

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDO SILVA MELO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ANÁLISE DE PROTÓTIPO DE VIGAS BALDRAME SUBMETIDO A  
AÇÃO AGRESSIVA DA ÁGUA**

CAMPO MOURÃO

2019

EDUARDO SILVA MELO

**ANÁLISE DE PROTÓTIPO DE VIGAS BALDRAME SUBMETIDO A  
AÇÃO AGRESSIVA DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Me. Roberto Widerski.

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso**  
**ANÁLISE DE PROTÓTIPO SUBMETIDO A AÇÃO AGRESSIVA DA ÁGUA**

por

**EDUARDO SILVA MELO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16h30min do dia 26 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Adalberto Luiz Rodrigues de  
Oliveira**  
( UTFPR )

**Prof. Dr. Luiz Becher**  
( UTFPR )

**Prof. Me. Roberto Widerski**  
(UTFPR)  
***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:  
**Prof. Dr(a). Paula Cristina de Souza**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por iluminar meu caminho em épocas difíceis.

A meus pais que sempre acreditaram em mim em todos os momentos da minha vida, especialmente naqueles em que tive dúvidas sobre a minha capacidade.

A meu orientador Roberto Widerski por auxiliar na minha formação e na execução desse TCC.

Ao Fábio Rodrigo Kruger, graduado em Tecnologia da Construção Civil pela UTFPR-CM hoje responsável pelo laboratório desta universidade, por todo o tempo e esforço empenhado a me ajudar.

A meus amigos por compartilharem dessa difícil jornada pelo curso, em especial a Gabriela Dutra que me incentivou e auxiliou na realização desse trabalho,

## RESUMO

Este trabalho teve como propósito comprovar as vantagens de realizar a impermeabilização na obra através de um estudo sobre a absorção de água por capilaridade em vigas baldrame. Para alcançá-lo, montaram-se protótipos do conjunto formado pela viga baldrame e a primeira fiada de tijolos, alguns permaneceram sem impermeabilização, alguns foram impermeabilizados apenas na viga baldrame e alguns receberam impermeabilização na viga baldrame e na argamassa da primeira fiada. Observou-se uma diferença não muito sutil entre as massas finais dos conjuntos com e sem impermeabilização. Essa informação comprovou a teoria inicial de que a viga baldrame absorve água por capilaridade e reafirma a importância de uma boa impermeabilização na obra.

**Palavras chave:** Impermeabilização. Viga Baldrame. Protótipo. Absorção.

## **ABSTRACT**

This paper's purpose was to prove the benefits of sealing structures on constructions through a study about water absorption and the capillary absorbency on foundations. For this experiment was built prototypes of the foundation and the first brick row, where some of them remained without sealing, some of them was sealed only on the foundation and some of them was sealed on the foundation and on the mortar of the first brick row. The difference of weight of the prototypes with and without sealing wasn't subtle. This information proved the initial theory of the foundation's property of absorption by capillarity and confirmed the relevance of a good sealing on building construction.

**Key words:** Sealing. Foundation. Prototype. Absorption.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Viga baldrame impermeabilizada .....	15
<b>Figura 2:</b> Impermeabilização Flexível X Impermeabilização Rígida. ....	16
<b>Figura 3:</b> Impermeabilização de Coberturas.....	19
<b>Figura 4:</b> Custos das etapas de uma Edificação em relação ao Custo Total da Obra. .....	21
<b>Figura 5:</b> Presença de Umidade devido à ausência de Ventilação. ....	23
<b>Figura 6:</b> Corrosão da Armadura de um Pilar Estrutural devido à Infiltração.....	26
<b>Figura 7:</b> Forma para a concretagem da viga baldrame.....	27
<b>Figura 8:</b> Produtos usados na impermeabilização.....	28
<b>Figura 9:</b> Vigas impermeabilizadas com NEUTROL.....	29
<b>Figura 10:</b> Amostras expostas à água.....	30
<b>Figura 11:</b> Viga baldrame sem impermeabilização após a exposição a água.....	32
<b>Figura 12 -</b> Falha na impermeabilização .....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Grupos e níveis de impermeabilização.....	29
<b>Tabela 2:</b> Comparativo entre peso seco e peso úmido.....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 DEFINIÇÕES: VIGA BALDRAME E IMPERMEABILIZAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
4.2.1 Viga Baldrame.....	13
4.2.2 Impermeabilização da Viga Baldrame .....	14
<b>4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPERMEABILIZANTES .....</b>	<b>15</b>
4.3.1 Impermeabilização Rígida e Impermeabilização Flexível .....	15
4.3.2 Circunstâncias da Aplicação da Impermeabilização .....	17
<b>4.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DE VIGAS BALDRAMES .....</b>	<b>19</b>
4.4.1 Mão de Obra .....	19
4.4.2 Tempo de Aplicação.....	20
4.4.3 Custos.....	20
<b>4.5 PRINCIPAIS CAUSAS DE INFILTRAÇÃO: COMO CORRIGIR.....</b>	<b>22</b>
4.5.1 Ausência de Ventilação .....	22
4.5.2 Falhas de Projeto .....	23
4.5.3 Erros de Execução .....	24
4.5.4 Vazamentos nas Tubulações .....	24
4.5.5 Aberturas no Concreto .....	25
4.5.6 Infiltração nas Armaduras.....	25
<b>5 METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>	<b>27</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>31</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Lima (2018), quando a impermeabilização é prevista em fase de projeto, representa de 1,5% a 2,0% do valor da obra. Caso ela esteja malfeita e precise ser refeita, esse custo pode subir para 4%. Segundo o Instituto brasileiro de Impermeabilização, pode chegar a até 25% do preço total da obra quando for realizada apenas depois de serem notados as falhas com infiltração em edificações já finalizadas.

Nesse cenário, constata-se a importância do desenvolvimento de pesquisas nessa área que pode ter um impacto tão significativo no orçamento de uma construção. A viga baldrame, sendo um elemento estrutural essencial, deve ser impermeabilizada da melhor maneira possível.

Para quantificar os efeitos positivos da correta impermeabilização da viga baldrame esse Trabalho de Conclusão de Curso tem o objetivo de aferir, por meio de ensaios, as mudanças ocorridas nos corpos de prova que irão simular a exposição de vigas baldrames à água.

