proveniente de ações das águas freáticas, as manifestações são mais constantes e permanentes ao longo de todo o ano, uma vez que a fonte tem carácter mais ou menos constante. Já no caso das águas superficiais, existe uma variação do nível alcançado pelas águas ao decorrer do ano, principalmente se o caso em questão estiver associado com a água da chuva que se infiltra no terreno, e que possui uma sazonalidade. A problemática levantada por este tipo de humidade reafirma a importância de se conhecer o terreno, antes de iniciar uma obra. Através da Figura 5 pode-se observar a ação da humidade ascensional em uma obra.

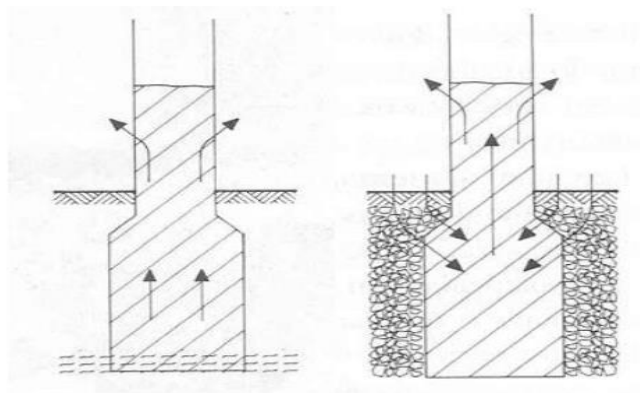


Figura 4. Representação esquemática dos tipos de origem de água em um terreno.

(Henriques, 1994)



Figura 5. Exemplo de efeitos da humidade ascensional em uma parede.

(Adaptado de Carvalho e Pinto, 2018)

2.1.4 Humidade de precipitação ou por infiltração

A água da chuva é capaz de danificar muros e paredes com a sua energia cinética no impacto. Além disso, esta água pode criar uma película que leva à sua penetração por capilaridade, pelos poros da parede ou pela própria ação gravitacional (Henriques, 1994). Ao falar das ações da chuva em construções, é imprescindível mencionar que, em condições normais de precipitação, o direcionamento da água da chuva é primordialmente vertical. No entanto, quando à precipitação se associa o vento, modifica-se a direção da chuva, propiciando um aumento em sua atuação horizontal, conseqüentemente, a pressão sobre o edifício também se eleva, podendo gerar conseqüências de cunho prejudicial (Oliveira 2013b).

Para Carvalho e Pinto (2018), os erros no projeto do edifício, como a posição da edificação em relação ao clima da região e falhas no processo construtivo, como na instalação de portas e janelas e execução das fundações e paredes, levam ao surgimento de humidades e aparecimento de anomalias na edificação.

Conforme Verçozza (1991), a chuva é o meio mais provável para ocasionar humidades, tendo como meios a direção e aceleração do vento, humidade do ar, velocidade de precipitação e soluções construtivas. Ressalta-se que a ocorrência de precipitações não resulta necessariamente em anomalias de humidade. Através da Figura 6 pode-se observar a ação da infiltração no interior de uma casa.



Figura 6. Exemplo de efeitos da humidade de precipitação em uma construção.

(Marinho, 2014)

2.1.5 Humidade devido a fenómenos de higroscopicidade

As generalidades dos materiais de construção são higroscópicos, especialmente os que constituem os acabamentos interiores dos elementos de construção (estruques, rebocos, madeiras). Caso na sua constituição estejam presentes sais, ou a eles cheguem provenientes do terreno por capilaridade (uns mais higroscópicos do que outros), essa propriedade torna-se mais relevante. Ou seja, é maior a capacidade de absorção do vapor de água do ar por esses materiais, quando a humidade relativa atinge valores relativamente elevados (acima dos 60-70%); essa humidade absorvida é restituída ao ambiente quando a humidade relativa cai para valores inferiores aos referidos. Estes ciclos continuados de humedificação e secagem podem dar origem a anomalias nos materiais que constituem especialmente os revestimentos interiores dos elementos de construção dos edifícios.

2.1.5 Humidade de causas fortuitas

Esta manifestação de humidade está associada a situações esporádicas, oriundas da falta de cuidados na execução, falhas e uso incorreto de equipamentos, causas acidentais acarretadas por ações antrópicas ou de teor natural, e ainda por reflexos da falta de manutenção. Como exemplos de fatores que levam à ocorrência deste tipo de humidade nas construções, pode-se citar: fugas nos sistemas de abastecimento ou drenagem de águas, ocorrência de entupimentos em caleiras ou tubos de queda (Oliveira, 2013b; Marinho, 2014; e Carvalho, 2015).

2.2 Anomalias devidas à humidade

De acordo com Carvalho e Pinto (2018), existem fatores que contribuem com a aparição de anomalias na edificação, tais anomalias se não solucionadas evoluem para graus de risco elevados na edificação. A Tabela 3, a seguir, representa os indícios de anomalias causadas por humidade e as suas ações de degradação na edificação.

Tabela 2. Anomalias causadas pela humidade.

| Tipo de Humidade | Indícios e Anomalia |
|------------------------------|--|
| Humidade de construção | Eflorescência e mofo; Sítios de humedecimento em paramentos internos e externos. |
| Humidade da condensação | Manchas de humidade, fungos e microflora bacteriana nas paredes; Apodrecimento de matéria orgânica; Zonas de umedecimento nas paredes. |
| Humidade ascensional | Manchas húmidas de altura variável em paredes e pavimentos em contacto com o solo; Bolores, vegetação parasitária, eflorescências, criptoflorescências. Cristalizações no formato de eflorescência ou criptoflorescências. |
| Humidade de precipitação | Manchas de humidade nas paredes expostas a chuvas; Bolores e eflorescências. |
| Humidade de causas fortuitas | Ruturas da canalização, infiltrações e manchas |

(Adaptado de Carvalho, 2015 e Carvalho e Pinto, 2018)

Com o intuito de fornecer um panorama geral de características, de alguns indícios e formas de manifestações de anomalias ocasionadas pela humidade, dados do trabalho de Suplicy (2012) apresentam as seguintes definições:

- **Mofo:** juntamente com o bolor, os mofos são ocasionados pela presença de indivíduos pertencentes ao grupo dos fungos cujas raízes penetram no substrato húmido, liberando enzimas ácidas que promovem a corrosão do mesmo;
- **Oxidação:** é o processo de transformação lenta de um metal em seus óxidos, na presença de água. No caso do ferro e aço a oxidação ganha o nome de ferrugem;

- **Goteiras e manchas:** ocorre quando a água da chuva atravessa um elemento de construção, e, ao chegar na superfície interior da parede ou cobertura, pode originar manchas; ou, em casos mais graves, pode ocasionar mesmo fluxos ou escorrimentos de água;
- **Eflorescências:** é uma manifestação caracterizada por depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície dos revestimentos. Estes cristais são provenientes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas com alto teor de sal;
- **Criptoflorescências:** similarmente às eflorescências, as criptoflorescências são formações salinas. O que as difere é que, na última, observa-se a formação de grandes cristais que aderem ao interior das estruturas de um edifício. À medida que estes cristais crescem, eles podem provocar pressões na massa, formando rachaduras e, nalguns casos mais extremos, até a queda da parede. Este tipo de anomalia está fortemente ligado à presença do sulfato;
- **Gelividade:** a água ao solidificar aumenta seu volume. E a água em canais capilares congela a temperatura acima de 0°C. Ela pode congelar a temperaturas até 6°C. Dessa maneira, a água depositada nos poros e canais capilares dos tijolos e do betão, congela em dias frios. Ao congelar, aumenta-se o volume e danos podem ser ocasionados;
- **Deterioração:** todas as manifestações, até o momento expostas, são causadas pela água, ou por ela conduzidas, ou afetadas. Com o passar do tempo, essas características começam a passar pelo processo de deterioração;
- **Capilaridade:** ao se analisar a borda de um líquido, em um copo, pode-se observar que a superfície se curva, para cima ou para baixo, dependendo do tipo de líquido. Isso ocorre porque a superfície de um líquido possui uma película com tensão própria, denominada tensão superficial, e que é promovida graças à viscosidade. Essas curvaturas são comumente designadas de meniscos. Assinala-se que, a força de ascensão pode, em alguns casos, superar a força da gravidade, elevando o líquido até que se estabeleça um equilíbrio entre as mesmas;
- **Percolação:** trata-se da migração da água, através de um corpo, por difusão em um nível de partícula por partícula. É um processo similar ao que ocorre na osmose. A água satura um grão que, por conseguinte, satura o grão seguinte, até atravessar toda a estrutura.

Suplicy (2012) ainda enfatiza que os problemas de humidade podem apresentar manifestações diversas e que, geralmente, eles não estão ligados somente a um tipo de causa.

2.3 Meios para diagnóstico de humidades

Os sinais ou sintomas de uma anomalia causada por humidade podem ser diagnosticados por observações visuais diretas, através de medições e inspeções *in situ*, por ensaios laboratoriais ou por meio de métodos de cálculo que se baseiam em programas de cálculos automáticos. Sabe-se que as técnicas de deteção de anomalias oriundas da humidade podem ser classificadas em duas categorias: técnicas não-destrutivas e destrutivas (Marinho, 2014).

2.3.1 Técnicas de identificação de humidades não-destrutivas

As técnicas não destrutivas apresentam considerável eficácia e são amplamente utilizadas mediante: a facilidade de manuseio; a possibilidade de poderem ser executadas no local, por disponibilizarem resultados em um tempo consideravelmente mais rápido; e, primordialmente, a garantia da preservação das estruturas em análise, uma vez que, em algumas situações, a destruição do material inspecionado pode não ser possível ou desejada (Marinho, 2014).

No panorama dos métodos não destrutivos, existe uma rede variada de aparelhos com mecanismos de funcionamento distintos que possibilitam medições em diferentes níveis e intensidades. Cabe também mencionar que estas ferramentas também diferem nas informações que disponibilizam, algumas apenas foram produzidas para avaliações de cunho qualitativo do teor de humidade em edifícios, ou seja, liberam apenas resultados relativos, enquanto outras são seguidas de gráficos ou tabelas, para interpretações, visando a obtenção de resultados quantitativos (Marinho, 2014).

Dentre as técnicas não destrutivas são dados os seguintes exemplos:

1. Método da Medição da Variação da Resistência Elétrica. Trata-se de um método elétrico em que os equipamentos portam dois elétrodos que estão em contacto direto com o edifício que se pretende inspecionar. Através destes elétrodos propagam-se correntes elétricas com intensidades que dependem das características de resistência elétrica do elemento. Sabe-se que a disponibilidade de água aumenta a condutibilidade e decresce a resistência elétrica da estrutura. Portanto, através da mensuração da resistência, compreende-se que o teor de humidade varia em uma proporção inversa, e que a partir do valor obtido pode-se estimar o teor de água na superfície investigada (Henriques, 1994).

2. Método da Medição da Variação da Constante Dielétrica. Assim como o método 1, trata-se de um método elétrico em que dois eletrodos entram em contacto com a estrutura ou elementos averiguados, e, através deste contato, medem a variação da sua constante dielétrica (K). A constante K é denominada como uma propriedade elétrica dos materiais (Henriques, 1994). Para o cálculo utilizado com este método, define-se a constante K da água igual a 80, enquanto para os materiais de construção, após período de secagem, esta constante raramente chega a 10. Ou seja, quanto maior for a constante K observada em uma estrutura, maior a quantidade de água ali presente. Os valores da constante K, de alguns materiais, podem ser consultados em tabelas do website da Hyperphysics.

3. Método da Medição da Variação da Impedância de um Semicondutor. Trata-se da obtenção do teor de humidade nas estruturas, através da medição da humidade relativa do ar em equilíbrio com essas estruturas. Os aparelhos que se baseiam neste método possuem um semicondutor, propriamente protegido por uma cápsula permeável ao ar e ao vapor de água, cuja impedância oscila de acordo com a humidade relativa do ar presente (Marinho, 2014).

