



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Bruno Silva Queiroz

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE EM
EDIFICAÇÕES**

UBERLÂNDIA
2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

BRUNO SILVA QUEIROZ

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE EM
EDIFICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Orientadora: Prof. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão

BRUNO SILVA QUEIROZ

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE EM
EDIFICAÇÕES**

Monografia submetida ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, ____ / ____ / _____

Banca de avaliação:

Profa. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão – UFU/MG
(Orientadora)

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres – UFU/MG
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Joseph Salem Barbar – UFU/MG
(Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

Demonstro assim meu pleno agradecimento, ao findar desta longa etapa:

- a Universidade Federal de Uberlândia e todos seus colaboradores, que desde o início das atividades acadêmicas me concederam condições de exercer minhas atividades como aluno de forma plena.
- a Vera Lucia da Silva Queiroz e Edison Divino de Queiroz, mãe e pai, por não medirem esforços em prol de meus desejos, estudos e futuro. Confirmando se como exemplos de integridade e honra nas relações.
- a Osvaldo Manoel da Silva, avô, por todos os ensinamentos sobre o lema o qual carregou consigo: o trabalho, a honra, a honestidade e a família. Cujo falecimento se deu dias antes a aprovação no vestibular.
- a Darci Gouveia de Oliveira e todos os colaboradores da DGO Engenharia, pelos ensinamentos e oportunidades oferecidas ao longo de minha carreira profissional.
- a Karoline Catigua Junqueira, namorada, que não faltou com apoio e companheirismo ao longo da graduação acadêmica.
- a todos os amigos, que sempre prestaram apoio e participação em momentos importantes da graduação, em especial Leopoldo, Gabriel e Guilherme.

RESUMO

A garantia de estanqueidade em edificações é uma busca de longa data na engenharia civil. Tal característica se confirma, normativamente, como um requisito de desempenho de caráter obrigatório em edificações, com critérios de aceitação definidos. Este trabalho apresenta um estudo quanto aos mecanismos de transporte de água em edificações, formas de manifestação de umidade, tipos de sistemas de impermeabilização e projetos de impermeabilização. A proposta do trabalho é, a partir deste estudo, o desenvolvimento de um protocolo de verificação quanto a estanqueidade, ainda em fase de projeto, de forma que fosse diagnosticado o atendimento ou não quanto a tais estratégias. Em casos que a verificação não fosse possível, buscou-se levantar as ações necessárias para permitir a realização desta análise. A partir do desenvolvimento do guia com tal função, realizou-se a aplicação do mesmo em estudo de caso, buscando assim a verificação da funcionalidade do mesmo. Desta forma, realizou-se este estudo de caso sobre um projeto de uma edificação residencial de alto padrão. A partir do estudo atestou-se a funcionalidade do produto elaborado e as aplicações possíveis para o mesmo. Ao findar do trabalho, conclui-se que o produto elaborado traz benefícios para gestores de projetos e que as conclusões obtidas são função dos projetos complementares a disposição do usuário.

Palavras-chave: Estanqueidade, Impermeabilização, Desempenho de edificações

ABSTRACT

The guarantee of watertightness in buildings is a long-standing pursuit in civil engineering. This characteristic is normatively confirmed as a mandatory performance requirement in buildings, with defined acceptance criteria. This work presents a study about the mechanisms of water transport in buildings, forms of moisture manifestation, types of waterproofing systems and waterproofing projects. The proposal of the work is to develop a guideline regarding the watertightness, still in the project phase, to verify the attendance or not regarding such strategies, or the necessary actions to allow the carrying out this verification. From the development of the guide, it was applied in a case study, thus seeking to verify its functionality. Such case study was carried out on a project of a high standard residential building. From this study, the functionality of the elaborated product and the possible applications for it were attested. At the end of the work, it is concluded that the elaborated product brings benefits to project managers and that the results obtained are a function of the complementary projects available to the user.

Keywords: Watertightness, Waterproofing, Building performance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVO.....	9
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 Ações da água em edificações.....	9
3.1.1 Mecanismos de percolação de água em materiais.....	9
3.1.2 Motivos da presença de umidade nas edificações.....	11
3.2 Sistemas de impermeabilização.....	12
3.4 Projeto de Impermeabilização.....	14
4 METODOLOGIA.....	15
5 RESULTADOS.....	16
6 ESTUDO DE CASO.....	17
6.1 Descrição.....	17
6.2 Aplicação.....	18
6.3 Análise/resultado.....	19
7. CONCLUSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	25
APÊNDICE A.....	27

1 INTRODUÇÃO

Ainda nas primeiras comunidades e manifestações humanas a que se tem conhecimento, o ser humano demonstrava uma forte procura pela proteção das manifestações do intemperismo, como chuvas, vento, umidade e insolação. Tal busca se dava pela convivência em cavernas e abrigos ainda que naturais, mas que forneciam proteção (SOARES, 2014). Essa situação se manteve ao longo do desenvolvimento humano e da urbanização e relações sociais que foram desenvolvidas. Não somente se manteve a procura por condições salubres e de qualidade para vivência, como também foram desenvolvidas técnicas, materiais e estratégias para contornar tais situações. Ou seja, o desenvolvimento da construção civil e das técnicas para promover a estanqueidade se deram a partir de uma busca natural da sociedade.

Todavia, ainda que tais técnicas tenham se desenvolvido, são frequentes problemas em edificações relacionados ao desempenho inadequado, ou inexistência, de um sistema de impermeabilização (NAPPI, 1996). Estes problemas, muitas vezes, acarretam a degradação de outros sistemas em uma edificação, como estrutura e revestimentos. A partir de uma interação inapropriada com umidade e percolação de água, podem-se ocasionar problemas que coloquem em risco a segurança da edificação, seja por trazer condições insalubres ou até mesmo danificar elementos estruturais.

São comuns manifestações patológicas ocasionadas por falhas de estanqueidade, tais como: ascensão de umidade em paredes e formação de bolores e mofos e a alteração visual e material de componentes de forros. Estas são as principais formas de identificar uma falha em um sistema de impermeabilização (JESUS, 2015; ARAÚJO, 2014; NAPPI, 1996).

Frente a tal cenário, se faz justo o questionamento da razão de tais patologias ainda serem presentes na construção civil brasileira, uma vez que se encontra no mercado produtos e sistemas com eficiência comprovada e certificações (IBI, 2018). Não o bastante, o meio acadêmico está constantemente elucidando a ciência por trás das tecnologias que ainda se é carente e das que se tem domínio (MORAES, 2002; SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2020). Pode-se citar como possíveis fontes e razões das falhas em sistemas de impermeabilização erros cometidos durante o processo de aplicação dos materiais, emprego equivocado do consumo de produtos impermeabilizantes, condições inadequadas do substrato para a aplicação de um sistema de impermeabilização ou também questões executivas como níveis, quedas e passagens de tubulações em embasamento (RODRIGUES; JÚNIOR; LIMA, 2016).

Alinhado a tal conjuntura, tem-se a promulgação da norma de desempenho, a qual define requisitos necessários que uma edificação deve atender, dentre eles a estanqueidade. O mercado da construção civil tem buscado gradativamente a contemplação total das diretrizes e requisitos determinados por esta normativa. Motivo forte por esse processo se dá pela obrigatoriedade do requisito, mas também para contemplar uma obra com certificações e até mesmo oportunidades de financiamentos.

Não o bastante, outro fator que colabora para uma busca pela qualidade dos sistemas de impermeabilização e assertividade no mesmo são as questões ligadas aos custos de manutenção em patologias provocadas por falhas em tal sistema. O custo de uma manutenção em um sistema de impermeabilização pode chegar a até 15 vezes o valor da execução eficiente e assertiva ainda em fase de projeto (RIGHI, 2009). São comuns situações em que se faz necessário a retirada e perda de sistemas de revestimento e acabamento para solucionar falhas em vedações e impermeabilizações, falhas estas as quais, muitas vezes, poderiam ter sido evitadas com uma melhor abordagem e critério durante a fase de projeto.

Desta forma, é evidente, que a garantia da estanqueidade em edificações é um requisito fundamental na construção civil, embora ainda seja um ponto, comumente, falho em obras. Um elemento que poderia auxiliar no processo de atender a este requisito, é seguir um projeto de impermeabilização e ter diretrizes técnicas para estanqueidade. A partir destas ferramentas se faz possível suprir de forma eficiente a demanda humana de se abrigar das manifestações patológicas ocasionadas pelo contato e percolação de água, além de cumprir com as condições impostas pela norma de desempenho e evitar elevados custos de manutenção em fase pós-obra. Confirmando-se assim a importância da análise técnica e metodológica em relação a impermeabilização e estanqueidade.

