

A NECESSIDADE DE IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE CONTAGEM, MG

THE NEED FOR WATERPROOFING IN CIVIL CONSTRUCTION: CASE STUDY IN THE CITY CONTAGEM, MG

Huízes Eustáquio Fernandes¹

Ítalo Célio Rodrigues Fernandes²

Diego de Jesus Queiroz Rosa³

Recebido em: 10.10.2022

Aprovado em: 15.12.2022

Resumo: Os produtos impermeabilizantes têm finalidade de proteção da superfície as quais são aplicados. Estão apresentados no mercado da construção civil por diferentes qualidades, e escolhidos pelo tipo de umidade que potencializa em infiltrações da construção, já que o serviço de impermeabilização é a prevenção das outras etapas. Baseado no alto índice de associação de patologias ao sistema de impermeabilização das construções, o trabalho surge com o objetivo de discutir e conscientizar sobre prevenir etapas, investigando a importância da impermeabilização. Nesse contexto buscou-se verificar se é mais vantajoso realizar um projeto de impermeabilização na construção da obra ou corrigir eventuais patologias decorrentes de infiltrações. Para tanto foi realizada revisão bibliográfica sobre impermeabilização de construções, sobre as fontes da umidade, sobre as patologias decorrentes de infiltrações, e estudo de caso na cidade de Contagem, Minas Gerais, visando encontrar a resposta do problema

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

² Discente do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

³ Revisor. Mestre em Processos Construtivos na Área de Concentração de Materiais de Construção Civil pela Universidade FUMEC, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade FUMEC.

de pesquisa. Para o estudo de caso foi escolhido um edifício de aproximadamente 40 anos de idade, construído sem a utilização de métodos impermeabilizantes. As patologias apresentadas no local estudado em decorrência das infiltrações foram: vesículas, eflorescência, bolor e mofo no revestimento das paredes. Verificou-se que a hipótese do problema era verdadeira, que é mais vantajoso prevenir infiltrações através de métodos impermeabilizantes, do que corrigir as patologias decorrentes de infiltrações. e existe também o problema de que essas correções devem ser feitas em domicílios já habitados.

Palavras-chave: Impermeabilização. Infiltração. Umidade. Manifestação Patológica.

Abstract: Waterproofing products are intended to protect the surface to which they are applied. They are presented in the civil construction market for different qualities, and chosen for the type of humidity that potentiates infiltrations of the construction, since the waterproofing service is the prevention of the other stages. Based on the high rate of association of pathologies to the waterproofing system of buildings, the work arises with the objective of discussing and raising awareness about preventing steps, investigating the importance of waterproofing. In this context, we sought to verify whether it is more advantageous to carry out a waterproofing project in the construction of the work or to correct eventual pathologies resulting from infiltrations. For that, a bibliographic review was carried out on waterproofing buildings, on the sources of moisture, on the pathologies resulting from infiltrations, and a case study in the city of Contagem, Minas Gerais, in order to find the answer to the research problem. For the case study, a building of approximately 40 years of age was chosen, built without the use of waterproofing methods. The pathologies presented in the studied place as a result of the infiltrations were: vesicles, efflorescence, mold and mold on the wall coverings. It was verified that the problem hypothesis was true, that it is more advantageous to prevent infiltrations through waterproofing methods, than to correct the pathologies resulting from infiltrations. and there is also the problem that these corrections must be made in already inhabited households.

Keywords: Waterproofing. Infiltration. Moisture.
Pathological Manifestation.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização até hoje, uma das questões mais preocupantes do ser humano é a umidade, tanto é que as cavernas eram utilizadas de moradia para que as pessoas pudessem se protegerem da chuva, dos animais e do frio. No entanto, os povos primitivos perceberam que uma das formas de transmissão da água é através da penetração da água do solo nas paredes, o que torna o meio ambiente insalubre (SILVA et al., 2018). Esses problemas levaram o homem a melhorar seus métodos de construção e proteger sua residência.

O progresso urbano tem impacto sobre os recursos hídricos, afetando o equilíbrio natural dos ciclos hidrológicos de uma região em termos de qualidade e quantidade. Os seres humanos mudam o ambiente construindo projetos magníficos, como edifícios, estradas, viadutos, grandes projetos comerciais e industriais e extensas áreas pavimentadas. A impermeabilização da superfície do terreno, causada pelo desenvolvimento urbano, altera os processos naturais que ocorrem sobre a superfície terrestre.

A impermeabilização é uma tecnologia aplicada à engenharia civil e à construção civil, incluindo aplicações específicas de produtos destinados a proteger superfícies porosas da passagem de fluidos. Ela atua como uma barreira física para evitar a difusão e vazamento de umidade.

Materiais impermeáveis devem ser usados em quase todas as partes da construção, desde fundações e muros de contenção, até reservatórios e piscinas, e até mesmo no subsolo. No entanto, em muitos projetos, foram deixados de lado devido ao controle de custos e desinformação, resultando em morbidade, redução da vida útil das edificações, degradação do ecossistema (no caso dos aterros sanitários) e, posteriormente, seu reparo causa danos à integridade física e ambiental.

Ao longo do tempo, diversos produtos foram criados com o objetivo de atingir a máxima estanqueidade nas edificações e atender aos requisitos das normas técnicas, por isso a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) desenvolveu a NBR 9574 e implementou os requisitos de impermeabilização.

O presente estudo buscou verificar a importância dos métodos impermeabilizantes, questionando se é mais vantajoso realizar um projeto de impermeabilização na construção da obra ou corrigir eventuais patologias decorrentes de infiltrações.

Investigou-se sobre impermeabilização de construções, as fontes da umidade, sobre as patologias decorrentes de infiltrações. Realizou-se estudo de caso na cidade de Contagem, Minas Gerais, em edifício de aproximadamente 40 anos de idade, construído sem a utilização de métodos impermeabilizantes que levaram ao surgimento de diversos problemas nos dias atuais.

O estudo realizou ainda a avaliação de alternativas que possam inibir os sintomas que aparecem em porões de edifícios comerciais. A investigação começou com problemas ocorridos na maioria das edificações que não utilizavam métodos de impermeabilização nas áreas onde deveriam ser realizadas.

Seguindo esse ponto de vista, buscou identificar as soluções para as patologias decorrentes de infiltrações, verificando também se é mais interessante financeiramente a prevenção ou reparação, ressaltando a importância construtiva da impermeabilização e a premência de suas projeções para cada uso específico a fim de evitarem-se, posteriormente, gastos destinados a reparos de patologias causadas pela ação da água predominante de umidades nas edificações.

2 JUSTIFICATIVA

A construção civil é área de grande importância para a economia brasileira, tendo em vista a vasta extensão de sua cadeia produtiva, possuindo grande impacto socioeconômico com a geração de empregos e aumento da qualidade de vida. Tendo isso em vista, considerando ainda o déficit habitacional de 5,8 milhões de moradias no país (BRASIL, 2022), a necessidade do mercado de as obras serem realizadas em um curto período de tempo, bem como considerando o aumento exponencial de patologias, o tema do presente trabalho se mostra de grande relevância.

O conhecimento específico dos materiais impermeabilizantes e métodos de execução são fundamentais para que não se afete a saúde das construções, ocasionando custo financeiro elevado de um futuro reparo, associado ao transtorno na vida dos habitantes e usuários das construções.

O presente trabalho, portanto, mostra-se de grande relevo para que as empresas e engenheiros possam realizar projetos de qualidade e durabilidade, considerando os impactos da realização ou não de métodos impermeabilizantes nas construções, e sua importância. A pesquisa é fundamental para a sociedade como um todo tendo em vista as implicações sociais das patologias decorrentes de infiltrações, bem como considerando a qualidade das moradias no país e a importância da construção civil na economia nacional.

3 PROBLEMA

Diante de um contexto em que inúmeras obras são realizadas sem um projeto de impermeabilização e sem escolhas de métodos e componentes adequados para impermeabilizar a edificação, atendendo às necessidades, o presente estudo visa responder o seguinte problema: É mais vantajoso realizar um projeto de impermeabilização na construção da obra ou corrigir eventuais patologias decorrentes de infiltrações?

Para solucionar a questão problema, a pesquisa se valerá de um estudo de caso na cidade de Contagem, Minas Gerais, com a finalidade de encontrar as respostas para as seguintes perguntas, decorrentes do problema central:

O que é e quais os principais métodos de impermeabilização? Qual a origem da umidade presente nas construções? O que são fontes de águas internas e quais os processos para sua remoção? Quais são as manifestações patológicas mais comuns? Quais são os métodos corretivos existentes para melhorar a qualidade da impermeabilização?