4. Método da Utilização de Micro-ondas. Sabe-se que a presença da água nos materiais altera a passagem de micro-ondas que são emitidas por equipamentos. Os aparelhos que se baseiam neste método possuem uma fonte emissora e uma fonte recetora que coleta os sinais recebidos. Esta medição pode ser executada por transmissão, em situações em que a fonte recetora encontra-se do lado oposto da fonte emissora, ou através da reflexão, caso as fontes estejam dispostas lado a lado (Henriques, 1994).

5. Método do Tempo de Reflexão de Onda (TDR). Neste método um sinal eletromagnético é enviado através de um equipamento para as sondas do aparelho, dispostas na estrutura a ser investigada. Quando se verifica a existência de variação na impedância elétrica, mediante a presença de teores de água, na extremidade das sondas é detetada a chegada do sinal através do espaço de tempo percorrido e da variação do sinal propriamente dito, o que possibilita o estabelecimento da constante dielétrica do material e da impedância do mesmo (Gaidi e Alimi-Ichola, 2000). Portanto, conhecendo-se a constante dielétrica, é possível diagnosticar o teor de humidade (Marinho, 2014).

6. Método da Ressonância Magnética Nuclear. Levando em consideração o fato de que o hidrogénio presente nas moléculas de água possui em seus núcleos um próton, que pelo seu estado natural encontra-se em constante rotação, quando se emite um impulso de caráter eletromagnético alternado pelo equipamento, cada próton vai absorver energia face à modificação do seu campo magnético. Sendo assim, pela energia absorvida, pode-se estabelecer a quantidade de prótons e conseqüentemente de hidrogénio e água que a amostra possui, ou seja, o teor de humidade (Pel *et al.*, 1996).

7. Teste da folha de plástico (ASTM, 2012). Este teste (ASTM D4263 – 83 (2012)) baseia-se na colagem com fita-cola de uma folha de polietileno com 460 mm² por 0,1 mm de espessura na superfície da estrutura que se visa estudar. Passado o período de 16 horas, após a colagem da fita na superfície, faz-se uma análise da superfície da fita que interagiu com o material, para verificar a presença de vestígios de humidade. Como forma de interpretação dos resultados, se a folha estiver húmida ou se a superfície testada apresentar uma cor mais escura significa que a estrutura apresenta teores de humidade que devem ser investigados e compreendidos (Kanare, 2005).

8. Teste de Mat Bond (Kanare, 2005). Trata-se de um teste que se baseia na utilização de uma amostra de 1 m² de vinil próprio para ensaio. O vinil é fixado na superfície da estrutura, e, após 72 horas, esta amostra é retirada, manualmente, utilizando-se da força que for demandada para arrancá-la. Se a cola, utilizada na fixação, estiver húmida e o material for facilmente arrancado, significa que a estrutura apresenta sinais de humidade consideráveis. No entanto, se a remoção da amostra for mais difícil, significa que a estrutura não apresenta sinais de humidades que devam gerar preocupações (Leal, 2015).

9. Medidor de frequência rádio. Trata-se de um método que se baseia na utilização de ondas rádio para avaliar a presença de humidade em uma estrutura. Usualmente, concebe-se como uma estratégia com alcance de leitura até 2 cm de profundidade, apresentando uma escala de cores de verde a vermelho. Para a interpretação dos resultados, a cor verde sinaliza baixos teores de humidade, enquanto a cor vermelha sinaliza teores de humidade significativos. (Leal, 2015).

10. Detecção de humidade através de infravermelhos. Trata-se de um teste que se baseia na captação da radiação térmica, por meio de aparelhos apropriados, para a identificação da presença ou não da humidade. Ainda que não tenha a capacidade de especificar o teor de

humidade, este método possibilita a verificação de áreas secas e húmidas (Leal, 2015). Como exemplo da utilização de infravermelhos, tem-se a termografia de infravermelhos, método que permite a deteção de anomalias que se manifestam por meio de variações na temperatura superficial, de maneira rápida, sem necessidade de contato e sem danificar a estrutura inspecionada. As câmaras termográficas de infravermelhos possibilitam a obtenção de imagens dos padrões térmicos das superfícies dos edifícios e dos seus componentes, colaborando, portanto, com a identificação e o diagnóstico de anomalias já manifestadas ou ainda de problemas que não se encontram visíveis (Oliveira, 2013b). Um exemplo de aplicação da termografia de infravermelhos, para identificação de humidades em construções, pode ser observado na Figura 7.

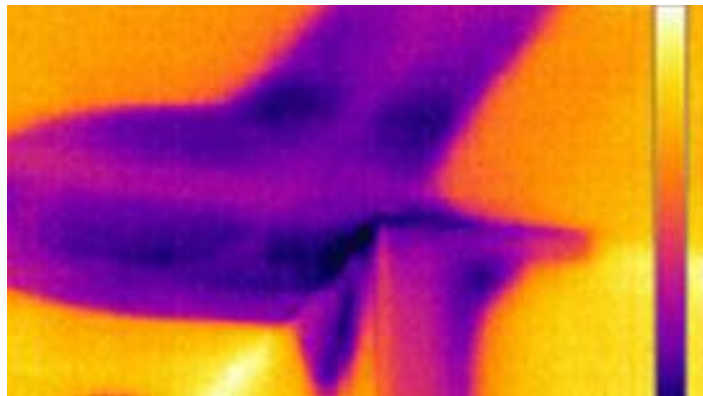


Figura 7. Sinalização de áreas com humidade através de infravermelhos. (Adaptado de Peritagens de Patologias da Habitação (PPH)).

11. Detector de humidade Tramex LS. Trata-se de um instrumento eletrónico, alimentado por pilhas, utilizado para a identificação de humidade em estruturas de obras. O diagnóstico da presença de teores de humidade se dá pelo contato direto entre a base do aparelho e a superfície da estrutura (Oliveira, 2023b). Na Figura 8, estão disponibilizados alguns dos exemplos clássicos deste tipo de detetor de humidade.



Figura 8. Exemplos de Aparelhos da TRAMEX utilizados na identificação de humidades. (Adaptado de Peritagens de Patologias da Habitação (PPH)).

12. Humidímetro portátil. Trata-se de um método que se baseia na variação da resistência elétrica dos materiais mediante o respetivo teor de humidade presente, é empregado

em contextos comparativos e não absolutos, e concebe-se como uma ferramenta consideravelmente útil tanto na detecção de áreas com elevados teores de água, quanto no estabelecimento das causas que acarretaram o fenómeno. A sua abrangência de aplicação é variada, podendo ser aplicado em materiais como a madeira, o betão, rebocos, gessos, e dentre outros materiais que necessitam ser investigados quanto ao teor de humidade. Em termos de funcionalidade, o humidímetro portátil é uma ferramenta simples formada por dois eléctrodos, em forma de agulhas, ou de sondas de profundidade que são introduzidas nas estruturas a serem avaliadas (Massari e Massari, 1993). A Figura 9 possui uma representação deste equipamento e uma interpretação dos resultados que podem ser obtidos pelo mesmo.



Figura 9. Humidímetro portátil e suas escalas de teor de humidade. (Magalhães et al., 2008).

13. Marcadores colorimétricos de identificação de sais. Trata-se de um método que se baseia na identificação da concentração de iões presente em uma amostra, através da utilização de marcadores colorimétricos (Figura 10). Para realização deste teste, estes marcadores são colocados em contato direto com uma superfície humedecida, e a partir daí, observam-se as variações de cor, de acordo com a concentração de iões presentes na superfície inspecionada. Neste método é possível realizar, de maneira simples e rápida, a identificação de tipos de iões disponíveis, e, conseqüentemente, dos sais na estrutura testada (Borrelli, 1999). Como estes sais podem estar relacionados com ações da água na superfície, contribui-se para o diagnóstico da presença de humidade e de suas possíveis origens (Henriques, 1994).

Carvalho (2015) ainda menciona técnicas simples que podem ajudar no diagnóstico da presença da humidade em construções. A temperatura do ar pode ser medida por: Termómetros, Termopares, Termistores; e a humidade relativa por: Psicrómetros, Higrómetros, e Instrumentos de determinação do ponto de orvalho. Ou ainda por aparelhos que possibilitam, em conjunto, a medição da temperatura do ar e da humidade relativa: Termo-higrómetros e Termo-higrógrafo.



Figura 10. Exemplo de marcadores colorimétricos utilizados para a identificação de sais. (Magalhães et al., 2008)

2.3.2 Técnicas destrutivas de identificação de humidades

1. Método Gravimétrico. Trata-se de um método que se baseia na perda de massa de amostras de um material. Para realização do diagnóstico, o provete é pesado em seu estado natural e logo em seguida colocado em uma estufa a uma temperatura específica, estabelecida de acordo com o tipo de material que se visa a secagem. Após o período de secagem, realiza-se uma nova pesagem, e, utilizando os valores de pré e pós pesagem, a humidade é obtida por meio da diferença das massas entre as duas amostras (Norma Portuguesa 614, 1973 e Leal, 2015).

2. Método do Carboneto de Cálcio. Trata-se de um método que se baseia em mensurar a pressão do acetileno. É um aparelho composto por um recipiente estanque e um manómetro que possibilita a medição. O material da amostra é colocado na presença de carboneto de cálcio, substância esta que, na presença de água, reage e libera o gás de acetileno. Para este teste, sabe-se que a quantidade de gás produzido está proporcional à quantidade de água presente na amostra. A função do manómetro no equipamento é medir e realizar a calibração, de forma automática, disponibilizando o valor do teor de humidade (Marinho, 2014).

3. Método Baseado na Atenuação dos Raios Gama. Trata-se de um método que se baseia na utilização de radioatividade. O equipamento é formado por uma fonte radioativa, um detetor, uma armação de suporte e por um compartimento eletrónico. O material da amostra é colocado entre o emissor e o receptor. Na medida em que são emitidas radiações gama pela fonte radioativa, com o passar do tempo, a estrutura sólida e a água existente na amostra promovem a diminuição da intensidade emitida. Neste sentido, o receptor percebe a diferença na intensidade e determina o teor de humidade que a amostra possui (Marinho, 2014).

4. Medição de taxa de emissão de vapor utilizando carboneto de cálcio (ASTM, 2012). Trata-se de um método que se baseia na utilização do carboneto de cálcio. Esta substância, quando em contato com água, da amostra retirada, reage liberando hidróxido de cálcio e libertando calor. O teste é realizado *in situ* e é possível obter medições muito fiáveis. (Carvalho, 2010).

2.4 Estratégias de prevenção de humidades

De acordo com Guimarães e Freitas (2018), há muito tempo, engenheiros e arquitetos vêm enfrentando e trabalhando com os problemas relacionados com a humidade nas obras. Para conhecimento deste longo período de estudos e desafios referentes às ações da humidade na construção civil, no séc. I A.C. Vitruvius já debatia sobre a utilização de paredes duplas, com o intuito de reduzir as manifestações de humidade, assim como a colocação de argamassas hidráulicas, impermeáveis, na base das paredes, para redução da capilaridade ascensional.

Atualmente, existem metodologias diferentes, no campo da construção civil, para evitar a ocorrência das anomalias ocasionadas pela humidade. Dentre as técnicas respetivas pode-se destacar: o planeamento de barreiras com função impermeabilizante e a sua execução de forma adequada, a instalação de isolamento térmico para controlo da temperatura interna, ações que possibilitem a drenagem da caixa-de-ar de forma eficiente ou, ainda, uma ventilação apropriada, por parte dos usuários, contribuindo para se evitar o surgimento de humidades nas construções (Marinho, 2014).

Ressalta-se que existem disponíveis soluções construtivas e materiais de revestimento apropriados para evitar que a água alcance as camadas mais internas ou que a mesma venha a se infiltrar. Em situações em que se observa boas ações de planeamento e execução, as estruturas estarão preparadas para contornar os aparecimentos da água. No entanto, o problema encontra-se no fato de que, comumente, não se aplicam os cuidados devidos durante as etapas de construção, principalmente no que se refere à análise dos riscos relacionados com a humidade, tendo em conta, por exemplo, a localização geográfica e a orientação das fachadas. Uma incorreta execução em obra, seja na construção de paredes duplas com obstruções na caixa-de-ar, por exemplo, são problemas que podem acarretar o surgimento de patologias associadas à humidade.