2 OBJETIVO

Justificada a importância e obrigatoriedade de edificações atenderem ao requisito de estanqueidade, objetiva-se com este trabalho auxiliar na discussão acadêmica sobre diretrizes de estanqueidade. Ou seja, dissertar sobre técnicas e estratégias que contribuam para o atendimento aos requisitos de estanqueidade e que sejam adequados para cada situação de projeto. Desta forma, pretende-se ter como produto um protocolo, voltado ao público ativo na construção civil, com diretrizes as quais cumpram o papel de auxiliar na verificação quanto ao desempenho a estanqueidade por meio das definições projetuais. Objetiva-se também realizar a aplicação de tal guia em um projeto arquitetônico de acesso ao autor como forma de teste do produto elaborado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ações da água em edificações

Dentre as várias ações as quais uma edificação está sujeita, tais como vento, carregamentos, radiação solar, variação de temperatura ou descargas atmosféricas, a percolação de água é o efeito o qual gera com maior frequência manifestações patológicas e falha no atendimento os requisitos de desempenho (NAPPI, 2002). Tal situação se dá uma vez que a água em forma líquida desempenha função de transportar compostos químicos ao longo de sua percolação. Este fato colabora para que reações químicas ocorram ao longo do caminho o qual a água percorre (NAPPI, 2002). Consequentemente, a compreensão de como a percolação e manifestação da água e umidade se dá em edificações é tratada como objeto de estudo e a mesma pode ocorrer de diferentes formas.

3.1.1 Mecanismos de percolação de água em materiais

A percolação de água em uma edificação pode ocorrer no estado de vapor, sólido ou líquido. Esse transporte pode ocorrer por diferentes mecanismos, sendo eles: Difusão de vapor, convecção de vapor, ascensão por capilaridade ou por forças externas (QUERUZ, 2007).

A difusão de vapor ocorre a partir de uma diferença de concentração de vapor de água entre dois meios. Em ambientes com temperatura mais quente a tendência é que a concentração de vapor seja maior do que em ambientes com temperatura mais amena. Sendo assim, de forma análoga a um processo de osmose, a movimentação da umidade ocorre entre dois meios distintos até que a concentração de vapor de água em ambos seja igualada. Essa movimentação por meio de um material é função da permeabilidade ao vapor do mesmo, ou seja, da quantidade de massa de umidade que atravessa o comprimento de um metro em uma face de um metro quadrado por unidade de diferença de pressão de vapor. A partir desse

coeficiente é possível realizar simulações para interpretar a capacidade de difusão de vapor em por um material (NAPPI, 2002).

Outra forma de transporte de umidade é a convecção de vapor. Este movimento é comum de ocorrer em paredes ocas, em que ocorre de haver uma diferença de temperatura entre as duas faces do sistema de vedação. Com uma diferença de temperatura ocorre uma movimentação direcionada no ar, uma vez que gera diferentes pressões e densidades no meio fluido com diferentes temperaturas. A partir de tal movimentação do meio fluido, a umidade é transportada por convecção entre esses dois meios juntamente ao fluido (POLISSENI, 1986).

Todavia, uma das principais formas de transporte de água em edificações é realizada a partir da capilaridade. Ou seja, um transporte por consequência da força de sucção capilar a qual é exercida nos poros de um material hidrófilo. Para melhor compreensão deste fenômeno é ressaltada a importância da compreensão do fenômeno físico da tensão superficial (NAPPI, 1996).

A tensão superficial traduz o fenômeno em que a superfície da água se comporta como uma membrana submetida a tração devido a um desequilíbrio das ligações moleculares do fluido. Tal fato ocorre uma vez que na região superficial de um líquido as moléculas mais próximas da superfície se encontram com energia de ligação intermolecular em crédito frente as demais, uma vez que acima delas não há a presença de outras moléculas para que ocorra atrações moleculares. A partir desta situação de energia livre nestas moléculas, essa energia naturalmente faz o papel de reforçar as ligações laterais da molécula. Ou seja, configura-se um estado em que as ligações na superfície no plano da superfície sejam maiores que as em outros sentidos. Desta forma, a superfície da água se comporta analogamente a uma membrana tracionada (POLISSENI, 1986).

Embora este efeito seja fundamental para que a ascensão por capilaridade possa ser compreendida, ele não se constata como único. Sendo assim, deve-se também compreender o fenômeno da formação do menisco para que possa ser entendida as forças de aspiração capilar.

A interação entre um líquido e um sólido gera a formação do menisco, e ele é função de duas propriedades, a adesão, força de atração entre o líquido e o sólido, e a coesão, força de atração interna no líquido. Ou seja, são duas propriedades cujas forças possuem direções e sentidos diferentes, assim a formação do menisco depende da resultante delas. Em casos em que a coesão seja maior do que a adesão, podemos dizer que o líquido molha o sólido; já em casos em que a coesão é menor do que a adesão, diz-se que o sólido não é molhado (POLISSENI, 1986).

Uma vez compreendida a formação do menisco e a tensão superficial, pode-se compreender as forças de sucção capilares. Essa força é a ação física que permite com que um líquido ascenda por uma rede porosa uma dada altura sem que nenhuma força externa seja aplicada. Em um meio em que se tem o contato de um sólido e um líquido, podem ser verificados os fenômenos de adesão, coesão e tensão superficial. No caso em que o líquido é a água e o sólidos os materiais de construção, a adesão é superior a coesão. Desta forma, verifica-se um menisco com concavidade voltada para a superfície. Interpretando tal situação em que a presença do líquido e seja em uma fissura ou poro, tendo em vista a delimitação da superfície do líquido pelas paredes do material, ocorre uma diminuição da tensão superficial, embora a adesão não seja alterada. Desta forma, tem-se um caso em que uma força resultante, com direção e sentido do líquido para a superfície, faz com que o líquido ascenda em meio ao sólido até que essa resultante seja igualada com a ação da gravidade. Essa força resultante pode ser compreendida como a força de sucção capilar.

Um outro mecanismo de transporte da água em edificações é fonte da ação de forças externas sobre a água em direção a edificação. Ou seja, em situações em que se tenha água em superfície, espaços de aberturas em materiais (fissuras e trincas) e ações de forças externas que forcem a água em direção a tais aberturas. Tais forças podem ser de origem da energia cinética da água da chuva, da gravidade ou também da pressão do vento. Para diferentes ações externas possuem diferentes dimensões de poros nos quais se faz possível o transporte da água. Sendo assim, o transporte será função da dimensão do poro e da tipologia da ação da água (POLISSENI, 1986).

3.1.2 Motivos da presença de umidade nas edificações

Uma vez conhecidas as formas de percolação e movimentação da água em edificações, vale-se ressaltar as causas que permitem com que este fluxo ocorra. Partindo pela classificação das causas da presença de umidade das edificações, de acordo com o Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC, pode-se se citar causas como: Umidade ascensional do solo; absorção e penetração de água de chuva; umidade de condensação; umidade devido a higroscopicidade dos materiais; umidade incorporada durante o processo de construção; e umidade acidental (QUERUZ, 2007).

Entende-se pela umidade ascensional do solo, como a umidade advinda da absorção por capilaridade da água presente no solo pelos elementos de fundações de uma edificação e a qual migra em direção às paredes e revestimentos. Sendo assim, o grau desse tipo de umidade é função de alguns fatores: a quantidade de água presente no solo, quanto maior a umidade do solo maior a tendência e magnitude desse tipo de umidade adentrar na edificação; porosidade da estrutura em contato com o solo, uma vez que, como tratado anteriormente, a dimensão dos poros e poros do material de termina a magnitude das forças de sucção; e a velocidade de evaporação, ou seja, uma vez adentrada a umidade na edificação, quanto menor a capacidade de ventilação da mesma, maior é a magnitude que a umidade pode atingir, uma vez que a ausência de troca de ar e perda de umidade pela edificação por difusão é diminuída (NAPPI, 2002).

