



**VERIFICAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DO CONSUMO DE
ARGAMASSA POLIMÉRICA MONOCOMPONENTE NA
IMPERMEABILIDADE DO BLOCO CERÂMICO
MACIÇO SUJEITO A UMIDADE DE PERCOLAÇÃO
ABAIXO DE 0,10 M.C.A.**

AMERICANA

2018



BRENO BENTO TREVIZAM
ELIANA SANTAROSA GONÇALVES
JEFFERSON OLIVEIRA ASSUNÇÃO

VERIFICAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DO CONSUMO DE
ARGAMASSA POLIMÉRICA MONOCOMPONENTE NA
IMPERMEABILIDADE DO BLOCO CERÂMICO MACIÇO
SUJEITO A UMIDADE DE PERCOLAÇÃO ABAIXO DE 0,10
M.C.A.

Projeto de pesquisa desenvolvido para
apresentação de Trabalho de Conclusão do Curso
de Pós Graduação em Patologia nas Obras Civas
para obtenção do grau de especialista.

Prof. Orientador: Luis César Siqueira De Luca.

AMERICANA

2018

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil Prof. De Luca pela valiosa colaboração no como orientador deste trabalho.

Ao engenheiro civil José Mário Andrello pela colaboração como co-orientador e ao Engenheiro Civil José Eduardo Granato, pela enorme dedicação em compartilhar conosco sua vasta experiência profissional, que foi essencial para a realização do programa experimental aqui apresentado.

FOLHA DE APROVAÇÃO

VERIFICAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DO CONSUMO DE ARGAMASSA
POLIMÉRICA MONOCOMPONENTE NA IMPERMEABILIDADE DO BLOCO
CERÂMICO MACIÇO SUJEITO A UMIDADE DE PERCOLAÇÃO ABAIXO DE
0,10 M.C.A.

Por

Breno Bento Trevizam

Eliana Santarosa Gonçalves

Jefferson Oliveira Assunção

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA
PELOS PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Americana (SP) _____ de _____ de _____

José Mário Andrello

André Tadeu Moreno Figueró

Ricardo Tadeu Pinto de Faria

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo, verificar a interferência do consumo de argamassa polimérica monocomponente na impermeabilidade do bloco cerâmico maciço sujeito a umidade de percolação abaixo de 0,10 m.c.a. A umidade é causadora da maioria das manifestações patológicas, entre elas, está a umidade por percolação, causada pela inexistência ou má aplicação de um sistema de impermeabilização. Além de apresentar artifícios para correta impermeabilização, como por exemplo, a importância do projeto de impermeabilização, o baixo custo de aplicação, método e detalhes de aplicação da argamassa polimérica, vantagens e desvantagens do sistema. Para tanto realizou-se um programa experimental com duração de 72 horas, composto por 12 corpos de prova de tijolos maciços, onde no 2º tijolo foi aplicado argamassa polimérica com consumos de 1, 2, 3 e 4 kg/m² e subdivididos em grupos com 3 amostras cada, formados cada corpo de prova um com 2 tijolos cerâmicos maciços com tecido permeável entre eles. Foi realizado a saturação do 2º tijolo através da face sem argamassa polimérica. Após as 72 horas de ensaio com medições da massa dos tijolos realizadas a cada 12 horas, os corpos de prova com menores consumos de argamassa polimérica mostraram-se ineficientes para a impermeabilização dos tijolos contra a umidade por percolação. Foi verificado que a aplicação em quantia inferior ao especificado pelo fabricante houve interferência na impermeabilização.

Palavras chave: argamassa polimérica, impermeabilização rígida, impermeabilizante, bloco cerâmico maciço, umidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Atuação dos fluidos em uma mesma edificação	22
Figura 2. Gastos conforme o tempo	31
Figura 3. Gráfico vida útil sem manutenção	33
Figura 4. Bloco cerâmico	34
Figura 5. Ficha técnica da argamassa	35
Figura 6. Preparação da argamassa polimérica	36
Figura 7. Resumo esquemático do ensaio realizado	36
Figura 8. Blocos cerâmicos maciços submersos em processo de saturação	37
Figura 9. Trincha pequena	38
Figura 10. Ensaio sendo realizado	39
Figura 11. Dosador	39
Figura 12. Lâmina d'água no rebaixo	40
Figura 13. Pesando bloco durante ensaio	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual de custo	25
Tabela 2. Máxima absorção de água em 24 horas	41
Tabela 3. Resultados do ensaio	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Principais causas de infiltração	24
Gráfico 2. Deficiência construtiva	24
Gráfico 3. Resultados obtidos nas amostras 01 a 03	42
Gráfico 4. Resultados da amostra 05	43

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
1.1.PROBLEMA	11
1.2.OBJETIVOS	11
1.2.1.Objetivo geral	11
1.2.2.Objetivo específico	12
1.3.HIPÓTESE	12
1.4.JUSTIFICATIVAS	12
1.4.1.Tecnológicas	12
1.4.2.Econômicas	13
1.4.3.Sociais	13
1.4.4.Ecológicas	13
1.5.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	13
1.6.APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	14
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1.HISTÓRICO	15
2.2.UMIDADE	16
2.2.1.Umidade de Construção	16
2.2.2.Umidade de Infiltração	16
2.2.3.Umidade de Condensação	17
2.2.4.Umidade Acidental	17
2.2.5.Umidade Ascensional	17
2.3.ESTRUTURAS DE TRANSPORTE DA UMIDADE	18
2.3.1.Higroscopicidade	18
2.3.2.Porosidade	19
2.3.3.Capilaridade	19
2.4.IMPERMEABILIZAÇÃO	20
2.4.1.Definição de Impermeabilização	20
2.4.2.Manifestações Patológicas causadas pela Ausência da Impermeabilização	23
2.4.3.Importância da Impermeabilização	25
2.4.4.Custos	25
2.4.5.Impermeabilização Flexível	26
2.4.6.Impermeabilização Rígida	26
2.5.ARGAMASSA POLIMÉRICA	27

2.5.1.Vantagens e Desvantagens	28
2.5.2.Método de Aplicação da Argamassa Polimérica	29
2.5.2.1.Tela de poliéster	299
2.6.PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO.....	30
3.PROGRAMA EXPERIMENTAL	34
3.1.MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADAS	34
3.1.1.Blocos Cerâmicos	34
3.1.2.Argamassa polimérica	34
3.2.ESQUEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	36
3.2.1.Sistematização do Ensaio	37
4.ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGENTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
5.1.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
5.2.RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho possui como temática principal o estudo da argamassa polimérica rígida aplicada sobre blocos cerâmicos maciços, assim como a análise de suas variáveis de consumo e respectivos implicações.

O tema patologia e recuperação de estruturas, é muito comum e encontra-se na maioria das edificações. Existem diversos ensaios tecnológicos, destrutivos ou não, capazes de realizar um prognóstico dessas edificações. A grande maioria das deficiências apresentadas pelas estruturas, tem como origem uma impermeabilização falha. (SILVA, 2011).

Sabendo-se que o custo de um sistema eficaz de impermeabilização de uma obra nova, gera uma despesa de 2% a 3% do seu total, nota-se que é muito mais viável a preocupação em um projeto de impermeabilização e execução durante a construção, do que um possível reparo no futuro, gerando retrabalho, custos de mão de obra e material a serem substituídos. (PORCIÚNCULA, 2017)

Faz-se aqui um apanhado sobre os sistemas de impermeabilização, sobretudo a argamassa polimérica, na qual faremos um estudo sobre sua mais viável aplicação em suas formas e métodos, realizando testes em blocos cerâmicos maciços e submetendo-os a testes de umidade para comprovação dos resultados.

1.1. PROBLEMA

A variação do consumo de argamassa polimérica interfere na impermeabilidade do bloco cerâmico maciço?

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos da pesquisa a ser desenvolvida.

1.2.1. Objetivo geral

Verificar a interferência do consumo de argamassa polimérica na impermeabilidade do bloco cerâmico maciço.

1.2.2. Objetivo específico

- Avaliar a eficiência da argamassa polimérica rígida em dosagens diferentes das indicadas pelo fabricante, para umidade por percolação abaixo de 0,10 m.c.a.

- Verificar a possibilidade de economia de argamassa polimérica rígida, mantendo a eficiência do sistema.

1.3. HIPÓTESE

Levando-se em conta que, quanto maior a quantidade de argamassa polimérica aplicada sobre a superfície a ser impermeabilizada, maior a vedação; presume-se então, que a variação do consumo interfere na eficácia do sistema.

1.4. JUSTIFICATIVAS

A seguir apresenta-se as justificativas para a pesquisa, a saber: quais são os últimos avanços tecnológicos a nível de materiais, com suas respectivas aplicações e projetos para impermeabilização. Além de economia gerada na obra e no pós obra com seu uso consciente, a correta aplicação e otimização dos produtos impermeabilizantes, traz benefícios sociais e ecológicos, gerando um menor impacto ao meio ambiente, e sobretudo, aumentando significativamente o conforto ao usuário e à vida útil da edificação.

1.4.1. Tecnológicas

Com o caminhar das gerações, o avanço tecnológico vem crescendo e dando a oportunidade de questionamentos sobre possíveis melhorias de materiais existentes e suas especificações. A partir do que já é conhecido, são realizados novos estudos e testes, a fim de melhorar suas tecnologias, gerando menos resíduos, diminuindo a mão de obra e reduzindo gastos.

1.4.2. Econômicas

A impermeabilização é uma etapa importante da obra, levando a conservação da edificação, afastando infiltrações que podem até comprometer a estrutura de um edifício reduzindo assim, sua vida útil. Se feito durante a obra, o custo com a impermeabilização representa uma pequena parcela do custo total, desde que planejado (GUARIZO, 2008), porém mesmo que represente uma pequena parcela do custo total à impermeabilização muitas vezes é deixada de lado. Esse estudo será realizado a fim de verificar uma maneira ainda mais econômica.

