



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
ENGENHARIA CIVIL
3010N

SUSANY BONIN CABRAL

**A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES NO
CONCRETO CURADO**

LAGES
2021

SUSANY BONIN CABRAL

**A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES NO
CONCRETO CURADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
UNIFACVEST, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Lages
2021

SUSANY BONIN CABRAL

A INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES NO CONCRETO CURADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário UNIFACVEST, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Lages, 14 de Julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Aldori Batista dos Anjos
Centro Universitário Unifacvest

Prof. Pierre Anjos
Centro Universitário Unifacvest

Prof. Samuel Garcia Schmuller
Centro Universitário Unifacvest

Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. À minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso. Em especial a minha filha Cecília. . .

Agradecimentos

Sou grata à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida e não deixar desistir de buscar meus sonhos.

Agradeço à meu marido e minha filha que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

A todos os meus amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

Agradeço aos professores do Centro Universitário Unifacvest pela dedicação, foram co-responsáveis pelo nosso crescimento.

E finalmente, agradeço a Deus a oportunidade, privilégio e sustentação.

Gratidão.

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

Resumo

Com o crescimento do uso do concreto, na construção civil, a busca do menor prazo possível de execução tornou-se imprescindível, com a alta demanda de mercado, um estudo mais avançado faz-se necessário para o melhor desempenho e empregabilidade do concreto. O uso de uma estrutura por um longo período que não apresente manutenções, depende fielmente ao método construtivo utilizado, ele irá definir a sua durabilidade. Dentre os fatores mais preocupantes é o efeito da água nas edificações. As manifestações patológicas relacionadas a falha do sistema de impermeabilização, representam quantidade significativa nas solicitações de assistência técnica. Sendo uma das etapas mais postergadas, seja pelo custo, desinformação ou descaso por parte dos construtores ou rejeitados pelos clientes, pois consideram custo extras na obra, ignorando a relevância do mesmo, geram grandes falhas, como corrosão de armadura, eflorescências, degradação do concreto e argamassa. Estes problemas, relativos as infiltrações são de difíceis constatações, e a solução muitas vezes culmina em demolições. Tendo custo de resolução do problema depois da edificação concluída, até quinze vezes mais caras do que se tivessem sido realizados na fase de construção. Hoje no mercado encontramos diversas categorias de aditivos impermeabilizantes para solucionar os problemas relacionados a água, tendo como principal os impermeabilizantes rígidos e flexíveis. A busca incessante por solucionar os problemas relacionados as falhas dos sistemas impermeabilizantes motivaram o trabalho que segue.

Palavras-chave: Impermeabilização. Aditivos impermeabilizantes. Patologias.

Abstract

With the growth in the use of concrete in civil construction, the search for the shortest possible execution time has become essential, with the high market demand, a more advanced study is necessary for the best performance and employability of concrete. The use of a structure for a long period, without maintenance, faithfully depends on the construction method used, it will define its durability. One of the most worrying factors is the effect of water on buildings. Pathological manifestations related to failure of the waterproofing system represent a significant amount in requests for technical assistance. As one of the most delayed stages, whether due to cost, misinformation or neglect, on the part of builders or rejected by customers, as they consider extra costs in the work, ignoring its relevance, they generate major flaws, such as corrosion of reinforcement, efflorescence, degradation of concrete and mortar. These problems, related to infiltrations, are difficult to verify, and the solution often culminates in demolitions. With the cost of solving the problem after the construction is completed, it is up to fifteen times more expensive than if it had been carried out during the construction phase. Today on the market we find several categories of waterproofing additives to solve water-related problems, mainly rigid and flexible waterproofing products. The incessant search for solving problems related to the failures of waterproofing systems motivated the work that follows.

Keywords: Waterproofing. Waterproofing additives. Pathologies.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Origem das patologias nas edificações	15
Figura 2 – Evolução do concreto	18
Figura 3 – Cimento Portland	20
Figura 4 – Tipos de brita	21
Figura 5 – Tipos de areia	22
Figura 6 – Influência da cura úmida na resistência do concreto com relação à água	24
Figura 7 – Etapas do Slump test	27
Figura 8 – Segregação em pilar de concreto armado	29
Figura 9 – Relação entre a resistência e a relação água/cimento do concreto	32
Figura 10 – Concreto Permeável	33
Figura 11 – Aplicação da argamassa polimérica	40
Figura 12 – Ação dos aditivos hidrófugos	41
Figura 13 – Aplicação de impermeabilização a base de resina epóxi	42
Figura 14 – Aplicação de cristalizantes líquidos	43
Figura 15 – Execução de membrana de asfalto a frio com rolo de pintura.	45
Figura 16 – Execução de membrana de asfalto a quente.	46
Figura 17 – Aplicação de membrana acrílica	47
Figura 18 – Aplicação da manta asfáltica	48
Figura 19 – Aplicação de manta asfáltica com maçarico.	48
Figura 20 – Processo de emenda da manta com equipamento automático.	50
Figura 21 – Funcionamento das reações de cristalização no poro capilar	53
Figura 22 – Check list Prisma	59
Figura 23 – Patologias: (A) Carbonatação, (B) Fissuras, (C) Corrosão da armadura e (D) Eflorescências	61

Lista de tabelas

Tabela 1 – Incidência de manifestações patológicas, IPT - 1980.	16
Tabela 2 – Influência dos vazios do concreto em sua resistência	30
Tabela 3 – Período de cura necessário para evitar a propagação dos poros capilares	31
Tabela 4 – Origem da umidade nas construções	36
Tabela 5 – Visão geral para a orientação das escolhas do impermeabilizante a ser utilizado.	38
Tabela 6 – Critérios de desempenho de argamassas com aditivos impermeabilizantes	51
Tabela 7 – Requisitos e critérios de desempenho da argamassa com aditivo imper- meabilizante - Variação porcentual de parâmetros em relação a uma argamassa convencional	52
Tabela 8 – Portfólio de estudo	56

Lista de abreviaturas e siglas

% s.p.c.	Porcentagem Sobre Peso Cimento
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CEB	Comité Européen du Béton
ETA	Estação de Tratamento de Água
Fck	Resistência Característica do Concreto à Compressão
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilizações
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica
NBR	Norma Brasileira

Lista de símbolos

%	Porcentagem
Kgf	Quilograma-força
a/c	Água/Cimento
cm	Centímetros
kg	Quilograma
mm	Milímetro

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	CONCRETO	18
2.1.1	Cimento Portland	19
2.1.2	Agregados	20
2.1.3	Água	22
2.2	CURA DO CONCRETO	23
2.3	ADITIVOS DE CONCRETO	25
2.3.1	Histórico	25
2.3.2	Definição	25
2.4	CONSISTÊNCIA E TRABALHABILIDADE	26
2.5	SEGREGAÇÃO	28
2.6	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	29
2.7	PERMEABILIDADE	33
2.7.1	Permeabilidade do concreto a água	34
2.8	ORIGEM DA UMIDADE NAS CONSTRUÇÕES	34
2.9	IMPERMEABILIZAÇÃO	36
2.9.1	Sistemas impermeabilizantes	37
2.9.2	Classificação dos sistemas impermeabilizantes	39
2.9.2.1	Impermeabilização Rígida	39
2.9.2.1.1	<i>Impermeabilizante cimentício</i>	39
2.9.2.1.2	<i>Argamassa polimérica</i>	40
2.9.2.1.3	<i>Argamassa impermeável (com aditivos hidrófugos)</i>	40
2.9.2.1.4	<i>Resina epóxi</i>	41
2.9.2.1.5	<i>Cristalizantes</i>	42
2.9.2.2	Impermeabilização Flexível	43
2.9.2.2.1	<i>Membranas asfálticas</i>	44
2.9.2.2.2	<i>Membrana de polímero modificado com cimento</i>	46
2.9.2.2.3	<i>Membranas acrílicas</i>	46
2.9.2.2.4	<i>Manta asfáltica</i>	47
2.9.2.2.5	<i>Manta PVC</i>	49
2.10	ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES	50

2.10.1	Aditivos impermeabilizantes por hidrofugação	53
2.10.2	Aditivos plastificantes	54
2.10.3	Aditivos superplastificantes	54
2.11	SUSTENTABILIDADE	55
3	METODOLOGIA	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1	BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	60
4.2	PATOLOGIA CAUSADAS PELA AUSÊNCIA DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	60
4.3	TIPOS DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES	62
4.4	INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES SOBRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS	62
4.5	EFICIÊNCIA DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES NA IMPERMEABILIZAÇÃO DA ARGAMASSA	63
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	Referências	66

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o uso racional do concreto na engenharia em nosso país tem aumentado muito. Com esse crescimento, as pesquisas também se fortaleceram para desenvolver cada vez mais produtos com qualidade e resistência. Hoje, no mercado, podemos encontrar facilmente os agregados necessários para a fabricação do concreto, além de aditivos especialmente desenvolvidos para melhorar suas propriedades físicas, além de aditivos líquidos impermeáveis que nos ajudam a combater um dos maiores vilões da nossa construção, a água. (DREY; SEIDLER, 2013)

O uso do concreto é indispensável nos mais diversos métodos construtivos. Com a alta demanda e com a modernização da construção, o uso da tecnologia na construção civil torna-se cada vez mais necessária para que se mantenha a qualidade exigida.

A importância da durabilidade e vida útil das edificações é muito discutida no setor da construção civil, principalmente nos dias atuais, quando a busca pela sustentabilidade e racionalização do processo é essencial para a realização de projetos de alta qualidade e compatíveis com as demandas ambientais. (JANTSCH, 2015)

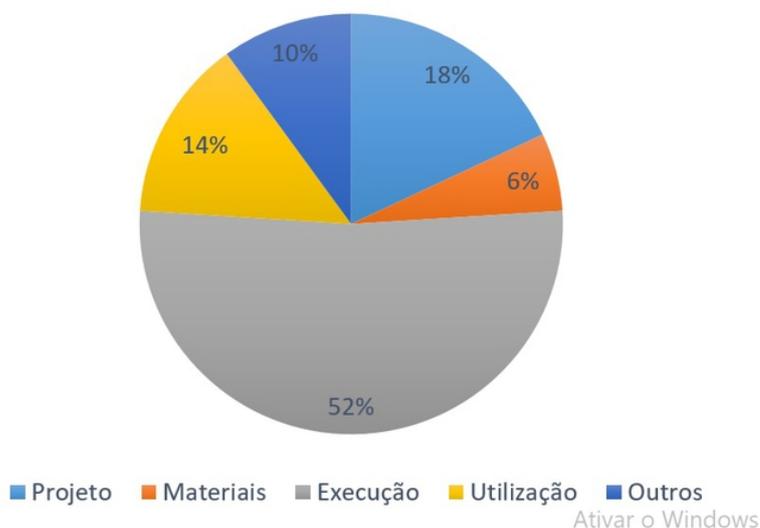
No mercado onde tempo é dinheiro, o método de redução do tempo do processo de produção é o mais popular. Desta forma, os aditivos entram como componentes essenciais no processo de fabricação do concreto. Tendo a responsabilidade de agir em diversos fatores, podendo reduzir ou aumentar os efeitos.

Com o tempo, o surgimento de patologias causadas pelo uso de argamassa permeável é inevitável. Se a construção for impermeável à água e ao vapor d'água, essas patologias podem ser prevenidas. (COSTA, 2008)

De acordo com a pesquisa realizada por Oliveira (2013, p. 31), revelam que os problemas patológicos do edifício durante a sua vida útil tem origem na fase de execução, pelo que a implementação de um sistema de gerenciamento da qualidade é muito importante para a execução da obra.