4 HIPÓTESE

4.1 Impermeabilização

A impermeabilização é o processo de tornar-se um objeto ou estrutura impermeável de modo que permaneça não afetado pela água ou resista à

entrada de água sob certas condições. Esses itens podem ser usados em ambientes úmidos ou debaixo d'água em profundidades específicas.

Resistente a água e à prova d'água geralmente se referem à água líquida e possível penetração sob pressão, enquanto a resistência à umidade se refere à resistência à umidade ou umidade. A permeabilidade do vapor d'água através de um material ou estrutura é relatada como a taxa de transmissão do vapor d'água (PIRONDI, 1979).

Os cascos de barcos e navios já foram impermeabilizados com a aplicação de alcatrão ou piche. Os itens modernos podem ser impermeabilizados aplicando-se revestimentos repelentes de água ou vedando as costuras com gaxetas ou o-rings. A técnica é usada em referência a estruturas de construção (como porões, decks ou áreas úmidas), embarcações, telas, roupas (capas de chuva ou waders), dispositivos eletrônicos e embalagens de papel (como caixas para líquidos) (VENTURINI, 2009).

De acordo com a NBR 9575/2010, impermeabilização é definida pelo conjunto de operações e técnicas construtivas, que é composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação de fluidos, vapores e da umidade.

Para Hussein (2013) a impermeabilização modifica a vida útil de uma construção, pois protege as estruturas contra a ação nociva da umidade. Sua função é proteger os materiais de uma edificação, impedindo a propagação da umidade e evitando infiltrações.

Na construção civil é um aspecto fundamental na criação de uma envolvente edificado, que é um ambiente controlado. Materiais de cobertura, revestimento, fundações e todos os tipos de penetração através dessas superfícies devem ser resistentes à água e, às vezes, à prova d'água. Os materiais de cobertura são geralmente projetados para serem à prova d'água e excluir a água de telhados inclinados, mas em alguns casos, como represas de gelo e telhados planos, o telhado deve ser à prova d'água (PETINI, 2012).

Existem muitos tipos de sistemas de membrana à prova d'água para escolher, incluindo papel de feltro ou papel de alcatrão com asfalto ou alcatrão, usado para

fazer telhados de edifícios, outros materiais asfálticos impermeáveis, borracha EPDM, hipalon, polietileno clorado, telhado líquido e assim por diante. As paredes não são expostas à água parada e a membrana à prova d'água usada como papel de embrulho é projetada para ser porosa o suficiente para permitir que a umidade escape. As paredes também possuem barreiras de vapor ou barreiras de ar.

Outro aspecto da impermeabilização são as paredes de alvenaria. Elas são construídas com uma camada à prova de umidade para evitar o acúmulo de umidade. O concreto na fundação precisa ser à prova de umidade ou à prova d'água com um revestimento líquido. A membrana à prova d'água vem do porão (mesmo sob o piso de laje de concreto que normalmente utiliza painéis de polietileno), ou aditivos de concreto (PIRONDI, 1979). Na indústria de impermeabilização, a impermeabilização subterrânea é geralmente dividida em dois aspectos, como tanque de água, material impermeável usado para estruturas subterrâneas que ficarão no nível do lençol freático contínua ou regularmente.

Embora o termo à prova d'água seja usado para muitos produtos, cada um deles tem uma área de aplicação muito específica e, quando as especificações do fabricante e os procedimentos de instalação não são seguidas, as consequências podem ser graves. Outro fator é o impacto da expansão e contração nos sistemas de impermeabilização de decks. Os conveses se movem constantemente com as mudanças de temperatura, colocando pressão sobre os sistemas de impermeabilização (PIRONDI, 1979).

Uma das principais razões para a falha do sistema de piso impermeável é o movimento (compensação) do substrato subjacente, que exerce muita pressão sobre a membrana, levando à falha do sistema. Embora fora do escopo deste documento de referência, o deck e o alpendre à prova d'água são um complexo de muitos elementos complementares. Isso inclui o uso de membranas de impermeabilização, drenagem adequada do talude, detalhes de laminação adequados e materiais de construção adequados.

A penetração da envolvente do edifício deve ser construída de forma que a água não entre no edifício, como o uso de roscas e acessórios especiais para conectar

tubos, aberturas, fios, etc. Alguns materiais de calafetagem são duráveis, mas o desempenho à prova d'água de muitos materiais de calafetagem não é confiável. Além disso, muitos tipos de geomembrana podem ser usados para controlar água, gás ou poluição (PETTINI, 2012).

Existem dois tipos principais de sistemas de impermeabilização geral: hidrofílico e hidrofóbico. Os sistemas hidrofílicos geralmente usam tecnologia de cristalização para substituir a água no concreto por cristais insolúveis. Existem várias marcas no mercado que afirmam ter características semelhantes, mas nem todas as marcas podem reagir com vários subprodutos da hidratação do cimento, portanto, é necessário cautela.

Os sistemas hidrofóbicos usam selantes de concreto ou até mesmo ácidos graxos para bloquear os poros dentro do concreto, impedindo a passagem de água. Além disso, muitos tipos de geomembranas estão disponíveis para controlar água, gases ou poluição (BARBOSA, 2018).

O projeto de impermeabilização constitui-se das seguintes etapas em sequência mencionadas. O projeto básico constitui-se de um conjunto de informações gráficas e escritas que definem as soluções de impermeabilização a serem adotadas, de forma a atender exigências de desempenho em relação à estanqueidade e à durabilidade frente à ação de fluidos, vapor e umidade. São nessa etapa que serão definidas as áreas a serem impermeabilizadas, estimativa de custos, análise de desempenho e levantamento quantitativo.

Seguindo os conceitos da NBR 9575/2010, a mesma define como sendo o conjunto de informações gráficas descritas que, com base no projeto básico, detalha e especifica os sistemas de impermeabilização a serem empregados. Especificamente o projeto deve conter os locais que serão impermeabilizados e também todo o detalhamento construtivo para que haja a compatibilização com os demais projetos. Além de seguir todas as normas necessárias, e levando em conta o substrato a ser impermeabilizado e as ações que ele foi projetado para resistir.

A impermeabilização é um requisito fundamental de construção, no entanto, todos os anos, um grande número de residências e instalações comerciais

relatam danos e problemas que podem estar associados à impermeabilização inadequada de edifícios. Nos últimos tempos, mais atenção tem sido dada a ela (HUSSEIN, 2013). É mais sensato investir em medidas preventivas de risco do que pagar por reparos de danos.

Porém, a infiltração cria sérios riscos à integridade do edifício. Os projetos de construção podem sofrer danos estruturais devido à impermeabilização deficiente ou insuficiente do telhado e do concreto. Rachaduras na fundação ou nas juntas expostas à água podem levar a problemas estruturais mais sérios. Isso inclui vazamentos, fragmentação e deterioração. O crescimento de fungos também é um problema comum que é difícil de corrigir. Esporos de fungos também são um perigo para a saúde.

A prática estabeleceu que pequenos problemas associados à umidade, infiltração e vazamento podem ser resolvidos e evitados de maneira eficaz com o uso de materiais de boa qualidade por artesãos qualificados. Os produtos são selecionados levando em consideração as especificidades dos projetos dos clientes e incluem o que há de mais rápido em uso e as tecnologias mais eficazes. Um sistema multiproduto abrangente oferece uma solução única para impermeabilização com o melhor desempenho (VENTURINI, 2009).

Atualmente, existem empreiteiros especializados com competências, conhecimentos e tecnologia especiais para a execução de impermeabilizações, prestando serviços de reabilitação e manutenção, que também proporcionam uma garantia de 10-20 anos (BARBOSA, 2018). Atualmente, além dos materiais de óleo-betume, a borracha betuminosa e os mastiques de polímero de betume pertencem à impermeabilização do revestimento. Este tipo de revestimento impermeabilizante inclui também mastiques de cimento-polímero, constituídos por uma mistura seca de cimento com filler mineral.

Os tipos de impermeabilização são divididos em dois grupos: rígidos e flexíveis. E através do estudo preliminar do projeto é que será definido qual tipo será utilizado, levando em consideração questões como teor de umidade, incidência de chuva e tipo de solo. Os impermeabilizantes podem ser classificados de acordo com o seu material constituinte principal da sua camada impermeável, seguindo as referências normativas da ABNT NBR 9575:2010.

Os impermeabilizantes rígidos são aditivos químicos que são incorporados à argamassa ou ao concreto no instante da cobertura, basicamente indicado para locais onde a mobilidade da estrutura é menor, como por exemplo, fundações, pisos internos em contato com solo, piscinas aterradas, contenções e etc. Os impermeabilizantes flexíveis são mantas pré-moldadas ou misturas moldadas no local da obra, feita de fibra flexível de poliéster, que após secagem funciona como membrana protetora.