Um típico efeito dessa umidade nas edificações é o aparecimento de manchas horizontais ao longo das paredes, que indicam de maneira geral a altura do umedecimento da parede. Esta situação, agravado pelas possíveis situações de baixa ventilação, podem gerar a proliferação de mofo e eflorescências nos elementos umedecidos. A prevenção possível de ser adotada para que tal cenário não ocorra é intermediado pela impermeabilização ao longo dos possíveis caminhos de ascensão da água advinda das fundações.

Conforme normatizado pela ABNT NBR 15575:2018, são várias as formas de impermeabilização e cuidados a serem tomados. Todavia, é comum que, ainda que sejam empregadas formas de impermeabilização, devido a falhas de projeto ou falhas de execução, ocorra a ascensão de umidade por caminhos que desviem da barreira impermeabilizante executada (KLÜPPEL; SANTANA, 2021).

Um outro tipo de umidade comumente encontrado em edificações é a umidade advinda da absorção e penetração da água de chuva. Esta situação ocorre quando a ação da chuva e ventos force a entrada e percolação de água ao interior da edificação. Tal entrada pode ser realizada a partir de fissuras em paredes e revestimentos externos, falhas de vedação em elementos de vedação, como esquadrias, ou ainda pela porosidade e formato dos elementos empregados. Desta forma, a análise projetual de fachadas é fundamental para que este caso seja evitado, ou seja, a projeção de elementos de pingadeiras, juntas de dilatação, adoção de revestimentos cujos poros sejam avaliados e entre outros (FEILDEN, 2007).

A umidade em edificações também pode ser apresentada a partir da condensação. Entende-se por condensação superficial como sendo a umidade que adentra na edificação a partir de um caso em que a temperatura da superfície em questão é inferior a temperatura de orvalho do ar, ou seja, a temperatura em que o vapor de água condensa na superfície. Em situações em que a condensação ocorre em materiais porosos, a umidade acarreta, possivelmente, na formação de bolores e fungos. A ação possível de ser adotada nesta realidade é trabalhar para que ocorra um aumento na temperatura da superfície, ação essa que pode ser tomada por meio de um investimento no isolamento térmico. Caso tal atitude não seja possível, recomenda-se que seja trabalhado para que o ambiente possua uma ventilação adequada para que se possa ter a umidade do ar diminuída (POLISSENI, 1986).

Ao longo do processo construtivo de edificações, a depender das técnicas construtivas e sistemas empregados, nota-se um emprego e uso de água em estado líquido. Desta forma, é um tipo de umidade presente em edificações a umidade advinda do processo de construção. Entende-se por esta umidade como a que se encontra presente ao término da fase de obras e que tende a se dispersar gradativamente de forma natural. Essa umidade pode ter origem pela: absorção pelos materiais durante fase de estocagem, água de amassamento de argamassas e concretos, água de chuva absorvida e entre outros (KLÜPPEL; SANTANA, 2005).

Compreende-se que em uma única edificação pode-se identificar vários sistemas construtivos diferentes, mas solidários. Uma forma de umidade encontrada nas edificações é a umidade acidental, a qual ocorre por vazamentos de sistemas de transporte de água fria, água quente, esgoto e água pluvial. Ou seja, por uma falha de um sistema hidrossanitário ocorre o vazamento de água na edificação e ela é submetida aos mecanismos de transportes os quais o ambiente em questão se submeta e permita.

3.2 Sistemas de impermeabilização

Compreendidas ações da água e tipos de umidade que uma edificação está sujeita, entende-se a importância dos sistemas de impermeabilização, os quais possuem objetivo de proteger a construção de tais fenômenos. A umidade provoca uma aceleração nos processos de deterioração de estruturas como também a proliferação de mofo e outros organismos os quais podem trazer malefícios aos usuários da edificação. Dado esta situação, os sistemas de impermeabilização têm cada vez mais se desenvolvido e compreendido como um sistema ao qual é devido tamanha importância tal como os demais (SOARES, 2014).

Entende-se por sistema de impermeabilização como sendo um conjunto de que possuem a função de proporcionar a habitabilidade, funcionalidade e segurança da edificação. Os grupos que compõem o sistema de impermeabilização podem ser: Base e camada de regularização, camada impermeável e proteção mecânica (SOARES, 2014).

A base de um sistema é o elemento que irá definir as principais exigências as quais os sistemas devem atender. Ou seja, a base é a estrutura a qual deverá receber o sistema, podendo ser uma laje, alvenaria de vedação, muro de arrimo, viga baldrame ou outros elementos que necessitem de uma proteção contra algum tipo de umidade e percolação de água. A depender do grau de fissuração, movimentação, incidência solar e tráfego a que a base está sujeita, devem ser adotadas escolhas para as demais camadas do sistema performarem de forma eficiente (MORAES, 2002).

Entende-se pela regularização como sendo a camada que promove a uniformização da base para receber as demais camadas. A partir do abaulamento de cantos, tamponamento e tratamento de fissuras, configuração de inclinação necessária e correção de imperfeições, esta camada permite que a camada impermeável tenha condições de exercer seu papel. A

depende do sistema adotado, se faz necessário que além da camada de regularização, seja adotada uma camada de amortecimento, a qual possui a função de amortecer os esforços submetidos a camada impermeável e desconectar a mesma da regularização (SOARES, 2014).

Outro grupo de um sistema de impermeabilização é a camada impermeável. Essa camada é a que possui elementos que impeçam a passagem de fluido (MORAES, 2002). A natureza dos materiais constituintes de tal parte podem ser: Cimentícios, asfálticos ou poliméricos. Como parte dos produtos cimentícios temos os mais comuns como a argamassa com aditivo impermeabilizante e a argamassa polimérica. Já como parte dos produtos asfálticos mais comuns, pode-se citar: Emulsão asfáltica e a manta asfáltica estruturada. Já quanto aos produtos poliméricos tem-se como principais: Membrana de poliuretano, membrana de poli ureia, membrana acrílica e a manta de PVC.

Em contato a face impermeável, tem-se também em determinados sistemas de impermeabilização a camada de proteção mecânica. A função desta estrutura é realizar a proteção à camada impermeável contra a ação deletéria dos esforços dinâmicos e estáticos que possam atuar sobre tal. Tais esforços podem ser: Incidência de raios solares, impactos acidentais ou tráfego. Todavia, nem todo sistema de impermeabilização contempla esta camada, alguns sistemas possuem esses elementos de proteção incorporados à camada impermeável, ou ainda não fazem necessidade de tal camada (SOARES, 2014).

Uma vez conhecidos os elementos que compõem um sistema de impermeabilização, pode-se tratar quanto as possíveis classificações que tais sistemas podem ser atribuídos. Tais classificações podem ocorrer a partir de diferentes características. Uma forma de classificação é quanto a flexibilidade, ou seja, quanto a capacidade que os sistemas possuem de lidar com movimentações e aberturas de fissuras na base. Sendo assim, podemos ter sistemas de impermeabilização rígidos, que não suportam nenhum tipo de fissuração, ou flexíveis, que suportam determinadas magnitudes de fissuração (MORAES, 2002).

Outra classificação de sistema de impermeabilização é quanto a sua forma de apresentação, podendo ser um sistema moldado in loco ou pré-fabricado (IBI, 2018). Os sistemas moldados in loco são aqueles que se formam a partir da aplicação de diversas camadas sobrepostas formando um único componente e sem emendas. Pode-se citar como sistemas moldados in loco aqueles em que a camada impermeável é uma membrana. Já os sistemas pré-fabricados são aqueles que são comercializados prontos de fábrica, cabendo ao executor realizar a colagem ou soldagem dos elementos pré-fabricados. Pode-se citar como sistemas pré-fabricados as mantas.

Em paralelo às manifestações de umidade em edificações, pode-se classificar os sistemas de impermeabilização quanto aos tipos de umidade e mecanismo de transporte de água que o sistema é eficaz em garantir proteção (IBI, 2018). Ou seja, tem-se sistemas admissíveis para situações com percolação superficial de água, condensação superficial de água, ascensão de umidade capilar e pressão hidrostática, a qual pode ainda ser subdividida em pressão hidrostática positiva (aquela que age de forma direta a superfície impermeável) ou negativa (em que a umidade age de forma indireta a superfície impermeável).

Outra forma de caracterização de um sistema de impermeabilização é em relação a sua exposição ao intemperismo (IBI, 2018). Existem sistemas que são resistentes ao intemperismo, os quais dispensam a camada de proteção e não recebe uma camada sobrepostas, sistemas que são auto protegidos, os quais possuem uma camada de proteção incorporada (embora não aceite tráfego), e sistemas pós protegidos, os quais requerem a instalação de uma camada sobreposta que confira resistência.