1.4.3. Sociais

À medida que se obtêm sucesso em processos de otimização de produtos existentes, a aceitação e acolhimento da sociedade à essa novidade é viável a todos, onde é gerada uma cadeia de beneficiados, desde o fabricante até o consumidor final.

1.4.4. Ecológicas

Com o desenvolvimento das tecnologias nas aplicações dos impermeabilizantes, as obras passam a utilizar menos material, assim gerando menos resíduos e menor extração da matéria prima, portanto, tem impacto ambiental menor.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho será realizado através de fundamentação teórica, ensaios realizados e com avaliação dos resultados obtidos. A pesquisa abordará os dois principais assuntos neste trabalho, a saber: Umidade, a importância da impermeabilização e impermeabilização rígida.

Destaca-se neste trabalho o programa experimental conduzido, baseado em utilizar como corpos de prova, blocos maciços cerâmicos revestidos com argamassa polimérica em quantidades diferentes de consumo.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi estruturado em sete capítulos, como descrito abaixo:

No Capítulo 1 são apresentadas as considerações iniciais como: introdução, objetivos e delimitações do trabalho, hipótese, justificativas e metodologia científica.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica dos assuntos relacionados à concepção do trabalho, como conceitos sobre habitação de interesse social, desempenho, durabilidade, qualidade nas construções, manifestações patológicas, entre outros.

O Capítulo 3 trata-se do programa experimental, a pesquisa desenvolvida em campo, metodologia adotada e apresentação do estudo de caso, assim como os dados obtidos em campo.

O Capítulo 4 apresenta a análise dos resultados obtidos no ensaio realizado.

O Capítulo 5 consiste em considerações finais, que envolvem os aspectos mais relevantes sobre o trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

Por fim, no Capítulo 6, apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho e o apêndice.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta pesquisa visa fornecer componentes de embasamento para incorporação da metodologia do sistema de impermeabilização. Conhecendo-se desde do histórico das primeiras impermeabilizações registradas e dos diversos tipos de umidade, até os tipos de manifestações patológicas existentes e provenientes de falta ou leitura errônea de um projeto de impermeabilização. A seguir são descritos os principais componentes envolvidos nesta pesquisa.

2.1. HISTÓRICO

A umidade é um grande desafio para o homem desde os primórdios. Sinais mostram que os homens das cavernas já começaram a observar a umidade originada de infiltrações por percolação, tornando assim insalubre viver dentro delas. São problemas como estes, que aprimoraram os métodos construtivos (BARROSO et al. 2015).

Antes de contar com o desenvolvimento tecnológico dos materiais que existem à disposição da construção civil hoje, a impermeabilização era feita com materiais provenientes diretamente da natureza, normalmente sem nenhum tratamento ou garantia de funcionamento e o serviço era feito de forma empírica (RODRIGUES; SOBRINHO; LIMA, 2016).

O petróleo e seus derivados são conhecidos pelo homem há pelo menos seis mil anos e usados como impermeabilizantes e material de liga. Os egípcios, para embalsamar mortos ilustres e como elemento de liga de suas pirâmides, também utilizavam o petróleo. Os construtores de caravelas utilizavam o betume para impermeabilizar as juntas das madeiras (FREIRE, 2007).

No Brasil, as primeiras impermeabilizações utilizavam óleo de baleia na mistura das argamassas para o assentamento de tijolos e revestimentos das paredes das obras que necessitavam desta proteção (ARANTES, 2007).

Assim que entendido a impermeabilização como item da construção civil, surgiu a necessidade de normalização. A partir das reuniões para criação das primeiras normas brasileiras de impermeabilização na ABNT - Associação

Brasileira de Normas Técnicas, impulsionadas pelas obras do Metrô em São Paulo em 1968. Após a publicação da primeira norma brasileira de impermeabilização em 1975, foi fundado o IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização para prosseguir com os trabalhos de normalização e iniciar um processo de divulgação sobre a importância da impermeabilização que prossegue até os dias de hoje (ARANTES 2007).

2.2. UMIDADE

Neste capítulo, será realizado uma breve apresentação sobre os tipos de umidade, afim de compreender as características da umidade ascendente, e saber diferenciá-las das demais formas de umidade, seus mecanismos e manifestações.

2.2.1. Umidade de Construção

São utilizadas grandes quantias de água durante a construção das edificações. Portanto, a umidade poderá surgir deste processo ou, até mesmo, proveniente das chuvas. Esta água absorvida evapora de três maneiras: a primeira e mais rápida é a evaporação superficial. A segunda, de forma mais lenta, ocorrerá a evaporação da água presente nos maiores poros e a terceira forma ainda mais lenta é a evaporação da água dos poros menores (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

A umidade gerada no período da construção através da execução dos concretos, argamassas e pinturas logo desaparece, em alguns casos essa umidade pode permanecer na construção até seis meses ou mais (VERÇOZA, 1991).

2.2.2. Umidade de Infiltração

A umidade de infiltração “é a umidade que passa de uma área para outra através de pequenas trincas nas divisórias que as separam”. Esta água de percolação, comumente é ocasionada pela água da chuva (VENTURINI, 2009).

Uma edificação não está sujeita a umidade por infiltração de água de chuva se medidas preventivas para impedir que a água atinja o interior da construção tenham sido tomadas. Entretanto, manifestações patológicas devido à

infiltrações são bastante frequentes, provenientes de problemas executivos ou de projetos (HENRIQUES, 1994).

2.2.3. Umidade de Condensação

A temperatura superficial dos revestimentos de uma edificação, em geral, é mais baixa com relação às temperaturas internas da edificação. Os vapores de água gerados através da respiração dos usuários da edificação, cozinha e banho, quando entram em contato com o revestimento, em geral mais frios ocorre o fenômeno da condensação (ALUCCI; FLAUZINO; MILANO, 1995).

Umidade de condensação é diferente das demais, uma vez que a umidade nas superfícies do ambiente não é proveniente de infiltrações externas. Essa umidade é frequentemente encontrada em pisos e paredes. Para solucionar esse problema, é necessário aumentar a ventilação do ambiente através de janelas ou exaustores (VERÇOZA, 1991).

2.2.4. Umidade Acidental

A umidade acidental é proveniente de vazamentos do sistema de distribuição e/ou coleta de água em uma edificação, muitas vezes ocorrem devido à falhas no projeto e deficiências nas ligações das tubulações, corrosão nas chapas de zinco das calhas e a falta de manutenção no sistema de coleta de água de chuva pode gerar fuga nas canalizações (CABRITA et al. 1993 apud GEWEHR, 2004).

O surgimento de manchas isoladas tem características de umidade acidental, em sua maioria em forma circular com o centro mais úmido sendo fácil a localização da origem do problema (KLUPPEL G. P. 2006 apud QUERUZ, 2007).

2.2.5. Umidade Ascensional

Umidade ascendente é aquela onde o fluxo da umidade é vertical, que ascende do solo para a estrutura, atingindo muitas vezes alturas significativas dependendo da porosidade e permeabilidade da estrutura, da quantia de água em contato com a estrutura (MAGALHÃES, 2008).

Os materiais da construção civil em geral, possuem elevada capilaridade, esses materiais com estrutura porosa podem fazer a água migrar, por capilaridade, caso não exista nenhuma barreira nesses materiais que a impeça (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

Nos elementos construtivos as alturas da água por ascensão capilar são os capilares contidos nos diversos materiais (MERINO, 1993 apud GEWEHR, 2004):

- Alturas entre 0,50m e 1,50m em muros de tijolos; no caso de muros com pedra a altura podem dobrar.
- Nos pilares isolados é da ordem de sua espessura.
- Entre uma vez e meia e quatro vezes a largura da fachada.
- Entre duas e cinco vezes a espessura da parede localizada nos cantos.

2.3. ESTRUTURAS DE TRANSPORTE DA UMIDADE

Será realizado um breve relato à respeito da estruturas de transporte da umidade. Podem ser divididos em Higroscopicidade, Porosidade do material e Capilaridade.

2.3.1. Higroscopicidade

A Higroscopicidade tem como característica a capacidade do material de fixar moléculas de água por absorção, uma característica da maioria dos materiais utilizados na construção civil, portanto, em um ambiente no qual a temperatura varia, o teor de umidade do material também varia. Os materiais possuem diferentes classes de higroscopicidade, são essas (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008):

- Materiais Higroscópicos – quando a quantidade de água retida por absorção é importante (por exemplo: concreto celular e madeira).
- Matérias Não Higroscópicos – quando a massa é praticamente constante independente da umidade relativa do ambiente onde se encontra (por exemplo: o barro vermelho).

2.3.2. Porosidade

Em geral, os materiais da construção civil apresentam porosidade aberta, uma vez que a possibilidade de absorver água está diretamente ligada à porosidade. Quando a porosidade é fechada, o material se torna impermeável, muito importante para bloquear a umidade ascensional. A porosidade do material pode ser definida como a razão entre o volume total de vazios e volume total do material (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

As argamassas e concretos são preparados muitas das vezes com água em excesso, para adquirir fluidez e praticidade. A evaporação desta água em excesso forma vazios capilares, permitindo que ocorra infiltração de água e agentes agressivos que potencializam a degradação da estrutura (UEMOTO, 1995).

2.3.3. Capilaridade

A capilaridade é a característica de um material em promover a sucção de água quando em contato com ela, envolvendo também outros fatores, como forças tensão superficial água/material, dimensão dos capilares (PINTO, 1998). Quando um material poroso for colocado em contato com a água pode-se verificar a capilaridade (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

O fenômeno da capilaridade tem relação entre o tamanho dos poros e a altura de subida da água. Verificou-se que poros com 0,1 mm a altura da água chega 14 cm, quando o tamanho do poro é de 0,01 mm a altura pode chegar a 1,40 m. Poros de tijolos e argamassas podem chegar a tamanhos de 0,001 mm, desta maneira, potencializa significativamente o fenômeno da capilaridade (RIRSCH, ZHANG, 2010).