4.2 Atuação da água nas construções

A água é um dos maiores causadores de patologias, seja em estado líquido, sólido ou gasoso, ela é vista como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes. Sabe-se que em locais de climas mais úmidos com chuvas intensas, o impacto é mais prejudicial à conservação das construções por conta da atuação da água como elemento de deterioração do material, ocasionando um intemperismo tanto químico quanto físico (RIGH, 2009).

Portanto, a proteção da construção contra a água como agente de degradação se faz extremamente necessário, para garantir a durabilidade e manutenção de uso dentro do desempenho adequado. Desta forma, o conhecimento das causas da umidade é determinante nas definições do projeto e sistema de impermeabilização a ser adotado (HUSSEIN, 2013).

Dentre as origens da umidade presente em grandes partes das patologias, (VERÇOZA, 1991), acredita-se que há cinco tipos de origens: umidade oriunda durante a construção; umidade das chuvas; umidade por capilaridade; umidade acidental; umidade por condensação.

Considera-se que a umidade durante a construção se dá pelo mau uso de materiais ao início da obra, assim como, pela má seleção e armazenamento. Podem-se citar as dosagens erradas nas produções de concreto, argamassas e outros materiais, no qual grande parte de sua água fica retida em seu interior, demorando muito tempo para evaporar podendo trazer futuras patologias decorrentes deste fato.

Conforme estudo feito por Vieira (2007), o processo de secagem desses materiais acontece em três fases: sendo a primeira onde há evaporação somente da água; na segunda fase, a água contida nos poros de maiores diâmetros evapora num processo mais demorado; e finalmente, a água contida nos poros menores começa a ser liberada em um processo extremamente lento ao longo dos anos.

Os materiais de construção são rotineiramente expostos à umidade durante o processo de construção. Enquanto novo espera-se que a construção esteja livre de danos óbvios de água na conclusão, proprietários, arquitetos, engenheiros e empreiteiros reconhecem cada vez mais a responsabilidade associada ao crescimento do molde e condições úmidas. Problemas de umidade e problemas de saúde relacionados após a ocupação são caros para resolver e pode comprometer a reputação da parte responsável. Condições úmidas continuando após a construção podem desencadear reações alérgicas nos ocupantes (IOM, 2004).

As causas subjacentes do crescimento de fungos durante a construção incluem:

- Drenagem inadequada do local;
- Introdução de materiais com umidade excessiva ou armazenamento impróprio de materiais;
- Infiltração de chuva, derretimento de neve, escoamento superficial ou água subterrânea;
- Condensação;
- Lançamentos de encanamento;
- Processos úmidos.

O crescimento do molde é iniciado onde as superfícies não secam após o contato com a água. Empreiteiros têm historicamente considerada a umidade como um problema de controle de qualidade. Embora especificações para alguns projetos de construção abordam aspectos de controle de umidade e prevenção de mofo, tentativas de minimizar o contato com a umidade e a reparação de danos

causados pela água têm vários graus de sucesso. O crescimento do molde começa em esses materiais quando permanecem úmidos por vários dias.

É necessária atenção especial para proteger os poros materiais de contato com a água e para resolver quaisquer condições úmidas. Materiais menos porosos, como madeira, não são tão suscetíveis ao crescimento da superfície de mofo e podem ocorrer na madeira que permanece úmida por um longo período de tempo. Recentemente, alguns produtos de drywall e revestimento foram modificados para resistir à absorção de umidade e ao crescimento microbiano (TRECHSEL, 2009).

Concentrações elevadas de esporos associadas à poeira de construção mascaram quaisquer efeitos devido ao crescimento de fungos e a identificação do crescimento da superfície é mais bem realizada visualmente.

Os vários fatores que influenciam diretamente no processo de degradação de um material que compõe uma edificação, sendo a água o agente principal, onde absorção de umidade acontece pelo fato de quanto às superfícies mais rugosas maiores os índices de retenção de água, onde a capilarização dos vãos desses materiais em contato com o lençol freático potencializa esses efeitos e com a pressão hidrostática faz subir o líquido (VEDACIT, 2010).

Segundo Verçoza (1985), o principal fator é a descontinuidade dos materiais utilizados na construção civil, formando uma rede de espaços cheios de ar, que vão sendo preenchidos pela água à medida que esta se desloca dentro do material.

Para Righi (2009) a umidade por capilaridade é como a ação da água sobre os elementos das construções que estão em contato com bases alagadas ou solo úmido. De acordo com Moreira (2015) a infiltração por capilaridade como a ascensão da água pelos poros capilares, ou seja, poros interligados entre si e que por vasos comunicantes migram para cima nas construções.

Umidade que fica no solo, junto com a umidade higroscópica e o vapor d'água, após a drenagem da água gravitacional. A umidade de capilaridade é mantida pela tensão superficial (conhecida nos EUA como "potencial hídrico") como uma película de umidade na superfície das partículas do solo e pedras, e como

minúsculos corpos de água que preenchem parte do espaço poroso entre as partículas.

A umidade capilar pode se mover através do solo sob a influência das forças de tensão superficial e está disponível para remoção pelas raízes das plantas. Já a umidade accidental, para Lersch (2003), é oriunda de falhas nos sistemas de tubulações, como de águas pluviais, água potável e esgoto, que tem como consequência, as infiltrações. A umidade com esse tipo de origem adquire grande importância quando se trata de edificações, pois possuem um longo período de existência, sendo que tal fato decorre da presença de materiais que podem ter seu tempo de vida excedido.

De acordo com Silva e Valceli (2018), a umidade por vazamento de redes hidro sanitárias é um dos problemas que é muito presente nas construções, tanto pela falta de capacitação dos profissionais responsáveis pela instalação de elementos hidrossanitários, quanto pela falta de conferências dos profissionais técnicos habilitados a este fim. O referido problema acaba culminando com o surgimento de vazamentos específicos durante e após a obra concluída.

Em paredes ou em outras estruturas que possuem tubulações embutidas de água e esgoto, a possibilidade destas apresentarem fadiga e/ou falhas no processo executivo, pode acabar culminando na liberação dos fluídos, o que para a unanimidade dos casos geram problemas muitas vezes irreversíveis à manutenção, restando somente a troca. Toma-se como exemplo um assoalho de madeira, que uma vez tendo contato e absorvido água, dificilmente retornará ao seu estado e acabamento natural, ainda segundo (SILVA; JUNIOR, 2018).

No que tange a umidade por condensação, os ambientes enclausurados colaboram muito para a transformação da água do estado líquido para o meio gasoso. Sem ventilações corretamente dimensionadas e cruzadas, a água será acumulada nas partes mais altas do ambiente produzindo reações nas superfícies das estruturas e posteriormente, aumentando as infiltrações e deteriorando os materiais componentes das edificações (VERÇOZA, 1991).

A água é acumulada por condensação em um ambiente saturado de umidade, sob diferentes condições de temperatura ou de pressão. Inicialmente o acúmulo

de água acontece na superfície do material, posteriormente há passagem de umidade por capilaridade para a parte superior do material.

Devido à presença de alta umidade no ar e à presença de superfícies cuja temperatura esteja abaixo do ponto de orvalho, aparecerá umidade condensada. Quando a umidade esfria, sua capacidade de absorver o ar diminui e um fenômeno chamado precipitação ocorre na interface da parede. Quanto mais denso o material da parede, maior será o efeito de condensação. Klüppel e Santana (2006 apud Queruz, 2007), concluíram que este tipo de agente não penetra nos elementos.

A infiltração é o processo pelo qual a água sobre a superfície penetra o solo. A capacidade de infiltração é definida como a taxa máxima de infiltração, tal que à medida que ela diminui, aumenta o teor de umidade do solo nas camadas superficiais do solo. Se a taxa de precipitação excede a taxa de infiltração, o escoamento geralmente ocorre, a menos que haja alguma barreira física, de acordo com Kirkham (2014).

Quando a umidade entra na área interna vinda da área externa e passa por pequenas fissuras, ocorre a infiltração de umidade, porque os materiais de construção podem absorver a umidade do ar e até por causa da falha de interface entre os elementos de construção. Geralmente é causada pela chuva e, se combinada com a ação do vento, a penetração pode ser aumentada com o aumento da pressão osmótica.

Segundo Cruz (2003), umidade se apresenta geralmente por falhas no seu estado de conservação ou por falhas construtivas, transitando das áreas externas às internas por pequenas trincas ou mesmo por falhas na interface entre elementos construtivos, como planos de parede, portas, janelas, calhas e platibandas.

Se o terreno for coberto por superfícies impermeáveis, como o pavimento, a infiltração não pode ocorrer, pois a água não pode se infiltrar por uma superfície impermeável. Essa relação também leva ao aumento do escoamento. As áreas impermeáveis costumam ter ralos de chuva que drenam diretamente para os

corpos d'água, o que significa que não ocorre infiltração (ALLEY; FRANKE; REILLY, 1999).