A título de exemplificação, temos que a condensação interna pode ser evitada através da escolha adequada das várias camadas que compõem o elemento construtivo (Henriques, 1994).

2.5 Soluções de reparação das anomalias oriundas da humidade

Segundo Henriques (1994), o procedimento para tratamento de uma anomalia é relativamente mais caro quando comparado com a sua prevenção; para a sua solução devem ser considerados alguns fatores como o tipo da construção, os materiais utilizados, os recursos que serão utilizados e os resultados esperados, pois para uma mesma anomalia pode haver diversos procedimentos diferentes que podem solucioná-la.

A Figura 11 demonstra a representação esquemática dos prosseguimentos para manifestação e identificação das anomalias.

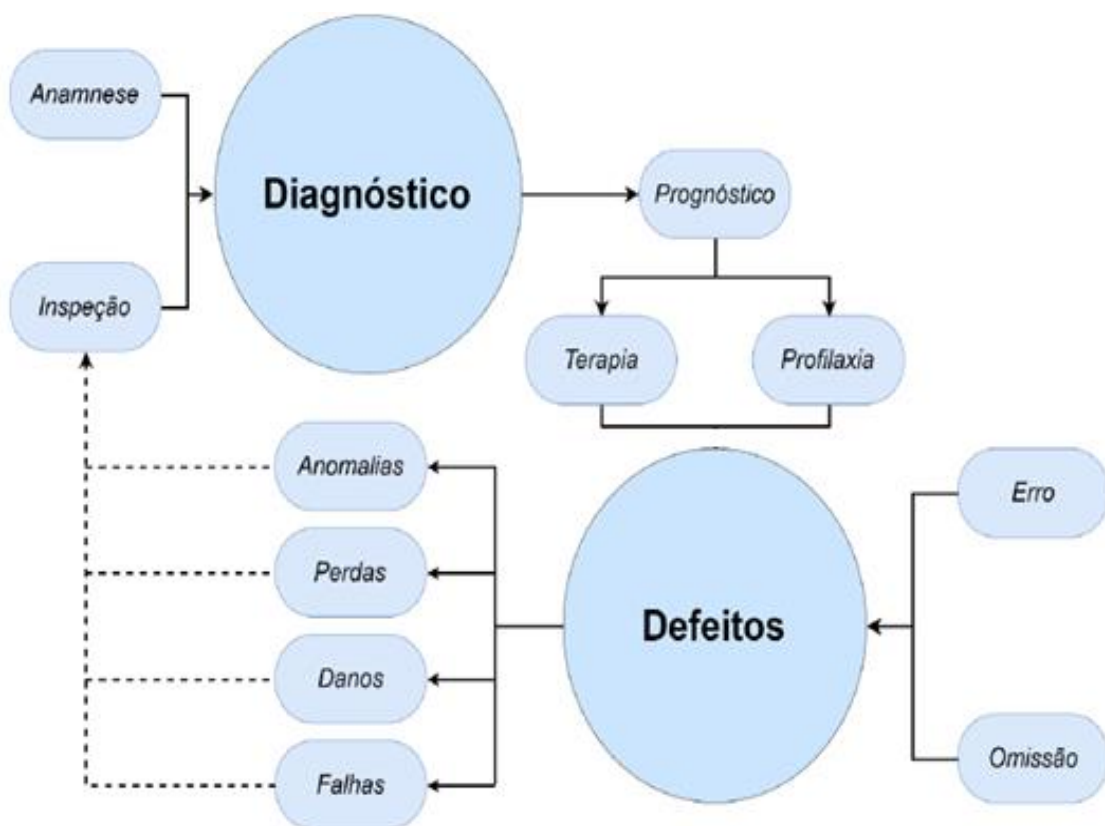


Figura 11. Representação esquemática das anomalias e correção.
(Adaptado de Carvalho e Pinto, 2018)

Como mencionado anteriormente, a humidade na construção pode apresentar várias origens e, para cada uma delas, existem soluções de tratamentos específicos, sempre levando em

consideração o tipo de obra a executar e os propósitos que se visa atingir. Assinala-se que, previamente à escolha de uma solução para o tratamento de uma anomalia, é fundamental entender que tipo de técnica se visa escolher ou aplicar, uma vez que existem propostas com maiores taxas de eficiências do que outras, bem como com durabilidades diferentes. De maneira geral, as propostas de intervenção em anomalias ocasionadas pela humidade estão representadas em seis grupos e cada um tem as suas metodologias, princípios e intenções específicas. Portanto, as propostas de tratamento de anomalias devido a humidade estão baseadas nos seguintes conceitos, de acordo com Carvalho (2015):

- busca pela eliminação das anomalias;
- estabelecimento de estratégias de substituição dos elementos e materiais afetados;
- práticas de ocultação das anomalias;
- ações de proteção contra os agentes agressivos;
- busca pela eliminação das causas das anomalias;
- e estratégias de reforço das características funcionais.

2.5.1 Soluções para humidades decorrentes de condensação

Para solucionar humidades decorrentes de condensação faz-se o reforço do isolamento térmico na edificação, controlo da temperatura interior, barreiras de vapor e ventilação nos espaços (Henriques, 1994 e Carvalho, 2015). Para sanar a humidade de condensação é feito o isolamento térmico; quando este isolamento já existir e a humidade não sanar, são feitos os reforços destes isolamentos, de modo a diminuir a ocorrência das condensações; os isolamentos podem ser executados com barreiras para vapor ou outros materiais impermeáveis ao vapor de água nos paramentos (Henriques, 1994).

2.5.2 Soluções para humidades ascendentes do terreno

Segundo Henriques (1994), as humidades ascendentes por capilaridade são provocadas pela humidade do terreno; o autor cita as soluções correntes de reparação: impedir o acesso da água à parede, por meio de tratamento superficial do terreno, rebaixamento do nível freático, drenagem do solo ou execução de valas periféricas. Para impedir a ascensão da água nas paredes, pode reduzir-se a secção absorvente, introduzindo barreiras estanques através de

cortes na parede ou introduzindo produtos impermeabilizantes. Outra solução proposta seria a retirada da água em excesso da parede e fundações por meio de electro-osmose (passiva, semi-passiva, ativa e forese) (Guimarães e Freitas, 2018) ou drenos atmosféricos.

A Figura 12 apresenta um exemplo de aplicação da electro-osmose em um paramento. Conforme o mesmo autor, a solução consiste na introdução de uma série de sondas condutoras, ligadas entre si a funcionar como ânodo, tendo conexão com uma tomada de terra a qual atua como cátodo.

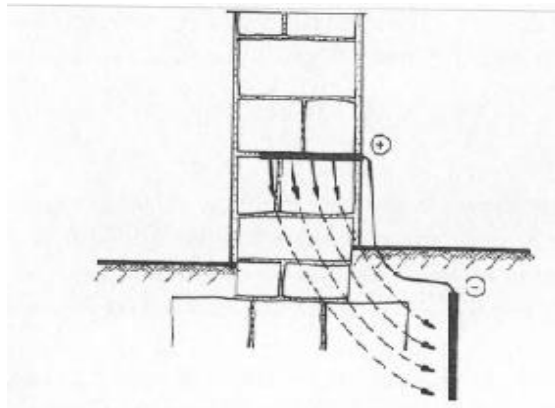


Figura 12. Aplicação da electro-osmose.
(Henriques, 1994)

Guimarães e Freitas (2018) ainda comentam que a redução da secção absorvente também pode ser uma interessante alternativa para contornar problemas ligados a humidades ascendentes, como pode ser observado na Figura 13.

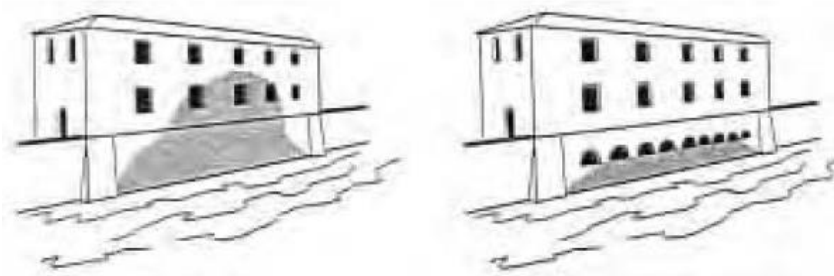


Figura 13. Representação dos efeitos da redução da secção absorvente em um edifício

(Colombet, 1985)

Como os estudos referentes à humidade ascensional são relativamente mais comuns, quando comparados aos outros tipos de humidades, pode-se também listar as seguintes técnicas de reparo para este tipo de humidade:

1. Tubos de arejamento – Trata-se de uma técnica muito comum que foi cunhada por Knappen, e, portanto deu origem ao nome dos tubos de Knappen (Henriques, 1993). Esta técnica baseia-se na prática de se introduzir drenos, de forma oblíqua (tubos de arejamento) nas paredes com manifestações de humidade. Após introduzidos e em contato com o material com teor húmido, estes drenos ficam rapidamente preenchidos com ar húmido, um ar mais denso que o ar seco, e, como consequência, possibilita-se um processo contínuo de migração do ar húmido para o exterior da parede (Silva, 2012 e Guimarães e Freitas, 2018).

2. System for combating rising damp – Ou Sistema de combate à humidade ascensional em paredes, trata-se de uma técnica que funciona através do uso de tubos cerâmicos que são introduzidos nas paredes dos edifícios que apresentam indícios de problemas com a humidade. A utilização deste tubo tem como objetivo conduzir a humidade presente na parede, inicialmente, para os tubos, e, logo em seguida, para a superfície externa da parede, onde passa pelo processo de evaporação (Silva, 2012).

3. Sifão atmosférico - Trata-se de uma técnica que consiste em um sistema que, através da troca de massas de ar, possibilita a evaporação da humidade ascendente das paredes por ação osmótica, capilar e pelo impulso dos gases ascensionais. Recorre a um sifão atmosférico formado por duas peças de material cerâmico cozido que estão unidas entre si. Por meio da utilização desta técnica, conseguem-se evaporar a humidade através de perfurações existentes nos sifões muito porosos e absorventes que terminam na parte exterior das paredes com humidade. Estes sifões cerâmicos são fixados com argamassa consideravelmente porosa e são colocados obliquamente à horizontalidade de cada parede (Silva, 2012). Um esquema deste sifão pode ser observado na Figura 14.

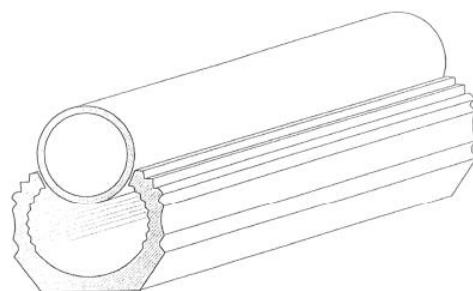


Figura 14. Representação esquemática de um sifão cerâmico composto de duas partes. (OEPM, 2005)

4. Sistema higroregulável de ventilação da base das paredes - Trata-se de uma técnica que consiste no propósito de promover a ventilação da base de paredes, através de um processo de ventilação natural ou por instalação de uma ferramenta mecânica higroregulável (Guimarães, 2007).

2.5.3 Soluções para humidades provenientes da infiltração

Conforme Henriques (1994), há soluções adequadas para sanar humidades provenientes de infiltrações ocasionadas pelas fissurações nas paredes, sendo importante ressaltar que tais infiltrações dependem da abertura das fendas e do seu grau de estabilização. Existem paramentos com fissuras pequenas que podem ser consideradas estáveis e paramentos com fissuras muito largas que não se encontram estabilizadas. A solução para reparação será em geral localizada para o caso destas últimas e generalizada para o primeiro tipo de fissuras. Carvalho (2015) ainda mostra que a humidade de infiltração pode ser tratada por meio da utilização de revestimentos hidrófugos.

2.5.4 Soluções para humidades decorrentes de intempéries

Para Henriques (1994), as medidas destinadas a acabar com as anomalias nos paramentos de um edifício, decorrentes de intempéries podem ser executadas através das seguintes soluções: remoção do revestimento existente e execução de outro novo, aplicação de um hidrófugo na superfície dos paramentos exteriores, execução de um revestimento exterior com base em ligantes sintéticos e aplicação de um revestimento exterior composto por elementos descontínuos.