A capilaridade é resultado da tensão superficial, que é outra propriedade dos fluidos, porém, este fenômeno não acontece com todos os líquidos. A tensão superficial é um fenômeno físico no qual a superfície da água sob efeito de desequilíbrio entre as interações moleculares, age como uma membrana tracionada (BAUER, 1987).

A subida da água ocorre até que haja equilíbrio. As interações moleculares são geralmente percebidas em pisos e paredes, podendo, em casos mais críticos, atingir o teto da edificação (SOARES, 2014).

2.4. IMPERMEABILIZAÇÃO

Neste capítulo, será apresentada a definição de impermeabilização, os principais tipos de produtos e sistemas encontrados no mercado com suas respectivas aplicações, de acordo com a área da estrutura em questão, dando uma ênfase em particular à argamassa polimérica, que é o objeto dos ensaios realizados nesta pesquisa.

Será realizado um breve histórico das principais manifestações patológicas provenientes de uma impermeabilização falha e seus riscos às estruturas.

2.4.1. Definição de Impermeabilização

A impermeabilização tem por objetivo isolar e proteger a estrutura de uma edificação da passagem indesejável da água, mantendo assim as condições de habitabilidade e segurança da construção. A impermeabilização consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de proteger da ação de águas, que podem ser provenientes da chuva, dos lenções freáticos ou de outras origens. Como todas as etapas da construção civil, a impermeabilização também deve ser planejada e projetada previamente para reduzir o custo e aumentar a eficiência (PORCIÚNCULA, 2017).

Como objetivo, proteger as diversas áreas de uma edificação contra ação de águas que podem prover de infiltração, vazamentos, ascendente do solo, chuva, de lavagem, de banhos ou de outras origens. (IBI, 2017).

Existem três tipos de impermeabilização, sendo elas:

- Contra água de percolação
- Contra água de pressão
- Contra umidade por capilaridade.

Água de percolação: atuam em fachadas, terraços e coberturas, sem exercer pressão hidrostática sobre o impermeabilizante.

Água com pressão: atuam em subsolos, caixas d'água e piscinas, exercendo pressão hidrostática sobre a impermeabilização.

Umidade por capilaridade: atuam em elementos que estejam em contato com solo úmido por exemplo. A água é absorvida e transportada pela ação da capilaridade em materiais porosos (CUNHA; NEUMANN, 1979).

Segundo a NBR 9575 (2010), a definição de impermeabilização é o conjunto de operações e técnicas (materiais e serviços), composto de uma ou mais camadas, que tem o objetivo de proteger as edificações contra a ação prejudicial de fluidos, de vapores e da umidade.

Com a criação de norma como ABNT NBR 9575 – Impermeabilização: Seleção e Projeto de Impermeabilização de 2010, cada vez mais os projetos e detalhamentos de impermeabilização vêm sendo solicitados nas construções.

De acordo com a norma ABNT NBR 9575 (2010) estanqueidade é a propriedade de um elemento (ou de um conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluidos através de si. A sua determinação está associada a uma pressão-limite de utilização (a que se relaciona com as condições de exposição do elemento ao fluido).

Impermeabilidade é a propriedade de um produto de ser impermeável aos fluidos. A sua determinação está associada a uma pressão-limite convencionada em ensaio específico e impermeabilização é o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (NBR 9575, 2010).

A água é um dos maiores causadores de patologias, em diferentes estado físico em que ela se encontra. Pode ser vista como um agente de degradação ou como meio para outros agentes agressivo. (QUERUZ, 2007).

As infiltrações ocorrem com o tempo, não ocorrem do dia para noite. Geralmente as manifestações patológicas e danos ao imóveis acontecem de maneira progressiva e lenta. A água, quando infiltrada na estrutura, pode gerar

danos ao concreto, armadura e alvenaria, muitas vezes deixando o ambiente insalubre, desta maneira diminuindo vida útil da edificação. (BARROSO, 2015).

Visto isso, na figura 1 serão apresentadas as diversas formas de ação das águas nas edificações, utilizada para escolha do tipo de impermeabilização a ser aplicada. Uma vez que, uma mesma edificação pode sofrer com todos os tipos de atuação dos fluidos (SOARES, 2014).

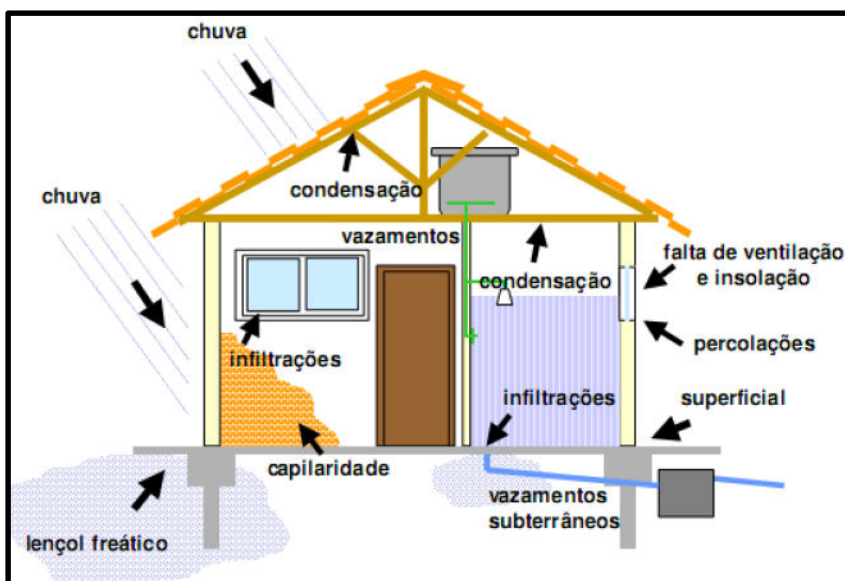


Figura 1. Atuação dos fluidos em uma mesma edificação

Fonte: Pozzobon, 2007.

As manifestações patológicas poderão ser observadas das seguintes maneiras:

- Paredes: os efeitos são variados e ocorrem a partir do piso, sendo bolhas, manchas e eflorescências na pintura com posterior desagregação do revestimento (emboço, reboco e acabamento).

- Paredes com revestimento cerâmico: Há potencialização da capacidade de ascensão da umidade, pois a área de manifestação da umidade está restrita ou confinada pelos azulejos. Com isso, quando a umidade é muito severa, pode haver destacamento do revestimento cerâmico.

2.4.2. Manifestações Patológicas causadas pela Ausência da Impermeabilização

A umidade não é apenas a causadora de manifestações patológicas, mas também é o meio para o ingresso de outras anomalias na construção, como por exemplo a eflorescência, corrosão do aço, mofos (VERÇOZA, 1991).

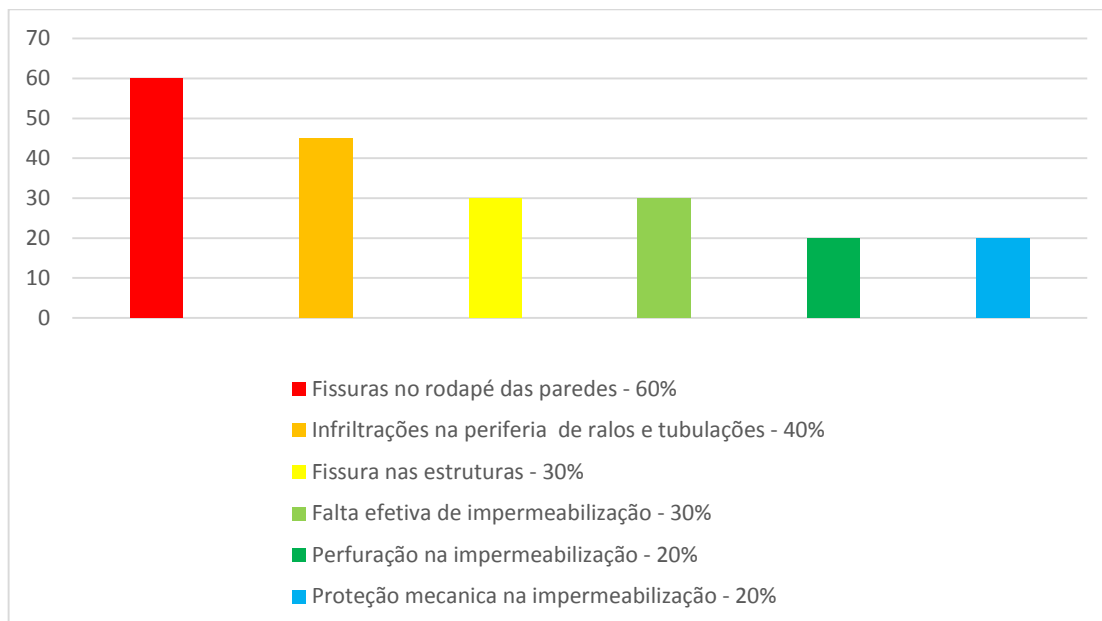
A eflorescência é proveniente de depósitos salinos, principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis nos materiais e componentes da alvenaria. Entretanto, são necessários e suficientes três fatores simultâneos: a presença de água, o teor de sais solúveis existentes nos materiais ou componentes e condições ambientais e de estrutura que proporcionem a percolação da solução para a superfície e evaporação da água. Se um destes três itens deixarem de existir, não é possível a formação da eflorescência (BAUER, 2008).