4.3 Fontes de água internas e processos de remoção

A água está presente nos edifícios como vapor no ar interior, como um reservatório de líquido, como um sólido (gelo ou geada), como uma camada de moléculas adsorvidas na superfície de materiais de construção ou como condensação nos poros desses materiais. Um processo contínuo de transferência de umidade ocorre entre as fases e locais internos da água. A relação observada dos problemas de umidade com a asma é presumida como uma consequência da influência da umidade no crescimento de microrganismos em materiais de construção; conseqüentemente, o teor de umidade dos materiais é de interesse primário para a asma. No entanto, o teor de umidade dos materiais de construção é influenciado por outras fases e locais de umidade dentro do edifício.

Fontes de água sobre ou dentro dos materiais de construção incluem vazamentos de água líquida do encanamento interno ou externo acima ou abaixo do nível do solo. Outras fontes incluem derretimento de gelo ou geada, transporte capilar de solo úmido, condensação de vapor de água e a água presente em materiais de construção no momento de construção civil, que é particularmente significativa durante o primeiro ano após a construção. Além disso, o vapor de água do ar em torno de um material de construção é absorvido sobre ou nos materiais de construção. O teor de umidade de equilíbrio de um material de construção rodeado de ar é principalmente uma função da umidade relativa do ar; no entanto, a relação de equilíbrio varia consideravelmente entre os materiais de construção (KUMARAN et al., 1994).

As fontes de vapor de água no ar interno incluem o vapor de água no ar externo que entra, que geralmente é uma fonte dominante durante o clima quente e úmido. O ar que é aspirado para dentro dos edifícios a partir de espaços apertados ou depois de passar pelo solo e rachaduras na subestrutura do edifício pode ser particularmente úmido.

Fontes adicionais de vapor d'água interno incluem respiração humana; evaporação que ocorre a partir de atividades que usam água, como cozinhar, tomar banho, lavar e secar; umidificação intencional; evaporação da água líquida originada de vazamentos ou condensação; e a dessorção de água de materiais. Os produtos de combustão que entram no espaço de ar interno devido ao uso de aquecedores a gás ou querosene não ventilados ou uma falha na ventilação do equipamento de aquecimento "ventilado" podem ser uma grande fonte de vapor de água.

Christian (1994) resume as informações sobre as taxas de produção de vapor de água de muitas dessas fontes. Os processos de remoção de vapor de água interno incluem o fluxo de ar com vapor de água de dentro para fora (ou seja, ventilação), absorção em superfícies, condensação de vapor de água intencional que ocorre em sistemas de ar condicionado e desumidificação e condensação de vapor de água não intencional em superfícies.

O vapor de água se condensa quando a temperatura do ar é resfriada abaixo da temperatura do ponto de orvalho. Em edifícios, a condensação não intencional do vapor de água ocorre quando o ar úmido entra em contato com as superfícies frias. No inverno, a temperatura de partes do envelope do edifício que trocam calor com o ar externo ou o solo pode cair abaixo da temperatura do ponto de orvalho do ar interno, levando à condensação do vapor de água.

A condensação que ocorre nas janelas é um fenômeno familiar; no entanto, a condensação também pode ocorrer dentro do envelope do edifício, pois o ar interno úmido passa pelo envelope e entra em contato com as superfícies frias. No verão, as temperaturas da superfície em edifícios com ar condicionado podem ser mais baixas do que a temperatura do ponto de orvalho do ar externo.

Pode ocorrer condensação à medida que o ar externo quente e úmido flui para o prédio e entra em contato com essas superfícies. Barreiras de vapor (ou seja, folhas de material com baixa permeabilidade ao vapor de água que também retardam o fluxo de ar) são comumente instaladas em envelopes de edifícios para limitar o transporte de umidade e os riscos associados de condensação.

As barreiras de vapor devem ser instaladas perto do lado quente da envolvente do edifício - por exemplo, perto da superfície interna das paredes de um edifício localizado em um clima frio. A colocação inadequada de barreiras de vapor ou barreiras de vapor não intencionais pode levar à condensação. O papel de parede de vinil impermeável localizado nas superfícies internas das paredes de edifícios com ar-condicionado foi associado a problemas de umidade por trás do papel de parede (LSTIBUREK; CARMODY, 1994).

Em edifícios ventilados mecanicamente, as diferenças de pressão entre interiores e exteriores ou entre interiores e o solo circundante são geradas por fluxos de ar produzidos mecanicamente. Essas diferenças de pressão modificam as taxas de transporte de ar úmido através da envolvente do edifício de uma maneira que pode inibir ou aumentar os problemas de umidade interna.

Com base nessa discussão, os fatores de risco para problemas de umidade incluem vazamentos de água do interior ou exterior do edifício; taxas excepcionalmente altas de geração de vapor de água em ambientes fechados; uma alta taxa de entrada de umidade em edifícios de solo úmido (frequentemente associada a problemas na drenagem de água ao redor das fundações); uma baixa taxa de ventilação, especialmente durante o inverno, a ausência ou localização inadequada de barreiras de vapor; remoção insuficiente de vapor de água por desumidificadores ou sistemas de ar condicionado; e um clima excepcionalmente frio ou úmido.

A prevalência desses diferentes fatores de risco e as implicações para o crescimento microbológico não estão bem documentadas; entretanto, vazamentos de água são muito comuns e são citados em muitos estudos de caso de problemas respiratórios relacionados a edifícios.

4.4 Incidências patológicas manifestadas pela ausência de impermeabilização

Para Souza e Ripper (1998) a patologia das estruturas constitui uma novidade no campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo originário, formas manifestantes, consequências e mecanismos decorrentes das falhas, bem como dos sistemas de degradação das estruturas.

A patologia da construção está diretamente ligada a qualidade da obra, da forma como é executada e fiscalização durante a execução, o que interfere na vida útil da obra. O que essas estruturas mais apresentam como problema patológicos são fissuras, eflorescências, manchas, flechas excessivas, corrosão de armadura, entre outros (SILVA, 2013).

Com mudanças no método de construção, que passou de corretivo para preventivo, a impermeabilização ainda é difícil de ajustar no planejamento de algumas obras. Nas pesquisas relacionadas aos danos que a falta de uma impermeabilização correta pode causar à estrutura, surgem dúvidas em que circunstâncias os problemas causados pela patologia podem estar relacionados não apenas pelo uso indevido dos produtos, mas também pelo descuido na hora da execução do projeto (NBR 9575).

A impermeabilização é a junção de operações e construções técnicas (serviços), compostas por uma ou mais camadas, cujo objetivo é a proteção de edifícios contra a ação destrutível de fluidos, vapores ou umidade. Em construções civis, a água penetra entre os vazios de alguns corpos sólidos, que são divididos em dois grupos distintos. Fala-se da infiltração que ocorre de fora em, causada por precipitação, umidade, tipo de solo ou água subterrânea ação. O outro grupo, por outro lado, diz respeito às infiltrações de dentro para fora, que aparecem através de vazamentos no sistema hidráulico rede devido à instalação deficiente, material inadequado ou ausência de revestimentos adequados para atuar em áreas úmidas. Nas infiltrações da área úmida, onde há um processo para saber onde e como surgiu a patologia, geralmente causada por falha ou ausência de impermeabilização (NBR, 9575).

A umidade é fator decisivo para a proliferação de fungos, pois os micro-organismos causadores deste fenômeno necessitam de umidade relativa alta no ambiente e temperatura baixa. A composição da argamassa e de revestimentos em um modo geral, podem também desenvolver os organismos vivos com alguma capacidade de deterioração (SOUZA, 2014).

Os fungos são os causadores das manchas de mofo e de bolor. No mofo as manchas são de pontos com coloração preta, enquanto o bolor é um relevo de manchas de cor esverdeada ou escura. O bolor é o produto do desenvolvimento

de microrganismos e sua alteração pode ser observada a olho nu nos materiais (SOUZA, 2014).

As vesículas constituem-se do empolamento da pintura, podendo ocorrer nas cores branca, preta ou vermelha acastanhada (FREITAS, 2013). Para Bauer (1997), as vesículas estão atreladas à presença de pedras de cal parcialmente extintas, matérias orgânicas e torrões de argila na areia.

Este agregado, se utilizado logo após a fabricação, pode ocorrer um aumento de volume causando danos ao revestimento, especificamente na camada de reboco, com efeitos diferentes. De acordo com Carasek (2010), este fenômeno está ligado à hidratação tardia de óxido de magnésio, que compõe a cal, que não tenha sido devidamente extinto. O empolamento é mais localizado em regiões onde há aquecimento por fontes quaisquer ou maior incidência do sol.