Afim de obter os melhores resultados possíveis, foram confeccionados 3 tipos de protótipos com diferentes níveis de impermeabilização e que posteriormente foram expostos a água. Os resultados dispõem-se, nesse trabalho, através de tabelas e imagens para um melhor entendimento das conclusões obtidas pelo experimento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Investigar o efeito do processo de impermeabilização na absorção da água presente no solo pela viga baldrame e na ascensão por capilaridade no bloco cerâmico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar experimentalmente o desempenho da impermeabilização do conjunto de viga baldrame e alvenaria.
- Avaliar a quantidade de água absorvida pelo corpo de prova.
- Estudar o efeito da ascensão da água por capilaridade nos corpos de prova
- Verificar o desempenho dos produtos utilizados

### 3 JUSTIFICATIVA

Quando nos deparamos com o cenário atual da construção civil temos um mercado cada vez mais competitivo, poucos clientes dispostos a investir em um momento de instabilidade econômica e transição política, por esses motivos o padrão de qualidade exigido se torna cada vez mais alto tornando imprescindível o acompanhamento minucioso de todas as etapas da construção.

A construção civil vem avançando ao longo dos anos, seja em softwares para facilitar a compatibilização de projetos afim de reduzir o desperdício de insumos e tempo, quanto em materiais para reduzir o numero de patologias e aumentar a vida útil e salubridade do empreendimento. Uma etapa da construção civil que vem se beneficiando ao longo dos anos com esses avanços é a impermeabilização, tornando cada vez mais eficiente no combate a infiltrações provenientes de contatos indesejados com água.

O processo de impermeabilização é importante na prevenção e combate de patologias, porém mesmo sendo tão relevante esse processo, por muitas vezes é negligenciado danificando a edificação, causando desconforto aos ocupantes e em alguns casos interdição para reparos estruturais. A impermeabilização custa de 1% a 3% do custo total da obra representando um valor irrisório se comparado aos benefícios trazidos por sua eficácia.

Muitos estudos são elaborados para descobrir qual a melhor forma de fazer a impermeabilização e fazer um comparativo para entender as principais diferenças entre corpos de prova que foram impermeabilizados corretamente e os que não foram. Técnicas desenvolvidas através desses resultados ajudam a melhorar o desempenho das edificações e garantir que patologias sejam evitadas.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo estão apresentados os principais conceitos necessários para o desenvolvimento deste estudo.

### **4.1 ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES**

Soares (2014) explica que em locais muito úmidos, a conservação das construções é prejudicada devido à ação deteriorante da água que atua nos materiais por intemperismos físico e químico. Como a água atua de diferentes maneiras em uma construção, protegê-la contra a umidade é essencial para o prolongamento de sua vida útil e manutenção de uso. Ao saber como a água atua em determinado ambiente é mais fácil determinar qual o tipo de impermeabilização deve ser aplicado, já que uma mesma edificação pode sofrer variados tipos de atuação de fluidos.

A água, portanto, é um poderoso agente degradante e age com este intuito de forma direta ou indireta (quando serve de meio para a instalação de outros meios degradantes). Assim, a água é considerada um dos maiores geradores de patologias, seja agindo direta ou indiretamente (QUERUZ, 2007).

Como a água atua de diferentes formas, a umidade gerada por ela é classificada em diversos tipos. Alguns dos principais tipos de umidade existentes são:

- Umidade de Infiltração;
- Umidade Ascendente;
- Umidade por Condensação;
- Água por Pressão;
- Umidade de Obra;

### **4.2 DEFINIÇÕES: VIGA BALDRAME E IMPERMEABILIZAÇÃO**

Nesta seção serão apresentados os conceitos dos principais componentes deste trabalho: Viga Baldrame e Impermeabilização da Viga Baldrame.

#### **4.2.1 Viga Baldrame**

De acordo com Barros (2011), a viga baldrame é classificada como um dos diversos tipos de fundação. É empregada como um tipo de fundação rasa e econômica em terrenos firmes e em projetos de cargas pequenas. A viga baldrame consiste em uma viga sobre base elástica, construída em uma cava de pouca profundidade que suporta todas as cargas das paredes de uma construção. A viga baldrame transfere todas essas cargas ao solo.

Ertel (2016), explica que a viga baldrame é um tipo de elemento construtivo estrutural normalmente alocado abaixo do nível do solo. Pode ser constituída de concreto armado, concreto simples ou em blocos maciços. Em edificações de pequeno porte e de baixas cargas de solicitação são utilizadas como fundação, conforme a capacidade de resistência do solo.

Quando a viga baldrame é constituída de concreto armado e utilizada como fundação, é denominada Sapata Corrida. Além disso, por vezes, a viga baldrame tem a função de travar a estrutura ao “amarrar” os pilares e os blocos de fundação entre si. Em obras acabadas, as vigas baldrames são “invisíveis”, e quando não existem paredes sobre as mesmas, somente os pilares ficam aparentes no térreo (garagens).

#### 4.2.2 Impermeabilização da Viga Baldrame

Saber escolher qual o sistema de impermeabilização a ser implantado nas vigas baldrames é fundamental para evitar situações indesejáveis na fase de utilização. O surgimento de patologias é um destes fatores, e são denominadas “mofo de rodapé”, que nada mais é que o efeito da umidade do solo agindo por ascensão capilar e se revelando nas superfícies das alvenarias. Este tipo de patologia costuma ocasionar desconforto visual e danos a saúde, além de depreciação do patrimônio dentre outras perdas (BARROS, 2011).

Na Figura 01 é possível observar a representação da etapa construtiva de impermeabilização da viga baldrame.

**Figura 1:** Viga baldrame impermeabilizada



**Fonte:** Canal do Engenheiro (2018).

### **4.3 CLASSIFICAÇÃO DOS IMPERMEABILIZANTES**

Basicamente, os tipos de impermeabilização existentes se dividem em dois grandes grupos: Impermeabilização rígida e impermeabilização flexível. Nesta seção serão abordadas algumas das definições desses tipos de impermeabilização e as vantagens e desvantagens atuais da aplicação da impermeabilização.