O aparecimento de musgo, fungos e bactérias também é causado pela umidade e condições climáticas favoráveis, como por exemplo, ausência de radiação solar, ausência de ventilação. A formação de fungos começa com o aparecimento de manchas que se desenvolvem e se tornam colônias podendo cobrir grandes áreas (CHAVES, 2009).

Frente de carbonatação é o fenômeno no qual gera a corrosão do aço, para que ocorra este fenômeno, é necessário a presença de água e CO_2 que em contato com o Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 gera uma reação química e vira carbonato de cálcio CaCO_3 e carbonato de magnésio MgCO_3 . A carbonatação gera uma queda relevante do pH do concreto, assim, reduzindo a proteção das armaduras. Seu efeito é potencializado quando os poros do concreto estão ocupados por ar e água (CHAVES, 2009).

Segundo a pesquisa de Antonelli (2002), o Gráfico 1 quantifica as principais causas de infiltrações em uma obra.

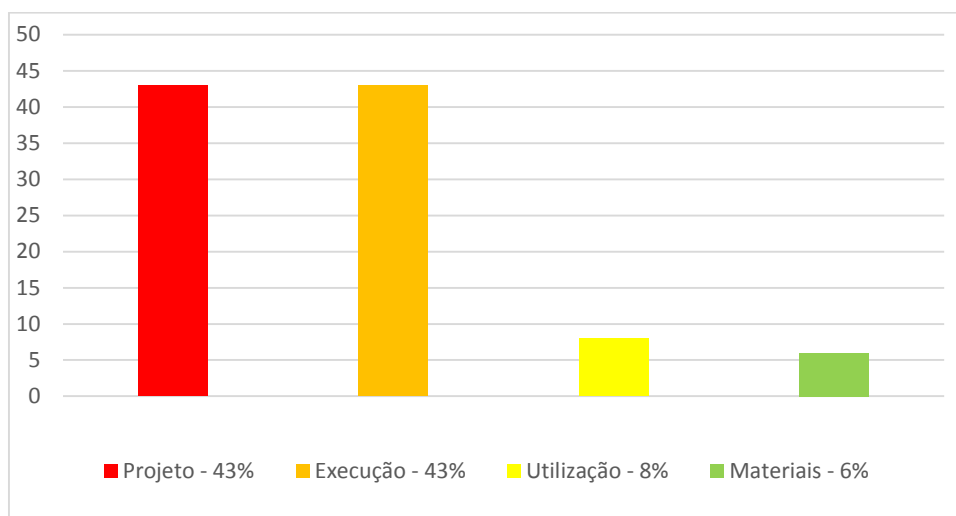
Gráfico 1. Principais causas de infiltração



Fonte: Antonelli, 2002

Uma pesquisa feita por uma seguradora da França, onde foi analisado dez mil situações de sinistros, ou seja, deficiência construtivas em estruturas, nos apresentam os resultados o Gráfico 2 (BARROSO, 2015 apud MARTINS, 2006).

Gráfico 2. Deficiência construtiva



Fonte: Barroso, 2015 apud Martins, 2006

2.4.3. Importância da Impermeabilização

As principais funções da impermeabilização são as seguintes (GUARIZO, 2008):

- Aumento da durabilidade dos edifícios.
- Impedir a corrosão das armaduras no concreto.
- Proteger as superfícies de umidade, fungos, etc.

O projeto de impermeabilização deve ser desenvolvido juntamente com o projeto arquitetônico (IBI, 2017).

A impermeabilização deve ser pensada anteriormente à todas as etapas da obra. Começando pelos alicerces, áreas externas, lajes de cobertura, caixas d'água, piscinas e por fim áreas frias que são áreas internas das edificações (cozinha, banheiro, box e área de serviço) essas áreas frequentemente estão em contato com água (GUARIZO, 2008).

2.4.4. Custos

Se analisarmos o custo do sistema de impermeabilização, veremos que varia entre 1% a 3% do custo total da obra como mostra a Tabela 1. Quando deixada de lado, a execução de um sistema de impermeabilização durante a execução de obras novas, o custo para implantação do sistema após as manifestações patológicas estarem instauradas, podem gerar um acréscimo de 10% a 15% do custo inicial (PORCIÚNCULA, 2017).

Tabela 1 – Percentual de custo

Etapas	Peso
Fundação	12%
Estrutura	25%
Alvenaria	17%
Elevador	10%
Revestimento	22%
Impermeabilização	3%
Pintura, Limpeza final	10%

Fonte: Vedacit (2016)

2.4.5. Impermeabilização Flexível

De acordo com a NBR 9575 (2010), a impermeabilização flexível é aquela que apresenta características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação. Podendo ser dividida em dois grupos:

a) Moldados *in loco*: conhecidos como membranas. Podendo ser aplicado a quente, como os asfaltos em bloco ou como mantas, ou aplicado a frio, como as emulsões e soluções. Esse tipo de sistema requer aplicação em camadas sobrepostas.

b) Pré-fabricados: conhecidos como mantas. Por exemplo a manta asfáltica, possuem espessuras especificadas e controladas pelo processo industrial, podendo ser aplicada em camada única.

A indicação da aplicação do sistema flexível de impermeabilização é normalmente feita para os seguintes locais:

- Reservatórios de água superior;
- Varandas, terraços e coberturas;
- Lajes maciças, mistas ou pré-moldadas;
- Piscinas suspensas e espelhos d'água;
- Ambientes revestidos de piso frio;
- Fundações

2.4.6. Impermeabilização Rígida

A NBR 9575 (2010) nomeia impermeabilização rígida como o conjunto de matérias e produtos aplicados nas partes construtivas não sujeitas a fissuração. Os impermeabilizantes rígidos trabalham junto com a estrutura, porém, não aceitam deformações diferenciais, eliminando sua aplicação em áreas expostas a grandes variações de temperatura.

Este tipo de sistema de impermeabilização é recomendado para lugares que não estão sujeitos a trincas ou fissuras, entre eles:

- Lugares com carga estrutural estabilizada: poço de elevador, reservatório inferior de água;
- Condições de temperatura constantes: subsolos, galerias e piscinas enterradas, galerias de barragens.

Um exemplo de impermeabilizante rígido é a argamassa polimérica, a qual é objeto dos testes dessa pesquisa.

2.5. ARGAMASSA POLIMÉRICA

O sistema de impermeabilização rígido com argamassa polimérica é um dos mais utilizados nas obras atualmente, por ter um menor custo comparado a outros e ter fácil aplicação (NAKAMURA, 2013).

A argamassa polimérica tem a propriedade de penetrar na porosidade do substrato e promover uma cristalização superficial, sendo assim, os poros dos elementos a serem impermeabilizados são preenchidos por esses cristais de polímeros, impedindo a penetração da água (NAKAMURA, 2013).

Comumente, produtos mais rígidos são mais resistentes à pressão negativa (água que atua ao lado contrário a impermeabilização) e os mais flexíveis são recomendados para pressão positiva (água que atua pressionando a impermeabilização contra o substrato). Podem ser usados em conjunto, aplicando as primeiras camadas de argamassa polimérica rígida para pressões negativas e depois as mais flexíveis (CICHINELLI, 2012).

A argamassa polimérica é produzida industrialmente e é composta por cimentos, polímeros acrílicos, agregados minerais inertes e aditivos. Quando aplicada corretamente, formam um revestimento durável com elevada resistência mecânica e propriedades impermeabilizantes. Esses produtos são encontrados nas versões mono componente, sendo apenas pó (cimento, agregados minerais e polímeros) e bi componente, apresentando o cimento e os agregados minerais na forma de pó e o polímero na forma líquida. Independentemente do tipo de impermeabilizante, esses componentes devem ser devidamente misturados e homogeneizados (NAKAMURA, 2013).

Como propriedade físico-química destaca-se a formação de uma película impermeável, de excelente aderência a estruturas de concreto, alvenaria e argamassa, e garantindo impermeabilização para pressões d'água positiva e negativa, e pode ser reforçado com o uso de uma tela de poliéster (SILVEIRA, 2001).

De forma geral, os polímeros são utilizados em argamassas e concretos com o intuito de modificar algumas de suas propriedades, como retenção de água, permeabilidade, absorção de água, adesividade, deformabilidade, trabalhabilidade, resistência química, e resistências mecânicas. Estas modificações ocorrem devido à interação desenvolvida entre os polímeros e o cimento durante todo o processo de hidratação, à qual depende diretamente do tipo de polímero utilizado, uma vez que existem diferentes mecanismos de ação na fase aquosa e distintos processos de polimerização (FERREIRA, 2012).

2.5.1. Vantagens e Desvantagens

A argamassa polimérica possui como vantagem a facilidade de aplicação, uma vez que na grande maioria das vezes é aplicado em forma de pintura. Contudo, a desvantagem que isso proporciona, é sua espessura final pequena. O sistema aplicado antes da proteção mecânica, está sujeito a danos causados pela queda de materiais de obra. Outra desvantagem a ser considerada é o consumo de material, que nem sempre é respeitada a orientação do fabricante, deixando o sistema vulnerável, uma vez que quantidade não foi suficiente para cobrir a superfície por completo (CICHINELLI, 2012).

Outra vantagem é que a argamassa polimérica pode ser aplicado na forma de revestimento final com desempenadeira, neste caso requer um diminuição da quantidade de componente líquido na mistura, água no caso da mono componente (SAYEGH, 2001).

2.5.2. Método de Aplicação da Argamassa Polimérica

A metodologia de aplicação de qualquer sistema de impermeabilização devem ser seguidos orientações do fabricante e também a norma de Execução de Impermeabilização (NBR 9574,2008).

A estrutura que irá receber o sistema de impermeabilização deverá estar limpa, sem partes soltas e/ou desagregadas. É recomendado que o substrato esteja úmido, para facilitar a aderência da argamassa polimérica e evitar que o substrato “roube” água da argamassa polimérica. Se a área a ser impermeabilizada estiver apresentando trincas e fissuras, essas devem ser tratadas antes da impermeabilização (NAKAMURA, 2013).