A eflorescência é caracterizada de modo clássico com a presença de manchas brancas, podendo se igualar uma forma castanha, amarela ou verde de acordo com suas origens. Elas ainda podem aparecer em várias formas, como, em um véu fino muito solúvel em água, ou ainda formada de uma camada espessa e pulverulenta.

Para Allen e Iano (2013), a eflorescência é um pó solto, cristalino, geralmente de cor branca, que pode aparecer na superfície de uma parede de alvenaria de tijolos, de pedra ou de concreto. Ela pode ser evitada com a escolha de unidades de alvenaria que tenham demonstrado, por meio de teste em laboratório não conter sais hidrossolúveis, com a utilização de ingredientes limpos na argamassa e com minimização da intrusão da água na construção da alvenaria. O deslocamento da umidade no decorrer do processo de secagem e a evaporação provocam esse fenômeno. A água é o principal fator da eflorescência em uma construção de alvenaria (KUHN, 2009).

Os fungos estão entre os organismos mais versáteis no que diz respeito às necessidades de água e são capazes de crescer com pouca umidade em algumas condições. Porém, as condições dos edifícios geralmente não permitem esse crescimento, que ocorre apenas sob condições ideais de substrato e temperatura para o fungo. A maior parte do crescimento de fungos ocorre em

superfícies que ficam continuamente molhadas por muitos dias. Tal umidade pode ocorrer em superfícies frias onde a condensação está continuamente presente, em materiais que permanecem no ou perto do ponto de orvalho, ou em materiais que ficam molhados como resultado de vazamentos ou inundações. Também pode ocorrer sem a presença de água líquida proveniente de vazamentos ou condensação.

Umidade relativa elevada aumenta o risco de crescimento de fungos em algumas superfícies (FORDE et al., 1996). Deve-se observar que a umidade interna do meio da sala não é um preditor consistente da presença de crescimento de fungos, e o controle de fungos não pode ser alcançado apenas com o controle da umidade do ar interno do ambiente (LI; HSU, 1997). Os dados são ambíguos sobre a relação dos fungos transportados pelo ar com a umidade ou outros indicadores de umidade. Faltam bons estudos examinando a associação entre fungos de superfície e aerotransportados.

4.5 Melhorias na qualidade da impermeabilização

Para melhorar a qualidade da impermeabilização, o mesmo é dividido em revestimento, rebocos impermeabilizados e demais estruturas subterrâneas, fundição, impregnação, injeção, enchimento, colagem, pintura e montagem. O setor de construção oferece uma variedade de sistemas de impermeabilização para designers e/ou instaladores escolherem a fim de atender às projeções requisitadas. No entanto, a escolha pode ser limitada se um indivíduo não tiver o conhecimento pré-requisito sobre seus pontos fortes e limitações.

O projeto e a inspeção adequada dos sistemas de impermeabilização são, portanto, vitais para garantir a qualidade. A qualidade dos serviços, portanto, depende de critérios de design adequados e atividades artísticas aderindo às diretrizes padrão. A impermeabilização insuficiente costuma ser cara para o proprietário do ativo; portanto, as partes interessadas da construção devem se esforçar para implementar técnicas de melhoria de qualidade para compensar tal situação no futuro.

Os métodos de melhoria da qualidade da impermeabilização variam em função da fase de instalação e dos materiais disponíveis para a realização do serviço. Cinco maneiras eficazes de melhorar a qualidade da impermeabilização:

- **Documentação de Design:** Esses documentos devem ser desenvolvidos por profissionais com um conhecimento profundo das qualidades e limitações inerentes aos produtos impermeabilizantes. O processo de seleção de materiais deve garantir que os produtos da melhor qualidade estejam disponíveis com consciência sobre todas as condições ambientais conhecidas pelos especialistas. A conformidade com as normas aplicáveis é um requisito para a qualidade, uma vez que o processo de design está sempre atento aos diversos parâmetros.
- **Instalação:** Os trabalhos de instalação devem ser executados por profissional licenciado e devidamente treinado com os materiais específicos estipulados na documentação do projeto. A verificação em campo do projeto é fundamental para confirmar se a obra está de acordo com o critério de projeto inicial. O desenvolvedor deve garantir que a inspeção em tempo parcial ou percentual seja respeitada para o monitoramento sistemático das obras em andamento. O momento da inspeção deve ser tal que seja antes da instalação da cobertura, sobrecarga, vazamento de concreto ou aterro, já que isso permitirá o reparo, a substituição ou a correção de componentes que não estão em conformidade ou estão danificados.
- **Garantia:** A garantia trata-se se houver um reparo no sistema defeituoso assim que ele apresentar defeito dentro de um prazo especificado. Os materiais de impermeabilização com garantia têm maior probabilidade de estar em conformidade com a qualidade, uma vez que o fabricante não gostaria de incorrer em custos adicionais relacionados com a manutenção. No entanto, é importante o reconhecimento da instalação incorreta de um produto que provavelmente anulará a garantia oferecida.
- **Reunião Pré-Construção:** Esta reunião antes da impermeabilização se concentraria no sequenciamento, técnicas de construção, materiais impermeabilizantes e critérios de projeto. Ele também garante a

elegibilidade da garantia para o projeto, pois envolve os planos de garantia de qualidade.

- Comunicando: O dever de conter informações sobre todos os aspectos relacionados às atividades, incluindo todas as deficiências, que, segundo o inspetor, podem comprometer a integridade do sistema de impermeabilização. O relatório inclui fotos da instalação, data e hora da inspeção, condições climáticas, nome do inspetor e ações de não conformidade.

Essas técnicas podem funcionar para melhorar a qualidade, mas são limitadas ao conhecimento que se tem em informar suas escolhas. Escolher os melhores materiais ou empresas de inspeção pode ser difícil se você não tiver informações suficientes sobre o mercado e as tendências que informem os materiais atuais.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo geral

Analisar a importância da utilização incorreta ou não utilização de um sistema de impermeabilização nas construções, considerando seu impacto na saúde da construção, os custos da prevenção e da reparação de danos, bem como as implicações na vida dos usuários e moradores da obra. A pesquisa buscou verificar, portanto, se é mais vantajoso realizar um projeto de impermeabilização na construção da obra ou corrigir eventuais patologias decorrentes de infiltrações.

5.2 Objetivos específicos

Para conseguir atingir o objetivo geral do estudo em questão, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Realizar um estudo específico sobre impermeabilizações que são empregadas na construção civil;
- b) Identificar as formas de infiltração, as patologias geradas por elas, e os métodos corretivos para solucioná-las de forma geral;

- c) Propor soluções práticas para corrigir os problemas estudados, com os conhecimentos obtidos na fundamentação teórica;
- d) Orçamento de comparação referente ao ano em que a obra foi executada (2015), e o ano em que é feito esse estudo de caso (2022).

6 METODOLOGIA

A pesquisa, quanto aos objetivos, pode ser dividida em: descritiva; explicativa; exploratória (DO NASCIMENTO, 2016). O presente estudo, quanto aos fins, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois assume o formato de estudo de caso. Ressalta-se que a pesquisa é feita em concordância com outras fontes, principalmente da pesquisa bibliográfica, a qual fornece suporte ao assunto.

Quanto aos meios, uma pesquisa pode ser classificada como pesquisa de campo, de laboratório, documental, bibliográfica, experimental, ex post fact, pesquisa-ação e estudo de caso, sendo que essas pesquisas não se excluem (VERGARA, 2005).

O estudo de caso é “caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante os outros delineamentos considerados.” (GIL, 1996, p.34). Segundo o autor, o estudo de caso é usado na investigação de fenômenos das mais diversas áreas, tendo maior utilidade nas pesquisas exploratórias.

No presente trabalho, a princípio foi realizado uma pesquisa bibliográfica como forma de fundamentar o estudo e, nesse sentido, optou-se por consultas e investigações junto a artigos publicados, leis, sites governamentais, sites científicos e livros.

Após o levantamento bibliográfico e conseqüente fundamentação teórica do trabalho, buscou-se realizar um estudo de caso. Como estudo de caso, para responder as perguntas problema do trabalho foi escolhido um edifício localizado no município de Contagem/MG, que tem aproximadamente 40 anos de idade. Para o alcance dos objetivos propostos, foi desenvolvida uma pesquisa descritiva, de caráter quantitativo e qualitativo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Dados da construção objeto do estudo de caso

Na época da construção do edifício escolhido para o estudo de caso, a legislação não preconizava afastamentos laterais, por isso a edificação pesquisada se localiza entre dois outros edifícios que foram construídos lado a lado, sem afastamento entre eles.