#### **4.3.1 Impermeabilização Rígida e Impermeabilização Flexível**

A impermeabilização rígida, conforme prescreve a NBR 9575/2003, é o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeitas à fissuração. Isso significa que os impermeabilizantes rígidos não apresentam nenhum tipo de trabalhabilidade, o que leva a exclusão de áreas expostas a grandes variações de temperatura. Ou seja, deve ser aplicada em elementos construtivos que não se movimentem (ação da temperatura e da trabalhabilidade). A impermeabilização rígida aborda os seguintes tipos de materiais em sua composição:

- Argamassa polimérica;
- Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo;
- Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida;
- Cristalizantes.

Venturini (2007) determina que a impermeabilização flexível é aplicável em partes construtivas sujeitas à fissuração. Além disso, este tipo de impermeabilização pode ser pré-fabricado (mantas) ou moldado no local (membranas).

O autor aponta que, dependendo do local a ser impermeabilizado, as membranas são mais vantajosas que as mantas devido a não apresentarem emendas, mas exigem rigoroso controle da espessura, já que esta depende da quantidade de produto aplicado por metro quadrado. Alguns tipos de materiais empregados na impermeabilização flexível estão descritos a seguir:

- Manta de PVC;
- Mantas Asfálticas;
- Membrana de polímero modificado com cimento;
- Membranas asfálticas;
- Membrana acrílica;

Na Figura 02 é possível observar a representação dos dois tipos de impermeabilização acima descritos: Impermeabilização rígida e flexível. O exemplo de impermeabilização flexível representada é a manta asfáltica, enquanto que a impermeabilização rígida apresentada é a manta líquida (membrana).

**Figura 2:** Impermeabilização Flexível X Impermeabilização Rígida.



**Fonte:** Adaptado pelo Autor de Casimper e Advance (2018).

#### 4.3.2 Circunstâncias da Aplicação da Impermeabilização

Rodrigues e Mendes (2017), explicam que a escolha do tipo de impermeabilização é feita conforme as circunstâncias em que a mesma será empregada, já que cada produto tem uma função específica.

Cunha e Neumann (1979) apontam que os principais pontos que necessitam de impermeabilização são: Telhados e coberturas planas; Terraços e áreas descobertas; Calhas de escoamento das águas pluviais; Caixas d'água, piscinas e tubulações hidráulicas; Pisos molhados, como banheiros e áreas de serviço; Paredes pelas quais a água escorre e recebem chuva de vento, jardineira e jardineira de fachadas; Esquadrias e peitoris das janelas; Soleiras de portas que abrem para fora; Água contida no terreno, que sobe por capilaridade, ou infiltra em solos, abaixo do nível freático.

O autor Salgado (2009) aborda os principais e mais comuns problemas encontrados quando há a eminência da água nas edificações e que precisam ser solucionados por meio de sistemas de impermeabilização. São eles: Presença de umidade nas estruturas executadas ao nível do solo; Presença de umidade nas paredes perto do piso; Vazamento de água em lajes; Vazamento de água em caixas-d'água; Vazamento de água em piscinas; Umidade em pisos.

#### 4.3.3 Vantagens e Desvantagens da Aplicação da Impermeabilização

Rodrigues e Mendes (2017) explicam que para obter vantagens em relação à utilização de impermeabilizantes, é necessário implantar a mesma corretamente e completamente. Além disso, o sistema a ser implantado deve ser escolhido de acordo com as necessidades apresentadas.

O número de produtos impermeabilizantes está crescendo cada dia mais no mercado da construção civil. Este fator permite uma gama maior de alternativas e soluções para cada caso em específico. Além disso, permite que a impermeabilização apareça em diversas etapas em uma mesma obra. Portanto, uma construção corretamente impermeabilizada favorece a estética e a segurança da edificação, devido a bloquear o surgimento de problemas com infiltração (RODRIGUES E MENDES, 2017).

Ao citar as desvantagens da implantação da impermeabilização, vale ressaltar que a sua execução é imprescindível e garante maior longevidade da edificação devido a proporcionar o bloqueio da degradação ocasionada pela presença da umidade em suas diversas formas.

Todas as desvantagens que a impermeabilização possui devem ser encaradas como dificuldades e não justificam a ausência da implantação da mesma, já que os benefícios que a mesma proporciona são consideravelmente maiores que as dificuldades de sua implantação.

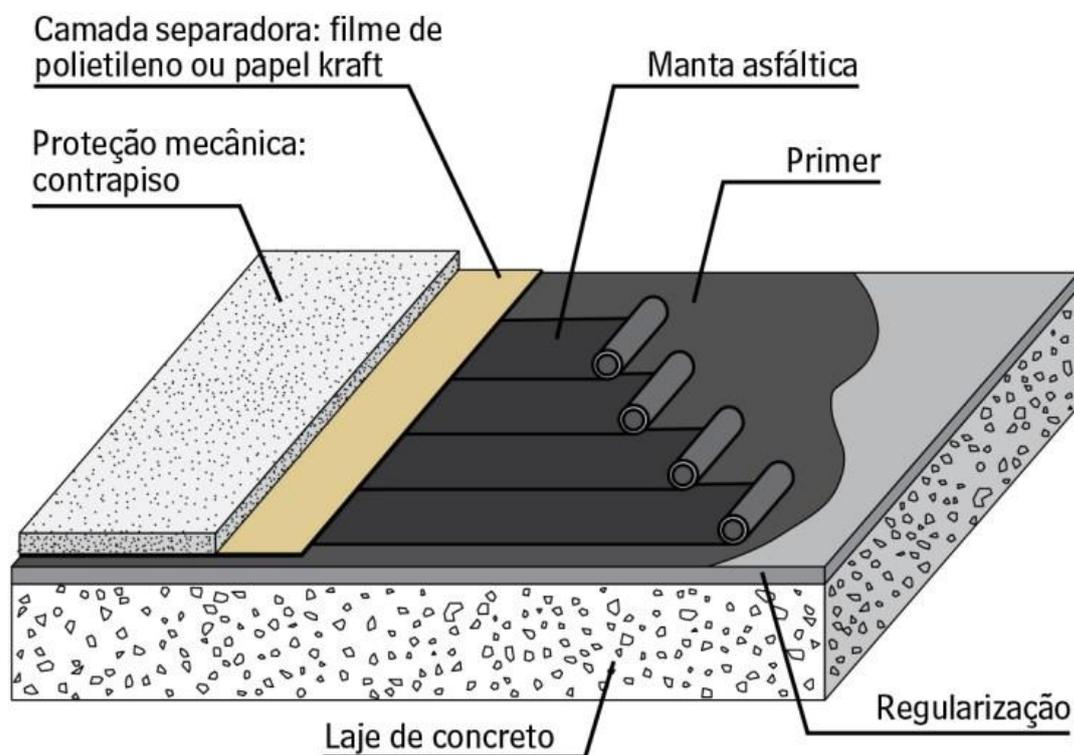
Rodrigues e Mendes (2017), explicam que o principal empecilho que a impermeabilização embute é a necessidade de mão de obra especializada. Vale ressaltar que atualmente, a escassez de oferta de cursos profissionalizantes é evidente no Brasil e que a pouca mão de obra que existe foi qualificada por meio de experiência (vivência em obras).