A argamassa polimérica não deve ser utilizada em situações onde se tem contato com o lençol freático, pois desta maneira impossibilita sua aplicação uma vez que a superfície estará sempre encharcada (CICHINELLI, 2012).

O sistema de argamassa polimérica pode ser aplicada com trincha, como pintura, e sempre em camadas regulares. O consumo a ser aplicado deve sempre seguir as especificações do fabricante e o projeto de impermeabilização. O consumo é variável de acordo com a necessidade do local a ser aplicado, por exemplo, se ficará em contato com a umidade, haverá pressão positiva ou negativa sobre o sistema de impermeabilização. É fundamental que seja realizada a cura entre as demãos e após o termino da aplicação do impermeabilizante para a eficácia do sistema (NAKAMURA, 2013).

Um componente importante do sistema de impermeabilização com argamassa polimérica, é a tela de poliéster revestida com PVC. Ela deverá ser aplicada entre as camadas, em áreas críticas que requerem reforço como por exemplo, no entorno de ralos, mudança de planos e outras detalhes construtivos. Para obter um desempenho adequado, é necessário que a tela seja completamente recoberta pelo impermeabilizante (NAKAMURA, 2013). Devem ser aplicadas sobre a primeira camada de argamassa polimérica e ser totalmente recoberta pelas demãos subsequentes (NBR 9574, 2008).

Após o período de cra e teste de estanqueidade quando necessário, recomenda-se a execução de uma camada de argamassa sobre a impermeabilização

concluída, para a proteção mecânica do sistema de impermeabilização (NAKAMURA, 2013). A proteção mecânica é recomendado para áreas onde existam possibilidade de agressão mecânica ao sistema (NBR 9574,2008).

2.5.2.1. Tela de Poliéster

A tela de poliéster é uma malha criada especialmente para auxiliar e estruturar as impermeabilizações formando uma membrana, podendo ser usada por sistemas tanto rígidos quanto flexíveis, moldados no local, aumentando a resistência à tração. São permeáveis ao vapor de água e têm uma boa resistência à punção estática e dinâmica. Além disso, são leves e muito flexíveis, permitindo a sua aplicação em quase todas as formas geométricas (BASTOS, 2014).

Esse material é frequentemente usado em pontos críticos, ou seja, juntas ralos, arestas, cantos, rodapés e tubos emergentes. A tela de poliéster, é usada também para o tratamento de trincas e fissuras. Aplicada entre a primeira e a segunda demão da argamassa polimérica ainda fresca, a tela estruturante de poliéster, tem que ser totalmente recoberta pelas demãos do impermeabilizante, de modo que a tela não fique aparente. Quando aplicada em lajes, a tela deverá sobrepor em 10 cm sobre as emendas, e no caso de trincas e fissuras, a malha deverá ultrapassar também em 10 cm as mesmas (VEDACIT, 2017).

2.6. PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Nos últimos anos, após a criação da norma ABNT NBR 9575 – Impermeabilização: Seleção e Projeto de Impermeabilização de 2010, os projetos de impermeabilização vêm sendo solicitados, assim como projetos de instalações hidráulicas e elétricas. Os projetos de impermeabilização devem ser planejados após todos os outros já finalizados, assim, todos os detalhes construtivos serão conhecidos (SOARES, 2014).

Segundo Antonelli et al. (2002) através de sua pesquisa, conclui-se que a falta de projeto de impermeabilização é responsável por 42% das manifestações patológicas, sendo grande parte influenciada na execução e fiscalização dos serviços de impermeabilização.

O projetista de impermeabilização analisa os projetos procurando identificar as áreas que necessitam de impermeabilização e avalia os tipos das estruturas, assim, classifica o tipo (rígido e/ou flexível), tipo de substrato, serviços auxiliares e complementares (ABNT NBR 9575, 2010).

A definição leva em consideração se a estrutura está sujeita ou não a movimentação. Por exemplo: as lajes de grande superfície expostas à luz solar e intenso resfriamento no período noturno, apresentam grande movimentação, face aos movimentos de dilatação (dia) e retração (noite). Tais estruturas exigem, para efeito de impermeabilização, produtos com características Flexíveis (PORCIÚNCULA, 2017).

O sistema de impermeabilização não recebe a atenção necessária muitas vezes por ser um elemento que normalmente não fica às vistas do cliente e, muitas vezes, seus defeitos somente são notados anos depois. Esta continua a ser uma prática muito comum no país, mesmo não sendo difícil entender, que a ausência da elaboração de um projeto desde o início do planejamento da construção, podem gerar riscos eminentes de atrasos e/ou falhas construtivas (SOARES, 2014).

“Quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo ficará, chegando a custar até 15 vezes mais, quando o mesmo é executado depois que o problema surgir e o usuário final estiver habitando o imóvel” (VENTURINI, 2009).

Conforme explicitado na Figura 2 abaixo, que correlaciona os gastos com o tempo da edificação, desde o projeto até a edificação habitada.

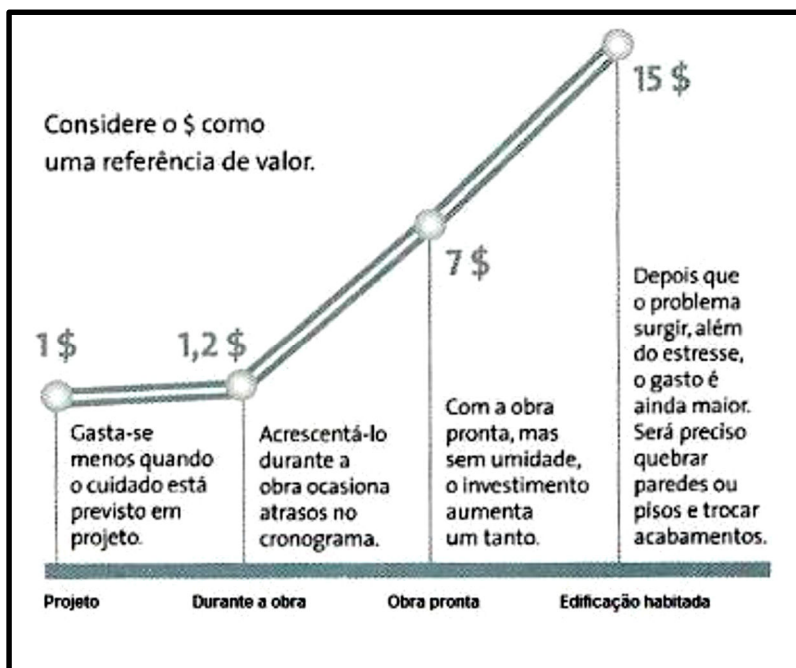


Figura 2. Gastos conforme o tempo
Fonte: Venturini, 2009

Observando os cursos ofertados nas universidades e centros de estudos continuados, chega-se à conclusão que a formação dos especialistas em projetos de impermeabilização ocorre, em geral, da mesma que os aplicadores, através da experiência prática e observação. As dificuldades de formação de mão de obra e da formação de projetistas estão diretamente ligadas com os erros cometidos tanto nos projetos quanto na execução dos sistemas de impermeabilização, portanto, indicando que a melhoria está intimamente ligada ao acesso do conhecimento conceitual do sistema de impermeabilização (SOARES, 2014).

O projeto de impermeabilização minimiza a ocorrência das manifestações patológicas, uma vez que permite fiscalizar o serviço de impermeabilização, e ainda prevê detalhes construtivos (BARROSO, 2015 apud ANTUNES, 2004).

A NBR 15.575-1 (2013) de Desempenho para Edifícios Habitacionais, apresenta as categorias de vida útil de projeto para os edifícios, a vida útil de projeto para edificação habitacional nova é estimada para um período de 60 anos, sendo porem 40 anos para edifícios antigos que passaram por processo de renovação de alta qualidade. Essas estimativas de vida útil de um projeto serão alçadas uma vez feitas todas as manutenções necessárias

seguindo orientações da NBR 5674:2012 – Manutenção de Edifícios, a negligência no atendimento ao plano de manutenção, poderão reduzir o tempo teórico de vida útil da edificação, como apresentado na Figura 3, abaixo.

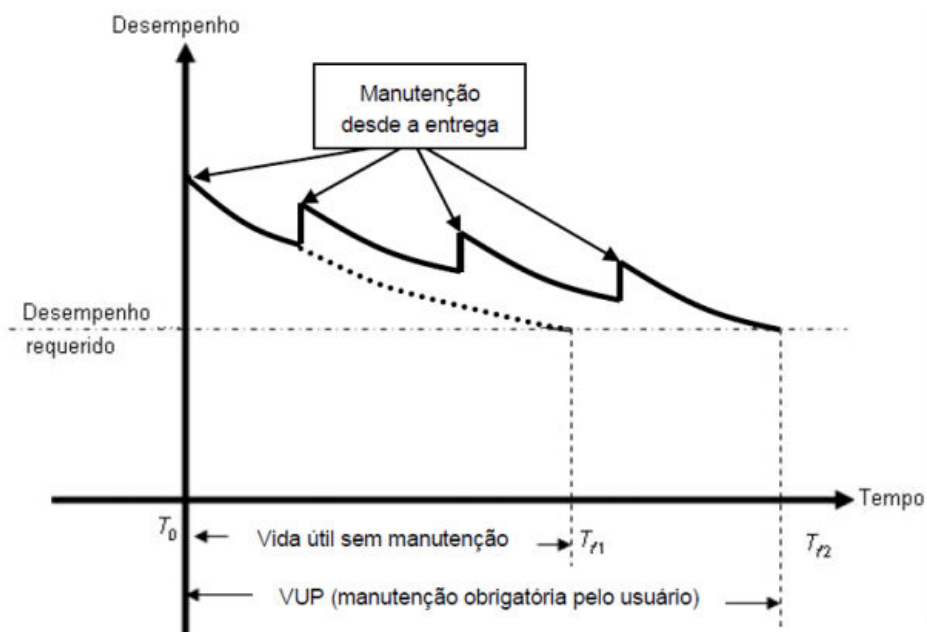


Figura 3. Gráfico vida útil sem manutenção – C.1
Fonte: ABNT NBR 15575-1,2012

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Este capítulo descreve os materiais, os procedimentos de preparação dos componentes, a aplicação da argamassa polimérica sobre o bloco cerâmico maciço e o ensaio contra a umidade por percolação realizado.