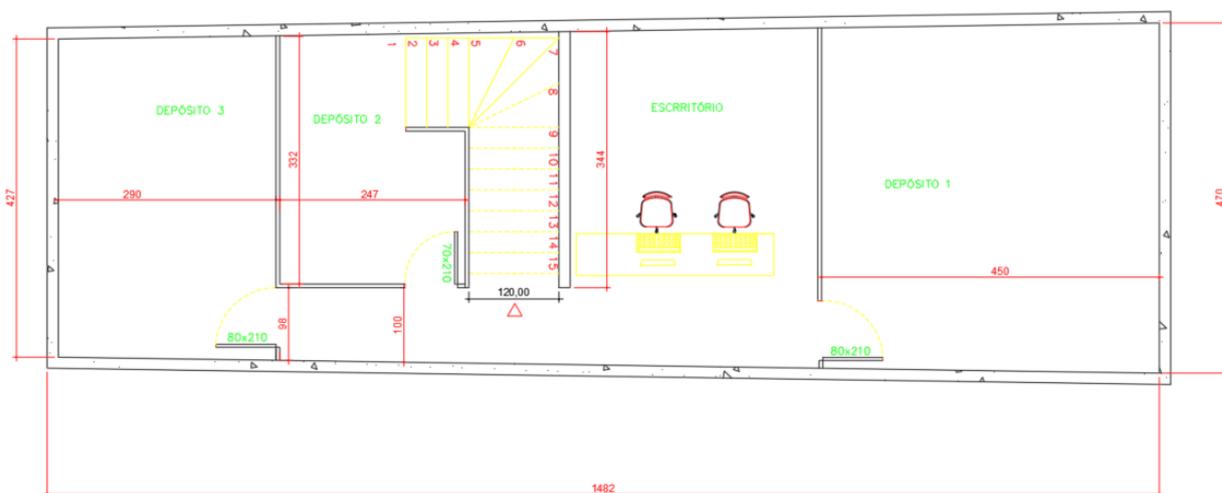
A sala comercial, objeto deste estudo, passou por uma reforma no ano de 2015, onde foi projetado e executado um subsolo para atender às necessidades dos proprietários de obter mais espaço para depósito das mercadorias e escritório. Com a reforma a loja passou a ter uma área de 104m² no pavimento térreo e 66m² no subsolo. A figura 01 e 02 detalha o projeto.

Figura 1 - Planta Baixa do Pavimento Térreo



Fonte: Autor (2022)

Figura 2 - Planta Baixa do subsolo



Fonte: Autor (2022)

Segundo os proprietários, na execução da reforma não foi feito nenhum método de impermeabilização destinado às paredes, vigas, solo, baldrame e etc. Todas as paredes estão em contato direto com a terra, no qual foi usado, bloco de concreto e feito todo processo de revestimento sem qualquer aditivo.

A pintura utilizada foi tinta antibacteriana pensando na possibilidade de surgimento de fungos e bactérias, por se tratar de um local sem qualquer ventilação natural. Este tipo de pintura não tem características impermeabilizantes.

No ano de 2019 houve um vazamento hidrossanitário no edifício vizinho, atingindo fortemente esse subsolo, tal que, grande parte desse vazamento chegou a alagar este depósito, com a água chegando a atingir 10 cm a 15 cm de altura.

Após esses ocorridos foi feito uma manutenção nas tubulações danificadas e também uma reforma pontual dos locais afetados, removendo o revestimento e refazendo todas as paredes prejudicadas pela ação da água.

Depois de algum tempo as paredes começaram novamente a apresentar manchas decorrentes do que foi absorvido pelas paredes em relação à umidade, que com o tempo foram se agravando e expandindo, resultado de um solo ainda saturado pelos vazamentos anteriormente ocorridos.

7.2 Sistema de impermeabilização

Para propor soluções para os problemas patológicos encontrados no subsolo da loja buscou-se embasamento nas Normas Técnicas Brasileiras e na bibliografia:

- NBR 9575/2010- Impermeabilização - Seleção e Projeto;
- NBR 11905/2015- Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização
- NBR 13281/2005- Argamassa para assentamento e revestimento de paredes
- NBR 9574/2008- Execução de Impermeabilização;

- NBR 9952/2014 da ABNT- Manta asfáltica para impermeabilização, com as NBR 9953, 9954, 9955, 9956 e 9957.
- NBR 9686/2006- Solução asfáltica empregada como material de imprimação na impermeabilização.
- NBR 9685/2005- Emulsão asfáltica para impermeabilização
- NBR 9910/2002- Asfaltos modificados para impermeabilização sem adição de polímeros
- NBR 13121/2009- Asfaltos elastomérico para impermeabilização.
- NBR 13724/2008- Membrana asfáltica para impermeabilização com estrutura aplicada a quente
- NBR 11905/1995- Sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros (argamassa polimérica).
- NBR 12171/1992- Aderência aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros.
- NBR 15414/2006- Membrana de poliuretano com asfalto para impermeabilização
- NBR 15575/2013- Edificações Habitacionais - Desempenho
- NBR 12170/2009- Potabilidade da água aplicável em sistema de impermeabilização
- NBR 15885/2010- Membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização.
- NBR 16411/2015- Fita asfáltica autoadesiva.

Como pré-requisito para desenvolver o projeto, foi necessário um cuidadoso estudo sobre sistemas de impermeabilização, para que o processo preliminar a ser realizado antes do uso de agentes de impermeabilização garantisse que o

sistema seja eficaz e projetado para prevenir e corrigir os problemas encontrados na construção.

7.3 Diagnóstico e prognóstico

Uma vez diagnosticados os sintomas existentes e suas possíveis causas, medidas corretivas devem ser tomadas, pois esta situação constatou que além de problemas estéticos, também trará problemas de saúde aos trabalhadores locais, como alergias, rinite, asma, entre outras. Os problemas relacionados a umidade podem até chegar em casos extremos, como danificar sua integridade estrutural e chegar a um estado em que a propriedade seja completamente inabitável, segundo Henriques (1994), o método diagnóstico deve ser completo e detalhado, incluindo todas as determinações e análises que podem ser necessárias nas situações mais complexas.

As medidas corretivas propostas e aplicadas vão eliminar as condições existentes, proporcionar aos trabalhadores uma melhor qualidade de vida e, ao mesmo tempo, agregar-maior valor para o imóvel.

Em visita técnica de inspeção, foram identificadas as patologias conforme mostradas nas figuras a seguir:

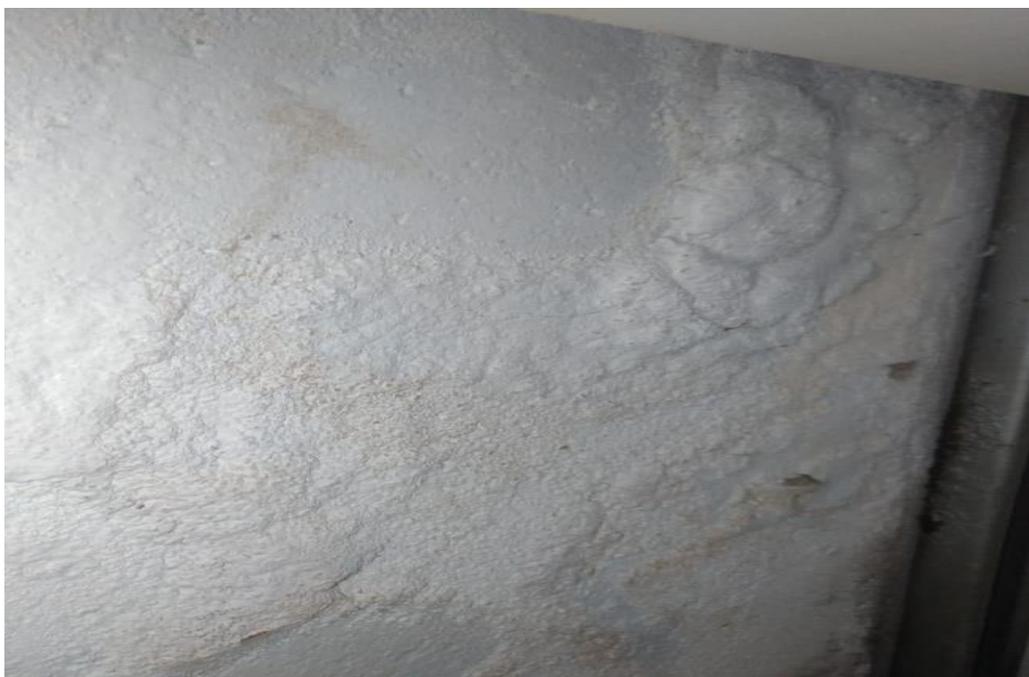
Figura 3 - Demonstração de Eflorescência, Bolor e Mofo no Revestimento.



Fonte: Autor (2022)

A figura acima, apresenta bolor, mofo e eflorescência próximo ao rodapé da parede lateral, causada pelo alto teor de umidade no reboco provocando os surgimentos dessas patologias.