Figura 1 – Origem das patologias nas edificações

Origem das patologias nas edificações



Fonte: Oliveira, 2013

A impermeabilização é uma etapa essencial, pois, é o sistema responsável por preencher e vedar materiais porosos e seus defeitos, que podem levar à umidade e a fenômenos patológicos como aspectos desagradáveis, ambientes insalubres e oxidação das barras de aço. Em alguns casos, eles só são implementados no final da obra, o que pode levar a problemas que poderiam ser resolvidos durante a obra. (ARAÚJO; SAVIATTO, 2018)

Portanto, o uso dos aditivos torna-se extremamente viável, mas para isso, é necessário conhecê-los de modo a trazer efeitos satisfatórios e econômicos na construção civil. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a influência da adição de aditivos impermeabilizantes nas propriedades do concreto.

1.1 JUSTIFICATIVA

O uso de aditivos impermeabilizantes é uma constante na construção civil nos dias atuais. Mas, é preciso cautela na aplicação, pois, necessita de mão de obra especializada e cuidados anteriores e posteriores ao procedimento. A escolha correta do procedimento e a adequada execução, garantiram o sucesso da aplicação.

Outro fator, que precisa ser considerado é que a adição de aditivos não pode alterar as características de resistência, plasticidade, tempo de cura e durabilidade do concreto. A maneira e a dosagem que será aplicada, vai considerar as exigências solicitadas. Para tal, é necessário a elaboração de um projeto, para evitar os problemas de infiltração causadas por uma impermeabilização ineficaz. Que certificará o uso correto, diminuindo os custos com a impermeabilização.

Em 1980, no Brasil, uma pesquisa realizada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) no qual foram visitados 36 conjuntos habitacionais, em um total de 500 habitações, dentre elas foram identificadas índices de umidade, trincas e deslocamento de revestimentos de acordo com os resultados na tabela 1.

Tabela 1 – Incidência de manifestações patológicas, IPT - 1980.

Tipo de edificação	Idade (anos)	Umidade (%)	Trincas (%)	Deslocamento de Revestimentos (%)
Casas térreas	1 - 3	42	29	29
	4 - 7	50	25	25
	>8	37	35	28
Apartamentos	1 - 3	52	35	7
	4 - 7	86	14	-
	>8	82	12	6

Fonte: Bauer, 1987

Dados atuais continuam confirmam a ocorrência do problema. Desta forma, fica evidente a necessidade da melhoria, na prática, da impermeabilização das edificações.

Em razão dos fatores citados e em vista compreender o melhor desempenho deste aditivo, a necessidade do estudo relativo a este assunto, ampliando as informações sobre sua funcionalidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo apresentar as influências causadas pela adição de aditivos em argamassas de concreto.

1.2.2 Objetivos específicos

- Conceituar argamassas, concreto, aditivos e outros;
- Esclarecer a importância dos sistemas de impermeabilização;
- Apresentar as principais patologias e os diversos tipos de aditivos impermeabilizantes aplicados na construção civil;

- Analisar a influência e eficiência dos aditivos impermeabilizantes sobre as propriedades das argamassas;
- Sustentabilidade.

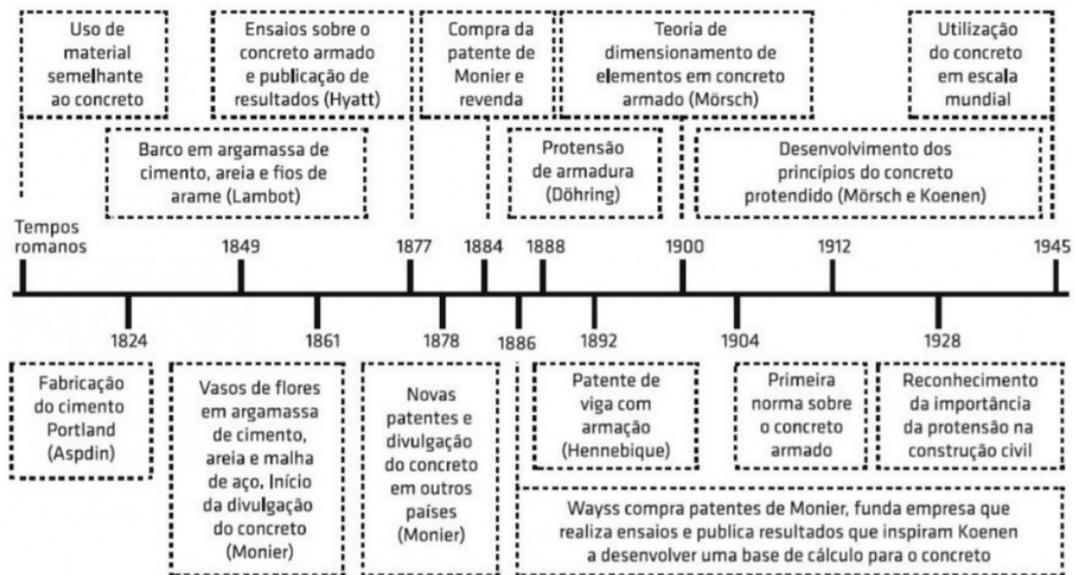
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica tem como objeto principal apresentar um conhecimento específico direcionado ao tema em estudo.

2.1 CONCRETO

No final do século XIX, aconteceu a descoberta do concreto de cimento Portland, sua utilização ficou mais intensa somente no século XX. O concreto desde a sua descoberta vem em constante evolução, proporcionando projetos e estruturas revolucionárias, por consequência da constante evolução das civilizações. O concreto é o segundo material mais consumido pelo homem no mundo. (ANDRADE; SILVA, 2005).

Figura 2 – Evolução do concreto



Fonte: Curso básico de concreto armado, PORTO E FERNANDES (2015)

De acordo com Alves (2002), o concreto faz parte da evolução humana e existe em todas as obras que visam a melhoria das condições de vida do homem. Se não usarmos concreto, é difícil imaginar progresso.

O concreto de cimento Portland é definido como:

[...] material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos, graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). (NBR 12655, 2015, p. 3)

Para Tartuce e Giovannetti (1990), entende-se por concreto a mistura de agregados miúdos e graúdos, cimento e água, formam uma massa plástica que após um tempo de cura endurece e transformam-se em uma pedra artificial.

A quantidade de aglomerante e agregados definem as propriedades do concreto, em todas as fases do processo de cura. “No estado fresco, o material tem que atingir a trabalhabilidade e coesão, ou seja; condições para que o concreto possa ser bombeado e moldado nas formas. No estado endurecido, a principal propriedade é a resistência mecânica necessária para suportar as cargas solicitadas em serviço”. (SANTOS, 2017)

Segundo Mehta e Monteiro (1994, p. 47), o presidente dos Estados Unidos J. W. Kelly em 1961, em um de seus discursos, falou o seguinte:

Ninguém pensaria em usar madeira em uma barragem, aço em pavimentação ou asfalto em estruturas de edifícios, mas o concreto é usado para cada uma dessas e em muitas outras utilizações em lugar de outros materiais de construção. (. . .). Ele é usado para suportar, para vedar, para revestir e para preencher. Mais pessoas precisam conhecer melhor o concreto que outros materiais especializados.

Petrucci (1998) afirma que para a obtenção um concreto durável, resistente, econômico e de bom aspecto necessita a compreensão das propriedades de cada um dos componentes, as características do concreto e os fatores capazes de modifica-las.

O concreto de cimento Portland é um material constituído de agregado miúdo, agregado graúdo, pelo aglomerante cimento Portland, água e quando preciso aditivo. Para compreender as características da mistura, é necessário avaliar o concreto no seu estado fresco e endurecido. O concreto fresco é a fase da mistura até o fim o início do processo de colagem dos aglomerantes e endurecimento no final da pega. (FREITAS *et al.*, 1998).

2.1.1 Cimento Portland

De acordo com Neville (2016), o cimento é um material com propriedades adesivas e coesivas que pode conectar fragmentos minerais na forma de unidades compactadas.

O cimento Portland comum pode ser definido como:

Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta misturas materiais pozzolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores especificados.(NBR 5732, 1991, p. 2)

Figura 3 – Cimento Portland

Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/cimento-portland-rs-e-a-melhor-solucao-para-ambientes-agressivos/>

O cimento Portland tornou-se um produto de uso mundial, o mais utilizado na construção civil. Caracterizado com um pó fino de coloração acinzentado, que possuem propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que após a adição da água, torna-se um material sólido. (ABPC, 2002)

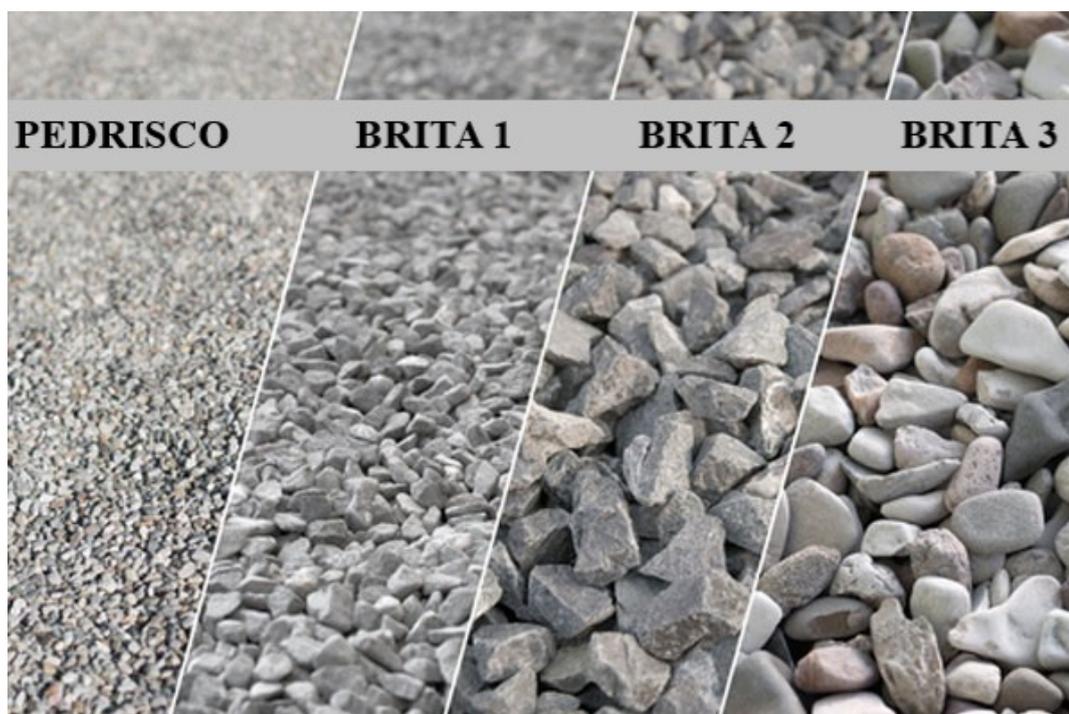
A qualidade do concreto irá depender fielmente das proporções de materiais que serão utilizadas, tendo em vista que, o cimento é o material principal do ponto de vista químico, pois, ele é o responsável pela transição da mistura em um novo material.

2.1.2 Agregados

De acordo com NBR 9935 (2011), agregado é determinado material granular com dimensões e características definidas. Podendo ser misturado em argamassa e concreto, extraído diretamente da natureza, ou também, podem ser artificiais, quando sua estrutura original alterada por processo químico. Os mais comuns são: brita (agregado graúdo) e areia (agregado miúdo).

O agregado graúdo é constituído de pedregulhos naturais, seixos rolados ou pedra britada, originário de britagem de rochas estáveis com no máximo de 15% passando na peneira 4,8 mm. Para o uso dos agregados graúdos no concreto, devem apresentar grãos resistentes, duráveis e estáticos e sem impurezas, apresentando boa composição granulométrica. (MEHTA; MONTEIRO, 1994)

Figura 4 – Tipos de brita



<https://www.mtxmineradora.com.br/conheca-os-diferentes-tipos-de-brita-na-construcao-e-decoracao/>

De acordo com Neville e Brooks (2013, p. 28), “aproximadamente $\frac{3}{4}$ do volume de concreto são ocupados pelos agregados” tendo como função principal é fornecer resistência ao concreto, durabilidade e desempenho estrutural.