3.1. MATERIAIS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Neste item são descritos todos os componentes utilizados na produção dos corpos de prova do ensaio.

3.1.1. Blocos Cerâmicos

Neste trabalho, os blocos cerâmicos maciços tinham em média 220 mm de comprimento, 100 mm de largura e 50 mm de altura, como mostra a Figura 4.

Os blocos não receberam qualquer tipo de limpeza superficial.



Figura 4. Bloco cerâmico

Fonte: Acervo próprio

3.1.2. Argamassa polimérica

Foi utilizado argamassa polimérica monocomponente rígida para impermeabilização. A Figura 5 mostra a ficha técnica da argamassa utilizada. Foi preparada, a partir da mistura com água na proporção de 18:4 (18 kg da argamassa polimérica para 4 kg de água).

Dados Técnicos – Hydro 100			
Característica	Unidade	Valor	Observações
Densidade (argamassa fresca)	g/cm ³	2,00	NBR 13278:2005
Tempo de trabalhabilidade	minutos	30	20 °C e 50 % de umidade relativa
Intervalo entre demãos	minutos	20	
Consumo	kg/m ²	2,0	umidade
	kg/m ²	3,0	pressão positiva
	kg/m ²	4,0	pressão negativa
Espessura	mm	1	mínimo por camada
	mm	2	máxima por camada
	mm	4	máxima total
Proporção de mistura	partes em peso	100	Hydro 100
		22 - 24	água
Condições de aplicação	°C	≥ 5; ≤ 35	temperatura do ar, material e substrato
Aplicação			
Preparação da superfície O substrato deve estar limpo, íntegro e livre de partículas soltas, poeira, óleos, nata de cimento e outros agentes contaminantes. O substrato deve estar rugoso para a aplicação. Cantos vivos devem receber acabamento tipo "meia cana" com aplicação de Zentrifix GM 2 ou Zentrifix M 100. Antes da aplicação a superfície deve ser pré-umedecida, porém, durante a aplicação a superfície não pode estar saturada com água.		No caso da aplicação de mais de uma camada, recomenda-se a aplicação da segunda camada após o endurecimento da primeira. Deve-se umedecer o substrato antes da segunda camada ou de qualquer outra camada adicional. As camadas devem ser sempre aplicadas de maneira uniforme a fim de assegurar todo o preenchimento do substrato. O intervalo entre demão varia de 20 a 30 minutos dependendo da temperatura ambiente do local.	
Mistura Hydro 100 é monocomponente e deve ser misturado apenas com água. Deve ser misturado através de misturadores mecânicos até a obtenção de um produto homogêneo. O tempo de mistura recomendado é de 3 minutos. Para 1 saco de 18 kg de Hydro 100 são necessários 4,0 litros de água para aplicação com trincha e 3,0 litros de água para aplicação com desempenadeira.		Consumo estimado O consumo aproximado de Hydro 100: Umidade: 2,0 kg /m ² Pressão positiva: 3,0 kg/m ² Pressão negativa: 4,0 kg/m ² Cura Cuidados especiais devem ser tomados para evitar a rápida secagem do Hydro 100, inclusive contra a incidência direta de sol e chuva. Para que o Hydro 100 entre em contato permanente com água deve-se aguardar pelo menos 7 dias.	
Aplicação Hydro 100 pode ser aplicado com trincha, brocha, desempenadeira ou com equipamento de projeção adequado. Caso necessário, Hydro 100 pode ser desempenado manualmente antes do endurecimento total.		Segurança Verifique sempre as informações sobre segurança existentes nos rótulos das embalagens.	

Figura 5. Ficha técnica da argamassa monocomponente

Fonte: MC-Bauchemie Brasil

Esta argamassa foi preparada em um recipiente plástico liso e misturada mecanicamente, como mostra Figura 6.



Figura 6. Preparação da argamassa polimérica
Fonte: Acervo próprio

3.2. ESQUEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste tópico será desenvolvida uma representação esquemática do ensaio apresentado na Figura 7 e a sistematização do mesmo.

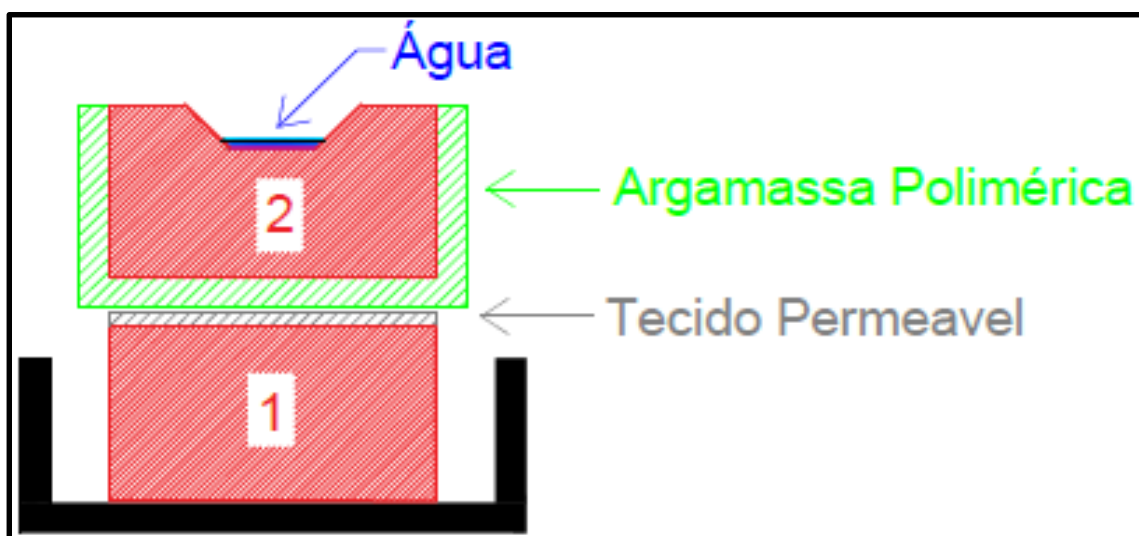


Figura 7. Resumo esquemático do ensaio realizado
Fonte: Acervo próprio

3.2.1. Sistematização do Ensaio

A seguir, são descritas todas as etapas dos processos experimental realizado.

Doze amostras de tijolos maciços enumerados de 1 a 12 (tijolo 1 da Figura 6), foram pesados secos, em seguida foram submersos em água para saturação conforme a Figura 8. Após o período de 24hrs, foram novamente pesados para conhecermos o peso máximo em kg/m^2 de água absorvida; Depois dos pesos conhecidos foram deixados secando (sol e vento) por 7 dias para retornar ao peso inicial.

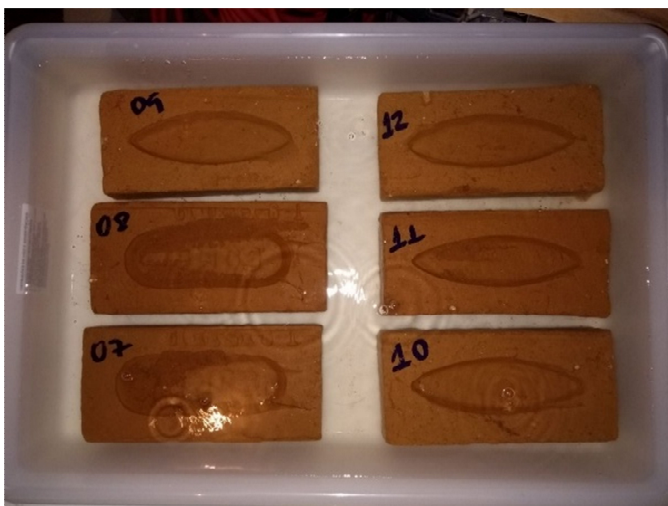


Figura 8. Blocos cerâmicos maciços submersos em processo de saturação
Fonte: Acervo próprio.

Foi aplicada argamassa polimérica monocomponente em doze amostras de blocos cerâmicos maciços, divididos em 4 grupos, sendo três amostras para cada grupo. Os grupos foram divididos entre consumos de 1, 2, 3 e 4 kg/m^2 de argamassa polimérica.

A argamassa foi misturada mecanicamente em um recipiente de plástico liso, até a obtenção de uma textura homogênea. Procurando maior uniformidade, a mistura foi aplicada pela mesma pessoa em todos corpos de prova e em todos os grupos de consumos. Para a aplicação da argamassa polimérica nos consumos acima mencionados, após a preparação como mostra a Figura 5, foi subdivididos em potes com 0,54 kg cada, necessário para a aplicação de uma camada de 1 kg/m^2 .

A primeira demão da argamassa foi aplicada sobre o substrato no estado saturado-seco. Os blocos cerâmicos maciços ficaram em ambiente aberto e na sombra entre cada camada recebida. O tempo de espera entre as demãos foram de 30 minutos conforme indica o manual técnico do fabricante. A superfície foi pré umedecida para aplicação da camada seguinte. A aplicação da argamassa polimérica foi realizada utilizando uma trincha pequena conforme Figura 9.



Figura 9. Trincha pequena
Fonte: Acervo próprio.