Figura 4 - Demonstração de Vesículas no Revestimento



Fonte: Autor (2022)

Figura 5 - Demonstração de Bolor e Mofo no Revestimento



Fonte: Autor (2022)

Figura 6 - Demonstração de Bolor, Mofo e Vesículas no Revestimento



Fonte: Autor (2022)

As patologias apresentadas no local de estudo são: vesículas, eflorescência, bolor e mofo no revestimento das paredes.

Após identificadas as patologias existentes e suas prováveis causas, foi possível propor medidas corretivas para sanar os problemas encontrados no subsolo deste edifício.

7.4 Recuperação/ Reparo

O processo de impermeabilização proposto é eficaz a correção das patologias existentes. Ele acrescentará ainda que deve ser eliminada a causa da anormalidade, ou seja, o excesso de água nas paredes oriundo do solo úmido.

Para este estudo de caso foi proposto que o subsolo será impermeabilizado para isolar a umidade do solo das paredes afetadas. Para tal, serão retirados todos os acabamentos dos rodapés, retirado o reboco, a maior parte já danificado. Existem várias partes vazadas e algumas partes descoladas, deixando a parede já no bloco.

Como medida corretiva foi executado o seguinte procedimento:

- 1) Aplicação de tinta asfáltica aplicada diretamente ao bloco de concreto.

A utilização da tinta asfáltica Quartzolit de acordo com recomendações do fabricante, estabelece no mínimo duas demãos respeitando um intervalo de 6 horas entre as demãos. Deve ser aplicado com rolo de lã carneiro, pincel, trincha ou sistema de projeção convencional. Produtos à base de asfalto, devem, necessariamente, ser recobertos por camada mecânica protetora, para evitar a degradação do polímero asfáltico e para atender à NBR 9574.

2) Camada de chapisco com boa concentração de cimento

A fundamental característica é a argamassa de boa fluidez que apresenta excelente resistência e asperidade. Tem em sua composição cimento e areia ou pó de pedra. Traço volumétrico de 1:2 a 1:3, destacando principalmente as propriedades de endurecimento e adesão. Espessura de 3 mm a 5 mm, deixa a superfície áspera com o objetivo de garantir aderência entre a alvenaria e a próxima camada.

3) Reboco com argamassa polimérica

O reboco com utilização de argamassa polimérica deve ser aplicado com auxílio de trincha, pincel ou vassoura de cerdas macias, sempre em demãos com sentido cruzado e com intervalo de 2 a 4 horas entre as demãos. As recomendações de utilização do fabricante atendem as normas da ABNT NBR 11905 - Sistema de Impermeabilização Composto por Cimento Impermeabilizante e Polímeros; NBR 12170 - Portabilidade de Água Aplicável em Sistemas de Impermeabilização.

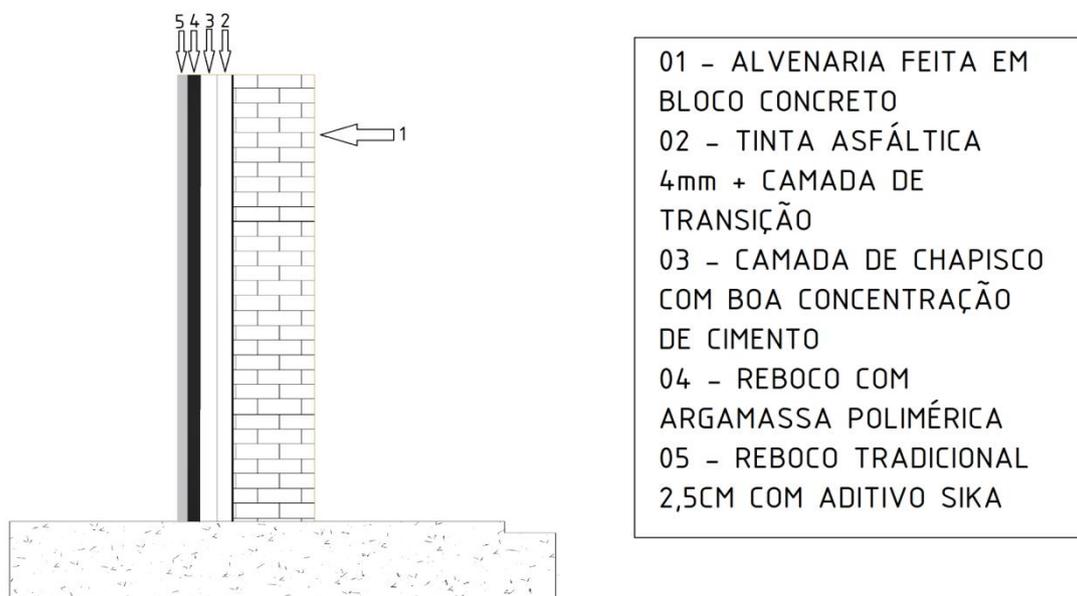
4) Reboco tradicional de 2,5cm com aditivo impermeabilizante Sika

A dosagem recomendada para o aditivo Sika, de acordo com fabricante, é de 2% do aditivo em relação ao peso do cimento no traço 1 kg de impermeabilizante Sika para cada saco de cimento de 50kg. Em seguida adicionar os agregados. Misture bem a seco. Adicione a água necessária para obter a consistência da aplicação desejada.

A figura 7 detalha o procedimento a ser realizado para a recuperação das paredes do subsolo.

Figura 7 - Processo de impermeabilização

REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO
ADOTADO NA PAREDE AFETADA



Fonte: Autor (2022)

Os materiais propostos para solução dos problemas apresentam propriedades que impedem a passagem da água do meio externo para interno. De acordo com todo embasamento teórico e pesquisas analisadas, este método seria suficiente para atender ao objetivo proposto neste trabalho com eficácia. O projeto ainda passará por análise dos proprietários do imóvel para que os mesmos possam averiguar o benefício do método proposto para a vida útil da sua edificação.

7.5 Orçamento para comparação dos custos

Para complementar o estudo foram feitos levantamentos de materiais e custos para a reparação da patologia. O orçamento do custo da obra foi realizado através das tabelas SINAPI - (SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1) dos anos de 2015 e 2022. Com base nesses dados, foi realizado um levantamento de gasto total do serviço de execução preventiva durante a fase de execução do subsolo no ano de 2015, comparado ao ano de 2022 onde será realizado a manutenção corretiva.

7.5.1 Estimativa de custo da construção do subsolo com impermeabilização no ano 2015

A tabela 1 de orçamento representa todo material que deveria ser utilizado de acordo com método de impermeabilização adotado e todos os valores seguiram o seu ano de referência, que seria o ano em que ocorreu a reforma no edifício. Já na tabela 2 orçamos o valor da mão de obra.

Tabela 1 - Orçamento dos materiais em 2015

QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DOS MATERIAIS NO ANO DE 2015				
ITEM	UNIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	VALOR TOTAL
CIMENTO CP IV-32	50KG	R\$ 21,14	12,00	R\$ 253,68
CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSA	20 KG	R\$ 10,00	20,00	R\$ 200,00
AREIA FINA	M3	R\$ 59,18	4,00	R\$ 236,72
ARGAMASSA POLIMERICA IMPERMEABILIZANTA SEMIFLEXIVEL	KG	R\$ 2,93	252,00	R\$ 738,36
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA	LITRO	R\$ 8,15	29,00	R\$ 236,35
TINTA ASFALTICA QUARTZOLIT	LITRO	R\$ 9,30	63,00	R\$ 585,90
TINTA LATEX ACRÍLICA ECONOMICA	LITRO	R\$ 6,79	8,00	R\$ 54,32
SELADOR ACRÍLICO	LITRO	R\$ 8,29	26,00	R\$ 215,54
VALOR TOTAL				R\$ 2.520,87

Fonte: Autor (2022)

Tabela 2- Mão de Obra Orçamento 2015

QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DA MÃO DE OBRA NO ANO DE 2015			
PROFISSIONAL	HORAS	VALOR/POR HORA	TOTAL
PEDREIRO	R\$ 120,00	11,48	R\$ 1.377,60
AJUDANTE	R\$ 120,00	8,35	R\$ 1.002,00
PINTOR	R\$ 40,00	11,48	R\$ 459,20
VALOR TOTAL			R\$ 2.838,80

Fonte: Autores (2022)

O valor gasto se houvesse adotado na época da reforma o sistema de impermeabilização seria de **R\$5.359,67**, incluso nesse valor os materiais e a mão de obra.

7.5.2 Estimativa de custo da reforma do subsolo de acordo com o projeto de sanar as patologias existentes

A tabela 3 de orçamento representa todo material que deveria ser utilizado de acordo com método de impermeabilização adotado e todos os valores seguiram o seu ano de referência, que seria para a correção do problema apresentado no local. Já na tabela 4 orçamos o valor da mão de obra.