Segundo Bauer *et al.* (2000), os agregados são classificados quanto à sua origem, tamanho de partícula e peso aparente. Podendo ser de origem natural, como areias e cascalho, que já existem na natureza na forma de partículas, ou de fonte industrializada, que necessitam de particularização industrial, originárias de rochas, escória de alto forno ou argilas.

De modo geral, os agregados de concreto são areia, cascalho e brita, que provêm de sedimentos naturais, portanto, são designados como agregados naturais. Por outro lado, os materiais processados termicamente, como argila expandida ou folhelho expandidos, usados para produzir concreto leve, são chamados de agregados artificiais. Agregados feitos de rejeitos industriais, como escória de alto-forno e cinzas volantes, também se enquadram nesta categoria. (MEHTA; MONTEIRO, 1994)

Agregado miúdo refere-se à areia natural quartzoso ou pedrisco produzidos pela britagem de rochas estáveis, com tamanho máximo de partículas 4,8 mm. (DÍAZ, 1998)

Figura 5 – Tipos de areia



<https://www.totalconstrucao.com.br/tipos-de-areia/>

O desenvolvimento do concreto depende das propriedades dos agregados, podendo ser físicas, térmicas e até químicas. Para a obtenção do traço do concreto, é preciso considerar as proporções entre cimento e agregado, pois, são eles que irão possibilitar chegar nas propriedades desejadas do concreto, seja no estado fresco ou endurecido. (MEHTA; MONTEIRO, 1994)

Para Nardy Neto *et al.* (2018, p. 19):

Diferentes tipos de agregados são utilizados a fim de respeitar os diferentes tipos de utilização do concreto, por exemplo, na necessidade de obter uma massa de concreto de alta resistência, mas capaz de preencher vazios na concretagem sem a utilização de vibradores, é necessário que essa massa seja mais fluida, esse tipo de massa é conhecida como graute e para obtê-la utiliza-se as britas de pequena dimensão (agregados miúdos), enquanto a quantidade de cimento Portland pode ser até cinco vezes superior a utilizada na mistura do concreto convencional. O graute também pode receber aditivos superplastificantes, que ajudam a equilibrar a quantidade de água no traço, sem comprometer o desempenho do material.

2.1.3 Água

Em todas as fases da obra a água está presente, em todas as etapas constituintes da obra, desde a fabricação de argamassas, concretos e de algumas fabricações de tintas. Começando na compactação do solo, na cura do concreto e argamassa e após a obra na própria limpeza. (SALOMÃO, 2012)

A água usada para o concreto não pode conter impurezas, uma vez que podem vir a impedir as reações entre ela e o cimento. São toleradas pequenas quantidades de

impurezas, por não apresentar danos nos efeitos esperados. Mas, se houver dúvidas em relação à qualidade da água, deve ser testada para verificar o impacto das impurezas sobre o tempo de pega, resistência mecânica e estabilidade de volume, pois, as impurezas presentes podem causar a corrosão das armaduras. (FURNAS, 1997)

Sendo responsável pela concretização de todas as reações entre os constituintes da mistura, a água tem como função principal prover a hidratação do cimento na composição do concreto. A água é o principal artifício utilizado pelo pedreiro para a regularização da consistência do concreto, atingindo a trabalhabilidade ideal. (NEVILLE, 1997)

Para a composição de pastas, argamassas ou concretos é necessário utilizar a relação a/c para definir a quantidade de água a ser utilizada. “Quanto maior a quantidade de água no concreto, menor é a tensão limite de escoamento, aumentando sua deformabilidade e diminuindo a viscosidade da mistura. No entanto, um elevado teor de água pode provocar segregação. (CAVALCANTI, 2006)

2.2 CURA DO CONCRETO

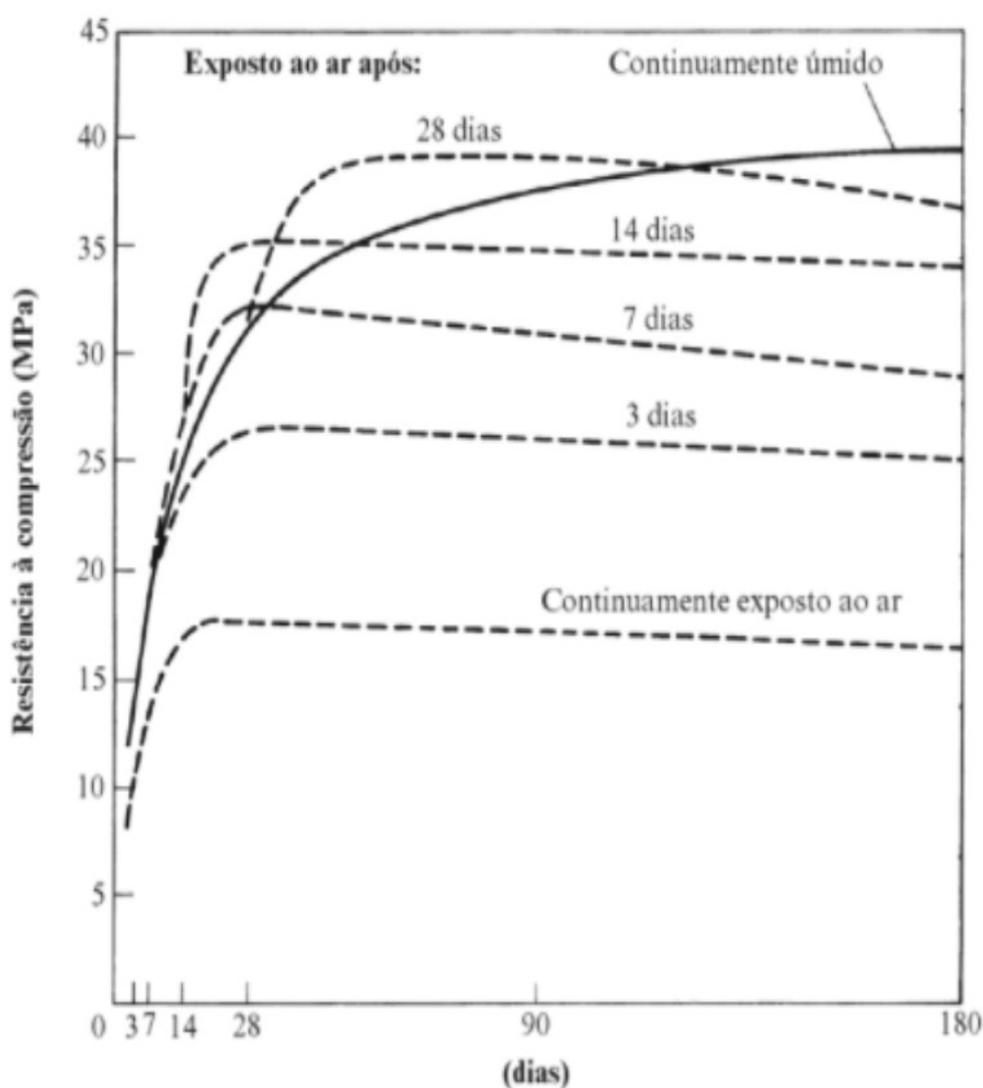
A cura do concreto é o procedimento que tem como o objetivo principal a hidratação do concreto, ou seja, diminuir os espaços vazios formados na pasta do cimento, que se formam pela evaporação prematura da água. Todo o processo necessita de muita atenção, é preciso fazer o controle da temperatura e do movimentos das águas de dentro para fora, uma vez que, ele evitará o surgimento de fissuras e trincas na edificação e aumentará significativamente a resistência. (TECNOSIL, 2018)

Segundo o mesmo autor a hidratação do concreto é o processo químico entre a água e o cimento, que resulta na pega e endurecimento do concreto. O controle da temperatura é de suma importância para manter a durabilidade e resistência. Evitar a evaporação precoce da água, resultará em um concreto de maior durabilidade, dando maior resistência em princípio, mas não a longo prazo.

De acordo com Neville e Brooks (2013), a temperatura elevada aumentará a resistência no primeiro dia durante o processo de cura, que é de 28 dias, mas logo após o terceiro dia, a resistência mudará negativamente.

A influência da cura do concreto pode ser visualizado na imagem abaixo:

Figura 6 – Influência da cura úmida na resistência do concreto com relação à água



Fonte: Tecnologia do Concreto - 2ed. (2013). (n.p. 176): Bookman Editora.

Existem atualmente três categorias de cura do concreto, que são: cura úmida, cura química, e cura térmica. Cada uma delas é caracterizado por um tipo de processo, com um determinado resultado esperado.

O tempo necessário para a cura do concreto, diz que “quanto mais perfeita e mais demorada for a cura do concreto, tanto melhores serão as suas características”. Contudo, na construção, é necessário atender e adequar os requisitos da qualidade com os da economia. Desta forma, o período mínimo de cura é de 7 a 10 dias em média. (BAUER *et al.*, 2000)

2.3 ADITIVOS DE CONCRETO

Os aditivos podem ser definidos como químicos, exceto em casos especiais, durante o processo de mistura suplementar antes do lançamento do concreto, a quantidade máxima adicionada ao concreto é de 5% da qualidade do cimento para obter uma alteração específica na normalidade desempenho do concreto ou mudança. (NEVILLE, 2016)

2.3.1 Histórico

O uso de produtos aglomerantes de pedra e areia para produzir concreto e argamassa tem uma longa história. O uso de elementos para alterar as propriedades desses ligantes é conhecido desde o Império Romano, quando, segundo a ABESC (2000, p. 25), já se usavam “certas substâncias que hoje chamaríamos de aditivos: Albumina (sangue e clara de ovos) e Álcalis (cal); para plastificar e retardar a pega” dos concretos e argamassas feitos à base de cal e pozolanas. No Brasil algumas edificações foram utilizados o óleo de baleia como aditivos na argamassa de assentamento, com a finalidade de dar maior plasticidade. Martin (2005) “A clara de ovo foi também utilizada na construção da muralha da China”.

Em 1824 o cimento portland foi patenteado por Joseph Aspdin, em constante evolução no ano de 1873 no concreto começou a ser utilizado como aditivo o gesso cru ou cloreto de cálcio para controlar o tempo de pega.

A partir de 1910, iniciou-se a produção industrial de aditivos formulados com plastificantes, impermeabilizantes, aceleradores e retardadores. Hoje, após um grande desenvolvimento na química da construção, a gama de aditivos existentes é muito ampla e adequada para as mais diversas aplicações. Proporcionando ao concreto e a argamassa maior desempenho alcançado utilizando apenas o cimento puro, tornando esses materiais adequados, permitindo avanços na construção civil. (CORREA, 2010)

2.3.2 Definição

Segundo Castro e Quarcioni (2013), a industrialização da construção é insubstituível, e os aditivos aparecem como alicerces para a obtenção do concreto auto-adensável, tanto para fazer a aplicação do concreto até bombeamento de um revestimento.

De acordo com a NBR 11768 (2011), a definição de aditivos para concreto de cimento Portland é a adição de uma pequena quantidade de produtos ao concreto com a finalidade de modificar as suas características e melhorá-las em determinados quesitos. Os aditivos podem ser classificados como orgânicos ou inorgânicos, podendo ser pastoso, líquido ou sólido. Agindo de maneira física e fisicoquímicas, na tensão superficial, na modificação das forças de tração entre as partículas de cimento de alteração de tempo das reações de

hidratação durante a pega e o endurecimento, e de combinações com alguns elementos do cimento.

Os aditivos têm como principal objetivo reparar as limitações de alguns tipos de concretos e diminuir o custo de preparação e lançamento. Cada aditivo tem uma ação principal, que deve ser analisada, para não gerar efeitos secundários.

Neville (2016), destaca que apesar de os aditivos serem elementos extras na mistura do concreto ele não reflete como um custo adicional, tendo em vista que, o objetivo é acrescentar características que irão ecoar no orçamento da obra. Mesmo que sejam projetados para melhorar o desempenho do concreto, não podem melhorar misturas insuficientes, ingredientes de baixa qualidade ou mesmo erros causados por mão de obra deficiente.