Em relação a sua forma de adesão a base, pode-se classificar também os sistemas de impermeabilização em sistemas aderidos e não aderidos (SOARES, 2014). Sistemas aderidos são aqueles que a camada permeável é aderida ao substrato, enquanto os não aderidos são aqueles que a camada impermeável é apenas sobreposta ao substrato.

3.3 Requisitos de desempenho quanto a estanqueidade

Entende-se por desempenho como sendo o conjunto de características ou capacidades as quais um sistema exerce. De acordo com a ABNT NBR 15575:2018, desempenho de uma edificação é o comportamento durante a fase de uso. É notável uma crescente preocupação e enfoque no âmbito de projetos quanto ao desempenho das edificações, cada vez mais se é pensado quanto ao uso, durabilidade, sustentabilidade e manutenibilidade durante a fase de projetos. Pode-se definir como um requisito, como sendo o conjunto de necessidades, ou seja, expectativas a serem alcançadas por parte do desempenho de uma edificação. A ABNT NBR 15575:2018 define requisitos como necessidades com caráter qualitativo, e critérios, que são de caráter quantitativo. Desta forma, tem-se como posição obrigatória o atendimento a requisitos e critérios de desempenho mínimos, sendo assim necessário que edificações garantam a qualidade de vida, segurança e sustentabilidade ao usuário.

Dentre os vários requisitos que as edificações estão submetidas, descritas pela NBR 15575:2018, pode-se ressaltar o de estanqueidade. Ou seja, as características que uma edificação deve apresentar, durante o uso, quanto a estanqueabilidade da mesma. Desta forma, a exposição a água da chuva, umidade e água de uso, devem ser pensadas durante a fase de projeto para que, uma vez em operação, a edificação atenda a tal normativa. Pode-se citar como requisito disposto pela ABNT NBR 15575:2018, a estanqueidade a fontes externas e internas a edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

Outro requisito de desempenho associado a estanqueidade e sistemas de impermeabilização é a durabilidade. Entende-se por durabilidade como sendo a capacidade de um sistema desempenhar sua função requerida, sob dadas condições de manutenção, até ao limite da vida útil a qual o mesmo foi dimensionado. Desta forma, é factível a interpretação de que os sistemas de impermeabilização, os quais visam garantir a estanqueidade em edificações, não somente devem performar sua função primordial, mas também devem atender ao requisito de durabilidade. Sendo assim, os sistemas de impermeabilização devem ser projetados e executados de forma a serem estanques ao longo da vida útil de projeto do sistema, atendidas as condições de manutenção. (IBI, 2018)

Uma edificação além de ser compatível com a sua vida útil de projeto, também deve estar em concordância com o requisito de habitabilidade como sendo a expectativa de desempenho primordial a uma edificação. Ou seja, o atendimento a condições que possibilitem a garante da saúde, higiene e qualidade do ar são obrigatórias em edificações durante sua fase de uso. Para tal, a NBR 15575 explicita o requisito de que não se tenha ambientes propícios a proliferação de microrganismos em edificações, uma vez que este cenário proporciona condições de insalubridade. Deve-se te atentar para que tal requisito seja atendido a umidade e temperatura interna a edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021; RODRIGUES; JÚNIOR; LIMA, 2016; SOARES, 2014).

3.4 Projeto de Impermeabilização

Uma vez compreendido dos mecanismos de percolação da água, as formas como a umidade pode se apresentar em uma edificação, os sistemas de impermeabilização disponíveis ao uso e os requisitos de desempenho quanto a estanqueidade, é notório a

importância de um projeto de impermeabilização. Tal projeto é o conjunto de informações gráficas e descritivas as quais determinam todos os sistemas de impermeabilização a serem adotados a determinada construção. Este projeto é constituído de três etapas sucessivas: Estudo preliminar, projeto básico de impermeabilização e o projeto executivo de impermeabilização (SOARES, 2014).

Entende-se por estudo preliminar, como sendo a fase de projeto em que o responsável faz o levantamento de todos os pontos de possível percolação de água e umidade, identificando a fonte, o mecanismo de transporte e os possíveis danos que podem ser gerados. Nesta fase, o objetivo não é a definição da forma de impedir o transporte de água, mas sim a identificação a quais locais devem ser projetadas soluções que garantam a estanqueidade (LIMA; PASSOS; COSTA, 2013).

A diferenciação do projeto básico de impermeabilização e o projeto executivo de impermeabilização se dá pela fase em que cada um se elabora (IBI, 2018). O projeto básico é elaborado ainda durante a fase da coordenação geral das atividades de projeto. Já o projeto executivo é elaborado concomitantemente aos demais projetos executivos. Outra diferença entre os dois projetos é o fato de que o projeto básico não possui todas as informações necessárias para a fase de execução, ou seja, não apresenta formas de abordagem detalhada quanto a interferências entre sistemas e não elucida completamente as questões executivas dos sistemas de impermeabilização.

A elaboração do projeto de impermeabilização é realizada sempre às luzes das normas vigentes, como a NBR 9575, NBR 15575, e com as fichas técnicas de cada material a ser empregado. Sendo assim, a partir de tais materiais, o projetista faz a escolha dos sistemas a seguindo as diretrizes de: atendimento aos requisitos de desempenho, garantia de máxima racionalização construtiva, máxima construtibilidade, adequação entre os sistemas e custos compatíveis com o empreendimento (LIMA; PASSOS; COSTA, 2013).

Outro ponto válido de se ressaltar, foi o apresentado por Ischakewitsch (2013) em que afirmou o fato de que projetos de impermeabilização devem projetar sistemas limitados a um número de opções, de forma a facilitar as manutenções da edificação, ou seja, tentar racionalizar as escolhas para um mesmo projeto, de modo a não possuir um elevado número de sistemas projetados simultaneamente (LIMA; PASSOS; COSTA, 2013).

4 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto, o desenvolvimento deste trabalho contemplou uma sequência de atividades que estão ilustradas na Figura 1:

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES PARA ESTANQUEIDADE

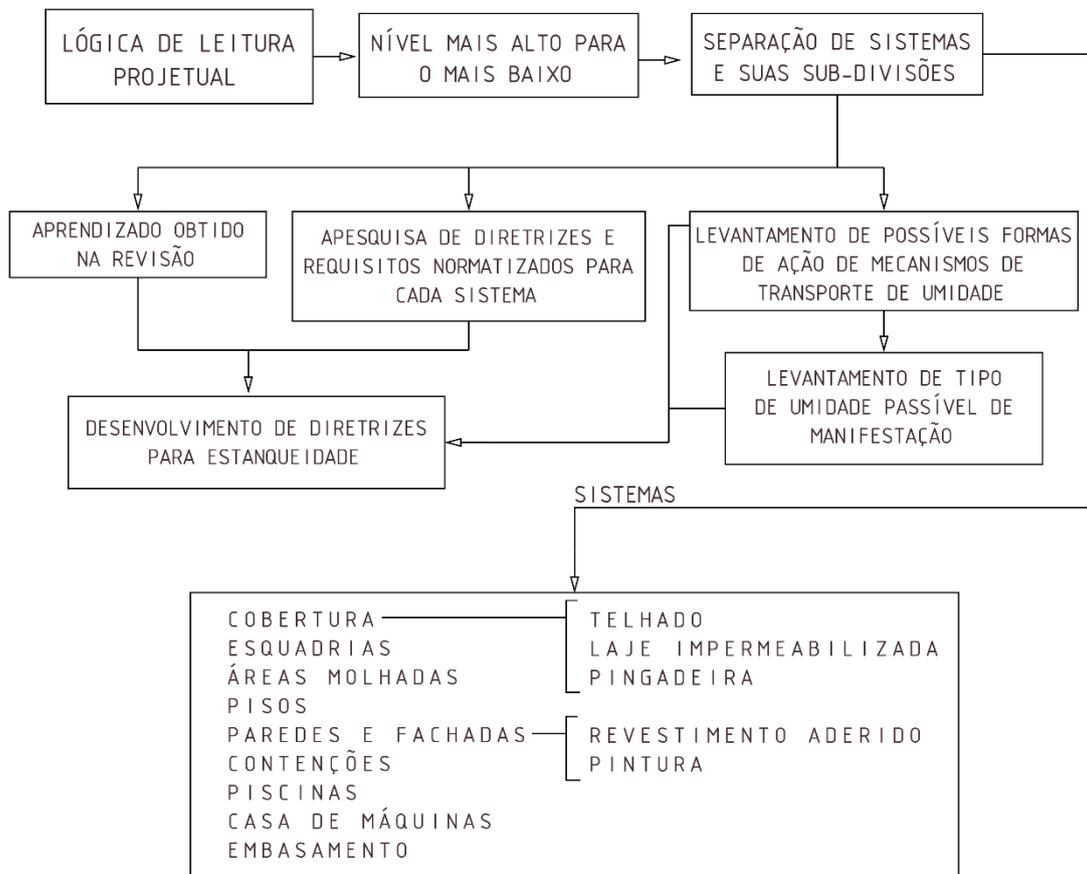


Figura 1 - Fluxograma de metodologia abordada. Fonte: Autor

Na primeira etapa, a edificação foi dividida em seus sistemas construtivos. Para tal, partiu-se de uma lógica de leitura projetual, elencando os sistemas constituintes da edificação do seu nível mais alto em relação ao solo até os elementos mais baixos.