Tabela 3 - Materiais Orçamento 2022

QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DOS MATERIAIS NO ANO DE 2022				
ITEM	UNIDADE	PREÇO	QUANTIDADE	VALOR TOTAL
CIMENTO CP IV-32	50KG	R\$ 41,20	12,00	R\$ 494,40
CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSA	20 KG	R\$ 15,00	20,00	R\$ 300,00
AREIA FINA	M3	R\$ 59,18	4,00	R\$ 236,72
ARGAMASSA POLIMERICA IMPERMEABILIZANTA SEMIFLEXIVEL	KG	R\$ 11,93	252,00	R\$ 3.006,36
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA	LITRO	R\$ 8,15	29,00	R\$ 236,35
TINTA ASFALTICA QUARTZOLIT	LITRO	R\$ 13,20	63,00	R\$ 831,60
TINTA LATEX ACRÍLICA ECONOMICA	LITRO	R\$ 11,05	8,00	R\$ 88,40
SELADOR ACRÍLICO	LITRO	R\$ 8,83	26,00	R\$ 229,58
VALOR TOTAL				R\$ 5.423,41

Fonte: Autor (2022)

Tabela 4 - Mão de Obra Orçamento 2022

QUANTIFICAÇÃO DOS CUSTOS DA MÃO DE OBRA NO ANO DE 2022			
PROFICIONAL	HORAS	VALOR/POR HORA	TOTAL
PEDREIRO	R\$ 120,00	18,75	R\$ 2.250,00
AJUDANTE	R\$ 120,00	12,50	R\$ 1.500,00
PINTOR	R\$ 40,00	18,75	R\$ 750,00
VALOR TOTAL			R\$ 4.500,00

Fonte: Autor (2022)

O valor total para a recuperação das paredes incluso materiais e mão de obra resultaria num valor de **R\$9.923,41**. O valor para reparar os problemas apresentados é maior do que se fosse adotado um sistema de impermeabilização eficiente.

7.5.3 Discussão dos resultados

A seguinte Tabela 6 mostra uma discussão dos resultados do orçamento de serviços em cada caso. Analisando os resultados obtidos, o valor total de R\$9.923,41 refere-se ao orçamento dos serviços de manutenção corretiva no ano atual. O valor de R\$5.359,67 refere-se ao orçamento dos serviços de execução preventiva (se houvesse sido feito no início das obras). Por fim, R\$ 4.563,74 é a diferença financeira total comparada aos respectivos anos da pesquisa.

Tabela 5 - Discussão de resultados

COMPARATIVO DOS GASTOS	
ANO PESQUISADO	VALOR TOTAL DOS GASTOS
2015	R\$ 5.359,67
2021	R\$ 9.923,41
DIFERENÇA	R\$ 4.563,74

Fonte: Autor (2022)

Com a necessidade de a edificação ser impermeabilizada após anos de uso, porque não foi implantado nenhum sistema de impermeabilização durante a construção, a perda não é apenas econômica, pois irá causar grande desconforto aos usuários da loja com a reforma, pela poeira e barulho.

7.6 Conclusão

A construção civil é atualmente um campo em rápido desenvolvimento, o que às vezes leva a problemas de construção. Esses problemas são causados por diversos fatores. A impermeabilização pode ser considerada um desses problemas recorrentes nas edificações, seja pela falta de impermeabilização ou pela má implantação.

Conforme proposto pela pesquisa, as manifestações patológicas observadas no edifício selecionado são: umidade, mofo, rachaduras, manchas, bolhas e descascamento do revestimento. Registros fotográficos de campo comprovaram as patologias encontradas.

O custo da correção de uma patologia é sempre mais caro do que a prevenção, e existe também o problema de que essas correções devem ser feitas em domicílios já habitados. Na edificação utilizada para o estudo de caso, é óbvio

que há uma falta de projeto e, portanto, nenhuma impermeabilização durante o processo de construção, causando diversos problemas para a obra.

A impermeabilização é muito importante porque promove a escolha correta do tipo de impermeabilização para cada singularidade, melhorando assim a qualidade da edificação.

REFERÊNCIAS

ALLEN, E.; IANO, J. **Fundamentos da engenharia de edificações**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ALLEY, WILLIAM M.; REILLY, THOMAS E.; FRANKE, O. LEHN. **Sustainability of ground-water resources**. U.S. Geological Survey. U.S. Dept. of the Interior: 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**: impermeabilização: execução de impermeabilização. Rio de Janeiro: 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9575**: impermeabilização: seleção e projeto. Rio de Janeiro: 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Seleção de Impermeabilização - **NBR 12190**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15575**: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BAUER, R.J.F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: CETA/ANTAC, 1997. p.321-333.

BARBOSA, Rafael Madeira Estevam. **Patologia da impermeabilização de edificações: aspectos técnicos e metodológicos**. 2018, Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **O que é déficit habitacional**. Publicado em 31 mar. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/casa-verde-e-amarela/o-que-e-o-deficit-habitacional>. Acesso em: 30 set. 2022.

CARASEK, H. Argamassas. In: **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010.

CASTRO, M. D.; MARTINS, R. M. **Análise e soluções terapêuticas das manifestações patológicas de infiltração de um edifício de mais de 20 anos: estudo de caso**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

CRUZ, J. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2003. 168p.

CUNHA, A.G.; NEUMANN, W. **Manual impermeabilização e isolamento térmico.** Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979. DENVER. Disponível em: <http://www.denverimper.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2021.

DO NASCIMENTO Francisco Paulo. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática: como elaborar TCC.** Brasília: Thesaurus, 2016. Disponível em: <http://franciscopaulo.com.br/arquivos/Refer%C3%AAsncias.pdf>. Acesso em: 07 out. 2019.

FREITAS, A.H.C.; FRANÇA, P.M.; FRANÇA, T.M. Patologia de fachadas. **Revista Pensar Engenharia**, 2013.

GABRIOLI, J.; THOMAZ, R. Impermeabilização de fundações e subsolos. **Téchne**, São Paulo, n. 67, p. 77-80, out. 2002.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3 ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1996. Disponível em: http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 05 out. 2019.

HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão - PR.** Campo Mourão, 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

KIRKHAM. **Princípios das relações solo e planta-água.** 2014

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MILITO, J. A. **Técnicas de construção civil. Apostila do curso Técnicas das Construções Civas e Construções de Edifícios.** Faculdade de Ciências Tecnológicas da P.U.C. Campinas, 2009.

OLIVEIRA, Michel Vinícius Takahashi de. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes - um estudo de caso.** 2015. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

PINETTI, Cinthia Cristina Hidrata. **Impermeabilização em lajes de cobertura: análise da execução com sistema flexível de manta asfáltica.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construções Civas: Excelência

- Construtiva e Anomalias) - Programa de Pós-Graduação Latu Sensu em Construções Civas: Excelência Construtiva e Anomalias, Universidade Presbiteriana Makenzie, São Paulo, 2012.
- PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986.
- PIRONDI, Z. **Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica**. São Paulo: Artes gráficas Ltda., 1979.
- RIGH, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções: análise de casos**. 2009. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- SCHLAEPFER, C; CUNHA, R. **Impermeabilização e recuperação estrutural**. Rio de Janeiro: Sika do Brasil S/A, 2001.
- SCHMITT, Carin. **Impermeabilizações de coberturas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. SIKA. Disponível em: <http://www.sika.com.br>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- SILVA J., ALIVINO JOÃO; JUNIOR, VALCELI LEAL. **A importância do projeto de impermeabilização para redução de manifestações patológicas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.
- SILVEIRA, M.A. Impermeabilizações com cimentos poliméricos. *Téchne*, São Paulo, n. 54, p. 108-110, set. 2001.
- SIQUEIRA, Vivian. **Impermeabilização em obras de construção civil - estudos de casos patologias e correções**. 2018. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia civil) - Universidade do sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.
- VEDACIT. **Manual técnico de impermeabilização em estruturas**. 3. ed. Otto Baumgart, 2006.
- VENTURINI, Jamila. Características da cobertura condicionam escolha de sistema de impermeabilização. *Téchne*, São Paulo, n. 205, abr. 2009.
- VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.
- VIAPOL. **Manual Técnico de Impermeabilização**. Apostila da Viapol impermeabilizantes. 2013.
- VIEIRA, Lady Fabiany Barreto. Sistemas impermeabilizantes na construção civil. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v.1, p. 05-17, dez. 2018. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/impermeabilizantes>. Acesso em: 24 mar. 2021.
- VIEIRA, E. Impermeabilização com argamassa aditivada. *Téchne*. São Paulo, n. 99, p. 76-78, jun. 2005.

VIEIRA, Lady Fabiany Barreto. Sistemas impermeabilizantes na construção civil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 1, p. 05-17, dez. 2018.