Benetti (2007, p. 23), classifica os aditivos nas causas e efeitos, sendo os plastificantes redutores, incorporadores de ar e dispersantes ou fluidificantes os aditivos indicados a aperfeiçoar a trabalhabilidade do concreto, os redutores plastificantes os aditivos destinados a modificar as resistências mecânicas, os incorporadores de ar os aditivos destinados a modificar resistências do concreto a condições especiais de exposição, os retardadores e aceleradores os aditivos destinados a modificar o tempo de pega e endurecimento, os repelentes a absorção capilar e redutores de permeabilidade os aditivos impermeabilizantes, os geradores de gás, estabilizadores de volume e geradores de espuma os aditivos expansores.

O Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI) estabelece a quantidade de aditivo a ser aplicado, a dosagem deve ser feita através do percentual sobre o peso de cimento, como a equação a seguir:

$$\text{Dosagem (\% s.p.c.)} = [\text{massa do aditivo (kg)} \times 100 / \text{massa do cimento (kg)}]$$

2.4 CONSISTÊNCIA E TRABALHABILIDADE

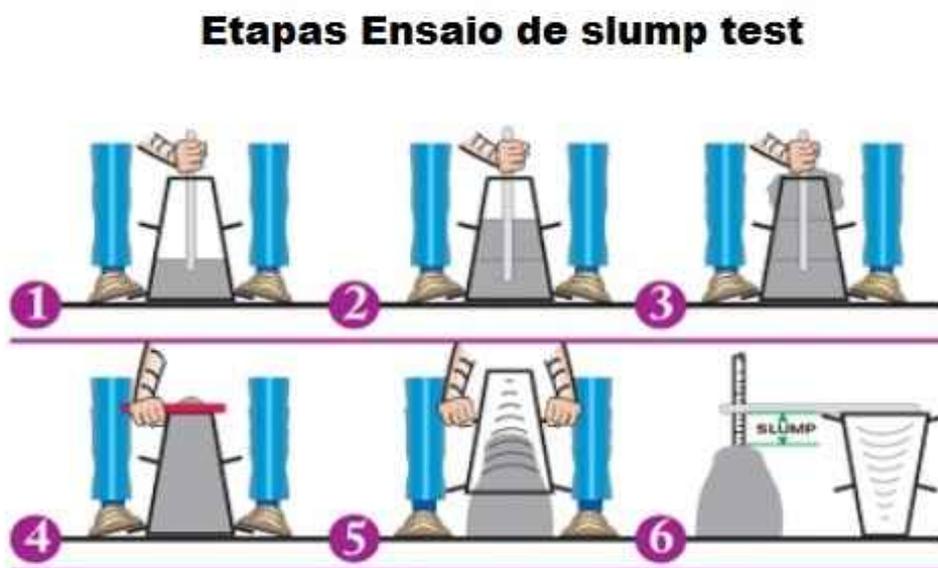
A consistência do concreto está associada à fluidez da mistura e é a base para garantir a trabalhabilidade do concreto, que pode ser determinada por teste de abatimento (Slump Test). Tanto a consistência quanto a trabalhabilidade dependem da composição do concreto, especialmente a quantidade de água que passa, a granularidade do agregado e a presença ou ausência de aditivo. (AMBROZEWICZ, 2015)

“A trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total. O trabalho interno útil é uma propriedade física inerente do concreto e é o trabalho ou energia exigida pra vencer o atrito interno entre as partículas individuais do concreto.(NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 79)

Segundo Benetti (2007), A medida da trabalhabilidade pode ser verificada pelo abatimento (deformação) ocasionado na massa de concreto pelo próprio peso. O aparelho é composto de uma forma cônica, que possui de 10 a 20 cm e altura de 30 cm, sendo inserida a massa de concreto em três camadas equivalentes, adensadas, através de 25 golpes cada

uma, com uma barra de 16 mm, após esse processo, retira-se devagar o molde. Define-se a trabalhabilidade através das diferenças de altura, do molde e do concreto assentado.

Figura 7 – Etapas do Slump test



Fonte: <https://www.totalconstrucao.com.br/slump-test/>

Segundo Neville e Brooks (2013), é importante que a consistência do concreto fresco esteja correta para o transporte, para ser lançado, adensado e finalizado com facilidade, sem segregação nenhuma. A consistência correta influi diretamente na resistência do concreto, pois, a presença de 5% de vazios causa uma perda de resistência de até 30%. De acordo com Nardy Neto *et al.* (2018, p. 22):

Os vazios no concreto são denominados pelos espaços que ficaram após eliminar o excesso de água ou bolhas de ar presas. As bolhas de ar são vazios inicialmente solto no interior de um material, são retiradas facilmente de uma mistura mais molhada do que utilizando uma mais seca. Pode conter espaços sob a armadura ou devido a água presa sob maiores partículas de agregado, assim o volume da água depende da relação a/c da mistura. Sendo assim, o melhor para concreto em aditivos depende de qual resultado você busca na sua obra, e também pode-se concluir que com um teor excelente de água, podemos atingir a máxima massa específica relativa do concreto. Contudo o excelente teor de água pode variar conforme cada método de adensamento executado e para cada métodos existe um teor correto de água, no qual resultará o mínimo de espaços de água e volume total das bolhas.

A trabalhabilidade depende de inúmeros fatores, entre eles a dosagem dos materiais, a consistência e o modo que for feito. Estando diretamente relacionada a resistência final do concreto. (PETRUCCI, 1998)

2.5 SEGREGAÇÃO

Neville (1997), a segregação é definida pela separação dos materiais envolvidos em uma mistura homogênea de concreto, de forma que sua distribuição não seja uniforme. A diferença no tamanho da partícula e na massa específica de seus componentes são o principal motivo da separação, que pode ser controlada pelo tamanho adequado da partícula e pelo manuseio cuidadoso.

Segundo Piancastelli (1997), se acontecer um erro de lançamento ou de vibração, os agregados graúdos separam-se do resto da pasta, formando um concreto cheio de vazios, permeável, permitindo a passagem de água. Entre outras causas a segregação pode ser provocada por:

- Lançamento livre de altura elevada;
- Concentração de armadura que impede a passagem da brita;
- Vazamento da pasta pela fôrma;
- Má dosagem do concreto;
- Uso inadequado de vibradores.

Figura 8 – Segregação em pilar de concreto armado

Fonte: <https://www.engenheirodeestruturas.com.br/patologia-pilar-concreto>

De acordo com Ambrosio (2004), o concreto segregado pode ser avaliado através da sua superfície, sendo classificado como: Superficial: apresentando falhas apenas na superfície do concreto, não havendo aparecimento de agregados graúdos; Média: grandes falhas e apresentando na superfície agregados graúdos e o Profundo: apresentando grandes imperfeições com a separação do agregado graúdo.

2.6 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Segundo Souza (2018a), a resistência à compressão do concreto é conhecida como F_{ck} — que significa resistência característica do concreto à compressão. A medida utilizada é a megapascal (MPa), e cada 1 MPa equivale a uma resistência de cerca de 10 kgf/cm². Portanto, o F_{ck} representa a tensão que o concreto pode suportar. Essa tensão é o resultado da divisão entre a força e sua área de ação. Desta forma, o ensaio de resistência do concreto pode determinar a tensão máxima que ele pode suportar da ruptura.

A resistência à compressão do concreto é determinada por ensaios padronizados nos seguintes métodos: Curta duração (carregamento rápido). Em algumas especificações de projeto, adota-se resistência cúbica, obtido através de cubos de 15 cm ou 20 cm na

lateral. Nas recomendações do Brasil e do CEB (Normas Estrangeiras: CEB - Comité Européen du Beton), A resistência é obtida em uma amostra em corpos de prova cilíndrica. Normalmente, realiza o teste com a idade padrão do concreto que é de 28 dias.

Para Neville (1997, p. 49), “a resistência costuma fornecer uma ideia geral da qualidade do concreto, visto que está diretamente relacionada a estrutura da pasta de cimento hidratada”.

Pacheco e Helene (2013) ressaltam que a resistência à compressão é usada no projeto da estrutura, por isso está intimamente relacionada à segurança. Eles também mencionaram que esta é uma propriedade extremamente sensível, pode apontar problemas no concreto, como dosagem.

Em relação à porosidade, Neville e Brooks (2013) enfatizam que embora seja o fator básico de resistência, é difícil determinar, na prática, porque o grau de hidratação do cimento é difícil de monitorar.(BAUER *et al.*, 2000) Com relação ao efeito da porosidade, estimar a perda de resistência devido ao volume vazio.

Tabela 2 – Influência dos vazios do concreto em sua resistência

Vazios	0%	5%	10%	20%
Resistência	100%	90%	70%	50%

Fonte: Bauer (2008)

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002) afirma que para mesmo grau de hidratação a resistência depende fundamentalmente da relação a/c. Neville e Brooks (2013) mencionam ainda o tempo de cura preciso para concretos com diferentes relações de a/c (TABELA 3), com base no grau de hidratação necessário para evitar que os poros capilares se espalhem, um aumento nos vazios resultará em uma diminuição na resistência.

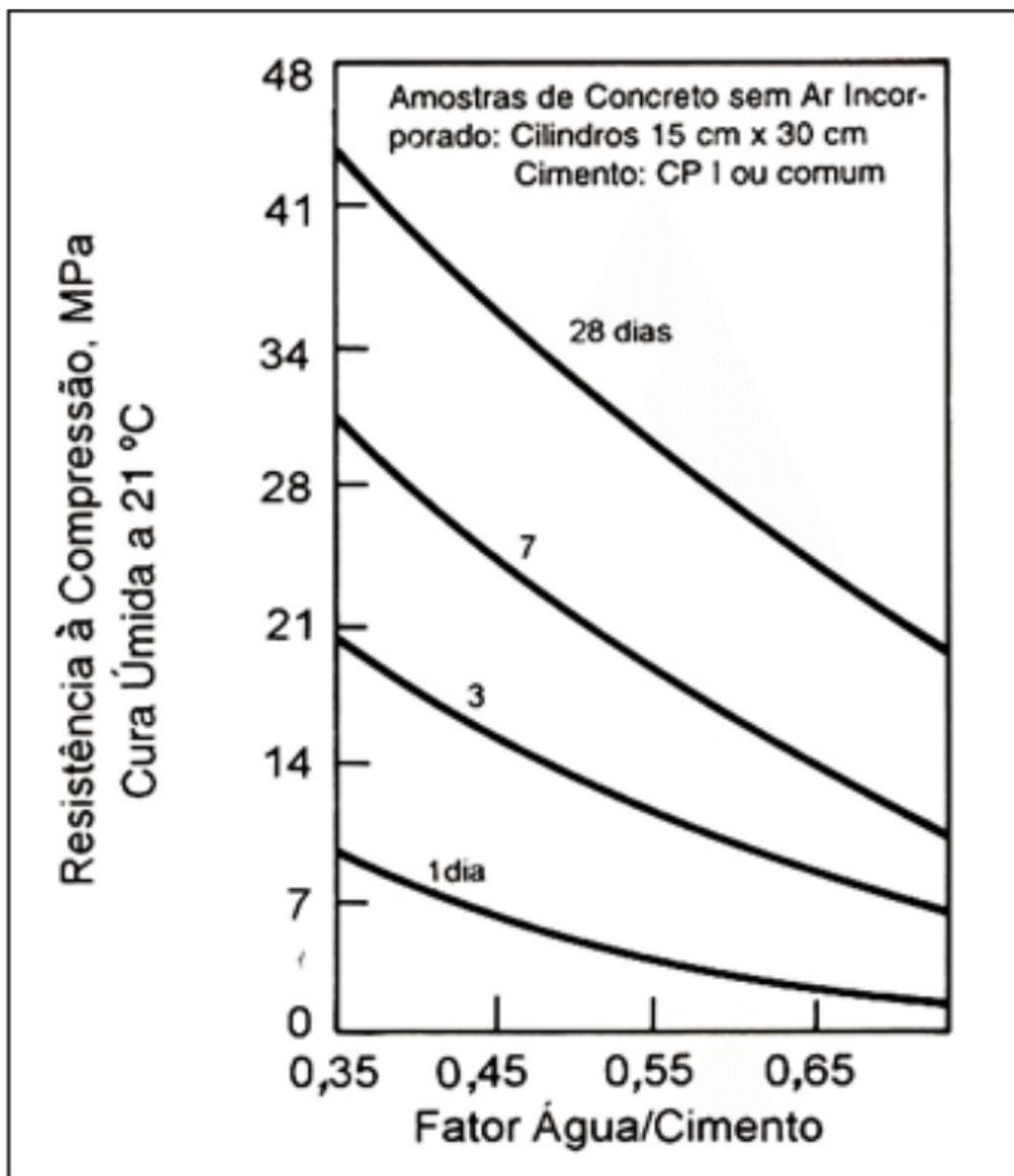
Tabela 3 – Período de cura necessário para evitar a propagação dos poros capilares

Relação água/cimento	Grau de hidratação (%)	Período de cura necessário
0,4	50	3 dias
0,45	60	7 dias
0,5	70	14 dias
0,6	92	6 meses
0,7	100	1 ano
Acima de 0,7	100	Impossível

Fonte: Neville e Brooks (2013).