2.5.5 Soluções para humidades decorrentes da construção

De acordo com Carvalho (2015), as principais soluções para o tratamento das humidades decorrentes da construção baseiam-se:

- No reforço da ventilação do ambiente;
- No aumento da temperatura do ar;
- Na diminuição da humidade relativa do ar;
- E na substituição dos elementos afetados pela humidade da construção.

2.5.6 Soluções para humidades decorrentes da higroscopicidade

Mediante as contribuições de Carvalho (2015), as principais soluções para o tratamento de humidades decorrentes da higroscopicidade baseiam-se:

- Na remoção dos sais higroscópicos;
- Na substituição dos elementos afetados;
- Na ocultação de anomalias;
- E no controle da humidade relativa do ar.

3. ESTUDO DE CASOS

3.1. Edificações de estudo

A coleta dos dados se deu através de visitas aos edifícios, localizados em duas freguesias do município de Oeiras: Algés e Paço de Arcos, e uma freguesia de Lisboa, Alvalade. Nestas visitas, foram avaliados aspectos inerentes aos objetivos inicialmente propostos neste trabalho. As edificações do estudo serão nomeadas como: edifício A, edifício B e edifício C, respetivamente.

As averiguações, em cada edifício, foram baseadas no conceito de Inspeção Predial. Para melhor entendimento, a inspeção predial é a análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação. A partir desta análise é possível definir o grau de risco, em relação à continuidade de utilização do edifício a que os usuários estão sujeitos (Pujadas, 2007; Gomide et al., 2020). Para efeitos de classificação do grau de risco, SAAD (2017) ressalta que um risco pode ser mínimo, quando se trata de um risco com pouca afetação e prejuízos; médio, quando se trata de um risco com potencialidade de provocar comprometimentos parciais; ou crítico, quando se trata de um risco com potenciais de danos à saúde, edificação, bem como quando caracterizado por perdas estruturais demasiadas e elevados orçamentos para recuperação.

3.1.1 Identificação do Edifício A – Algés

Os dados apresentados foram coletados no prédio, localizado em Algés, no município de Oeiras, conforme a Figura 15 de pormenor da localização. Trata-se de uma edificação multifamiliar, composta por dois prédios de apartamentos com quatro andares cada, sendo 2 apartamentos por andar. Cada unidade é composta por: sala para 2 ambientes, uma cozinha, duas casas de banho sendo uma no interior de um quarto, 4 quartos e cozinha com área de serviço. Além dos blocos, o prédio ainda conta com um espaço *playground* descoberto de uso geral.

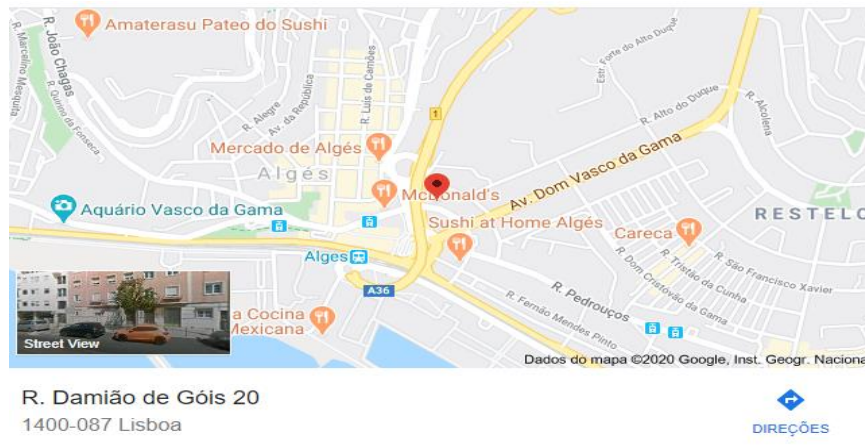


Figura 15. Localização do edifício A.
(Google Maps, 2020)

O edifício A, trata-se de um apartamento que foi recém remodelado. A edificação possui uma área construída de 410 m², que se encontra construído sobre um terreno com área superficial de aproximadamente 500 m², apresentando as seguintes características construtivas: estrutura de betão armado sobre fundações em sapatas isoladas, paredes em alvenaria de blocos cerâmicos rebocados, cobertura com telhas de fibrocimento. O apartamento possui um pavimento de madeira flutuante e nas casas de banho esse revestimento de piso é cerâmico com ladrilhos de 40 cm x 40 cm, teto em gesso cartonado com placas de 2,0 m x 2,0 m, pintura interna das paredes e teto em tinta látex PVA e externa de revestimento em marmorite tinta acrílica. A Figura 16 apresenta o alçado frontal da edificação.



Figura 16. Alçado frontal do edifício A
(Imagem do autor)



Figura 18. Alçado frontal do edifício B
(Imagem do autor)

3.1.3 Identificação do Edifício C – Alvalade

Os dados apresentados foram coletados no prédio, localizado em Alvalade no município de Lisboa, conforme Figura 19 de pormenor da localização. Trata-se de uma edificação comercial, composta por um prédio de dois andares. O primeiro andar é utilizado para a zona comercial de vendas e o segundo andar é o parque de estacionamento e o setor administrativo da loja.



Figura 19. Localização edifício C
(Google Maps, 2020)

O edifício C trata-se de uma obra construída no ano de 2014. Cabe aqui mencionar que, ainda que seja uma construção consideravelmente nova, a mesma já passou por algumas remodelações de melhoria. A edificação trata-se de um prédio comercial e possui uma área construída de 992 m², que se encontra construído sobre um terreno com área superficial de 1200 m², apresentando as seguintes características construtivas: estrutura vertical e de piso em betão armado, ao nível dos pilares e lajes, enquanto a cobertura, apresenta quatro vertentes de inclinação em solução metálica. A estrutura da cobertura é metálica e caracteriza-se por uma solução em asnas treliçadas principais e secundárias que se situam ao longo do desenvolvimento do edifício e também por perfis de seção cheia nos rincões e zonas tacaniça. O edifício é composto por uma zona de estacionamento no piso 1 com cerca de 1300 m², enquanto o piso 0 é dedicado à zona comercial de vendas que apresenta uma área aproximada de 1700 m², incluindo a zona de armazéns. A Figura 20 apresenta o alçado frontal do edifício.

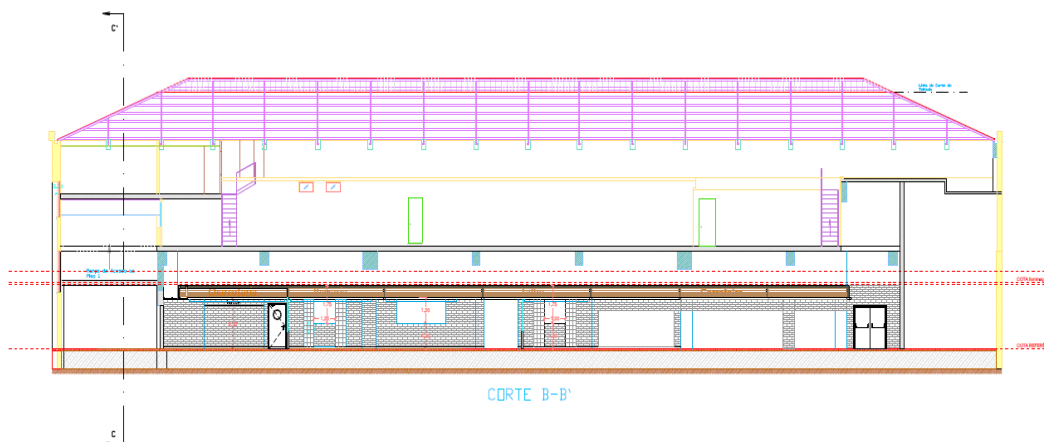


Figura 20. Alçado frontal do edifício C
(Imagem do autor)

3.2. Humidades Identificadas

Esta inspeção será representada por análise expedita das imagens e sistemas construtivos vistoriados, com a identificação de suas humidades, anomalias e falhas aparentes.

Antes de elencar as anomalias oriundas das humidades em cada edifício, é importante retomar ao conceito de inspeção predial, inicialmente exposto neste capítulo, conceito este que é caracterizado pela verificação isolada ou combinada das condições técnicas de uso e de manutenção do sistema da edificação, de acordo com o referencial bibliográfico em estudo, respeitado o nível de inspeção analisado, com a classificação das deficiências encontradas

quanto ao grau de risco que representam em relação à saúde dos moradores, à habitabilidade e à conservação do prédio edificado.

Cabe ressaltar que as inspeções nos edifícios visitados seguiram os critérios apresentados nas secções 1 e 2 da FICHA TÉCNICA DE INSPEÇÃO DE EDIFÍCIO (Anexo I). As vistorias técnicas nas dependências das edificações foram realizadas durante o verão, nos meses de Julho e Agosto de 2020.

3.2.1 Humidades do Edifício A – Algés

Os compartimentos inspecionados por ocorrência de humidade no edifício A, foi o quarto e a casa de banho interior (suíte). Verificou-se, na casa de banho, uma possível ocorrência de humidade por condensação, em paramentos interiores e no teto, como pode ser observado, através das Figuras 21 e 22. No que se refere à presença da humidade em casas de banho, Gomes (2012) refere que:

É do senso comum que quando se toma um banho ao fim de algum tempo começa a aparecer uma neblina de vapor que paira no ar. Quando esta neblina entra em contacto com superfícies frias, como por exemplo um espelho, dá origem a condensações. O aparecimento dessa neblina acontece porque o ar já não tem capacidade de absorver o vapor que é libertado pela água quente do chuveiro, e quando esse ar saturado entra em contacto com superfícies frias ele arrefece e condensa o vapor que tinha acumulado.

Gomes (2012) ainda acrescenta que:

existe por vezes dificuldades em manter as toalhas secas, porque estas absorvem o vapor de água contido no ar, ou até mesmo dificuldades em respirar e transpirar, dando a sensação de que está muito calor mesmo sendo a temperatura do ar amena; isto acontece porque quando o mesmo já se encontra saturado, o suor libertado pelo corpo não consegue evaporar.

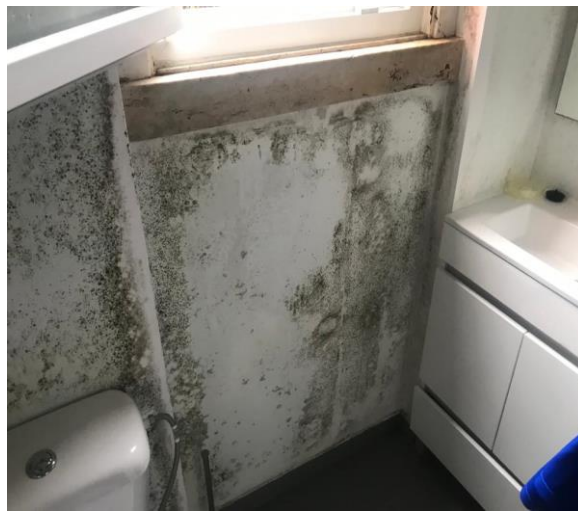


Figura 21. Paramento interior da casa de banho do edifício A apresentando efeitos da humidade
(Imagem do autor)



Figura 22. Teto da casa de banho do edifício A apresentando efeitos da humidade
(Imagem do autor)

Acredita-se que a humidade por condensação, observada com alta prevalência na casa de banho tenha-se propagado para o quarto, propiciando anomalias nos estores do mesmo. A ação da humidade que se deslocou da casa do banho para o quarto pode ser visualizada através das Figuras 23 e 24.



Figura 23. Caixa de estores do quarto do edifício A apresentando efeitos da humidade
(Imagem do autor)



Figura 24. Quarto do edifício A apresentando efeitos da humidade
(Imagem do autor)

Conforme a vistoria executada, faz-se necessário pontuar, também, que os moradores do edifício em questão relataram o incômodo com o surgimento das anomalias causadas por estas humidades. Os moradores ressaltaram, durante as visitas, que todos estes fatores acabam causando um péssimo aspecto visual pelo aparecimento de manchas, marcas de bolor, e até mesmo pela liberação de odores desagradáveis. Não somente em termos visuais, os moradores também relataram problemas de saúde vinculados à presença de humidade no local, principalmente, sobre os agravos de quadros alérgicos.