As mantas asfálticas são um dos casos mais específicos e mais utilizados na impermeabilização. Necessitam de equipamentos próprios para execução e segurança. Para sua implantação é necessário consultar o fornecedor do material (já que existe um tipo de produto específico para cada situação) e contratar mão de obra especializada na execução destes serviços.

Além disso, ao impermeabilizar coberturas, é necessário um cuidado especial para que as mesmas não sejam danificadas, tomando todo cuidado ao ser necessário realizar a implantação de antenas, grades, tubos de ventilação, etc e evitando perfurar a membrana ou manta impermeabilizante. Vale ressaltar que todos os cuidados para não danificar as camadas de impermeabilização após aplicação devem ser tomados, para garantir a estanqueidade, principal motivo para se impermeabilizar ambientes (RODRIGUES E MENDES, 2017).

Na Figura 03 é possível observar a representação das camadas necessárias para realizar a impermeabilização de uma cobertura. Na ordem, é possível observar que após a laje de concreto existe a camada de regularização que serve para nivelar possíveis irregularidades na mesma. Acima dela é aplicado o primer, seguido da manta asfáltica, da camada separadora e finalmente a proteção mecânica (contra piso).

**Figura 3:** Impermeabilização de Coberturas.



**Fonte:** Ativos Engenharia (2018).

#### 4.4 IMPERMEABILIZAÇÃO DE VIGAS BALDRAMES

Como o foco principal do desenvolvimento desta pesquisa é o estudo do desempenho da impermeabilização em vigas baldrame, nesta seção estão apresentados alguns pontos cruciais relacionados à mão de obra necessária, ao tempo de aplicação e aos custos gerados.

##### 4.4.1 Mão de Obra

Infelizmente é notória a escassez de mão de obra qualificada no ramo da impermeabilização no Brasil, e a mão de obra existente obteve e continua obtendo qualificação por meio da prática dentro deste ramo. Falta oferta de cursos de especialização e profissionalizantes de impermeabilização. Esse déficit existe devido a cultura das pessoas leigas muitas vezes enxergarem a impermeabilização como um “gasto desnecessário” e que pode ser evitado e não como um investimento que acarreta em prolongamento da vida útil das edificações.

Primeiramente, de acordo com Rodrigues e Mendes (2017), para implantação da impermeabilização é necessário o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual) por parte da mão de obra qualificada, além do uso correto das ferramentas necessárias (como o maçarico para a manta impermeabilizante).

Alguns exemplos de ferramentas utilizadas na aplicação da impermeabilização são: Trinchas, desempenadeiras, maçarico, rolo para pintura, vassoura, colher de pedreiro (RODRIGUES E MENDES, 2017).

#### 4.4.2 Tempo de Aplicação

Rodrigues e Mendes (2017), apontam que o tempo de aplicação da impermeabilização varia conforme o sistema de impermeabilização e os produtos aplicados. Também é importante verificar as informações dos fabricantes, já que existem produtos que levam até dois dias para total aplicação, conforme a necessidade de demãos e espera para secagem.

Além disso, é importante ressaltar que o tempo de aplicação da impermeabilização vai variar conforme o sistema escolhido, o local a ser impermeabilizado, a quantidade de mão de obra qualificada disponibilizada, a qualidade do projeto de impermeabilização, as condições climáticas e o tipo de produto escolhido.

#### 4.4.3 Custos

Atualmente, muitas pessoas ainda encaram os custos gerados com a impermeabilização em uma obra como um gasto desnecessário que pode ser evitado. No entanto, conforme poderá ser assimilado a seguir, esses custos são relativamente baixos e promovem um prolongamento da vida útil da estrutura devido a protegerem a edificação contra a ação deteriorante da água transformada em umidade.

Apolinário (2013) explica que dentre os custos gerados com a impermeabilização de uma obra, compreende-se os custos com impermeabilização da fundação, da infraestrutura, dos boxes de banheiro e da laje da caixa d'água. As instruções normativas brasileiras exigem que seja feita a previsão destes custos para que determinado financiamento possa ser aprovado. São as planilhas de memoriais descritivos e os cadernos de especificações técnicas que abordam os quantitativos,

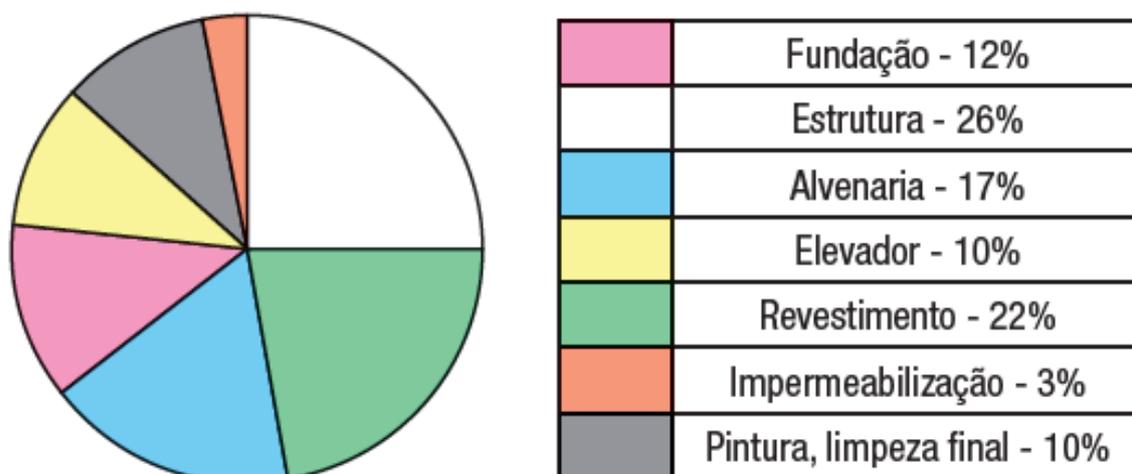
as especificações de materiais a serem adotados, um orçamento sintético e um analítico e um cronograma.