Diante disso, fica evidente a importância da relação *a/c* na resistência do concreto, sendo a base para as idades de cura. Porém, para Neville e Brooks (2013), em construções comuns, devido a elevada relação *a/c* e das técnicas de adensamento do concreto, é impossível expulsar todo o ar, e estabelece a resistência do concreto como inversamente proporcional à relação *a/c*, tal relação é conhecida como Lei de Abrams, conforme figura 9.

Figura 9 – Relação entre a resistência e a relação água/cimento do concreto



Fonte: https://www.researchgate.net/publication/319450759_PROPRIEDADES_FISICO-MECANICAS_DO_CONCRETO_DE_CIMENTO_PORTLAND_CONTENDO_RESIDUO_VITREO_COMO_AGREGADO_MIUD

○

Neville e Brooks (2013) identificaram fatores como pasta de cimento e agregado como os fatores secundários da resistência do concreto. Eles apontaram a relação entre os dois quando misturados no concreto, chamada de zona de transição, possuindo maior porosidade que a pasta de cimento independente, e essa área pode ser densa na presença de agregados de calcário.

Se a eficiência do concreto não puder ser comprovada, ou se medidas corretivas forem consideradas necessárias para a estrutura após análise, procedimentos como demolição, restrição de uso e reparo estrutural podem ser necessários. Essas ações e procedimentos são exemplos da importância e relevância dos ensaios de resistência e

qualidade do concreto, pois, essas falhas e situações podem causar consideráveis prejuízos econômicos, que muitas vezes inviabilizam as edificações. (SOUZA, 2018a)

2.7 PERMEABILIDADE

A permeabilidade à água do concreto é uma das principais propriedades do concreto, o que determina sua durabilidade, pois, quando seus poros ficam saturados, ocorre apenas a migração e movimentação de substâncias nocivas no concreto. A permeabilidade do concreto à água depende da relação água-cimento utilizada na mistura, que determina o tamanho, volume e continuidade dos poros, bem como do tamanho máximo do agregado, que afetará as microfissuras na zona de transição. (MEHTA; MONTEIRO, 1994)

Uma das principais funções da água é hidratar o cimento, mas também é responsável por conferir plasticidade à mistura nas primeiras horas. Dependendo da quantidade de água adicionada à mistura (relação água-cimento), tempo de cura, condições ambientais e espessura do elemento de concreto, a água é perdida por evaporação, deixando poros vazios ou insaturados. (TECNOSIL, 2018)

Figura 10 – Concreto Permeável



Fonte: <https://www.blok.com.br/blog/permeabilidade-do-concreto>

Segundo o mesmo autor, os poros podem ser classificados como:

- Poros de ar: pode ser produzido pelo ar aprisionado e pelo ar misturado durante

o processo de densificação do concreto, que é causado pelo uso de aditivos para misturar o ar;

- Poros interlaminares: aparecem pelo uso de produtos de hidratação do cimento;
- Poros capilares: ocorre porque o espaço não é ocupado por produtos de hidratação.

Portanto, a permeabilidade do concreto é importante para garantir maior durabilidade e resistência ao trabalho. O concreto de baixa permeabilidade tem uma relação água-cimento reduzida e capacidade de absorção de umidade satisfatória. Além disso, produtos impermeabilizantes de alta qualidade tornam o material mais eficiente.(NEVES, 2020a)

Diante disso, mesmo que todos os procedimentos sejam medidos e executados corretamente, com o tempo, a permeabilidade aumentará devido às fissuras criadas no concreto. A propagação dessas microfissuras é causada pelo peso próprio da estrutura e pelo efeito do tempo. Desta forma, eles se conectam e fazem com que a estrutura perca sua capacidade de vedação, o que leva a patologias e diversos problemas.(TECNOSIL, 2018)

2.7.1 Permeabilidade do concreto a água

Devido ao seu tamanho pequeno, as moléculas de água podem penetrar em cavidades muito finas. Quando a infiltração de água se torna um problema para estruturas de concreto, é necessário enfatizar essa característica.(ARAÚJO; SAVIATTO, 2018)

Dependendo do consumo de água (coeficiente água/cimento), do tempo de cura, das condições ambientais e da espessura dos elementos de concreto, quase toda a água evaporável será perdida, deixando vazios ou poros insaturados. A interligação entre vazios (poros) no concreto torna-o permeável à água. Esta característica é considerada uma das principais características do concreto exposto ao ar, pois, será corroído por água corrosiva ou danificado por meios atmosféricos.(GOMES, 2003)

2.8 ORIGEM DA UMIDADE NAS CONSTRUÇÕES

A água tem impacto direto na habitabilidade das edificações, pois, devido à presença de fungos, a umidade vai afetar a saúde e a higiene dos usuários, assim como a durabilidade dos materiais utilizados na obra, acelerar ou até mesmo desencadear o processo de deterioração, corrosão, etc.(SOUZA, 2018b)

De acordo com Verçoza (1991) a umidade não é apenas a causa da morbidade, é também um meio necessário para a ocorrência da morbidade na maioria dos edifícios. É um fator importante no desgaste, ferrugem, mofo, bolor, descascamento da tinta, reboco e até mesmo acidentes estruturais.

Segundo Oliveira (2006), pesquisa realizada pelo IPT em 2004 constatou que 58% dos problemas patológicos em edificações entre 1 e 4 anos estavam relacionados à umidade. Sua origem pode vir de:

- Água por percolação: da chuva ou da lavagem, atua sobre os terraços e tetos de escoamento livre, empenas e paredes externas, não exercendo pressão hidrostática sobre os componentes do edifício.
- Umidade por capilaridade (umidade ascensional): O efeito da água nos elementos construtivos em contato com o solo úmido é absorvido e transportado pela ação capilar do material poroso, ainda superior ao nível estático.
- Água por pressão: atua sobre o solo, exercendo pressão hidrostática na impermeabilização.
- Água por condensação: o encontrar ar com alta umidade, a temperatura da superfície é baixa, resultando na precipitação de umidade.

Na tabela abaixo estão relacionadas as origens e locais onde se podem ser encontradas:

Tabela 4 – Origem da umidade nas construções

Origens	Presentes na:
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes de terraços
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes e Telhados Pisos e Terraços
Umidade de condensação	Paredes, forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinha e garagens

Fonte: https://minascongressos.com.br/sys/anexo_material/63.pdf

2.9 IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo a NBR 9575 (2003, p. 5), impermeabilização é o “produto resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos (serviços) que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”.

Quando as edificações ficarem abaixo do nível do lençol freático, como porões, paredes de contenção e muros de arrimo é necessária a utilização da técnica de impermeabilização, de modo a ser executada a proteção da alvenaria contra a umidade do solo e contra respingos, tanto como a proteção de lajes de piso de chuveiro e as respectivas paredes, lajes de cobertura e proteção de telhados.(SOUZA, 2018b).

Segundo a NBR 9575 (2003) as suas características gerais são:

- Evitar a passagem de fluidos indesejáveis;

- Proteger as estruturas e componentes construtivos da ação de intempéries;
- Proteger o meio ambiente de possíveis vazamento ou contaminações;
- Possibilitar a realização de manutenção da impermeabilização sem danificá-la;
- Proporcionar conforto aos usuários, garantindo salubridade física.

De acordo com a esta mesma norma, a impermeabilização é “Propriedade de um elemento (ou conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluídos através de si. A sua determinação está associada a uma pressão limite de utilização, que se relacionam as condições de exposição do elemento”.

A água pode atuar de forma direta ou indireta na deterioração de ambientes, ou estruturas, sendo um dos grandes causadores de patologias. A execução da impermeabilização durante a obra, torna-se mais acessível e econômica, tendo em vista que após a conclusão da obra, quando aparecerem as dificuldades com a umidade, tornando os ambientes insalubres e com os aspectos desagradáveis, expondo manchas na edificação, bolores, oxidação das armaduras e outros. (RIGHI, 2009)

2.9.1 Sistemas impermeabilizantes

O sistema de impermeabilização está a tornar-se cada vez mais complexa, sendo a sua principal função proteger o edifício dos efeitos nocivos da infiltração de água, das intempéries e das fugas. (RIGHI, 2009)

De acordo com Soares (2014) a impermeabilidade é uma característica dos materiais. Quando aplicada sobre um substrato, deve-se evitar a passagem de água e seus vapores, enquanto a vedação é uma característica da estrutura na qual não pode ser deformada para não causar rachaduras e romper as rachaduras do sistema à prova d'água.

O sistema de impermeabilização é executado em todas as zonas úmidas onde existentes na obra, tais banheiros, varandas, zonas de serviço e calhas de coberturas. As aplicações devem ser feitas através de empresas terceirizadas qualificadas para esses serviços. Durante o processo de aplicação, o serviço é monitorado pela equipe de engenharia e técnica para garantir que a impermeabilização seja realizada corretamente. (SANTOS, 2016)

Portanto, para um material de base que tenha características de comportamento rígido e não se mova de forma alguma (deformado por carga ou temperatura), pode-se realizar uma chamada impermeabilização rígida. Para materiais de base e estruturas rígidas que se deformam devido à influência da carga e temperatura, a impermeabilização flexível ou “semiflexível” pode ser feita, mas nunca rígida. Finalmente, para substratos e estruturas que são deformadas e expostas à intemperismos, a impermeabilização flexível deve ser sempre selecionada. (SIQUEIRA, 2018)

Sabbatini (2006) afirma que a seleção do sistema impermeável deve ser baseada na avaliação das condições do local de aplicação, e a seleção de materiais impermeáveis adequados deve atender aos fatores a serem selecionados, tais como:

- Frequência de umidade;
- Exposição ao sol;
- Extensão da aplicação;
- Movimentação da base;
- Exposição das cargas;
- Pressão hidrostática.

Segundo Barroso *et al.* (2015), na escolha de um sistema impermeabilizante, além das características do método construtivo impermeável, também devem ser consideradas a dificuldade construtiva, a produtividade e o método construtivo.

Tabela 5 – Visão geral para a orientação das escolhas do impermeabilizante a ser utilizado.