3.2.2 Humidades do Edifício B – Paço de Arcos

Os compartimentos inspecionados, por ocorrência de humidade no edifício B, foi a sala de estar e a casa de banho. Verificou-se, na casa de banho, características que remetem à manifestação da humidade por condensação, por ser um ambiente de alta humidade e pela presença de manchas na zona de duche, conforme as Figuras 25 e 26. A presença deste tipo de humidade, na casa de banho, segue os mesmos princípios que foram pontuados em relação à humidade nestes espaços, no edifício A, conforme os estudos de Gomes (2012).

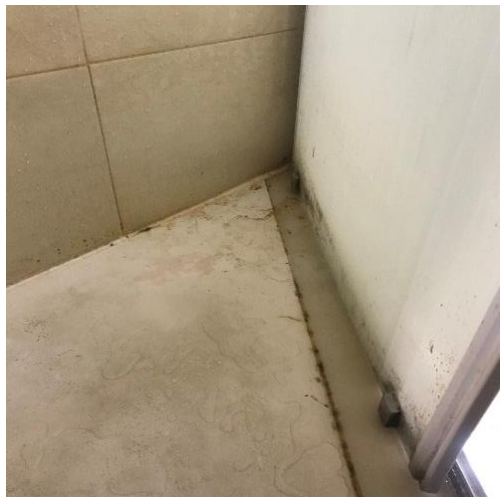


Figura 25. Pavimento da casa de banho do edifício B apresentando efeitos da humidade

(Imagem do autor)



Figura 26. Casa de banho do edifício B apresentando efeitos da humidade

(Imagem do autor)

A sala de estar apresentou humidades de precipitação, a infiltração de água das chuvas pela janela resultou em anomalias como: bolhas, fissuras e manchas na parede conforme pode ser observado através das Figura 27 e 28. Recapitulando os dizeres de Verçoza (1991), a humidade de precipitação ou por infiltração é o tipo de humidade mais comum, dentre todas as outras, em construções. No caso do edifício B, a presença deste tipo de humidade pode estar relacionada com a má instalação de janelas, com os fatores climáticos da região (Carvalho e Pinto, 2018) e ainda com a pouca ventilação do ambiente (Marinho, 2014). Ao entender a influência destes fatores, reforça-se a importância de se estudar todas as variáveis que podem interferir na manutenção de uma construção, bem como no que se refere ao investimento na mão de obra para se evitar problemas, ao optar por mão de obra de baixa qualidade.



Figura 27. Sala de estar do edifício B apresentando sinais da humidade de precipitação

(Imagem do autor)



Figura 28. Sala de estar do edifício B apresentando sinais da humidade de precipitação

(Imagem do autor)

3.2.3 Humidades do Edifício C – Alvalade

A zona abaixo inspecionada por ocorrência de humidade no edifício C, foi o parque de estacionamento. Neste sítio, verificou-se a presença de descascamento da pintura, eflorescência (cristais esbranquiçados no revestimento) e mofo na viga central de suporte da cobertura, conforme a Figura 29.



Figura 29. Cobertura do parque de estacionamento do edifício C apresentando sinais da ação da humidade

(Imagem do autor)

A zona que apresentou manifestações patológicas, devido à presença de humidade, contém instalação de caleiras, que devido a infiltração resultou no humedecimento interior da viga central que dá suporte à cobertura do estacionamento. Ao longo das vistorias, verificou-se a presença de humidade em todas as faces internas das paredes do estacionamento, como pode ser observado através das Figuras 30, 31 e 32 que representam um mesmo paramento, em diferentes pontos.



Figura 30. Vista 1 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade

(Imagem do autor)



Figura 31. Vista 2 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade

(Imagem do autor)



Figura 32. Vista 3 de uma parede do edifício C apresentando sinais da ação da humidade
(Imagem do autor)

No decorrer da inspeção do piso 0, foi identificada a ocorrência de anomalias no paramento interior do edifício C oriundas da humidade. Neste sítio, verificou-se a presença de sais que aumentou o volume causando o descolamento do mosaico cerâmico e trincas no paramento, com a penetração de águas ascendentes que subiram do solo para a alvenaria, conforme a Figura 33. O descolamento das placas cerâmicas e fissuramento do reboco ocorre devido a presença de humidade por higroscopicidade e capilaridade ascendente.



Figura 33. Descolamento de mosaico cerâmico e trincas no paramento interior do edifício
(Imagem do autor)

No teto do piso 0, verificou-se também outro tipo de anomalia com eflorescência pela presença de estalactites, conforme mostra a Figura 34.



Figura 34. Teto do piso 0 com presença de estalactites
(Imagem do autor)

No pavimento superior verificou-se o acúmulo de águas pluviais devido a umidade por causas fortuitas e a presença de rachas no betão permitiu a infiltração da água. As composições presentes no betão formaram pequenas estalactites que fizeram goteiras se espalhando pelo pavimento.

Mediante o levantamento da presença de anomalias causadas pela ação da umidade apresentado nos edifícios A, B e C, na próxima seção serão elencadas e debatidas as possíveis maneiras de solucionar cada um dos problemas diagnosticados.

4. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS

4.1. Relação das humidades com as anomalias identificadas

Conforme vistoria nos edifícios em estudo, verificou-se a presença de humidade que contribuiu para a aparição de anomalias na edificação, sendo estas relacionadas com um ou mais dos tipos de humidade referidos no capítulo 2. A Tabela 3, a seguir, representa os indícios e anomalias causadas por humidade e as suas ações de degradação nas edificações inspeccionadas.

Tabela 3. Relação de humidades, indícios e anomalia.

| Edificações em estudo | Tipo de Humidade | Indícios e Anomalia |
|--|--------------------------|---|
| Edifício A Edifício B Edifício C | Humidade da condensação | Manchas de humidade, fungos e microflora bacteriana nas paredes; Apodrecimento de matéria orgânica; Sítios de humedecimento nas paredes, pisos e teto. |
| Edifício B Edifício C | Humidade de precipitação | Manchas de humidade nas paredes atingidas pela chuva; Descascamento do revestimentos e bolhas de ar nos paramentos; Bolores e eflorescências. |
| Edifício C | Humidade de construção | Eflorescência e mofo; Má execução de elementos construtivos; Sítios de humedecimento em paramentos interiores. |
| | Humidade ascensional | Manchas húmidas de altura variável em paredes próximas ao solo; Bolores e eflorescências; Destacamento do revestimento. Cristalizações no formato de eflorescência ou cripto florescências; Aparecimento de sais. |

(Próprio Autor)

Em todos os edifícios visitados foram identificadas humidades de condensação; este tipo de humidade deu origem a anomalias nestas edificações com a presença de manchas, fungos, bolores e umedecimento dos paramentos devido ao acumulo do vapor de água.

Os edifícios B e C apresentaram sinais da humidade de precipitação, esta humidade foi identificada devido a presença de anomalias nos paramentos que tem contato direto com águas oriundas da chuva. Verificou-se nas paredes dos edifícios B e C descascamento do revestimento, bolhas de ar, bolores e eflorescência.

Dentre os edifícios em estudo, o edifício C apresentou uma maior quantidade de anomalias, correlacionando assim com um maior número de indícios de humidades que originaram estas anomalias identificadas. Verificou-se, no edifício, falhas construtivas como a instalação da caleira, mostrando que a infiltração da água se originou de uma má execução da drenagem que por consequência gerou infiltrações na viga caleira e paredes do estacionamento. As infiltrações pela caleira, foram favoráveis ao aparecimento de salitres que, conseqüentemente formaram as cristalizações no formato de eflorescência, o apodrecimento da viga e o mofo. Além disso, verificou-se em um paramento, que tem contato direto com o solo, o destacamento de ladrilhos cerâmicos, manchas, e fissuras no reboco provenientes da humidade ascensional.

4.2. Soluções de isolamento térmico

A seguir serão apresentadas algumas soluções de isolamento térmico e os benefícios que podem dar na prevenção e resolução de anomalias devidas às humidades interiores, conforme estudos de casos dos edifícios A, B e C deste trabalho. Estas técnicas construtivas serão apresentadas para a solução das anomalias abordadas nos estudos de casos do Capítulo 3.

Existem diferentes técnicas construtivas para soluções de isolamento térmico das paredes, tais técnicas além de suas funções de isolamento também contribuem na proteção dos paramentos, proteção dos compartimentos interiores contra a humidade e na eficiência energética dos edifícios.

Na Tabela 4, a seguir, apresentam-se os benefícios de cada solução de isolamento térmico para a prevenção e solução de ocorrência das anomalias oriundas das humidades ocorridas nos edifícios apresentados. Posteriormente será apresentada uma descrição das razões e quais os benefícios destas soluções construtivas de isolamento térmico, quando aplicadas nas obras apresentadas deste estudo.

Tabela 4. Benefícios das soluções de isolamento térmico.

| Soluções de isolamento térmico | Benefícios por tipo de humidade | | |
|---|---------------------------------|--------------|-------------|
| | Capilaridade ascendente | Precipitação | Condensação |
| Isolante pelo interior com caixa de ar | 3 | 3 | 3 |
| Isolante pelo interior sem caixa-de-ar | 1 | 2 | 2 |
| Argamassas Térmicas | 1 | 3 | 3 |
| Fachadas ventiladas com isolante na caixa-de-ar | 2 | 4 | 4 |
| ETICS | 1 | 4 | 4 |

¹ Não tem nenhum benefício e pode piorar
² Não tem benefício
³ Tem benefícios
⁴ Tem grandes benefícios

(Adaptado de Veiga e Vilhena, 2016)

Conforme apresentado na Tabela 4, os isolantes pelo interior com caixa de ar têm benefícios para as três obras em estudo; o sistema possui ainda uma barreira que impede a infiltração da água, sendo que, caso ela se verifique, a mesma não deve chegar ao pano interior da parede, ficando na caixa de ar, e, conseqüentemente evitando o surgimento das anomalias. Esta mesma solução executada sem a caixa de ar não tem os benefícios apontados para solucionar as humidades de precipitação e também de condensação (a caixa de ar contribui para a resistência térmica global da parede).

A argamassa térmica não tem nenhum benefício para a humidade ascensional do Edifício C, por não constituir uma barreira que impeça a ascensão de água do solo, e até pode piorar caso seja aplicada em situações como esta, tendo em vista que a argamassa aplicada também será degradada por esta humidade. Para as humidades de condensação e precipitação dos Edifícios A, B e C a aplicação da argamassa térmica apresenta benefícios melhorando as propriedades térmicas das paredes.

As fachadas ventiladas com isolante na caixa-de-ar é uma solução construtiva que apresenta muitos benefícios para os problemas de precipitação e condensação dos Edifícios A e B; estas fachadas controlam a entrada de água da chuva para o interior da edificação, o vapor de

água produzido pela condensação no interior da edificação também é controlado com uma melhor ventilação para sua saída. A humidade ascensional do Edifício C está localizada em uma parede interior onde a solução de fachada ventilada não é aplicável.

O ETICS apresenta grandes benefícios para os edifícios com humidades de precipitação e condensação, eliminando as pontes térmicas e reduzindo também a entrada de água da chuva, prevenindo assim o surgimento das anomalias apresentadas nos Edifícios A, B e C. O ETICS não reduz a eventual migração de água vinda do terreno.

4.2.1 Sistema de isolamento térmico de fachadas pelo exterior

Dentre as técnicas construtivas que podem solucionar e prevenir as humidades de precipitação apresentadas nos casos dos edifícios B e C e humidade de condensação que foram apresentadas nos casos de todos os edifícios deste trabalho, é indicado um sistema conhecido mundialmente como ETICS (External Thermal Insulation Composite System), ou Sistema Compósito de Isolamento Térmico pelo Exterior (com reboco delgado) como é normalmente designado em Portugal.