A partir dessa definição, realizou-se uma pesquisa por diretrizes e requisitos normatizados, em relação a estanqueidade, para cada sistema e elementos construtivos. Concomitantemente, trabalhou-se para o levantamento das possíveis manifestações e mecanismos de transporte de umidade, para cada uma das áreas determinadas.

Com base nesses documentos normativos e no levantamento bibliográfico, foram elaboradas diretrizes para garantia de estanqueidade em uma edificação residencial. Essas diretrizes foram formatadas com o intuito de compor um documento (Anexo A) de fácil compreensão para gerentes de projetos, engenheiros, projetistas e arquitetos utilizarem na fase de projeto.

De modo a verificar a eficácia do produto gerado, foi proposta um estudo de caso de uma edificação residencial. Neste estudo utilizou-se do protocolo proposto de modo a testá-lo e constatar a eficiência do mesmo.

5 RESULTADOS

Como parte do objetivo deste trabalho, e a partir das técnicas de desenvolvimento e metodologia utilizada, teve-se êxito na elaboração de diretrizes para contribuir para a garantia

à estanqueidade. O produto elaborado é composto por sete páginas, as quais são compostas por introduções a cada sistema, tópicos a serem verificados, imagens ilustrativas de tais sistemas e as referências utilizadas para cada diretriz.

Como análise ao produto e ao processo de elaboração, surgiram alguns obstáculos e incertezas. Como a dificuldade na classificação sobre qual sistema uma determinada parte pertence. Uma vez que algumas partes da edificação se relacionam com mais de um sistema, a classificação em um determinado grupo se confirma como um obstáculo. Pode-se evidenciar por exemplo o elemento de pingadeiras, que pode ser compreendido como parte do sistema de cobertura e parte do sistema de vedação vertical.

Outro obstáculo encontrado foi a incerteza da inclusão da totalidade dos sistemas e diretrizes a serem atendidas. Fato este que poderá ser verificado a partir dos feedbacks a serem recebidos uma vez que o produto estiver em uso por vários usuários.

Outra situação encontrada e que se obteve dificuldade em como abordar foi a dificuldade em identificar situações que devem ser verificadas pela natureza do sistema ou devido a uma tentativa de precaução em caso um sistema falhe. Como é o caso da impermeabilização do substrato de peitoris, ou seja abaixo do elemento de peitoril. Tal prática é realizada imaginando uma situação em que ocorra uma falha na vedação do sistema de esquadria ou na junta dos elementos que compõem o peitoril, procurando impedir a continuidade da percolação de umidade. Ou seja, situações que comumente são abordadas como elementos que são fundamentais para a estanqueidade, muitas vezes são na verdade tentativas de criar barreiras secundárias contra o transporte de umidade já imaginando a falha de sistemas e diretrizes realmente fundamentais.

Outro ponto o qual foi necessário manter uma atenção constante durante o desenvolvimento do protocolo para estanqueidade foi a busca por separar questões estritamente executivas e de costume público daquelas que são questões normativas e científicas. Como é o caso do rebaixo da camada de impermeabilização nas regiões de fixação de trilhos de box de banheiros, ralos e vasos sanitários, de modo a garantir a não perfuração da camada impermeável durante tais processos.

Desta forma, compreende-se o produto elaborado como sendo uma ferramenta passível de utilização ao longo do processo de desenvolvimento do projeto e como utensílio em gestão de projetos no processo de validação e conferência dos projetos elaborados. Desta forma, buscou-se a utilização de uma linguagem de caráter formal, todavia não demasiadamente científica. Fato este o qual facilita a leitura e uso rotineiro do produto. É evidente, portanto, que se confirmou como atingido o objetivo proposto para a elaboração das diretrizes para estanqueidade.

6 ESTUDO DE CASO

6.1 Descrição

Como forma de avaliar o protocolo de estanqueidade elaborado neste trabalho, realizou-se um estudo de caso para um projeto arquitetônico. Buscando, assim, uma forma de constatar a eficiência do produto elaborado. Tem-se como objeto de estudo um projeto arquitetônico, o qual se encontra em anexo neste trabalho, de uma residência unifamiliar com 840m² de área construída distribuída em três pavimentos. A edificação tem como principais características: cobertura totalmente na forma de lajes impermeabilizadas, pavimento em nível subsolo com alvenarias em contenção, banheiros em pavimento superior, jardins

elevados, uma cobertura de vidro e piscina. Como forma de vedação, o projeto faz uso de esquadrias de alumínio e vidro e paredes de alvenaria.

Fez-se a escolha por tal projeto uma vez que se trata de uma disposição arquitetônica, com nível de pavimento em subsolo, e tipologia de cobertura as quais requerem cuidados elevados em relação a garantia quanto a estanqueidade.

O projeto em questão se trata de um projeto executivo, todavia o mesmo foi elaborado somente em conjunto ao projeto estrutural. Não foram considerados para a elaboração de tal projeto os demais projetos complementares, como: Projeto de instalações elétricas, projeto de instalações hidrossanitárias, instalações de ar-condicionado e detalhamentos de áreas molhadas.



Figura 2 - Perspectiva de maquete digital do projeto de estudo de caso. Fonte: MODO Arquitetos



Figura 3 - Perspectiva de maquete digital do projeto de estudo de caso. Fonte: MODO Arquitetos

6.2 Aplicação

A elaboração do estudo de caso iniciou-se pelo estudo e familiarização do projeto tomado como objeto de estudo. Neste processo realizou-se uma simplificação do projeto, por meio da retirada de informações e detalhes os quais não fossem relevantes para a análise em questão, como: informações legais de recuos, normas do condomínio em que a edificação se encontra, mobiliários soltos e entre outros. Desta forma, com o projeto com informações estritamente necessárias, iniciou-se o processo de levantamento das áreas a serem analisadas.

Tal processo foi realizado por meio da leitura simultânea do anexo A e do projeto arquitetônico. As diretrizes de estanqueidade foram elaboradas a partir de uma lógica de divisões da edificação em áreas, ambientes e sistemas, a partir de tais classificações iniciaram-se as análises. Ou seja, realizou-se a verificação em uma classificação por cada vez. Para cada divisão do Anexo realizou-se uma busca no projeto pelas estruturas em questão e uma vez encontradas foram avaliadas as diretrizes determinadas.

Para cada diretriz avaliada realizou-se a anotação da conclusão obtida, seja ela o atendimento, não atendimento, ou ausência de detalhe no projeto. Além da avaliação quanto ao atendimento à diretriz, realizou-se também, quando necessário, uma observação a ser repassada para os responsáveis pelo projeto, de forma a possibilitar o desenvolvimento de estratégias para a garantia da estanqueidade. Tais informações foram organizadas em forma de tabela.

6.3 Análise/resultado

Uma vez realizada a análise do projeto de estudo perante a ferramenta de verificação de diretrizes de estanqueidades desenvolvida neste trabalho, observaram-se alguns resultados quanto ao projeto estudado e quanto a ferramenta utilizada.

Como desfecho das análises realizadas sobre o objeto de estudo, elaborou-se uma tabela, Tabela 1, com a situação quanto ao atendimento a diretriz e observações de ação a serem adotadas quanto a cada uma das verificações.