Uma das etapas englobadas em toda a impermeabilização de determinada estrutura é a impermeabilização das vigas baldrame, principal estudo presente no desenvolvimento deste trabalho. Apolinário (2013) descreve que de acordo com o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), as edificações unifamiliares residenciais tem um custo médio aproximado de 0,10% com impermeabilização das fundações (geralmente vigas baldrame) em relação ao custo total da obra. Ou seja, estimando que o custo aproximado de uma obra de oitenta metros quadrados seja de R\$ 76.148,00, o gasto com a impermeabilização da infraestrutura em contato com o solo equivale a R\$ 159,91, usando o CUB (Custo Unitário Básico) como referencia.

Portanto, diante do que foi exposto, têm-se que os custos gerados com a impermeabilização da fundação, especificamente das faces expostas ao solo, é consideravelmente reduzido, no entanto é uma das etapas mais importantes da obra porque evita danos futuros que demandam custos muito maiores na execução de reparos de patologias ocasionadas por impermeabilizações de vigas baldrame mal executadas ou até mesmo devido à ausência desse tipo de impermeabilização.

Na Figura 04 é possível observar a representação da média dos custos gerados com cada etapa de uma edificação.

**Figura 4:** Custos das etapas de uma Edificação em relação ao Custo Total da Obra.



**Fonte:** Vedacit (2010).

Conforme observado, os custos relacionados à impermeabilização são de, em média, 3% do custo total da obra, custo relativamente baixo considerando a importância e essencialidade desta etapa.

#### **4.5 PRINCIPAIS CAUSAS DE INFILTRAÇÃO: COMO CORRIGIR**

A NBR 9575 de 2010 define que infiltração é a penetração indesejável de fluidos na construção.

Conforme os elementos construtivos presentes em uma edificação, a água se manifesta de determinada forma, geralmente como umidade. A água age como fator deteriorante e acaba por reduzir a vida útil da edificação. É necessário, portanto, tomar alguns cuidados prévios quando patologias de infiltração são identificadas. A seguir estão contempladas algumas causas do surgimento da infiltração e quais medidas devem ser adotadas para corrigi-las.

##### **4.5.1 Ausência de Ventilação**

De acordo com o manual técnico da Vedacit (2010), a ausência de ventilação adequada em determinado ambiente ocasiona a infiltração gerada por condensação. Isto ocorre porque a circulação do ar é o principal fator necessário para tornar os ambientes salubres, impedindo a proliferação do mofo. Este tipo de infiltração não é resolvido apenas com sistemas de impermeabilização, já que esta é solucionada apenas pela ação da ventilação no ambiente. Vale ressaltar também, que a presença de umidade nas residências, além de desconforto, acarreta doenças respiratórias aos usuários.

Na Figura 05 é possível observar a representação da eminência de umidade devido à falta de ventilação. Este tipo de umidade é popularmente conhecido como mofo.

**Figura 5:** Presença de Umidade devido à ausência de Ventilação.



**Fonte:** Projetos Habitissimo (2018).

#### 4.5.2 Falhas de Projeto

O autor Porciúncula (2013) explica que a impermeabilização é um processo que necessita de um preciso planejamento de qualidade, que se inicia pelo estudo do terreno, analisando suas características geomorfológicas e químicas, assim como o que compõe o seu entorno. Além disso, é necessário verificar a situação do sistema de drenagem presente no local. Também é essencial compreender os projetos arquitetônicos e todos os demais que compõem a obra, de modo a tentar compatibilizar as indicações dos sistemas de impermeabilização e os sistemas construtivos adotados.

Rodrigues e Mendes (2017), dizem que os projetos de impermeabilização são essenciais para garantir e gerar uma boa execução da implantação destes sistemas. A ausência ou deficiência destes projetos acarretam problemas que podem ser difíceis de serem solucionados e conseqüentemente geram prejuízos. A escolha errada de um sistema de impermeabilização a ser implantado em determinado ambiente acarreta em déficits nas especificações de aplicação, ausência de detalhes que antecedem a execução e descumprimento das normas de impermeabilização.

#### 4.5.3 Erros de Execução

Não é porque determinada edificação possui sistemas de impermeabilização em todas as etapas necessárias que a estrutura estará protegida pela ação deteriorante da umidade. Além de possuir prazo de validade, esses sistemas, quando executados incorretamente, permitem que a água deteriore a estrutura.

Os erros de execução dos sistemas impermeabilizantes acontecem por diversos fatores. Alguns desses fatores são a ausência de fiscalização e a escassez de mão de obra especializada para executar estes serviços. Além disso, a alteração de algo especificado em projeto dentro da obra sem consultar o projetista, na maioria das vezes gera falhas comprometedoras nos sistemas de impermeabilização. Finalmente, também é necessário um controle de qualidade neste processo, já que o mesmo deve ser extremamente rigoroso para que não acarrete em falhas futuras (RODRIGUES E MENDES, 2017).

#### 4.5.4 Vazamentos nas Tubulações

Rodrigues e Mendes (2017) explicam que os vazamentos existentes nas tubulações são problemas difíceis de solucionar, geralmente porque ocorrem dentro das paredes de banheiros e cozinhas e porque possuem constante passagem de água fria. Estes vazamentos geralmente ocorrem devido aos seguintes fatores:

- Perfuração externa (nas paredes onde passa a tubulação);
- Encaixes da tubulação mal executados;
- Colas mal aplicadas nos encaixes das tubulações.