Esta é uma das técnicas construtivas com uso cada vez mais crescente em Portugal, especialmente em obras de reabilitação. De acordo com Araújo (2016), este sistema construtivo apresenta um bom desempenho funcional em termos térmicos e acústicos, uma elevada resistência mecânica e ao fogo, boa relação custo/benefício, sendo uma das soluções mais económicas e ainda resolvendo anomalias relacionadas com fissurações dos revestimentos existentes.

Conforme Costa (2016), a utilização do Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior apresenta inúmeras vantagens, nomeadamente no caso de edifícios com isolamento térmico insuficiente, infiltrações ou aspeto degradado, para além de que a sua aplicação diminui o risco de ocorrência de condensações, permitindo tratar as pontes térmicas existentes. A Figura 35 apresenta um sistema de parede simples com isolamento, estes sistemas constituem uma ótima solução, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista construtivo.

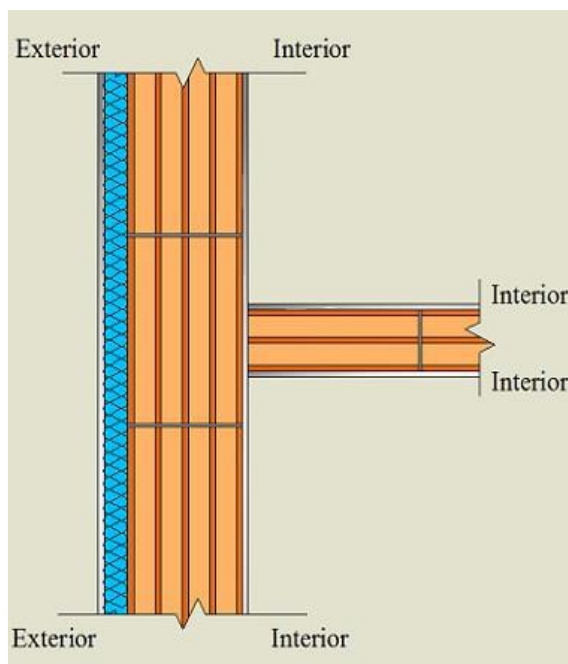


Figura 35. Parede simples com ETICS
(Itecons, Universidade de Coimbra)

A maioria dos sistemas ETICS existentes no mercado, variam pouco a sua constituição, nomeadamente no isolamento utilizado, sendo os materiais mais utilizados o poliestireno expandido moldado (EPS), e o poliestireno expandido extrudido (XPS).

O isolamento térmico pelo exterior poderá solucionar os problemas das humidades de precipitação e condensação nos Edifícios A e B, apresentando inúmeras vantagens, as quais serão listadas abaixo baseado nas contribuições de Costa (2016) e Ribeiro (2013). São estas:

- Redução das pontes térmicas, o que evita grandes trocas de calor entre os ambientes interiores e exteriores dos edifícios;
- Diminuição do risco de condensações nestas edificações, fato que ajuda a solucionar os problemas de humidades apresentados;
- Aumento da inércia térmica interior dos edifícios, dado que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior do isolamento térmico. Este fato apresenta uma melhoria do conforto térmico de inverno, por aumento dos ganhos solares úteis, e também de verão devido à capacidade de controlo da temperatura interior;
- Economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior, os quais são os maiores índices de consumo energético;

- Melhoria da impermeabilidade das paredes, pois o sistema é composto por ligantes sintéticos e mistos, atuando como barreira a humidades provenientes do exterior.

Quanto às desvantagens, os mesmos autores mencionaram os seguintes pontos:

- Maior custo da solução: a solução do sistema ETICS que será implementado nos edifícios em estudo, ficará mais cara na aplicação inicial do que a tradicional parede com isolamento, o que pode fazer os donos da obra optarem por esta última - contudo este argumento esbarra no argumento da solução económica a longo prazo, já apresentado nas vantagens acima.
- Fragilidade das zonas acessíveis: muitos autores referem que esta solução é facilmente danificada por situações quotidianas como um pontapé, um objeto que é projetado contra a parede ou situações de colisão, contudo esta questão tem se tornado uma espécie de imprevisto, uma vez que só raramente acontecem estas situações.

4.2.2 Isolante pelo interior

O isolamento executado no interior da edificação é uma boa opção para solucionar humidades provenientes da condensação, esta humidade ocorreu em todos edifícios em estudo. O sistema é composto fundamentalmente por placas de isolante térmico (podendo ser utilizadas as do mesmo tipo dos ETICS) sobre as quais podem ser usadas soluções diversas de acabamentos, como por exemplo rebocos e estuques ou placas de gesso cartonado ou de madeira ou seus derivados. Embora algumas empresas indiquem as soluções de ETICS para isolamento pelo interior (Figura 36), tal não é necessário, pois estas estão vocacionadas para serem aplicadas apenas pelo exterior, face ao tipo de componentes que constituem o sistema ETICS.



Figura 36. Composição da parede simples com ETICS pelo interior (Sotecnisol)

4.2.3 Fachadas ventiladas

Conforme as contribuições de Veiga e Vilhena (2016), as fachadas ventiladas apresentam um bom desempenho térmico, podendo-se tirar partido das mesmas para formarem soluções estéticas interessantes, além de contribuir, tal como outras soluções com isolantes térmicos, para reduzir cargas do condicionamento de ar e melhorar a estanqueidade à água. A fachada é composta por uma caixa-de-ar formada entre os dois paramentos - de 10 cm a 15 cm de largura, funcionando como colchão de ar renovável. A troca de ar é renovável na câmara e melhora o conforto dentro do edifício, especialmente no verão. Parte dessa caixa-de-ar deve ser preenchida por uma camada de material isolante, geralmente painéis de lã de vidro ou lã de rocha.

A solução construtiva de fachadas ventiladas controla a entrada de águas da chuva, a água que consegue penetrar no interior da cavidade é extremamente reduzida, sendo que a água cai na caixa de ar e não chega na parte interior da parede. Este sistema construtivo melhora a ventilação e assim possibilita a saída do vapor de água presente no interior das paredes, eliminando a humidade das paredes. O vapor de água que se forma no interior do edifício pode sair parcialmente pela parede, contribuindo para a conservação dos paramentos. Além das contribuições para disseminar as humidades nas edificações a fachada ventilada apresenta proteção acústica, pois o material isolante e a lâmina de ar, agem como barreira reduzindo os ruídos do exterior. A Figura 37, a seguir, mostra o alçado de um edifício com a instalação de fachada ventilada.



Figura 37. Fachada ventilada com isolante na caixa-de-ar
(Adaptado de Veiga e Vilhena, 2016)

4.2.4 Argamassas térmicas

A argamassa térmica é uma mistura de um ou mais ligantes de natureza diversa, agregados leves e aditivos, que são doseados conforme o tipo de aplicação e o desempenho desejado. O sistema construtivo é destinado à execução do revestimento de reboco térmico, para melhorar as propriedades térmicas das paredes e pode ser aplicado sobre a generalidade dos paramentos exteriores correntes de paredes, designadamente em paredes de betão ou de alvenaria, de blocos cerâmicos ou de blocos de betão.

As argamassas térmicas apresentam um desempenho acústico favorável, porém inferior quando comparado com os ETICS e com o sistema construtivo de isolamento interior mencionado anteriormente.

4.3 Soluções expeditas para reparação de paredes

Como foram identificados nos Edifícios A, B e C objeto deste estudo de caso algumas anomalias nas paredes, propõe-se uma forma de recuperar, toda a parede, visando um modo rápido, econômico e com maior agilidade, tendo em vista que as edificações possuem moradores, priorizando que os mesmos não sejam prejudicados pela obra.

Conforme análise dos estudos feitos por Neto (2017), com relação às paredes do Edifício A e C, que apresentaram mofo e bolor, a técnica construtiva de recuperação que pode ser adotada seria a aplicação de uma solução de lixívia e água (1:1 para cada). O produto líquido de lixívia é muito eficaz para matar fungos e esporos de mofo. O ingrediente ativo nela, o hipoclorito de sódio, também é o ingrediente principal de muitos produtos de remoção de mofo., sendo necessário:

1. Aplicar a solução de lixívia nas paredes;
2. Espalhar nas manchas de mofo ou bolor e a seguir, esfregar fortemente com uma escova ou esponja;
3. Posteriormente deve ser passada apenas água limpa, deixando a secagem natural.

Ainda conforme as contribuições do mesmo autor, para as paredes do Edifício B e C que apresentaram bolhas, para recuperação imediata das paredes, sugere-se:

1. Realizar a raspagem da região deteriorada com uma espátula de aço;
2. Realizar o lixamento do local afetado pela humidade de precipitação, para nivelar a superfície a ser recuperada;
3. Posteriormente com um pano húmido retirar os resíduos e aguardar a secagem;
4. Em seguida, é feita a preparação da superfície com reparação e reperfilamento utilizando uma argamassa apropriada, com uma espátula são corrigidas as imperfeições que ficaram na parede, aguardando a secagem de acordo com o tempo indicado pelo fabricante da massa;
5. Após esse procedimento é necessário novamente lixar, corrigir as últimas imperfeições como as ondulações da massa, para o devido acabamento;
6. A seguir é feita a retirada do pó e de resíduos novamente com um pano húmido e aplicar a argamassa;
7. Por fim realizar é aplicada a pintura do local, de acordo com a cor pretendida.

Conforme as contribuições dos estudos feitos por Freitas (2014), para a recuperação da parede do Edifício C que apresentou anomalias de humidade ascensional, será indicada a utilização de barreiras físicas contínuas na base da parede, de modo a impedir a ascensão da água do terreno. Para aplicar esta técnica na parede afetada do Edifício C, será necessário executar um corte na base por todo perímetro da parede e inserir o material impermeável; por se tratar de uma parede com pequena dimensão e alvenaria regular, esta barreira será garantida

através da substituição dos elementos de alvenaria por um material impermeável. Após a execução da barreira física a parede terá de ser rebocada e deverão ser aplicados os mosaicos cerâmicos.

4.4. Soluções para as estalactites

Para solucionar os problemas de humidade por causas fortuitas do Edifício C, que deram origem a estalactites dispersas pelo teto, foi instalado no teto um tabuleiro em aço inox com dimensões de 60 cm x 60 cm, pintado da mesma cor do teto; desse tabuleiro saem tubagens ligadas diretamente ao sistema de drenagem do edifício. A Figura 38, a seguir, mostra o teto do Edifício C, após instalação do tabuleiro no sítio onde se verificava a presença das estalactites.



Figura 38. Tabuleiro no teto do edifício C
(Imagem do autor)

5. CONCLUSÕES E PROSSEGUIMENTO DO ESTUDO

O objetivo geral desse estudo foi o de identificar as humidades no interior dos edifícios e caracterizar as anomalias oriundas destas humidades, sugerir e apresentar soluções para propostas de recuperação das edificações e para que estas humidades e consequentes anomalias sejam evitadas em outras obras.

Para o cumprimento dos objetivos específicos, foi feito um estudo bibliográfico com a caracterização de possíveis soluções para as humidades existentes, a seguir visitas técnicas aos edifícios para levantamento de dados. Com relação às anomalias ocorrentes no interior das edificações estudadas foi constatado que existem histórico de infiltração da água da chuva no interior dos edifícios, as residências possuem problemas frequentes relacionados à humidade e por essa razão já passaram por algumas remodelações.

Este trabalho final de mestrado cumpriu os objetivos propostos de estabelecer, em traços gerais, as humidades e consequentes anomalias, nos edifícios A, B e C que foram estudados. Foram propostas soluções construtivas expeditas, consolidadas com uma proposta de estratégia de recuperação das paredes, com o intuito de recuperar toda a parede, visando um modo mais econômico, e de com maior agilidade, por essas edificações possuírem moradores (edifícios residenciais) e usuários (edifício comercial), priorizando que os mesmos não sejam prejudicados pela obra, para que de maneira ágil sejam minimizadas e extinguidas as humidades observadas na edificação. Foram também propostas soluções construtivas que devem ser adotadas em fase de projeto, para mitigar o surgimento de humidades.