Situação	Ação dos agentes	Exemplos típicos	Soluções
Atuação da água	Percolação	Lajes frias, terraços, coberturas, marquises, parapeitos	Impermeabilização rígida
	Água sob pressão hidrostática	Caixas de água, cisternas, reservatórios, piscinas	Impermeabilização rígida, Impermeabilização semi-flexível
	Umidade do solo	Muros de arrimo, paredes em subsolos	Impermeabilização rígida
Comportamento dos elementos da superfície	Sujeitos à fissuras e trincas	Estruturas com fissuras e trincas devidas a dilatação/retração, recalques, fadiga e movimentações estruturais	Impermeabilização flexível
	Sujeitos à esforços externos	Fissuras e trincas provocadas por cargas dinâmicas externas de temperaturas, carregamentos temporários, tráfego de veículos, obras vizinhas e etc.	Impermeabilização flexível

Fonte: NBR 9575:2003

2.9.2 Classificação dos sistemas impermeabilizantes

Moraes (2002) afirma que os sistemas de impermeabilização existentes são diferentes em concepção, princípios de funcionamento, materiais e tecnologias de aplicação. Essas mudanças são a base para diversas classificações e ajudam a entender e comparar os sistemas existentes no mercado brasileiro.

Os sistemas de impermeabilização, segundo Moraes (2002), podem ser classificados da seguinte maneira:

- Aderido: quando o material impermeabilizante é totalmente fixado ao substrato, seja por fusão do próprio material ou por colagem com adesivos, asfalto quente ou maçarico;
- Semi-aderido: quando a aderência é parcial e localizada em alguns pontos, como platibandas e ralos.
- Flutuantes: quando a impermeabilização é totalmente desligada do substrato é utilizada em estruturas de grande deformabilidade.

Segundo a NBR 9575 (2003), os sistemas impermeabilizantes podem ser divididos em rígidos e flexíveis, que estão relacionados às partes construtivas sujeitas ou não a fissuração.

2.9.2.1 Impermeabilização Rígida

A NBR 9575 (2003) refere-se à impermeabilização rígida como um grupo de materiais ou produtos adequados para peças estruturais que não fissuram. Os impermeabilizantes rígidos não conseguem trabalhar com a estrutura, o que leva à exclusão de áreas expostas a grandes mudanças de temperatura. Desta forma, a indicação é de locais que sofram fissurações ou trincas, como: subsolo, poço de elevador, galerias, piscinas enterradas, piso externo, reservatório inferior de água (enterrado), entre outros. (SILVA, 2019)

Segundo Souza e Fonseca (2018), em sistemas rígidos, os produtos são geralmente incorporados em estruturas processadas, como revestimentos de argamassa, pisos de concreto, fundações, etc. Portanto, sua eficácia depende primeiro da integridade do sistema. Mesmo pequenas fissuras podem ser usadas como um caminho para infiltrações e eflorescências.

2.9.2.1.1 Impermeabilizante cimentício

De acordo com Freire (2007) sistema de impermeabilização de cimento refere-se ao uso de materiais à base de cimento, adicionados à resina e aplicados em forma de

pasta para formar uma película fina sobre a superfície. Este sistema é muito parecido com a cristalização pela penetração e cristalização dos compostos de cimento, mas sua diferença está na formação de uma membrana impermeável com espessura de cerca de 5 mm.

2.9.2.1.2 Argamassa polimérica

Silveira (2001) descreve a argamassa polimérica como um material composto por cimento especial de látex polimerizado, que se aplica ao substrato formando uma película impermeável, tem excelente aderência e é garantido ser impermeável sob pressão positiva e / ou negativa da água.

Segundo Pinheiro (2019) o produto deve ser misturado com água na proporção adequada e sempre seguir as instruções do fabricante. Antes do uso, o substrato deve estar limpo, plano e livre de partículas soltas. Sua aplicação é completada por rolos de camadas convencionais. Em pontos chave, como cantos e dobras, deve ser usada malha de poliéster entre os revestimentos.

Figura 11 – Aplicação da argamassa polimérica



Fonte: <https://www.inovacivil.com.br/os-principais-sistemas-de-impermeabilizacao/>

2.9.2.1.3 Argamassa impermeável (com aditivos hidrófugos)

O método de produção da argamassa impermeável é semelhante ao da argamassa tradicional, mas adicionando aditivos hidrófugos na mistura, fornece um desempenho

impermeável para o produto final. (DUTRA, 2018)

Este sistema é amplamente utilizado para vigas e pisos que estão em contato com o solo. Sua principal vantagem é a facilidade de implementação, o processo é igual ao convencional e o custo é baixo, pois, o custo dos aditivos hidrofugantes é baixo e dispensa mão de obra especial. Porém, em comparação com outros sistemas, este sistema apresenta menor resistência ao movimento mecânico. (PINHEIRO, 2019)

Figura 12 – Ação dos aditivos hidrófugos



Fonte: <https://www.diprotec.com.br/produto/aditivos-hidrofugantes/>

2.9.2.1.4 Resina epóxi

Epóxi é uma impermeabilização aconselhada como proteção anticorrosiva de objetos à base de concreto, metais e argamassas. É de fácil acesso no mercado, geralmente encontrada em forma de tintas. Apesar do alto custo, é uma solução para prevenir a umidade, descamação e deterioração do reboco em ambientes agressivos. Em ambientes com tráfego intenso e objetos pesados, é adequado para uso no chão porque sua resistência é cerca de quatro vezes a de uma laje de concreto de dez centímetros. (FERREIRA, 2020)

Figura 13 – Aplicação de impermeabilização a base de resina epóxi

Fonte: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-com-resina-epoxi/>

2.9.2.1.5 *Cristalizantes*

São compostos químicos de cimentos aditivados, resinas e água, com aplicação direta sobre a estrutura. Ao entrar em contato com o cimento hidratado ou no momento da hidratação, formam-se cristais que preenchem os canais estruturais para evitar a entrada de água. (VEDACIT, 2016)

Este impermeabilizante pode ser utilizado em estruturas imóveis, como estações de tratamento de água (ETA's), reservatórios e pisos frios, ou diretamente no próprio solo. Também pode ser usado como um sistema auxiliar para melhorar o desempenho à impermeabilização, melhorando assim a durabilidade do concreto. (SIQUEIRA, 2018)

Existem dois tipos de impermeabilização por cristalizantes. O primeiro método, segundo Silveira (2001) é um material que é aplicado sobre a superfície do concreto, argamassa ou alvenaria na forma de tinta, que antes foi umedecido com água. Na aplicação deve-se usar uma trincha e ser aplicado diretamente sobre a alvenaria ou revestimento argamassado.

A segunda técnica, consiste em aplicar o cristalizante, de tal forma que, seja feita a retirada de todo o reboco a tratar desde o chão até uma altura de 1 m. Duas fileiras de furos são intercaladas entre si, a primeira fileira está a 10 cm do solo e a segunda fileira a 20 cm do solo. O furo deve ter uma inclinação de 45 ° e estar saturado de água para o aproveitamento do produto. O produto é aplicado por gravidade, não requer pressão, mas sim a saturação.

Figura 14 – Aplicação de cristalizantes líquidos

Fonte: <http://ceosolucoesparaconstrucao.blogspot.com/2014/05/cristalizantes.html>

O produto aproveita a água da própria estrutura para cristalizar, não havendo necessidade de abaixar o nível do lençol freático e não altera a potabilidade da água. (RIGHI, 2009)

2.9.2.2 Impermeabilização Flexível

De acordo com Moraes (2002), a impermeabilização flexível é a utilização de mantas pré-fabricadas ou moldadas para a impermeabilização, nas quais o elastômero dissolvido é aplicado em várias camadas na forma de tinta e, quando o solvente evapora, fica um filme elástico na superfície.

Segundo Rodrigues *et al.* (2016), os sistemas de impermeabilização flexíveis são utilizados em áreas externas onde a temperatura e a trabalhabilidade da estrutura variam muito, como telhados, solários, piscinas e reservatórios. Eles geralmente consistem em componentes à base de epóxi ou asfálticos. Sua aderência geralmente é um maçarico com gás, ou utilizando asfalto aquecido a altas temperaturas, se conectado a um componente asfáltico.

Magalhães *et al.* (2019), afirma que existem dois tipos básicos de sistemas flexíveis:

- Sistema flexível pré-fabricado (mantas asfálticas),
- Sistema flexível moldado no local (membranas asfálticas e acrílicas, e argamassas poliméricas), sendo que existem materiais auxiliares, sob forma de telas, tecidos, filmes ou

feltros, que podem ser utilizados em ambos os processos.

2.9.2.2.1 Membranas asfálticas

Membranas asfálticas: “são membranas que empregam como materiais impermeabilizantes produtos derivados do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo)”. (RIGHI, 2009)

A membrana asfáltica forma uma camada de membrana no material de base e é geralmente usada para impermeabilizar infiltração de água, aumento da umidade do solo e condensação. Podemos utilizá-los em fundações, bancadas de pedra e contrapisos, que receberão pisos de madeira, tornando-os um agente à prova de umidade. (SIQUEIRA, 2018)

Quanto a classificação, Sabbatini (2006), descreve que as membranas asfálticas são divididas em relação ao tipo de asfalto utilizado, segue os três tipos mais utilizados:

- Emulsão Asfáltica: É o produto do asfalto disperso em água através de um emulsificante. São produtos de baixo valor agregado e fáceis de usar em áreas e superfícies onde não haverá poças ou retenção de água. É executado a frio e normalmente sem a adição de estruturantes;
- Asfalto oxidado: É um produto que é gradualmente derretido por aquecimento para atingir certas propriedades físicas e químicas por meio da troca do cimento asfáltico de petróleo. Tem uma estrutura razoável e utiliza calor;
- Asfalto modificado com adição de polímero elástico: É um produto obtido pela adição de um polímero elástico ao cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada. Sua estrutura de execução está correta e sua aplicação é quente.

As membranas podem ser aplicadas a frio como pintura. Na primeira demão aplicar o produto no local e, na segunda demão passar de forma cruzada. Como na figura a seguir.

Figura 15 – Execução de membrana de asfalto a frio com rolo de pintura.



Fonte: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-com-emulsao-asfaltica/>

A membrana asfáltica quando aplicada a quente, necessita de mão de obra especializada.

Figura 16 – Execução de membrana de asfalto a quente.



Fonte: <http://www.denverimper.com.br/es/novidades/detalhes/117>

2.9.2.2 Membrana de polímero modificado com cimento

É um produto flexível adequado para a impermeabilização de torres e tanques de água potável elevado ou apoiados em estruturas de concreto armado. Podem ser adicionados fibra e polipropileno, o que também aumenta sua flexibilidade. O sistema é formado a partir de resina termoplástica e cimento aditivo, resultando em um filme polimérico modificado com cimento. (RIGHI, 2009)

Segundo o mesmo autor uma de suas características são a resistência à pressão hidrostática positiva. É de fácil aplicação, não altera a potabilidade da água, é atóxico e não tem cheiro, segue o movimento estrutural e fissuras especificadas na norma brasileira.

2.9.2.3 Membranas acrílicas

É um impermeabilizante de alto desempenho para moldagem “in loco”, produzido à base de resina acrílica 100% pura e adequado para a impermeabilização exposta de painéis de telhados, toldos, telhados e estruturas pré-fabricadas. (SIQUEIRA, 2018)

Segundo Righi (2009), a principal vantagem deste sistema é que não necessita de camada protetora mecânica na membrana, sendo necessária apenas quando o uso da prancha envolve um fluxo muito elevado de pessoas e carros. A desvantagem é que,

segundo o fabricante, como não há camada protetora mecânica, o produto precisa ser reaplicado regularmente.