O pot life (tempo de vida útil da mistura depois de pronta) da argamassa polimérica utilizada no ensaio é de 30 minutos, portanto, a mistura foi preparada como mencionado no item 3.1.2, por quatro vezes.

Foi realizado a cura úmida via spray por 3 dias, 3 vezes ao dia. Após a cura úmida, foi realizado a cura seca por 4 dias desta maneira, completando o ciclo mínimo de 7 dias sugeridos pelo fabricante, antes de aplicar carga sobre a impermeabilização. As amostras foram armazenadas durante a cura em local protegido de intempéries.

Após o processo de cura, iniciou o ensaio como mostra a Figura 10 abaixo, as amostras foram deixadas protegidas de todos os intemperes, em local fechado.

Entre os tijolos 1 e 2 foi colocado um tecido permeável para facilitar a passagem de água para o tijolo 1, conforme resumo esquemático figura 7.



Figura 10. Ensaio sendo realizado
Fonte: Acervo próprio.

Foi realizado a saturação do tijolo 2 conforme a Figura 6, através da sua face não impermeabilizada utilizando um dosador apresentado na Figura 11, foi adicionado 200 ml de água fracionados em quatro doses de 50 ml por hora.

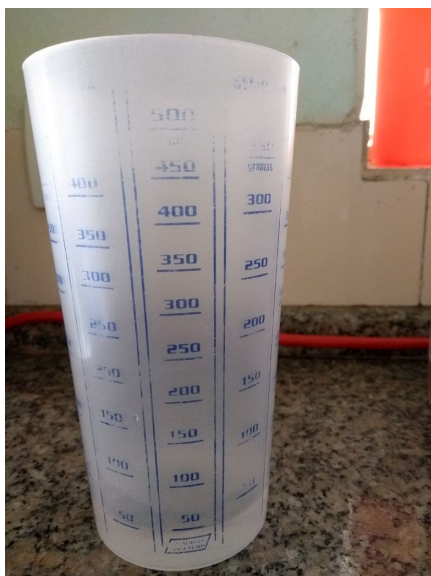


Figura 11. Dosador
Fonte: acervo próprio

Após o processo de saturação foi deixado uma lâmina d'água no rebaixo do tijolo como mostra a Figura 12 para manter o tijolo saturado durante o ensaio.



Figura 12. Lâmina d'água no rebaixo
Fonte: acervo próprio

Foram realizadas medições da massa do tijolo inferior (tijolo 1 conforme Figura 6) a cada 12 horas durante 72 horas. Totalizando 3 dias de ensaio.

As medições foram realizadas em uma balança de precisão de 10g, conforme apresentado na Figura 13.



Figura 13. Pesando as amostras
Fonte: Acervo próprio

Os resultados de cada etapa do ensaio eram devidamente anotados e serão apresentados no capítulo 4.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentadas as tabelas e gráficos referentes às etapas do ensaio de interferência do consumo de argamassa polimérica na impermeabilidade.

A Tabela 2, apresenta as massas dos tijolos secos e saturados após 24 horas submersos, que serão utilizados como referência, para quantificar, a água absorvida por corpo de prova após término do ensaio.

Tabela 2. Máxima Absorção de água (g) em 24 horas

Amostras (consumo de arg. polimérica)	Massa Seca (g)	Massa Saturada (g)	Máxima absorção de água em 24 horas (g)
1 (0 kg/m ²)	1040	1268	228
2 (0 kg/m ²)	1432	1687	255
3 (0 kg/m ²)	1262	1457	195
4 (0 kg/m ²)	1224	1433	209
5 (0 kg/m ²)	1215	1405	190
6 (0 kg/m ²)	1262	1460	198
7 (0 kg/m ²)	1169	1357	188
8 (0 kg/m ²)	1251	1457	206
9 (0 kg/m ²)	1004	1220	216
10 (0 kg/m ²)	1120	1331	211
11 (0 kg/m ²)	999	1216	217
12 (0 kg/m ²)	1022	1251	229

Fonte: Acervo próprio

Observando na Tabela 3 os resultados após 72 horas de ensaio, é possível verificar que as amostras 1,2,3 e 5 obtiveram ganho de massa significativas, onde as amostras 1 e 5 chegaram a sua massa saturada como apresentado na tabela 2.

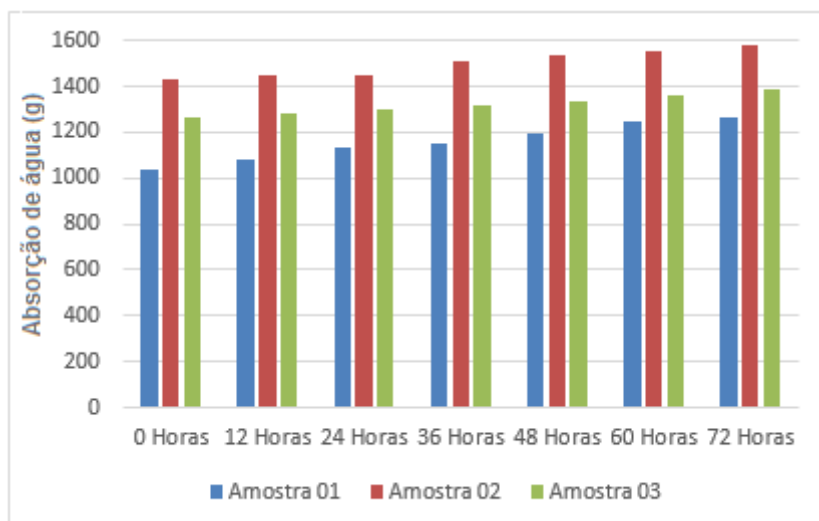
Tabela 3. Resultados do segundo ensaio

Absorção de água (g)								Diferenças de umidade (g)
Amostras (consumos de arg. polimérica)	0 hrs	12 hrs	24 hrs	36 hrs	48 hrs	60 hrs	72 hrs	
1 (1 kg/m²)	1040	1082	1135	1150	1198	1243	1268	228
2 (1 kg/m²)	1432	1445	1451	1509	1532	1557	1576	144
3 (1 kg/m²)	1262	1278	1296	1317	1336	1362	1387	125
4 (2 kg/m²)	1224	1224	1224	1224	1224	1224	1224	0
5 (2 kg/m²)	1215	1246	1283	1311	1349	1381	1405	190
6 (2 kg/m²)	1262	1262	1262	1262	1262	1262	1262	0
7 (2 kg/m²)	1169	1169	1169	1169	1169	1169	1169	0
8 (2 kg/m²)	1251	1251	1251	1251	1251	1251	1251	0
9 (2 kg/m²)	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	0
10 (2 kg/m²)	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	0
11 (2 kg/m²)	999	999	999	999	999	999	999	0
12 (2 kg/m²)	1022	1022	1022	1022	1022	1022	1022	0

Fonte: Acervo próprio

Os Gráficos 3 e 4 expostos abaixo, mostram a evolução da absorção de água com características lineares. O Gráfico 3 mostra os resultados obtidos nas amostras 1,2,3 com 1 kg/m² de argamassa polimérica.

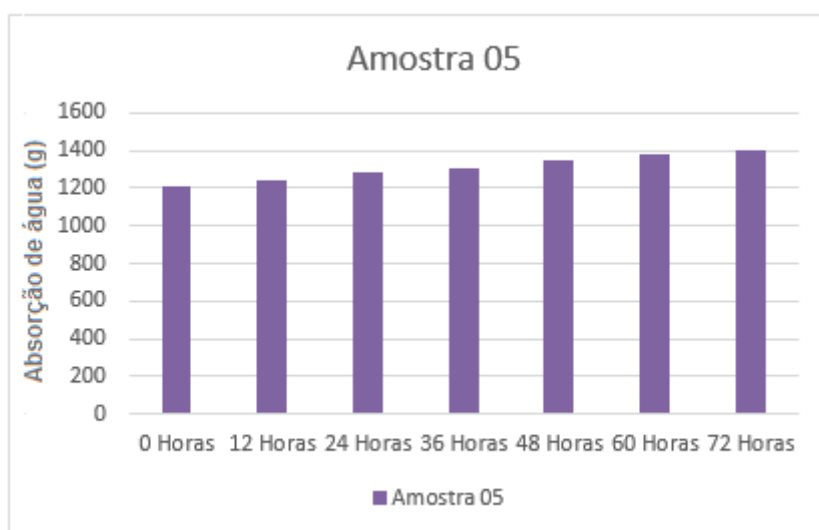
Gráfico 3. Resultados obtidos nas amostras 01 a 03



Fonte: Acervo próprio

No Gráfico 4 os resultados da amostra de número 5 com 2 kg/m² de argamassa polimérica, expressam-se em termos de quantidade de água absorvida (g) em função do tempo (horas).

Gráfico 4. Resultados da amostra 05



Fonte: Acervo próprio

As amostras 04 e 06 com 2 kg/m² de argamassa polimérica e os grupos com 3 e 4 kg/m² não apresentaram nenhuma porcentagem de absorção de água, sugerindo eficiência do sistema.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais deste trabalho, bem como as sugestões para novos estudos na área.

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de avaliação da interferência do consumo de argamassa polimérica monocomponente na impermeabilização, foi viabilizada através do estudo da bibliografia disponível e do programa experimental.

Este trabalho contou com a realização de um programa experimental, onde o ensaio teve como pretensão de potencializar a verificação da interferência do consumo da argamassa polimérica na impermeabilização com umidade por percolaridade, utilizando a gravidade para acelerar a percolação da água através da porosidade dos blocos cerâmicos.

Foram ensaiadas doze amostras feitas com blocos cerâmicos maciços, apenas 4 apresentaram absorção de água durante o ensaio, aonde três das amostras com 1 kg/m² de argamassa polimérica apresentaram falha na impermeabilização, e uma amostra com 2 kg/m² de argamassa polimérica também apresentou falha na impermeabilização. Presume-se que na amostra 5, possivelmente houve falha na aplicação do impermeabilizante e/ou o tempo em que foi realizado o ensaio.