Além destes fatores causadores de vazamentos, também ocorrem falhas nos sistemas de captação de água, geralmente devido aos tipos de calhas e aos produtos empregados para vedá-las. Ainda, os tubos de queda também são geradores de vazamentos quando seus arremates não são corretamente executados.

Finalmente, os pisos que conduzem as águas da chuva também podem se tornar geradores de infiltrações quando não apresentam inclinação mínima e acabam por ocasionar o acúmulo indevido de água.

#### 4.5.5 Aberturas no Concreto

As estruturas constituídas de concreto são grandes geradoras de infiltrações, pois o concreto corrói as armaduras, o que compromete a segurança da estrutura. A principal causa das infiltrações no concreto é a falha na existência do cobrimento mínimo das armaduras (camada de concreto sobre as armaduras) e as falhas de concretagem como fôrmas adequadas, lançamento do concreto, adensamento e cura do mesmo.

Além disso, o déficit na fiscalização e no comando das equipes associados à baixa qualidade da capacitação profissional do engenheiro e do mestre de obras levam a erros graves na realização das atividades de implantação da obra, escoramento, execução das fôrmas, posicionamento, aferição da qualidade das armaduras e do concreto (RODRIGUES E MENDES, 2017).

#### 4.5.6 Infiltração nas Armaduras

Cunha e Neumann (1979) afirmam que geralmente, estruturas de concreto armado antigas (com mais de 30 anos) expostas às umidades do ambiente apresentam início ou moderado processo de deterioração de suas armaduras.

A corrosão das armaduras de uma edificação é classificada como um processo eletroquímico, enquanto que a corrosão do concreto é um processo puramente químico que ocorre devido a reação da pasta de cimento com elementos químicos, ocasionando a formação de compostos expansivos ou a dissolução do ligante. Ainda, um fator relevante que deteriora o concreto é a carbonatação, que é ocasionada pela ação dissolvente do gás carbônico presente na atmosfera sobre o cimento hidratado. Isso faz com que se forme carbonato de cálcio, o que torna o concreto mais ácido, chegando a valores de pH inferiores a 9 (SOUZA E RIPPER, 1998).

Na Figura 06 é possível observar um caso de infiltração nas armaduras do edifício residencial Padre Aloísio Jacob de Engenheiro Beltrão. Observa-se a corrosão das armaduras devido a irregularidades na execução do cobrimento da armadura. Neste caso a armadura, em contato com o gesso, ficou ainda mais sujeita à ação da umidade e sofreu corrosão.

**Figura 6:** Corrosão da Armadura de um Pilar Estrutural devido à Infiltração.



**Fonte:** Imagem disponibilizada pela Engenheira Civil Sabrina Aguiar (2018).

## 5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Os métodos para a concepção deste trabalho foram elaborados visando obter os melhores resultados possíveis no estudo dos efeitos da impermeabilização da viga baldrame e da argamassa em edifícios, com os métodos mais próximos dos reais utilizados em canteiros de obras.

Preliminarmente definiu-se as proporções dos materiais a serem utilizados para fabricar o concreto com resistência média esperada de 25 MPa, onde as proporções eram 1:2:3 (cimento, areia e brita), com um fator água/cimento de 0,55. O cimento utilizado foi o CP II -Z da marca Votoran, doado pelo Comercial Ivaiporã.

O agregado miúdo utilizado foi areia de rio lavada disponível na UTFPR. O ensaio granulométrico realizado determinou que o material poderia ser classificado como areia fina. O agregado graúdo de origem basáltica também foi cedido pela UTFPR, e após os ensaios de granulometria foi classificado como Brita 1.

As dimensões das vigas foram definidas levando em conta a quantidade de material disponível, armazenamento e transporte. Estipulou-se que elas teriam 10 cm x 10 cm x 40 cm. Essa geometria permitiu que fossem assentados dois blocos cerâmicos classe 10 (9 cm x 14 cm x 19 cm) horizontalmente, com a finalidade de simular a primeira fiada de blocos de uma situação real.

**Figura 7:** Forma para a concretagem da viga baldrame.



**Fonte:** Imagem de autoria própria

A deliberação dos produtos impermeabilizantes foi baseada na popularidade dos mesmos. Tendo em vista que pretendia-se simular a situação mais real possível, foi questionado alguns profissionais que atuam na área de construção civil, como engenheiro civis e arquitetos, qual seria o produto mais utilizado para impermeabilização da viga baldrame e da argamassa em edificações.

O resultado dessa breve pesquisa concluiu que seria utilizado o impermeabilizante NEUTROL da marca VEDACIT nas vigas baldrame e o impermeabilizante VEDALIT também da marca VEDACIT na argamassa. A aplicação foi feita de acordo com as recomendações do fabricante.

**Figura 8:** Produtos usados na impermeabilização.



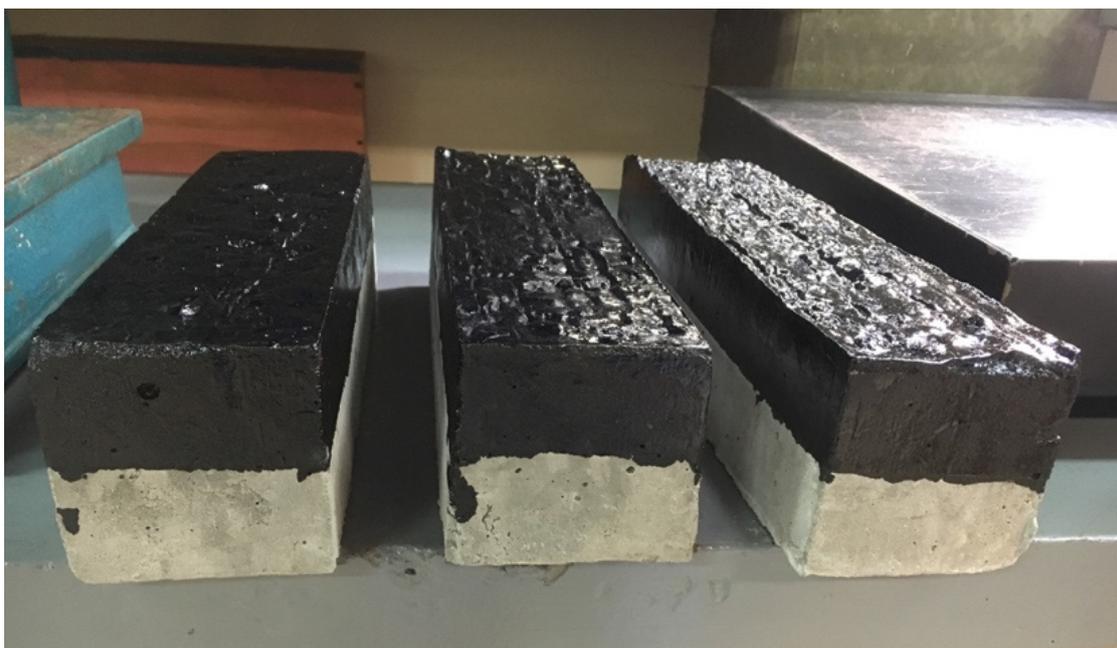
**Fonte:** Vedacit. (2010).