TABELA 1 – Avaliação de diretrizes de estanqueidade em estudo de caso (Autor,2022)

Avaliação de protocolo de estanqueidade em estudo de caso			
Sistema	Subsistema	Diretriz	Avaliação
Coberturas	Telhados	Não se aplica ao projeto de estudo.	Não se aplica ao projeto de estudo
	Laje Impermeabilizada	Verificação da compatibilidade entre sistema empregado e tráfego do ambiente	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
		Verificação da interação entre a camada impermeável e condutores de água pluvial	Requer informação do projeto de impermeabilização e demais projetos complementares para avaliação.
		Verificação do avanço vertical da camada impermeável nos limites da laje	Projeto arquitetônico confere geometria nos limites da lajes para possibilidade de execução. Requer projeto de impermeabilização para confirmação do atendimento a diretriz
		Verificação da compatibilidade do sistema empregado com o grau de movimentação da base	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
		Verificação do abaulamento de cantos	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.

		Verificação da vedação entre impermeabilização e passagens de tubulações dos demais sistemas (Elétrico, hidráulico, ar condicionado e/ou exaustão)	Requer informação do projeto de impermeabilização e demais projetos complementares para avaliação.
		Verificação do caimento na camada impermeável	Projeto arquitetônico confere atendimento a diretriz.
	Pingadeiras	Verificação da vedação em juntas de chapas ou pedras	Requer verificação em projeto de detalhamento de esquadrias e conferência durante execução.
		Verificação do avanço do elemento pingadeira frente a face vertical da parede em que se instala	Requer verificação em projeto de detalhamento de esquadrias e conferência durante execução.
		Verificação do caimento do elemento para o interior da cobertura	Projeto Arquitetônico não contempla este detalhe. Necessária revisão
Contenções	Verificação do sistema de drenagem na face aterrada ou contida	Requer verificação em projeto de drenagem de muro de arrimo para verificação.	
	Verificação do da proteção mecânica sobre camada impermeável	Requer verificação em projeto de drenagem de muro de arrimo para verificação.	
	Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização e grau de movimentação da estrutura	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.	
	Verificar abaulamento de cantos	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.	
	Verificar fixação do sistema de impermeabilização	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.	
Casa de Máquinas	Verificação da interferência entre nível de piso e lençol freático. Julgar necessidade de rede de drenagem.	Requer informação de sondagem. Projeto arquitetônico requer revisão que contenha esta informação	
	Verificação de sistema de esgotamento de água pluvial	Requer informação em projeto de instalações hidrossanitárias	
Áreas Molhadas	Verificação do caimento da camada impermeável de piso	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.	
	Verificação da interação entre a camada impermeável e a tubulação de escoamento de água servida	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.	
	Verificação da condição de ventilação para impedir a proliferação de mofo e bolores	Projeto arquitetônico atende a diretriz a partir da contemplação de aberturas de ventilação e insolação em concordância às dimensões mínimas requeridas.	

	Verificação de estanqueidade a percolação de água em paredes sujeitas a ação de respingos da água de banho	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação da estanqueidade em nichos de alvenaria	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação da extensão da camada impermeável em limites verticais do piso	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
Esquadrias	Verificação da vedação na interação da esquadria com demais componentes (Alvenaria, peitoril e/ou piso)	Requer verificação em projeto de detalhamento de esquadrias e conferência durante execução.
	Verificação do sistema de drenagem de trilhos embutidos	Requer verificação em projeto de detalhamento de esquadrias.
	Verificação do desnível em portas de abrir e drenagem em portas de correr, de modo a garantir que a ação da água por forças externas não percole pelo sistema.	Requer verificação em projeto de detalhamento de esquadrias.
Embasamento	Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização empregado com os mecanismos de transporte de água a que estão sujeitos	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação de nível de piso acabado em relação a nível da camada impermeável	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação da ausência de continuidade de meios de percolação de umidade.	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação de interferência entre nível de piso de jardins e áreas permeáveis em relação a nível da camada impermeável	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação. Nota-se necessidade de projeção de sistemas de impermeabilização para jardineiras suspensas
Piscinas e Reservatórios	Verificação de detalhe de impermeabilização entre tubulação e camada impermeável	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
	Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização adotado e sentido de percolação de água (pressão positiva ou negativa)	Requer informação do projeto de impermeabilização para avaliação.
Pisos	Verificação da interferência entre nível de piso e lençol	Requer informação do projeto de impermeabilização e sondagem para avaliação.

		freático. Julgar necessidade de rede de drenagem.	
		Verificação de necessidade de impermeabilização contra ascensão de umidade por subpressão (pressão negativa)	Requer informação do projeto de impermeabilização e sondagem para avaliação.
Paredes e Fachadas	Paredes com revestimento aderido	Verificação de necessidade de impermeabilização do substrato	Requer informação do revestimento aderido a ser utilizado para avaliação. Necessária revisão no projeto arquitetônico para inclusão de tal informação.
		Verificação da necessidade de impermeabilização hidrorrepelente em revestimento aderido	Requer informação do revestimento aderido a ser utilizado para avaliação. Necessária revisão no projeto arquitetônico para inclusão de tal informação.
		Verificação da vedação entre juntas de peças, visando impedir a ocorrência de eflorescências e também a proteção do substrato.	Requer informação do revestimento aderido a ser utilizado para avaliação. Necessária revisão no projeto arquitetônico para inclusão de tal informação.
	Paredes com pintura	Verificação da presença de fissuras e trincas a serem tratadas	Requer verificação in loco pós execução do reboco e cura do mesmo para avaliação.
		Verificação da escolha do material de pintura e sua compatibilidade com o ambiente de aplicação	Requer informação do material de pintura a ser utilizado para avaliação. Necessária revisão no projeto arquitetônico para inclusão de tal informação.

Identificou-se que algumas das diretrizes são informações as quais devem estar em um projeto de impermeabilização e não em um projeto arquitetônico executivo. Todavia, em contrapartida, percebe-se a ausência de informações necessárias para a análise e que poderiam estar presentes no projeto a qual se teve acesso, constatando-se assim uma deficiência no projeto quanto à diretrizes para estanqueidade. Tais como: definições de revestimento aplicados a serem utilizados nas fachadas e níveis de lençol freático. Desta forma, se faz necessária uma reavaliação perante o gerente de projetos do objeto em questão quanto a revisões no projeto arquitetônico e elaboração de projetos complementares.

No que se refere a avaliação da ferramenta de estudo utilizada, as diretrizes para estanqueidade elaboradas neste trabalho, permite-se concluir algumas considerações quanto a sua funcionalidade. Percebeu-se durante o estudo de caso que as diretrizes são úteis para evidenciar ao gerente de projetos quais informações e definições projetuais se fazem necessárias, como: necessidade de definição de sistema de drenagem em muros de arrimos e definição de níveis executivos de elementos de piso e embasamento. Evidenciou-se

também que o produto desenvolvido pode ser útil para salientar ao gerente de projetos quanto a quais definições o projeto em estudo se encontra carente de revisões e adições de detalhes projetuais.

Percebeu-se também que a ferramenta em avaliação se constata como útil para auxiliar no processo de compreensão, perante o responsável pela execução, das ações de mecanismo de transporte de água a quais a edificação a qual se executará estará submetida. Fato este que colabora para a atenção deste profissional durante o processo executivo quanto as diretrizes que envolve a execução propriamente dita.

Outro benefício do uso das diretrizes de estanqueidade elaboradas neste trabalho é a chamativa, frente ao responsável pelo projeto, a confirmação e reavaliação dos sistemas de impermeabilização determinados; de modo a instruir uma segunda avaliação, colaborando assim para a assertividade do sistema a ser empregado.

A partir do estudo de caso permitiu-se interpretar que a elaboração de diretrizes que abordem as formas de garantia a estanqueidade com ações mais relacionadas a questões executivas, e não projetuais, seriam de considerável ajuda para com o desempenho de edificações. Tal fato se dá uma vez que a qualidade e atendimento à estanqueidade somente no âmbito projetual não se consagra como eficaz. Ou seja, diretrizes possíveis de serem verificadas durante o processo executivo também se confirmariam como benéficas para o desempenho.

7. CONCLUSÃO

Ao findar este trabalho, apresentam-se as principais considerações sobre o processo de desenvolvimento de diretrizes de estanqueidade e a aplicação de tais estratégias em um projeto residencial, traçando assim algumas conclusões da pesquisa como um todo.