A análise e identificação das humidades e anomalias nas edificações deve ocorrer de modo frequente, com inspeções periódicas, que vise à detecção de possíveis evoluções das anomalias. Como sugestões para prosseguimento do estudo em trabalhos futuros, seguindo a mesma abordagem técnica, e possivelmente tendo as mesmas humidades e anomalias como objetos de estudo, podem ser considerados: o estudo aprofundado da relação entre as humidades e anomalias, com ensaios e análises laboratoriais para a devida constatação e a análise de estimativa orçamental com indicação da solução construtiva com melhor custo e benefício para aplicação no interior das edificações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **Standard Test Method for Indicating Moisture in Concrete by the Plastic Sheet Method.** 2012.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Building Envelope – Heat, Air and Moisture Control in Building Assemblies.** In *2013 ASHRAE Handbook – Fundamentals*.ASHRAE, Atlanta, 2013.

ARAÚJO, L. C. N. **Caracterização de uma biblioteca de paredes na metodologia BIM.** Instituto Superior Técnico de Lisboa. Lisboa, 2016.

BORRELLI, E. – **Conservation of Architectural heritage, historic structures and materials salts.** Rome: ICCROM, p.3. 1999.

CARVALHO, P. **Medição do teor de humidade em materiais de construção.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2010.

CARVALHO, S. R. L. D. S. **Humidade em edifícios antigos: reabilitação do edifício do Governo Civil do Porto para instalação de um Hotel de 4 estrelas.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação, Universidade Lusófona do Porto, Portugal. 2015.

CARVALHO, Y. M.; PINTO, V. G. **Umidade em edificações: conhecer para combater.** ForScience: revista científica do IFMG, Formiga, v. 6, n. 3, e00476, jul./dez. 2018.

COLOMBET, R. – **L’humidité des bâtiments anciens. Causes et effets. Diagnostic et remèdes.** Paris: Éditions Le Moniteur. 1985. 183p.

- CORREIA, G. B. **Estudo de Casos – Gestão de operações de reabilitação de edifícios antigos.** 2009. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2009.
- COSTA, J. F. A. **Opções de Projeto – Custos de Execução, Manutenção e Reparação.** Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, 2016.
- FERREIRA, A. S. **A importância da reabilitação em Portugal e na UE.** In: 3º Congresso Nacional. Vol 3, Congresso Construção, Coimbra. 2007.
- FREITAS, R. J. G. **Técnicas de tratamento/controlo da humidade ascensional – Catálogo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal, 2014. 160 p.
- FREITAS, V. P.; TORRES, I. M.; GUIMARÃES, A. S. **Humidade Ascensional.** 1. Ed. Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008. 99p.
- GAIDI, L., ALIMI-ICHOLA, I. **Etude des Caractéristiques Hydrodynamiques des Sols par la Méthode TDR (Time Domain Reflectometry).** Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 247-255, Springer Verlag, Lyon. 2000.
- GASPAR, A. M. R., & FREITAS, V. P. **Tratamento de Humidades Ascensionais em Igrejas. Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2012.
- GOMES, F. A. V. **Controlo da humidade em espaços de banho: comparação da eficiência energética de diferentes estratégias.** Relatório da Dissertação do MIEM - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, Portugal. 2012.
- GOMIDE, T. L. F., NETO, J. C. P. F., GULLO, M. A., & DELLA FLORA, S. M. **Inspeção predial total.** Oficina de Textos. 2020. 168 p.

- GONÇALVES, A. **Reabilitação de Paredes de Alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Construção) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal. 2007.
- GUIMARÃES, A.S. **Dimensionamento de Sistemas de Ventilação da Base das paredes para o Tratamento da Humidade Ascensional**, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2011.
- GUIMARÃES, A. S., & FREITAS, V. P. **Análise crítica da eficácia das técnicas de tratamento da humidade ascensional em paredes de edifícios**. 6º Conferência sobre Patologias e Reabilitação de Edifícios. 2018.
- HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. 4. ed. Lisboa, Portugal: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1994. 168p.
- HENRIQUES, F. **Ação da Humidade em Paredes - Formas de Manifestação, Critérios de Quantificação e Análise de Soluções de Reparação**. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC, 1993.
- HYPERPHYSICS. Retirado de: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Tables/diel.html>. Acesso em 13 de junho de 2020.
- KANARE, H. M. **Concrete floors and moisture**. Portland Cement Association, Skokie, Illinois 2005. 156p.
- LEAL, L. F. B. **Metodologias de avaliação do teor de humidade aplicáveis em obra**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. 2015.
- LSTIBUREK, J.; CARMODY, J. **Moisture control handbook: New, Low-rise, Residential construction**. Oak Ridge, Tenn.: Martin Marietta Energy Systems,

Inc.. United States: The Department of Energy (DOE), 1991. 247p.

LUSO, E., LOURENÇO, P. B., & ALMEIDA, M. **Tratamento de paredes de alvenaria antiga com problemas de humidade ascensional**. 3^o *Encore*, 813-821. Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa. 2003.

MAGALHÃES, A., VEIGA, M.R., & SANTOS, C. P. **Metodologia de diagnóstico de anomalias devidas à humidade em paredes antigas**. Lisboa: LNEC, Relatório 115/2008 – NRI. 2008.

MARINHO, M. I. M. **Diagnóstico de patologias associadas à humidade utilizando técnicas não destrutivas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2014.

MARQUES, F. J. L. C. **Trabalho final de estágio: reabilitação do edifício 31-A do CHPL-polo Júlio de Matos, Ministério da Saúde: patologias e técnicas de intervenção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal. 2018.

MASSARI, G., MASSARI, I. **Damp buildings, old and new**. ICCROM. 7–12 1993.

NETO, A. P. **Manifestações patológicas de umidades nas paredes: um estudo de caso na região sul de Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Brasil. 2017.

NORMA PORTUGUESA; 1973 – NP-614 Madeiras – Determinação do teor em água.

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS (OEPM). *Número de Publicação - ES 2219116 B1*: Sifón Atmosférico Bivial para el Desecamiento de Muros. Madrid, 2005.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Escola Politécnica,

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Brasil. 2013a.

OLIVEIRA, G. F. P. **Potencialidades da termografia para o diagnóstico de patologias associadas à humidade.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2013b.

PEL, L., KOPINGA, K., BROCKEN, H. **Moisture Transport in Porous Building Materials.** Heron. Volume 41, No. 2, 95-105, Eindhoven. 1996.

PERITAGENS DE PATOLOGIAS DA HABITAÇÃO (PPH). Retirado de: <http://www.peritagemdeedificios.com/termografia.html>. Acesso em 13 de junho de 2020.

PINTO, A. C. F. **Análise das condições higrotérmicas em espaços da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra.** Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal. 2009.

PUJADAS, F. Z. A. Inspeção Predial–Ferramenta de Avaliação da Manutenção. XIV Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Retirado de: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2013/02/Inspecao-Predial-Ferramenta-de-Avaliacao-da-Manutencao.pdf>. Acesso: 22 de agosto de 2020. 2007.

RIBEIRO, N. A. **Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior: Condições de aplicação e utilização na reabilitação térmica dos edifícios.** Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2013.

SAAD, Jéssica Lemos. A importância da inspeção predial a fim de detectar falhas e anomalias em edificações de múltiplos pavimentos estudo de caso: residencial bloco 'A' SQN 311 – Brasília DF. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

- SILVA, C. L. M. D. **Metodologias de gestão de operações de reabilitação de edifícios antigos**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2008.
- SILVA, R. J. S. M. D. **Humidade ascensional: dimensionamento de sistemas de ventilação da base das paredes**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 2012.
- SILVA, J. ABRANTES, V. M. **Patologia em Paredes de Alvenaria: Causas e Soluções.Seminário de Paredes de Alvenaria**. Seminários sobre Paredes de alvenaria (P.B. Lourenço *et al.*, eds.), Novembro de 2007, Lisboa: LNEC, p. 65-84, LNEC, Lisboa. 2007.
- SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. 2008.
- SUPLICY, G. F. D. S. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil. 2012.
- TEIXEIRA, A. S. M. D. S. G. **Caracterização experimental do funcionamento de sistemas de ventilação da base das paredes para tratamento da humidade ascensional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal. 2007
- VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

ANEXO I - FICHA TÉCNICA DE INSPEÇÃO DE EDIFÍCIO**INSPEÇÃO DO EDIFÍCIO A (Algés)**

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Responsável | Erike Patrick Rodrigues Pereira |
| Objetivo da Inspeção | Identificação de humidades |
| Data | 13/04/2020 |

Secção 1**1.1. Generalidades****1.1.1. Características Gerais do Edifício:**

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Morada | Rua Damião de Góis nº 20, Algés |
| Código Postal | 1400-087 |
| Área Bruta de Construção | 500 m ² |
| Área Útil Total | 410 m ² |
| Nº de Pisos acima do solo | 3 |

1.1.2. Classificação do Edifício:

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Privado | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Público | <input type="checkbox"/> |

1.1.3. Tipo de Utilização:

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| Habitação | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Comércio | <input type="checkbox"/> |
| Indústria | <input type="checkbox"/> |
| Serviço | <input type="checkbox"/> |
| Outro | Qual? _____ |

1.2. Utilização do Edifício

| Andar | Utilização | Função |
|-------|----------------|--------------|
| Cave | 2 Apartamentos | Habitacional |
| 1.º | 2 Apartamentos | Habitacional |
| 2.º | 2 Apartamentos | Habitacional |
| 3.º | 2 Apartamentos | Habitacional |

1.3. Manutenção

| Periodicidade | Mensal | Trimestral | Semestral | Anual | N/A |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

1.3.1. Intervenções efetuadas:

| | |
|------------|-------------------------------------|
| Sim | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Não | <input type="checkbox"/> |

Data: Fevereiro/2019

1.3.1.1. Descrição da Intervenção:

A intervenção teve como objetivo a remodelação de todo o apartamento com os trabalhos abaixo listados:

- Reparações e pintura de todo apartamento, incluindo portas e janelas;
- Execução de teto falso em placas de gesso cartonado;
- Execução de piso flutuante;
- Remodelação da casa de banho com instalação da cabine de duche.

1.4. Fotografias do estado atual do edifício

1.4.1. Exterior:



Imagem 1 e 2 – Alçados do Edifício A

1.4.2. Interior:



Imagem 3 – Área de convívio do Edifício A



Imagem 4 – Sala de estar do Edifício A

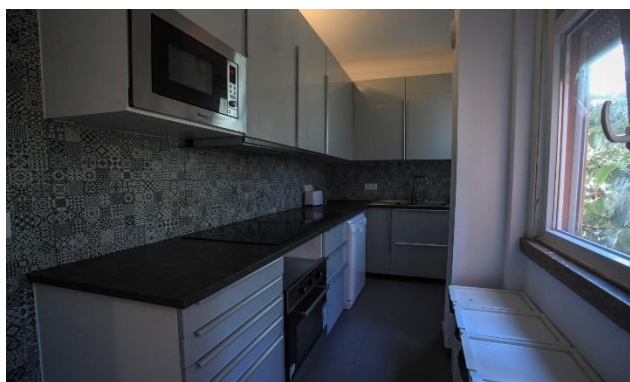


Imagem 5 – Cozinha do Edifício A

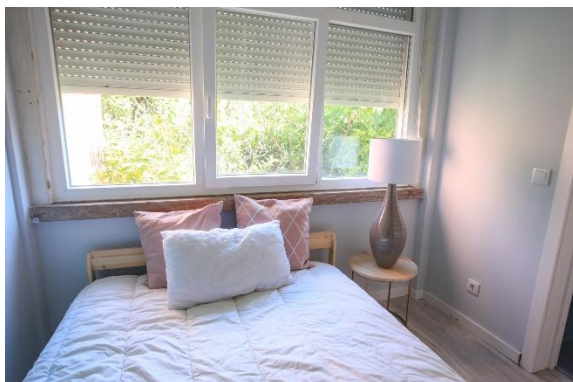


Imagem 6 – Quarto do Edifício A

Secção 2

2.1. Constituição do suporte

2.1.1. Tipo:

| | | |
|----------------------------|--|-----------------------------------|
| Alvenaria de Tijolo | Simples <input checked="" type="checkbox"/> | Dupla <input type="checkbox"/> |
| Espessura (m) | 15 cm | |

| | | |
|-----------------------|---|------------------------------------|
| Tipo de Tijolo | Vazado <input checked="" type="checkbox"/> | Maciço <input type="checkbox"/> |
| Dimensões (cm) | | |