O processo de confecção dos corpos de prova foi iniciado pela concretagem das amostras. O concreto foi colocado nas formas e em seguida adensado por meio de mesa vibratória a fim de evitar o surgimento de vazios de concretagem, aumentar o nível de aderência e densidade tornando o concreto mais impermeável. Após a concretagem, as vigas foram imersas em água por um período de 14 dias com o objetivo de otimizar o processo de cura.

Posteriormente as amostras foram divididas em três grupos, para que cada grupo recebesse um nível diferente de impermeabilização. O primeiro grupo não

recebeu nenhum tipo de tratamento. Nas amostras do segundo grupo foi aplicado o produto NEUTROL na viga baldrame. No terceiro grupo foram impermeabilizadas a viga baldrame e a argamassa de assentamento do bloco cerâmico, respectivamente com NEUTROL e VEDALIT.

**Figura 9:** Vigas impermeabilizadas com NEUTROL.



**Fonte:** Imagem de autoria própria.

Cada grupo foi composto por três corpos de prova, conforme a **Tabela 1**.

**Tabela 1:** Grupos e níveis de impermeabilização.

<b>Grupo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Nível de impermeabilização</b>
<b>1</b>	1	Sem impermeabilização.
	2	
	3	
<b>2</b>	4	Aplicação de NEUTROL na viga baldrame.
	5	
	6	
<b>3</b>	7	Aplicação de NEUTROL na viga baldrame e VEDALIT na argamassa de assentamento.
	8	
	9	

**Fonte:** Tabela de autoria própria.

O experimento foi iniciado com a coleta de dados de todas as amostras. Os corpos de prova foram pesados e identificados para obter-se a massa inicial sem a absorção de água. O ensaio consistiu na colocação das amostras em uma bandeja com 1,5 cm de altura de água. Os conjuntos ficaram expostos à essas condições no laboratório de concreto da UTFPR durante 30 dias.

**Figura 10:** Amostras expostas à água.



**Fonte:** Imagem de autoria própria.

Esse método foi escolhido a fim de extrapolar as condições relacionadas com umidade encontradas no solo e foi a melhor forma encontrada para analisar os resultados a curto prazo. Foi feita uma avaliação visual comparando as amostras com o objetivo de analisar os efeitos do avanço da água por capilaridade.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao final do período de 30 dias foram aferidas as massas das amostras e coletadas as informações contidas na Tabela 2. Também na Tabela 2 encontra-se a diferença em kg entre as massas inicial e final.

**Tabela 2:** Comparativo entre peso seco e peso úmido.

<b>Sem impermeabilização – GRUPO 1</b>			
Corpo de Prova	Massa Inicial (kg)	Massa final (kg)	Diferença (kg)
<b>1</b>	14,050	14,370	0,320
<b>2</b>	16,600	16,970	0,370
<b>3</b>	16,700	17,030	0,330
<b>Impermeabilizante apenas na baldrame – GRUPO 2</b>			
Corpo de Prova	Massa Inicial (kg)	Massa final (kg)	Diferença (kg)
<b>1</b>	17,253	17,498	0,245
<b>2</b>	15,985	16,268	0,283
<b>3</b>	16,551	16,804	0,253
<b>Impermeabilizante na baldrame e na argamassa – GRUPO 3</b>			
Corpo de Prova	Massa Inicial (kg)	Massa final (kg)	Diferença (kg)
<b>1</b>	16,023	16,252	0,229
<b>2</b>	16,665	16,923	0,258
<b>3</b>	16,702	16,957	0,255

**Fonte:** Autoria própria (2019).

A Tabela 2 mostra que a quantidade de água absorvida pelos corpos de prova sem impermeabilização (Grupo 1) foi maior que os demais que receberam a impermeabilização.

**Figura 11:** Viga baldrame sem impermeabilização após a exposição a água.



**Fonte:** Imagem de autoria própria.

Isso evidencia a eficácia dos processos impermeabilizantes assim como os produtos impermeabilizantes. Considerando uma situação real a viga desprotegida estaria mais suscetível a patologias em função da água absorvida, como por exemplo danificar a pintura trazendo prejuízo estético a edificação e reduzindo o valor agregado ao imóvel.

Outra patologia a qual a construção estaria sujeita seria a propagação de mofo resultando na queda de qualidade de vida dos ocupantes visto que doenças respiratórias podem ser desenvolvidas ou agravadas quando seres humanos são expostos a esse tipo de patologia.

Quando são comparados os resultados das amostras com impermeabilização na viga baldrame (Grupo 2) com as amostras que receberam impermeabilização na viga baldrame e na argamassa (Grupo 3) nota-se que os resultados de água absorvida são bem parecidos. Isso se deve ao fato de que o processo de impermeabilização na viga baldrame foi bem executado impossibilitando o avanço da água até a argamassa e o bloco cerâmico.