Figura 17 – Aplicação de membrana acrílica



Fonte: <https://www.vedacit.com.br/produtos-e-solucoes/impermeabilizantes/vedacit-vedapren-branco>

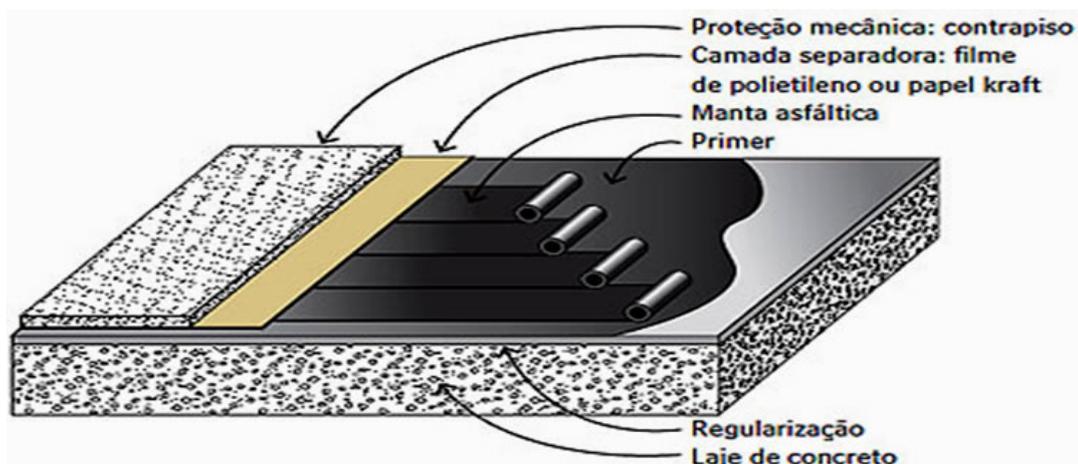
2.9.2.2.4 Manta asfáltica

Considerada uma membrana asfáltica pré-fabricada, a manta asfáltica é constituída por asfalto modificado com polímeros e reforçado com uma estrutura especial, cujo desempenho depende da composição desses dois componentes. O asfalto modificado presente na composição da manta é responsável pela impermeabilização. (RIGHI, 2009)

Segundo Mello (2005), as principais vantagens da manta asfáltica são:

- Espessura constante
- Fácil controle e fiscalização
- Aplicação do sistema de uma única vez
- Menor tempo de aplicação
- Não é necessário aguardar a secagem

Figura 18 – Aplicação da manta asfáltica



Fonte: <http://tecnoimp.com.br/servicos/>

É necessário garantir uma boa adesão entre a manta e o substrato para evitar bolhas de ar ou outros problemas que podem afetar o desempenho do sistema.

As emendas são o principal ponto chave para a impermeabilização de mantas asfálticas. Portanto, as mantas devem se sobrepor em 10 cm. Pode usar chama de maçarico de gás, asfalto revestido a quente ou elastômero de poliuretano especial para emenda.

Figura 19 – Aplicação de manta asfáltica com maçarico.



Fonte: <https://www.novaimpercon.com.br/dicas-de-seguranca-durante-impermeabilizacao-com-mantas-asfalticas/>

“Após a colocação da manta necessita ser feito um teste de estanqueidade com uma lâmina d’água, por 72 horas, a fim de detectar qualquer falha na impermeabilização”. (NBR 9574, 2008, p. 3)

2.9.2.2.5 Manta PVC

São compostas, de acordo com Ciminio (2002), por duas lâminas de PVC, com espessura final de 1,2 a 1,5 mm, e por uma tela trançada de poliéster. São indicadas principalmente para a impermeabilização de piscinas, reservatórios de água, cisternas, e caixas d'água de qualquer formato ou tipo, bem como para coberturas, planas ou curvas.

As juntas são processadas por termofusão, e equipamentos apropriados são usados para controlar a temperatura e a velocidade de deslocamento. As soldaduras são duplas e paralelas, existindo um vão entre as mesmas. Mesmo durante o processo de instalação, pode ser realizado um teste de pressão ou de vácuo para verificar a estanqueidade. A almofada de PVC deve ser fixada com parafusos e arruelas especiais e, em seguida, outra camada de almofada é sobreposta através de um dispositivo de fusão a quente. (SILVA; OLIVEIRA, 2006)

Os tapetes de PVC são semelhantes aos tapetes de borracha e são usados principalmente em todas e quaisquer piscinas, tanques de água, reservatórios, tanques de água, independentemente da sua forma e tipo, e para telhados planos e curvos. (RIGHI, 2009)

Figura 20 – Processo de emenda da manta com equipamento automático.

Fonte: <http://mettapiracicaba.com.br/site/wp-content/uploads/2016/04/foto-42.png>

2.10 ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

O concreto é poroso e, se não for impermeabilizado, irá absorver água, contaminantes da água e produtos químicos que podem causar deterioração. Portanto, para proteger os artefatos e componentes de concreto e manter uma longa vida útil, a impermeabilização é fundamental, pois, pode reduzir a possibilidade de danos causados pela umidade e ajudar a melhorar a durabilidade e segurança da edificação. (NEVES, 2021)

Com o propósito de impedir danos às estruturas das edificações, são usados aditivos impermeabilizantes em argamassas e no concreto, tais danos estes causados pela umidade provocada pelas chuvas, umidades do solo, águas de infiltrações, entre outros. Com intuito de melhorar as propriedades da argamassa são adicionados a mistura sempre em porcentagens inferiores a 5%. (IZAGUIRRE *et al.*, 2009)

De acordo com a NBR 16072 (2012, p. 4):

“Argamassa impermeável deve apresentar absorção de água por capilaridade reduzida e resistir a álcalis e ácidos dissolvidos nas águas pluviais. A argamassa impermeável deve compor um sistema de impermeabilização que, em função das especificidades de aplicação, pode exigir proteção adicional”.

A mesma NBR 16072 (2012), indica que o grau de aceitação do aditivo depende do seu desempenho na argamassa, conforme mostra a Tabela 6. Portanto, é necessário comparar a argamassa convencional e a argamassa com adição de aditivo, se a argamassa com adição de aditivo melhorou seu desempenho em termos de requisitos de absorção de água capilar e mantém os requisitos em termos de resistência à compressão, tempo de pega e tração, ela será considerada impermeável. (Tabela 7)

Tabela 6 – Critérios de desempenho de argamassas com aditivos impermeabilizantes

ITEM	REQUISITOS	CRITÉRIOS		MÉTODO DE ENSAIO
		UNIDADE	VARIAÇÃO	
1	Resistência a penetração de água sob pressão por 120h.	m.c.a.	mín. 5	ABNT NBR 10787
2	Tensão de aderência, após 28 dias de cura.	Mpa	mín. 0,3	ABNT NBR 15258
3	Variação da consistência após 1h.	%	máx. 10	ABNT NBR13276

Fonte: NBR 16072:2012

Tabela 7 – Requisitos e critérios de desempenho da argamassa com aditivo impermeabilizante - Variação porcentual de parâmetros em relação a uma argamassa convencional

ITEM	REQUISITOS		CRITÉRIOS		MÉTODO DE ENSAIO
			UNIDADE	VARIAÇÃO	
1	Resistência a ruptura à compressão	7 dias	%	≤ 20	ABNT NBR 13279
		28 dias	%	≤ 20	
2	Resistência à tração na flexão após 28 dias		%	≤ 20	
3	Tempo de pega	Inicial	h	não mais do que 1h nem 1h e 30 min. depois	ABNT NBR NM 9
		Final	h		
4	Absorção por capilaridade, após 28 dias de cura.		%	mín. 50	ABNT NBR 9779

Fonte: NBR 16072:2012

Baumgart (1999) explica que os aditivos cumprirão seu papel quando medidos de acordo com o manual do fabricante, mas sua eficiência também está relacionada às características dos demais materiais que compõem a argamassa. Segundo Neumann e Cunha (1979), os aditivos são agentes de reforço que desempenham um papel na impermeabilização do concreto e da argamassa, por isso é necessário fornecer uma estrutura com porosidade muito fina para que a membrana absorvente de umidade possa preenchê-la parcialmente. Para obter uma baixa porosidade, o coeficiente água/cimento deve ser reduzido para reduzir a porosidade. (BAUMGART, 1999)

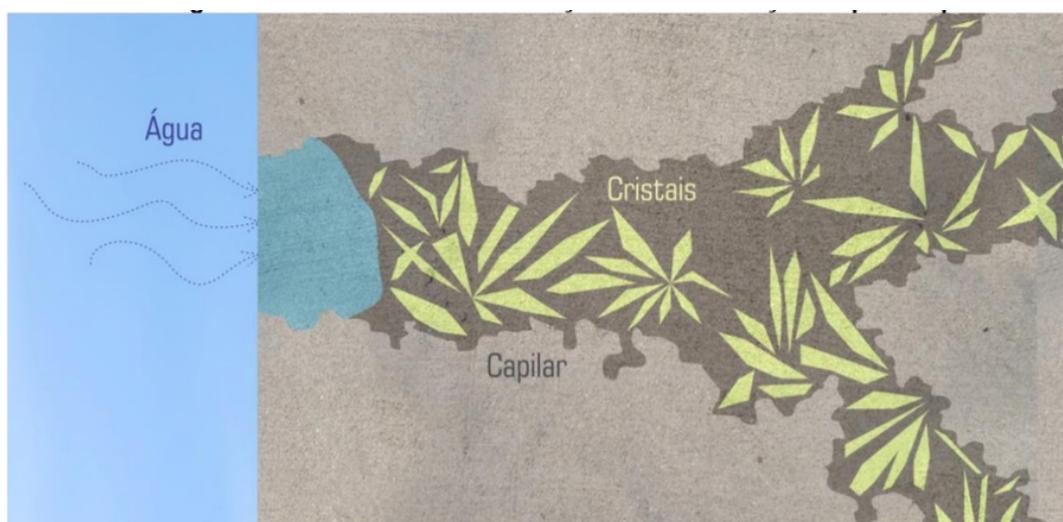
Para tampar os poros, é necessário um produto que possa penetrar na rede capilar do material, preencher os poros e reagir quimicamente com os elementos, formando barreiras que podem dificultar a passagem de água, como os aditivos cristalinos. (ALMEIDA, 2020)

De acordo com Takagi *et al.* (2004), o tratamento químico de cristalização é definido como um processo físico-químico destinado a preencher os espaços vazios do material e os capilares da microestrutura do concreto para formar cristais insolúveis e não tóxicos a uma profundidade de 50 mm. A estrutura de concreto garante que não haja infiltração de água devido à ação capilar.

Para Bilesky *et al.* (2009) “os sistemas de impermeabilização do concreto por cristalização capilar são mais resistentes [. . .]. Isso é explicado pelo sistema de cristalização se integrar ao concreto, ou seja, não há filme superficial”. A proposta dos aditivos cristalizantes é que se infiltrem por toda rede capilar do material unindo-se a ele, Figura 21, diferentemente

de proteções formadoras de películas.

Figura 21 – Funcionamento das reações de cristalização no poro capilar



Fonte: JANTSCH,2015

Outra forma de impermeabilizar um revestimento de argamassa é usar um aditivo hidrófugo, que é “um produto destinado a repelir água através da redução do ângulo de molhagem dos poros de um determinado substrato, podendo ser adicionado ao material ou aplicado sobre ele”. (VEDACIT, 2016)

Segundo Medeiros (2008), o papel desses aditivos de silicone é cobrir a superfície dos poros, invertendo a polaridade da superfície, de modo que os poros comecem a repelir o líquido. Seguindo esse pensamento Costa (2008), ressalta que esses impermeabilizantes podem não só remover a água da superfície, mas também promover o fechamento dos poros através do gel formado pela reação, além de evitar que a água penetre na argamassa, reduzindo a tensão capilar no sistema poroso. No entanto, na presença de rachaduras, o efeito é inválido.

Hoje, existem vários tipos de aditivos impermeabilizantes de concreto no mercado. No entanto, a escolha ideal varia de padrão para padrão, como o tipo de superfície a ser protegida e as necessidades mais específicas da edificação e do projeto. Entre os mais utilizados estão os aditivos impermeabilizantes por hidrofugação, aditivos plastificantes e superplastificantes. (NEVES, 2021)

2.10.1 Aditivos impermeabilizantes por hidrofugação

A NBR 9575 (2003), diz que uma argamassa impermeável com aditivo hidrófugo é um “tipo de impermeabilização não industrializada aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de areia, cimento, aditivo hidrófugo e água formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes”. Por ser um material rígido e impermeável, ou seja, não suporta o movimento da estrutura sem fissuras.