A partir da análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que a verificação e planejamento sobre a estanqueidade é um processo o qual tem seu início na fase de projeto e não necessariamente somente durante o processo de escolha de materiais. Uma vez que muitas das diretrizes de estanqueidade englobam estratégias que não estão relacionadas ao sistema empregado.

Em relação ao desenvolvimento do protocolo de estanqueidade, nota-se que a ausência de parâmetros numéricos e limites normativos para sistemas construtivos em geral acarreta uma dificuldade na separação entre estratégias que são estritamente de “costume construtivo” daquelas que são normativas e científicas. Tal fato se dá, pois, a partir da carência de tais parâmetros, cria-se uma dúvida quanto a quais estratégias são fundadas por embasamento teórico e quais não são, ainda que estas sejam positivas quanto a garantia da estanqueidade.

Além disso, outra dificuldade encontrada no desenvolvimento das diretrizes é relativa ao processo de divisão da análise em sistemas e grupos da edificação. Uma vez que determinados elementos pertencem a diversos sistemas, a classificação única de cada um se confirma como um obstáculo. Todavia, é evidente que a forma como o guia foi elaborado permitiu – de maneira geral – contemplar a avaliação de um projeto “por inteiro”, ou seja, se confirmou como claro e objetivo sem, no entanto, ser incompleto.

Em relação aos resultados obtidos a partir da realização do estudo de caso, permitiu-se concluir as qualidades, funcionalidades e desafios da ferramenta. Pode-se ressaltar, inicialmente, o auxílio que o guia presta no processo de compreensão dos mecanismos de transporte de água aos quais a edificação é submetida. Tal fato é positivo para a dispersão de atenção e definição de estratégias que venham a combater este fenômeno.

Não somente, o guia se confirma como uma ferramenta passível de utilização no processo de desenvolvimento do projeto e como utensílio durante a gestão dos projetos complementares. Desta forma, o produto elaborado se constata como um instrumento para a verificação de estratégias sobre estanqueidade. Se confirmando assim como uma ferramenta de diagnóstico e não de solução para estanqueidade.

Em relação ao projeto analisado durante o estudo de caso, foram notadas situações em que a incompletude e ausência de informações impedem a análise de atendimento ou não quanto as diretrizes de estanqueidade. Ausência esta a qual pode ser devido à falta de um projeto de impermeabilização ou ainda informações ausentes no projeto arquitetônico. Desta forma, embora não se confirme possível a classificação de atendimento ou não quanto à estanqueidade, a ferramenta permite e auxilia no processo de verificação de quais informações estão ausentes e evidencia tal fato ao gestor de projetos. Verifica-se, assim que a responsabilidade quanto a garantia de estanqueidade é uma tarefa tanto do responsável pela execução, quanto também do responsável pelo projeto. Ou seja, ambos são corresponsáveis pelo atendimento do critério de desempenho.

É evidente, portanto, que a estanqueidade é um requisito de desempenho o qual: é carente de parâmetros normativos, requer atenção desde a fase de projeto arquitetônico e envolve diferentes sistemas e grupos em uma edificação (os quais comumente interagem entre si). E o guia de verificação quanto a estanqueidade desenvolvido neste trabalho se torna útil para diagnósticos e evidenciação de revisões de projetos necessárias, todavia não abrange questões estritamente executivas. Desta forma, pode-se sugerir como estudos futuros a pesquisa e desenvolvimento de estratégias que envolvam questões executivas e que contribuam para a garantia a estanqueidade em edificações, buscando assim, ser uma ferramenta que realize não somente o diagnóstico, mas também apresente soluções.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575: Impermeabilização - Seleção**. ABNT, 2010.

FEILDEN, Bernard. **Conservation of historic buildings**. 3 ed. Routledge, 2007.

IBI. **Guia de Aplicação da Norma de Desempenho para Impermeabilização**. 2018.

JESUS, Franciele Burato Teixeira de. **Locais com maior incidência de falhas de impermeabilização em edifícios residenciais na cidade de Criciúma/SC**. 2015.

KLÜPPEL, Griselda Pinheiro; SANTANA, MC de. Manual de conservação preventiva para edificações. **Brasília: Programa Monumenta/IPHAN**, 2005.

LIMA, Jorge Luiz de Aquino; PASSOS, Francisco Uchoa; COSTA, Dayana Bastos. **Processo integrado de projeto, aquisição e execução de sistemas de impermeabilização em edifícios residenciais**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 59–77, 2013.

MORAES, Claudio Roberto Klein De. **Impermeabilização em lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, RS, 2002.

NAPPI, Sergio Castello Branco. **Uma solução alternativa para prorrogação da vida útil dos rebocos com salinidade em edifícios históricos**. 2002. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NAPPI, Sérgio Castello Branco. **Umidade em paredes**. Florianópolis, Santa Catarina, 1996.

POLISSENI, Antônio Eduardo. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede - Método cachimbo**. 1986. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189626/000011940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 maio 2022.

QUERUZ, Francisco. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga. 2007.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções - Análise de casos.** 2009. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL, Santa Maria, RS, 2009.

RODRIGUES, Renato Moura; JÚNIOR, Antônio da Silva Sobrinho; LIMA, Evelyne Emanuelle Pereira. **Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil.** *InterScientia*, v. 4, 2016.

SILVA, Roni Alisson; VIEIRA, Rogério Borges; OLIVEIRA, Douglas Ribeiro. **Eficiência de aditivo cristalizante e impermeabilização negativa por pintura asfáltica e polimérica em revestimentos argamassados de alvenaria cerâmica.** *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2020.

SOARES, Felipe Flores. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** Rio de Janeiro, RJ. 2014.

APÊNDICIE A

ANEXO A

DIRETRIZES PARA

ESTANQUEIDADE

BRUNO SILVA QUEIROZ

PROF. ORIENTADOR: MARIA CLÁUDIA SALOMÃO



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

UBERLÂNDIA - MG

AGOSTO 2022

DIRETRIZES



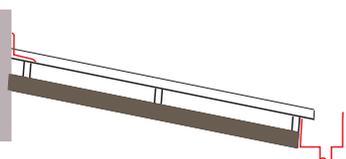
COBERTURAS

Entende-se por cobertura como sendo um componente de uma edificação o qual sua função é garantir a estanqueidade a água de chuva e proteção a demais intempéries capazes de causar danos e deterioração aos demais sistemas da edificação¹. Como forma de garantir o desempenho, deve-se compreender a quais solicitações e mecanismos de transporte de umidade coberturas estão sujeitas. Pode-se citar o transporte de umidade por ação de forças externas como sendo o principal fator atuante em tais sistemas. Desta forma, é fundamental que tal elemento atenda requisitos básicos em relação a seus objetivos.

Tem-se como critérios para os sistemas de coberturas a condição de que não podem ser apresentados em tal: Escorrimento, gotejamento ou gotas de água aderente; penetração e infiltração de água e incapacidade de drenagem.

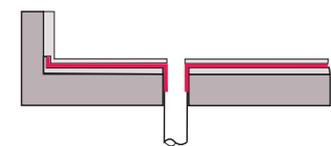
Desta forma, pode-se citar diretrizes para garantir a estanqueidade dos sistemas de coberturas, sejam eles telhados, lajes impermeabilizadas e componentes como pingadeiras.