2.1.2. Função:

| | |
|--|---|
| Parede com função resistente <input type="checkbox"/> | Parede sem função resistente <input checked="" type="checkbox"/> |
|--|---|

2.2. Revestimento

2.2.1. Tipo:

| | | | |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Pintura texturada (tinta areia) | <input type="checkbox"/> | Revestimento cerâmico (vidrado ou não vidrado) | <input type="checkbox"/> |
| Argamassa bastarda (cimento e cal hidráulica) | <input type="checkbox"/> | Reboco de argamassa de cimento e areia | <input type="checkbox"/> |
| Pintura com tinta plástica | <input type="checkbox"/> | Elementos decorativos especiais (fingidos de pedra, ornamentos) | <input type="checkbox"/> |
| Reboco pintado | <input checked="" type="checkbox"/> | Pedra natural colada e grampeada | <input type="checkbox"/> |

2.3. Anomalias (causas prováveis)

2.3.1. Humidade:

| Infiltrações pluviais | Infiltrações do terreno (humidades ascendentes) | Condensações interiores | Infiltrações por rotura de canos |
|--------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.3.2. Anomalias identificadas:

| | | | |
|---|--------------------------|--|-------------------------------------|
| Empolamento do reboco | <input type="checkbox"/> | Corrosão de elementos metálicos | <input type="checkbox"/> |
| Expansão das alvenarias por ações térmicas e/ou higroscópicas | <input type="checkbox"/> | <i>Graffitis</i> , poluição, musgos, bolores | <input type="checkbox"/> |
| Destacamento do revestimento | <input type="checkbox"/> | Tinta descascada/empolada | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Envelhecimento dos materiais | <input type="checkbox"/> | Presença de sais | <input type="checkbox"/> |

2.4. Equipamentos e materiais

Câmara fotográfica, papel, caneta, fita métrica.

INSPEÇÃO DO EDIFÍCIO B (Paço de Arcos)

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Responsável | Erike Patrick Rodrigues Pereira |
| Objetivo da Inspeção | Identificação de humidades |
| Data | 14/04/2020 |

Secção 1**1.1. Generalidades**1.1.1. Características Gerais do Edifício:

| | |
|----------------------------------|---|
| Morada | Avenida Engenheiro Boneville Franco nº28, Paço de Arcos |
| Código Postal | 2770-056 |
| Área Bruta de Construção | 600 m ² |
| Área Útil Total | 485 m ² |
| Nº de Pisos acima do solo | 7 |

1.1.2. Classificação do Edifício:

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Privado | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Público | <input type="checkbox"/> |

1.1.3. Tipo de Utilização:

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| Habitação | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Comércio | <input type="checkbox"/> |
| Indústria | <input type="checkbox"/> |
| Serviço | <input type="checkbox"/> |
| Outro | Qual? _____ |

1.2. Utilização do Edifício

| Andar | Utilização | Função |
|-------|--------------|----------------------------|
| Cave | Apartamentos | Habitacional Manutenção |
| 1º | Apartamentos | Habitacional |
| 2º | Apartamentos | Habitacional |
| 3º | Apartamentos | Habitacional |
| 4º | Apartamentos | Habitacional |
| 5º | Apartamentos | Habitacional |
| 6º | Apartamentos | Habitacional |
| 7º | Apartamentos | Habitacional |

1.3. Manutenção

| Periodicidade | Mensal | Trimestral | Semestral | Anual | N/A |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

1.3.1. Intervenções efetuadas:

| | |
|------------|-------------------------------------|
| Sim | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Não | <input type="checkbox"/> |

Data: Novembro/2019

1.3.1.1. Descrição da Intervenção:

A intervenção teve como objetivo a remodelação de todo o apartamento com os trabalhos abaixo listados:

- Reparações e pinturas superficiais de todo apartamento, incluindo portas e janelas;
- Execução de teto falso em placas de gesso cartonado;
- Execução de paredes divisórias em placas de gesso acartonado;
- Execução de piso flutuante;

1.4. Fotografias do estado atual do edifício

1.4.1. Exterior:



Imagem 7 e 8 – Alçado do Edifício B

1.4.2. Interior:



Imagem 9 – Apartamento do Edifício B

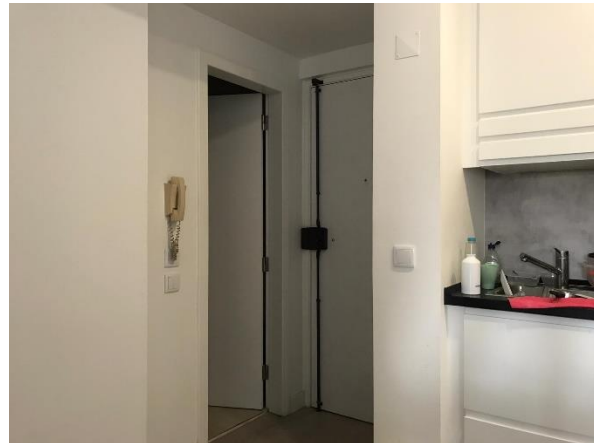


Imagem 10 – Apartamento do Edifício B

Secção 2

2.1. Constituição do suporte

2.1.1. Tipo:

| | | |
|----------------------------|--|-----------------------------------|
| Alvenaria de Tijolo | Simples <input checked="" type="checkbox"/> | Dupla <input type="checkbox"/> |
| Espessura (m) | 0,22 | |

| | | |
|-----------------------|---|------------------------------------|
| Tipo de Tijolo | Vazado <input checked="" type="checkbox"/> | Maciço <input type="checkbox"/> |
| Dimensões (cm) | | |

2.1.2. Função:

| | |
|--|---|
| Parede com função resistente <input type="checkbox"/> | Parede sem função resistente <input checked="" type="checkbox"/> |
|--|---|

2.2. Revestimento

2.2.1. Tipo:

| | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------------------|
| Pintura texturada (tinta areia) | <input type="checkbox"/> | Revestimento cerâmico (vidrado ou não vidrado) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Argamassa bastarda (cimento e cal hidráulica) | <input type="checkbox"/> | Reboco de argamassa de cimento e areia | <input type="checkbox"/> |
| Pintura com tinta plástica | <input type="checkbox"/> | Elementos decorativos especiais (fingidos de pedra, ornamentos) | <input type="checkbox"/> |
| Reboco pintado | <input type="checkbox"/> | Pedra natural colada e grampeada | <input type="checkbox"/> |

2.3. Anomalias (causas prováveis)

2.3.1. Humidade:

| Infiltrações pluviais | Infiltrações do terreno (humidades ascendentes) | Condensações interiores | Infiltrações por rotura de canos |
|-------------------------------------|---|--------------------------|----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.3.2. Anomalias identificadas:

| | | | |
|---|--------------------------|--|-------------------------------------|
| Empolamento do reboco | <input type="checkbox"/> | Corrosão de elementos metálicos | <input type="checkbox"/> |
| Expansão das alvenarias por ações térmicas e/ou hidroscópicas | <input type="checkbox"/> | <i>Graffitis</i> , poluição, musgos, bolores | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Destacamento do revestimento | <input type="checkbox"/> | Tinta descascada/empolada | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Envelhecimento dos materiais | <input type="checkbox"/> | Presença de sais | <input type="checkbox"/> |

2.4. Equipamentos e materiais

Câmara fotográfica, papel, caneta, fita métrica.

INSPECÃO DO EDIFÍCIO C (Alvalade)

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Responsável | Erike Patrick Rodrigues Pereira |
| Objetivo da Inspeção | Identificação de humidades |
| Data | 22/08/2020 |

Secção 1**1.1. Generalidades**1.1.1. Características Gerais do Edifício:

| | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Morada | Rua Acácio de Paiva nº22, Alvalade |
| Código Postal | 1700-074 |
| Área Bruta de Construção | 1200 m ² |
| Área Útil Total | 992 m ² |
| Nº de Pisos acima do solo | 1 |

1.1.2. Classificação do Edifício:

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Privado | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Público | <input type="checkbox"/> |

1.1.3. Tipo de Utilização:

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| Habitação | <input type="checkbox"/> |
| Comércio | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Indústria | <input type="checkbox"/> |
| Serviço | <input type="checkbox"/> |
| Outro | Qual? _____ |

1.2. Utilização do Edifício

| Andar | Característica do Edifício | Função |
|-------|--|---|
| 0 | Área de vendas | Atendimento ao público geral |
| 1º | 1 Estacionamento e 1 repartição administrativa | Parque de estacionamento e setor administrativo |

1.3. Manutenção

| Periodicidade | Mensal | Trimestral | Semestral | Anual | N/A |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

1.3.1. Intervenções efetuadas:

| | |
|------------|-------------------------------------|
| Sim | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Não | <input type="checkbox"/> |

Data: Novembro/2020

1.3.1.1. Descrição da Intervenção:

A intervenção teve como objetivo os trabalhos abaixo listados:

- Reparações e pintura de todo edifício;
- Reparação e reperfilamento com argamassa da viga caleira na área de estacionamento;
- Pintura de todos acessórios e tubos no teto da área de vendas;
- Reparações e pintura no hall dos elevadores e escadaria;
- Sondagem, substituição de teto falso e reparações de anomalias provenientes de humidade ascendente no murete na zona da peixaria.
- Aplicação da caleira em chapa metálica galvanizada, por todo perímetro da cobertura;
- Execução do isolamento térmico em XPS, aplicação de manta geotêxtil e membrana impermeabilizante na cobertura.

1.4. Fotografias do estado atual do edifício

1.4.1 Exterior:



Imagem 11 e 12 – Alçado do Edifício C

1.4.2 Interior:



Imagem 12 e 13 – Parque de estacionamento do Edifício C

Secção 2

2.1. Constituição do suporte

2.1.1. Tipo:

| | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--|
| Alvenaria de Tijolo | Simples <input type="checkbox"/> | Dupla <input checked="" type="checkbox"/> |
| Espessura (m) | | 0,30 (?) |

| | | |
|-----------------------|---|------------------------------------|
| Tipo de Tijolo | Vazado <input checked="" type="checkbox"/> | Maciço <input type="checkbox"/> |
| Dimensões (cm) | | |

2.1.2. Função:

| | |
|--|---|
| Parede com função resistente <input type="checkbox"/> | Parede sem função resistente <input checked="" type="checkbox"/> |
|--|---|

2.2. Revestimento

2.2.1. Tipo:

| | |
|---|---|
| Pintura texturada (tinta areia) <input type="checkbox"/> | Revestimento cerâmico (vidrado ou não vidrado) <input checked="" type="checkbox"/> |
| Argamassa bastarda (cimento e cal hidráulica) <input type="checkbox"/> | Reboco de argamassa de cimento e areia <input checked="" type="checkbox"/> |
| Pintura com tinta plástica <input checked="" type="checkbox"/> | Elementos decorativos especiais (fingidos de pedra, ornamentos) <input type="checkbox"/> |
| Reboco pintado <input type="checkbox"/> | Pedra natural colada e grampeada <input type="checkbox"/> |

2.3. Patologias (causas prováveis)

2.3.1. Humidade:

| Infiltrações pluviais | Infiltrações do terreno (humidades ascendentes) | Condensações interiores | Infiltrações por rotura de canos |
|-------------------------------------|---|--------------------------|----------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.3.2. Anomalias identificadas:

| | | | |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Empolamento do reboco | <input type="checkbox"/> | Corrosão de elementos metálicos | <input type="checkbox"/> |
| Expansão das alvenarias por ações térmicas e/ou hidrosópicas | <input type="checkbox"/> | <i>Graffitis</i> , poluição, musgos, bolores | <input type="checkbox"/> |
| Destacamento do revestimento | <input checked="" type="checkbox"/> | Tinta descascada/ empolada | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Envelhecimento dos materiais | <input checked="" type="checkbox"/> | Reação a sais | <input checked="" type="checkbox"/> |

2.4. Equipamentos e materiais

Câmara fotográfica, papel, caneta, fita métrica.