No entanto ao observar os resultados do corpo de prova 3 do grupo 2 nota-se que houve uma maior absorção de água em relação as outras amostras do grupo 2 e grupo 3, isso ocorreu devido ao fato de que a impermeabilização na viga baldrame

falhou como pode ser visto na Figura 12. Em um ponto dessa amostra foi observado que a água conseguiu avançar pela argamassa e pelo bloco cerâmico justificando a maior absorção de água.

**Figura 12** - Falha na impermeabilização



Fonte: Imagem de autoria própria.

Essa situação exemplifica os erros de execução que podem ocorrer nas obras. Ainda que o produto desempenhe o papel esperado, uma má aplicação pode reduzir o poder de ação do produto ou até mesmo torná-lo ineficaz. As amostras foram

manuseadas de forma que o produto impermeabilizante tivesse o máximo desempenho, mas mesmo nas condições controladas de um laboratório houve a falha.

Essa amostra justifica o uso de impermeabilizante na argamassa porque mesmo com essa falha a argamassa estaria protegida mitigando os efeitos da umidade decorrentes da falha.

## 7 CONCLUSÃO

O experimento revelou que o desempenho das amostras impermeabilizadas foi eficiente quando comparado com o desempenho das amostras sem processos impermeabilizantes.

A argamassa impermeabilizada usada na junção dos blocos cerâmicos se mostrou eficiente quando a impermeabilização da viga baldrame apresentou falha na aplicação da impermeabilização. Com esse resultado, é possível verificar que a impermeabilização das primeiras fiadas se torna essencial para garantir que não haverá penetração da água nas paredes mesmo quando o primeiro tratamento impermeabilizante falhar por erro de execução.

Os produtos utilizados tiveram um bom comportamento quando aplicados corretamente, isto é, de acordo com as recomendações dos fabricantes. Esse dado aponta que o serviço de impermeabilização, apesar de consumir uma porcentagem pequena do orçamento da obra, quando bem executado, cumpre totalmente seu papel e previne possíveis patologias e também gastos futuros em correção de defeitos ou prejuízos decorrentes da presença da umidade na edificação.

A aplicação correta da impermeabilização se mostra eficaz na prevenção de patologias causadas pela umidade oriunda do solo e evita transtornos ao proprietário, como gastos na recuperação da estrutura e doenças respiratórias.

Por se tratar de um serviço relativamente simples, muitas vezes, o construtor não dá a devida atenção a este item importante da obra. Pelas possibilidades que o presente trabalho apresenta, fica claro que a impermeabilização deve ser executada com eficiência, com a seleção correta dos produtos e a utilização de mão de obra bem treinada.

Como o trabalho focou sua pesquisa somente na impermeabilização das vigas baldrames, pelos resultados alcançados, pode-se sugerir que possam ser realizadas pesquisas semelhantes em outras áreas de impermeabilização dentro das edificações. Tais procedimentos estariam, não somente melhorando a qualidade das edificações, mas fazendo valer a máxima de que toda obra deve ter o acompanhamento técnico de um profissional que tenha, não somente atribuição profissional, mas também, conhecimentos técnicos que permitem se construir com melhor qualidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVANCE ASSESSORIA. **Sistemas de Impermeabilização devem ser Contemplados desde a Fundação do Imóvel.** Cuiabá, 2018. Disponível em: <<http://www.advancecobrancas.com.br/noticias/sistemas-de-impermeabilizacao-devem-ser-contemplados-desde-a-fundacao-do-imovel/>>. Acesso em: 26/10/2018.

APOLINÁRIO, M. S. **Danos causados por falhas na impermeabilização da infraestrutura de edificações térreas residenciais privativas unifamiliares com área até oitenta metros quadrados.** 2013, 14 p. Artigo (Pós Graduação em Avaliações e Perícias de Engenharia - IPOG). Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=danos-causados-por-falhas-na-impermeabilizacao-da-infraestrutura-de-edificacoes-terreas-residenciais-privativas-unifamiliares-141681116.pdf/>>. Acesso em: 09/09/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 - Impermeabilização - Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2003.

ATIVOS ENGENHARIA. **Impermeabilização de Cobertura.** Goiás, 2018. Disponível em: <<http://ativosengenharia.com.br/impermeabilizacao-de-cobertura/>>. Acesso em: 29/10/2018.

BARROS, C. **Apostila de Fundações – Técnicas Construtivas.** Pelotas, 2011. Disponível em: <<https://edificacoes.files.wordpress.com/2011/04/apo-fundac3a7c3b5es-completa.pdf/>>. Acesso em: 05/10/2018.

CASIMPER. **Sistemas de Impermeabilização na Construção Civil.** 2014. Disponível em: <<http://www.casimper.com.br/mobile/noticias.php?id=16/>>. Acesso em: 24/10/2018.

CUNHA, A.G.; NEUMANN, W. **Manual impermeabilização e isolamento térmico.** Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979. 227p. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/combate-as-patologias-comeca-naimpermeabilizacao/>>. Acesso em: 22/10/2018.

INSTITUTO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **As patologias mais comuns pela falta de impermeabilização.** São Paulo, 2018. Disponível em: <[http://ibibrasil.org.br/?pagid=vrevista\\_techne&id=12/](http://ibibrasil.org.br/?pagid=vrevista_techne&id=12/)> Acesso em: 10/10/2018.

PORCIÚNCULA, E. **Combate às patologias começa na impermeabilização.** 2013.

RIGHI, G. V. **Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções – Análise de Casos.** Santa Maria: UFSM, 2009. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

RODRIGUES, J, P, P; MENDES, M, M. **Patologias Ocorridas por Infiltrações Relacionadas com a Impermeabilização e Métodos de Correções.** Tubarão: UNISUL, 2017. 56 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** 2. ed. rev. São Paulo: Érica, 2009.

SOARES, F. **A Importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 120 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de URZEDO, L. Impermeabilização de Vigas Baldrames.** Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.canaldoengenheiro.com/impermeabilizacao-de-vigas-baldrames/>>. Acesso em: 07/10/2018.

VEDACIT. **Manual técnico: impermeabilização de estruturas.** 6. ed. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-sobre-impermeabilizacao>>. Acesso em: 20/10/2018.

ZOTTIS. **Umidade em Casa: Que soluções existem?** 2018. Disponível em: <<https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/umidade-em-casa-que-solucoes-xistem>>. Acesso em: 27/10/2018.