TELHADOS



- Verificação da inclinação das telhas
- Verificação do dimensionamento e capacidade dos condutores horizontais (Calhas)
- Verificação da vedação entre rufos e paredes
- Verificação do posicionamento de parafusos

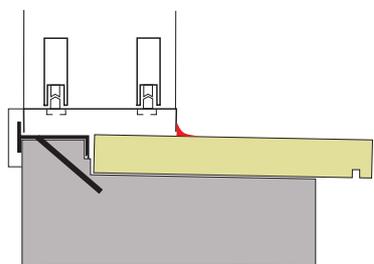
LAJES IMPERMEABILIZADAS



- Verificação da compatibilidade entre sistema empregado e tráfego do ambiente
- Verificação da interação entre a camada impermeável e condutores de água pluvial
- Verificação do avanço vertical da camada impermeável nos limites da laje
- Verificação da compatibilidade do sistema empregado com o grau de movimentação da base
- Verificação do abaulamento de cantos
- Verificação da vedação entre impermeabilização e passagens de tubulações dos demais sistemas (Elétrico, hidráulico, ar condicionado e/ou exaustão)
- Verificação do caimento na camada impermeável



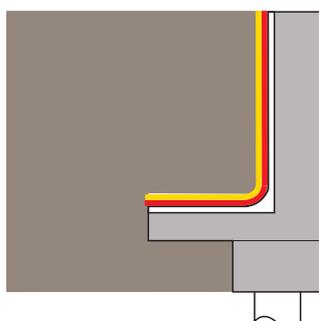
PINGADEIRAS



- Verificação da vedação em juntas de chapas ou pedras
- Verificação do avanço do elemento pingadeira frente a face vertical da parede em que se instala
- Verificação do caimento do elemento para o interior da cobertura

CONTENÇÕES

Estruturas que possuem a função de conter um volume de solo são denominadas contenções. Estas estruturas são comumente utilizadas em situações quando o projeto estabelece um pavimento em nível diferente do presente no terreno natural. Por ter uma de suas faces voltada ao material granular e passível de umidade (solo), se faz necessária a adoção de medidas que visam mitigar os efeitos e percolação da umidade por meio dessa estrutura. O mecanismo de transporte de umidade mais forte nessa situação é a ascensão por capilaridade e percolação por forças externas (empuxo). Desta forma, podem-se citar as seguintes diretrizes a serem atendidas para garantir a estanqueidade nestes elementos:



- Verificação do sistema de drenagem na face aterrada ou contida
- Verificação do da proteção mecânica sobre camada impermeável
- Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização e grau de movimentação da estrutura
- Verificar abaulamento de cantos
- Verificar fixação do sistema de impermeabilização

CASAS DE MÁQUINAS

Devido a necessidade da instalação de bombas de piscina abaixo do nível d'água da piscina, é comum a projeção de casas de máquinas em ambientes enterrados. Desta forma, deve-se atentar para possíveis formas de transporte de umidade nestes ambientes. De forma análoga a estruturas de contenções, podem-se citar diretrizes para garantia da estanqueidade nestes ambientes, como:

- Verificação da interferência entre nível de piso e lençol freático. Julgar necessidade de rede de drenagem.
- Verificação de sistema de esgotamento de água pluvial



ÁREAS MOLHADAS

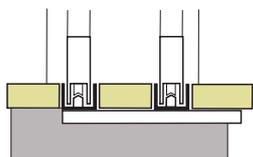
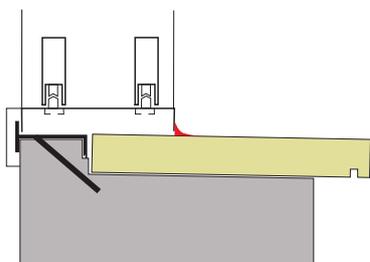
Pode-se identificar em edificações ambientes em que o uso de água pelo usuário é corriqueiro, como banheiros, cozinhas e lavanderias. Nestes ambientes, pode-se identificar a ação de diferentes mecanismos de transporte de água, como: Ascensão por capilaridade, percolação por forças externas e difusão de vapor. Desta forma, devem ser adotadas análises que permitam a garantia dos requisitos de estanqueidade nestes ambientes, como:

- Verificação do caimento da camada impermeável de piso
- Verificação da interação entre a camada impermeável e a tubulação de escoamento de água servida
- Verificação da condição de ventilação para impedir a proliferação de mofo e bolores
- Verificação de estanqueidade a percolação de água em paredes sujeitas a ação de respingos da água de banho
- Verificação da estanqueidade em nichos de alvenaria
- Verificação da extensão da camada impermeável em limites verticais do piso

ESQUADRIAS

Ao intuito de promover iluminação e ventilação natural, são empregados em edificações esquadrias, as quais são sistemas de vedação constituídos por perfis e chapas. Estes sistemas devem apresentar estanqueidade à percolação de água, uma vez que estão sujeitos a ação da água da chuva e demais intempéries. Desta forma, se faz importante a verificação de diretrizes que garantam tal qualidade, como:

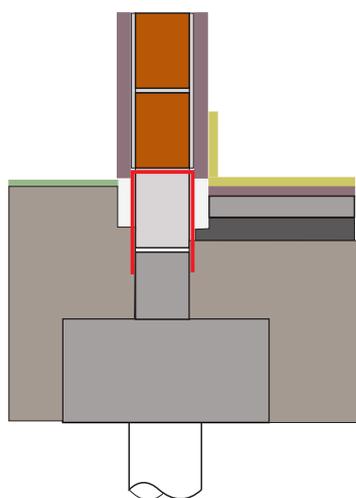
- Verificação da vedação na interação da esquadria com demais componentes (Alvenaria, peitoril e/ou piso)
- Verificação do sistema de drenagem de trilhos embutidos
- Verificação do desnível em portas de abrir e drenagem em portas de correr, de modo a garantir que a ação da água por forças externas não percole pelo sistema.





EMBASAMENTO

A forma mais comum de manifestação de umidade em edificações é oriunda da ascensão de umidade capilar em elementos de vedação. Desta forma, se faz importante a verificação de diretrizes para estanqueidade a serem seguidas para inibir o transporte de umidade do solo para o interior, por meio dos elementos de fundação e embasamento de uma edificação.



- Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização empregado com os mecanismos de transporte de água a que estão sujeitos
- Verificação de nível de piso acabado em relação a nível da camada impermeável
- Verificação da ausência de continuidade de meios de percolação de umidade.
- Verificação de interferência entre nível de piso de jardins e áreas permeáveis em relação a nível da camada impermeável

PISCINAS E RESERVATÓRIOS

Seja com propósito de lazer ou questões técnicas de sistemas hidrossanitários, piscinas e reservatórios são elementos que reservam um volume de água. Estes sistemas devem apresentar estanqueidade à percolação da água por pressão hidrostática, podendo ser positiva ou negativa (a depender se o elemento está enterrado ou não). Desta forma, se faz importante a verificação de diretrizes que garantam tal qualidade, como:

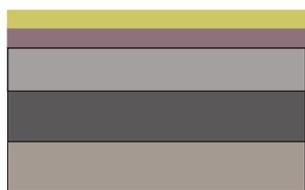


- Verificação de detalhe de impermeabilização entre tubulação e camada impermeável
- Verificação da compatibilidade entre sistema de impermeabilização adotado e sentido de percolação de água (pressão positiva ou negativa)



PISOS

Pisos são elementos em plano horizontal os quais definem os níveis da edificação. Por estar, a depender de seu nível, em contato direto ao solo, é um sistema suscetível aos mecanismos de transporte da água. Desta forma, pode-se citar algumas diretrizes a serem analisadas para a garantia do atendimento aos requisitos de desempenho quanto a estanqueidade:



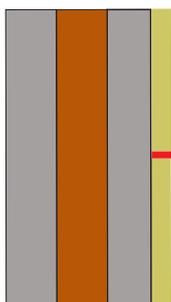
- Verificação da interferência entre nível de piso e lençol freático. Julgar necessidade de rede de drenagem.
- Verificação de necessidade de impermeabilização contra ascensão de umidade por sub-pressão (pressão negativa)

PAREDES E FACHADAS

As paredes voltadas a face externa de uma edificação são elementos que possuem função de vedação ou ainda de vedação e estrutural. Como parte da característica de vedação, este sistema deve apresentar estanqueidade a percolação da água. Por estar sujeito constantemente às ações do intemperismo, o principal meio de transporte a que este sistema está sujeito é a percolação de água por ações de forças externas. Desta forma, devem ser adotadas diretrizes que permitam a garantia de que tal requisito de desempenho venha a ser cumprido, como:

PAREDES COM REVESTIMENTO ADERIDO

Para sistemas em que se é aplicado um revestimento aderido a face de acabamento, devem ser tomadas as seguintes posturas:

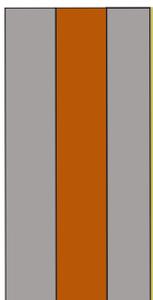


- Verificação de necessidade de impermeabilização do substrato
- Verificação da necessidade de impermeabilização hidro repelente em revestimento aderido
- Verificação da vedação entre juntas de peças, visando impedir a ocorrência de eflorescências e também a proteção do substrato.



PAREDES COM PINTURA

Já para sistemas em que se é aplicado uma camada de pintura, podem ser analisadas:



- Verificação da presença de fissuras e trincas a serem tratadas
- Verificação da escolha do material de pintura e sua compatibilidade com o ambiente de aplicação