A ficha técnica da argamassa polimérica monocomponente utilizada no ensaio, indica o consumo de 2 kg/m² para Umidade, esta situação ocorre nos casos que tenha até 0,1 m de coluna d'água. Tomando essa informação como base e através do ensaio realizado, o consumo indicado na ficha técnica do fabricante está adequado. Confirmando também que a hipótese deste trabalho está correta, uma vez aplicada a argamassa polimérica de maneira apropriada e com consumo indicado pelo fabricante, o ensaio apresentou o resultado esperado. Quando aplicado com consumos menores, apresentou falha na impermeabilização em 100% das amostras, como é possível observar na tabela 3, derrubando assim, a tese

do segundo objetivo específico e validando a primeira tese dos objetivos específicos deste trabalho.

De tal modo, a melhor forma de se evitar problemas causados pela umidade e por possíveis falhas na execução, é utilizando mão de obra qualificada e se possível especializada em impermeabilização.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se, abaixo, suposições para novos trabalhos relacionados ao presente trabalho:

- a) Aplicar argamassa polimérica monocomponente nos corpos de prova utilizando método de aplicação diferente do utilizado, por exemplo desempenadeira e/ou projeção.
- b) Executar paredes de testes iguais a executada em obra, com algum sistema de “irrigação” para simular a atuação da chuva nas paredes de testes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCCI, M. P., FLAUZINO, W. D., MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações. Tecnologia de Edificações**, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do IPT. 1995. p. 565-570.

ARANTES, Y. K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil** – Monografia (título de especialista na construção civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007 – Disponível em: < http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/monografia_Impermeabiliza%E7%E3o.pdf >. Acesso em: 22/08/2017.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 9574: Execução de impermeabilização**, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e Projeto**, Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 15575-1: Edifícios Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**, Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICA. **NBR 5674: Manutenção de edifícios – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**, Rio de Janeiro, 2012.

ANTONELLI, G.R.; CARASEK, H.; CASCUDO O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-Go**. IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu, p. 1415-1424. 2002. Disponível em: <

http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1415_1424.pdf
>. Acesso em: 24/04/2018.

BARROSO, G. F.; MENESES, F. M. C.; CAMPOS JUNIOR, D. J.; MAGALHÃES, S. R. **Sistemas de impermeabilização (ênfase em manta asfáltica)**. Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde. Três Corações, v. 5, n. 1, p. 42-57. 2015 - Disponível em: < <http://periodicos.unincor.br/index.php/iniciacaocientifica/article/view/2366/1934> >. Acesso em: 24/04/2018.

BASTOS, L. F. B. F. **Análise comparativa de sistemas de impermeabilização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Coimbra, Coimbra. 2014 – Disponível em: < <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/38554/1/Analise%20comparativa%20de%20sistemas%20de%20impermeabilizacao.pdf> >. Acesso em: 15/01/2018.

BAUER, E. **Resistencia à penetração da chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos: uma análise de desempenho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1987 – Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/2050> >. Acesso em: 08/12/2017.

BAUER, E.; VASCONCELOS, P.H.C.O.; GRANATO, J.E. **Sistemas de impermeabilização e isolamento térmico**. In: ISAIA, G.C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 2 ed. São Paulo, IBRACON, 2010.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008. Disponível em: < <https://pt.slideshare.net/juniorgestao/materiais-de-construo-volume-2-bauer-5-edio> >. Acesso em: 24/01/2018.

CHAVES, A.M.V.A. **Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas** – Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Minho, Portugal. 2009 – Disponível em: < <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10764/1/Tese%20Final%20ana%20chaves.pdf> >. Acesso em: 16/08/2017.

CICHINELLI, G. **Estanqueidade garantida**. Editora: Pini, Edição 189, 2012. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/189/artigo288006-2.aspx> >. Acesso em: 16/06/2017.

CUNHA, A.G.; NEUMANN W. **Manual Técnico de Impermeabilização e Isolamento Térmico**. Editora: Argus, 4º edição. 1979.

FERREIRA, O. P. **Concreto especiais – polímeros**. São Carlos, 2012. Disponível em: < <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/c.especiais/Conc%20Polimero%20Osny.pdf> >. Acesso em: 16/06/2017.

FREIRE, M. A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte**. Monografia (Título em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007 – Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011036.pdf> >. Acesso em: 20/09/2017.

FREITAS. V. P.; TORRES, M. I.; GUIMARÃES. A. S. **Humidade Ascensional**. 1. Ed. Porto: FEUP Edições. 2008 - Disponível em: < <https://books.google.pt/books?printsec=frontcover&id=8W5uT4HCiTMC&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> >. Acesso em: 01/04/2018.

GEWEHR, U. **Aplicabilidade e eficiência de método de saneamento de paredes degradadas por umidade e sais a partir de um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004 - Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10162/000531725.pdf?...1> >. Acesso em: 20/04/2018

GUARIZO, E.A. **Impermeabilização flexível** – Itatiba, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade São Francisco. Itatiba. 2008 - Disponível em: < <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1267.pdf> >. Acesso em: 29/11/2016.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em parede**. 1. Ed. Lisboa. 1994. Disponível em: < <https://www.upload.engenhariacivil.com/files/00477644296044263126.pdf> > . Acesso em: 10/04/2018.

IBI - INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **O que é impermeabilização**, 2017. Disponível em < <http://www.ibibrasil.org.br/o-que-e-impermeabilizacao> >. Acesso em: 27/11/2016.

MAGALHÃES, D. T. **Inspeção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de água do terreno para alvenaria: aplicação na igreja de Cidadelhe**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro. Vila Real. 2008 - Disponível em: < http://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/360/1/msc_dtmagalhaes.pdf >. Acesso em: 23/03/2018.

MC BAUCHEMIE – **Hydro 100**. Disponível em: < <http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2015/09/hydro-100-01-2018.pdf> >. Acesso em 23/07/2018.

NAKAMURA, J. **Argamassa polimérica**. Editora: Pini, Edição 61. 2013. Disponível em: < <http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/argamassa-polimerica-saiba-como-funciona-esse-sistema-de-impermeabilizacao-291311-1.aspx> >. Acesso em: 13/06/2017.

PINTO, F. M. C. A. **Influência da pressão exterior na embebição de materiais de construção** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Porto. Porto. 1998 - Disponível em: < <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CDIQFjAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio-aberto.up.pt%2Fbitstream%2F10216%2F12878%2F2%2FTexto%2520integral.pdf&ei=YWC0Ur-6OY3gsASJuoKQDQ&usg=AFQjCNGH4pAmVUgb9vnOjSUAAlldAbgIJeg&sig2=8FuFLYvjaJtx1tT414KYOG&bvm=bv.58187178,d.cWc> >. Acesso em 07/01/2018.

PORCIÚNCULA, E. **A importância do projeto de impermeabilização.** Disponível em: < <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=137> > Acesso em: 14/06/2017.

POZZOBON, Cristina Eliza. **Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil II.** 2007. 19p.

RODRIGUES, R. M.; JUNIOR, A. S. S.; LIMA, E. E. P. **Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil.** Revista de Iniciação científica do Centro Universitário de João Pessoa. João Pessoa. V. 4, n. 2. 2016 – Disponível em: < <https://periodicos.unipe.br/index.php/interscientia/article/download/513/393/> >. Acesso em: 12/02/2018.

RIRSCH, E.; ZHANG Z. **Rising damp in masonry walls and the importance of mortar properties.** Editora: Elsevier. Construction and Building: Materials, Volume 24, Edição 10, 2010. Disponível em: < <http://www.safeguardeurope.com/papers-articles/rising-damp-in-masonry-walls> >. Acesso em: 06/05/2018.

QUERUZ, F. **Contribuição para identificação dos principais agentes e mecanismos de degradação em edificações da Vila Belga.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2007 - Disponível em: < <http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7685/FRANCISCOQUERUZ1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 13/03/2018

SAYEGH, S. **Cimentos e polímeros contra a umidade.** Técnica, São Paulo, n. 56, p. 42-44, nov. 2001.

SILVA, F. B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.** Técnica, São Paulo, n. 174, set. 2011. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/174/artigo285892-1.aspx> >. Acesso em: 14/06/2018.

SILVEIRA, M. A. A.; VENTURA, E.; TAKAGI, E. **Impermeabilizantes rígidos ou flexíveis: saiba especificar.** AECweb. Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizantes-rigidos-ou-flexiveis-saiba-especificar_9614_0_1 >. Acesso em: 16/06/2017.

SILVEIRA, M.A. **Impermeabilizações com cimentos poliméricos.** Técnica, São Paulo, n. 54, p. 108-110, set. 2001.

SOARES, F. F. **A importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil** – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014. - Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012331.pdf> >. Acesso em: 16/06/2017.

UEMOTO, K. L. **Aditivos impermeabilizantes para argamassas e concreto.** In: Tecnologia de edificações. São Paulo, Pini, IPT. 1995

VEDACIT. **Manual Técnico de Impermeabilização em estruturas**, 7. ed. – Otto Baumgart. Disponível em < <https://www.vedanews.com.br/uploads/biblioteca/manual-tecnico-impermeabilizacao-de-estruturas-7.pdf> >. Acesso em: 02/12/2016.

VEDACIT – **Vedatex**. 2017. Disponível em: < <http://www.vedacit.com.br/produtos/vedatex> >. Acesso em: 18/08/2017.

VENTURINI, J. **Características da cobertura condicionam escolha de sistema de impermeabilização.** Editora: Pini. Técnica, Edição 205, 2014.

VERÇOZA, E.J. **Patologia das edificações.** Porto Alegre: Editora Sagra, 1991.