O uso do agente hidrofugantes não permite a formação de película delgada e permite a troca gasosa do material, enquanto o impermeabilizante facilita sua formação e torna o material mais resistente à água. (NEVES, 2020b)

Segundo Costa (2008), mais do que repelir água, podem não apenas remover a umidade da superfície, mas também promover o fechamento dos poros através do gel formado na superfície. Reage e evita que a água penetre na argamassa, reduzindo a tensão capilar no sistema poroso. No entanto, na presença de fissuras, seu efeito é ineficaz.

Esses de aditivo impermeabilizante para concreto tem maior utilização em lajes, rebocos, contrapisos, áreas molhadas, pisos e outros artefatos.

2.10.2 Aditivos plastificantes

Grupo de aditivos que, sem alterar a consistência do concreto fresco, possibilitam a diminuição do conteúdo de água ou que, sem modificar a quantidade de água, alteram a consistência do concreto, elevando o abatimento e fluidez ou, ainda, podendo produzir os dois efeitos de forma simultânea. Tudo isso sem perda de trabalhabilidade na mistura do concreto e incorporando maior impermeabilidade. (PAIVA FILHO, 2017)

Segundo Neves (2021), os aditivos plastificantes aumentam a plasticidade e praticidade e, em serviços que envolvem argamassas cimentícias (cura hidráulica), ainda dispensam o uso de cal hidratada.

2.10.3 Aditivos superplastificantes

Os superplastificantes têm funções semelhantes aos plastificantes. No entanto, o uso de doses menores pode atingir o mesmo efeito, pois além de gerar repulsão eletrostática entre as partículas de cimento, também empurram as partículas para longe por meio da repulsão estérica. Hoje, já existem superplastificantes à base de nano-sílica que, além de trazerem benefícios para o concreto fresco, também deixam marcas no concreto endurecido e proporcionam maior durabilidade. (MENDES, 2019)

Entre os superplastificantes, encontramos dois tipos:

- Tipo I: são aditivos que podem reduzir muito o teor de água do concreto sem alterar a consistência do concreto em seu estado fresco; ou, sem alterar o teor de água, aumenta muito o abatimento e a fluidez do concreto; ou mesmo é um aditivo que os produz dois efeitos ao mesmo tempo. (PAIVA FILHO, 2017) Menos potente, a umidade na mistura é reduzida de 12% a 20%. (NEVES, 2021)
- Tipo II: são aditivos, que não alteraram a consistência do concreto em seu estado fresco, podem reduzir muito o teor de água do concreto; ou, sem alterar o teor de água, a redução pode aumentar significativamente o abatimento e a fluidez do

concreto; ambos os efeitos ao mesmo tempo. (PAIVA FILHO, 2017) Proporcionam redução de até 40% da proporção de água. (NEVES, 2021)

2.11 SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade é entendida como atender às necessidades das pessoas sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades. Portanto, quando consideramos a sustentabilidade da impermeabilização, devemos considerar não apenas garantir o conforto e a impermeabilização do trabalho, mas também considerar o impacto de um determinado produto no meio ambiente, a vida útil após a aplicação, a preservação da estrutura na totalidade, e o destino final quando for necessário desmontá-lo. (MUNIN, 2020)

Uma vez que o cimento Portland não pode ser substituído atualmente, apesar dos danos e riscos, é ideal encontrar formas de otimizar a produção e reduzir o consumo, de modo a diminuir o impacto negativo na natureza. No processo produtivo, o principal desenvolvimento é reduzir o consumo de energia e utilizar fontes alternativas de energia, além de aumentar a quantidade de cimento adicionado, esses cimentos requerem apenas a energia necessária para a moagem. Outra grande evolução do processo produtivo que ajuda a reduzir o consumo é o aumento dos níveis de resistência do cimento. (CORREA, 2010)

De acordo com Munin (2020) a maior parte dos produtos usados para impermeabilização vem de recursos petrolíferos, como asfalto, solventes, polímeros e aditivos, e também de recursos esgotáveis, como água e madeira. É claro que esses mesmos produtos ainda serão produzidos em muito tempo através desta fonte. No entanto, a indústria e os formuladores precisam estar atentos ao uso desses recursos por meio de melhorias tecnológicas e, cada vez mais, buscar reduzir as agressões à natureza e ao ser humano.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos essa pesquisa se caracteriza como bibliográfica exploratória. Assim, foram realizadas pesquisas nas plataformas Scielo e Google Acadêmico, por meio dos seguintes termos: impermeabilização; aditivos; aditivos impermeabilizantes; concreto; argamassas; infiltrações; patologias; construção civil.

A fim de definir o portfólio de estudo (Tabela 8), foram selecionados oito materiais científicos publicados entre os anos de 2015 e 2020. Os estudos foram escolhidos mediante aos seus objetivos, buscou-se identificar quais deles tinham objetivos que contemplariam os objetivos propostos neste estudo. Posteriormente, analisaram-se as metodologias dos estudos apresentados, a fim de constatar a relevância para este estudo.

Tabela 8 – Portfólio de estudo

Autor(es); ano	Título	Objetivo
CASTRO, D. F.; VIANA, G. A. X. 2015	Estudo dos sistemas de impermeabilização em lajes de cobertura de edificações: técnicas e patologias.	Apontar a importância da utilização dos produtos e técnicas de impermeabilização em lajes de cobertura e quais as consequências que podem ocorrer devida a falta do mesmo.
TRENTO, G. A.	Estudo de caso sobre os impermeabilizantes disponíveis no Brasil, com foco nos tipos, patologias e manuseio.	Realizar levantamento sobre os tipos de impermeabilizações e as consequências relacionadas ao manuseio incorreto, bem como reunir o seu uso correto das diversas experiências de profissionais e empresas na área de impermeabilização.

Autor(es); ano	Título	Objetivo
FERNANDES, M. A.; ESTANISLAU, N. B. G. L.; MENDES, T. M. T. 2019	Técnicas de impermeabilização para assegurar a durabilidade das edificações	Apresentar as principais técnicas de impermeabilização utilizadas nas edificações residenciais para assegurar o desempenho e aumentar a vida útil, evitando o surgimento de patologias.
SANTANA, B. V.; ALEIXO, I. V. 2017	Avaliação da absorção por capilaridade de argamassas para revestimento com diferentes aditivos impermeabilizantes	Determinar se os aditivos impermeabilizantes quando associados à argamassa de revestimento reduzem a absorção por capilaridade, conforme requisitos previstos na NBR 16072 (ABNT, 2012).
MOREIRA, A. C. F. 2018	Estudo de aditivos impermeabilizantes no comportamento do concreto	Fazer estudo sobre os efeitos de diferentes impermeabilizantes nas características do concreto.
ALMEIDA, E. R. 2020	Análise da eficiência dos aditivos impermeabilizantes em argamassa de assentamento	Verificar a eficiência de aditivos impermeabilizantes, ofertados na cidade de Santa Cruz do Sul-RS, na impermeabilização da argamassa de assentamento e se modificam o desempenho da argamassa.
SANTOS, G. A. F. 2018.	Estudo da influência dos aditivos impermeabilizantes nas propriedades da argamassa de revestimento	Analisar a influência dos aditivos impermeabilizantes sobre as propriedades das argamassas de revestimento, cuja ação espera-se a redução da permeabilidade das argamassas.

Autor(es); ano	Título	Objetivo
SILVA, P. G.; ALLEM, P. M. 2017	Análise da eficácia de impermeabilizantes em revestimentos argamassados	Analisar a eficácia de impermeabilizantes em revestimentos argamassados e comparar o desempenho entre impermeabilizantes aplicados na superfície e/ou adicionados na argamassa de revestimento.

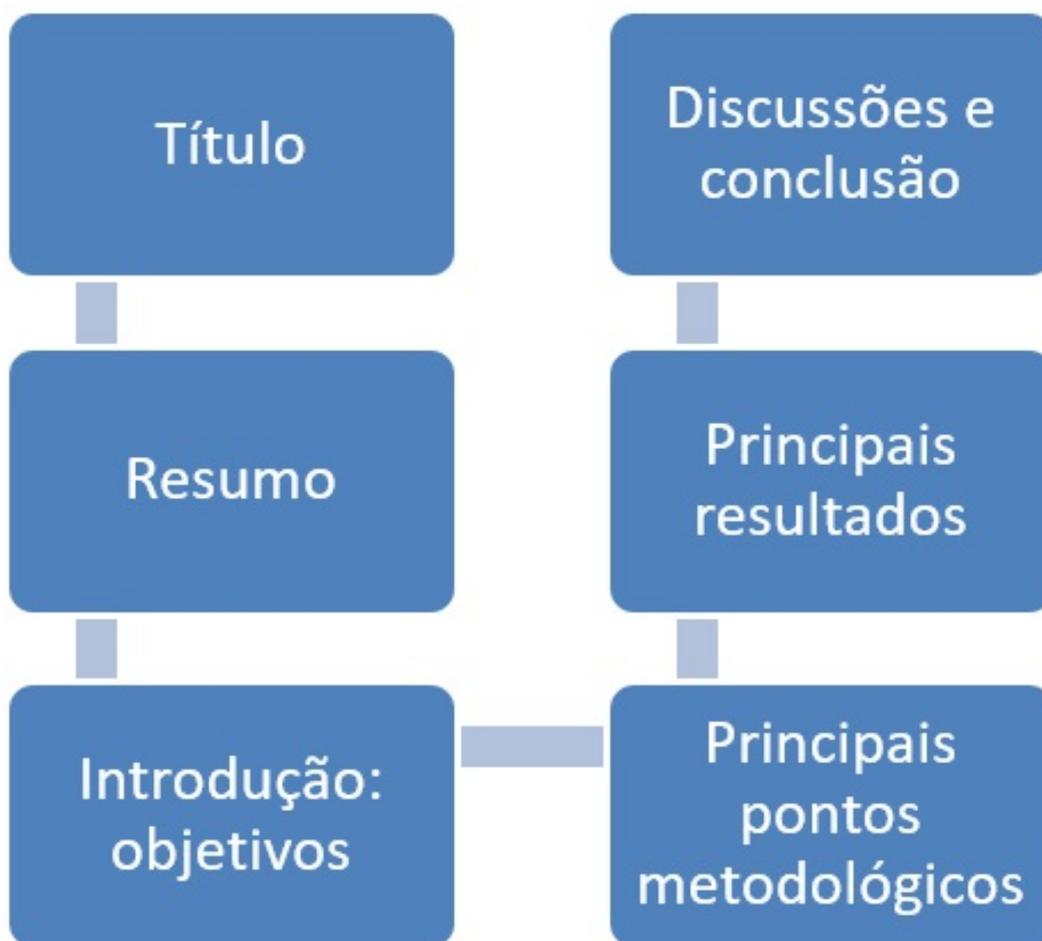
Fonte: Autora, 2021

Os estudos foram lidos e submetidos a uma análise crítica, onde foram avaliados mediante a metodologia proposta e os resultados obtidos. Foi realizada uma revisão sistemática na literatura, conforme Galvão e Rcarte (2019, p. 58) :

A revisão sistemática da literatura é uma modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos, e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande corpus documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto. Está focada no seu caráter de reprodutibilidade por outros pesquisadores, apresentando de forma explícita as bases de dados bibliográficos que foram consultadas, as estratégias de busca empregadas em cada base, o processo de seleção dos artigos científicos, os critérios de inclusão e exclusão dos artigos e o processo de análise de cada artigo.

Assim, o protocolo estabelecido foi o método prisma, para Filho (2020, p. 1) o “prisma é um conjunto mínimo de itens baseado em evidências para relatar estudos em revisões sistemáticas”. Esta análise segue as etapas apresentadas no Fluxograma 1.

Figura 22 – Check list Prisma



Fonte: Autora, 2021

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia proposta.

4.1 BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Castro e Quarcioni (2013) afirmam que o projeto de impermeabilização, de modo a implementar o sistema impermeabilizante adequado, é um dos parâmetros essenciais para a construção civil, já que a adequada execução desse projeto assegura maior durabilidade às edificações, protegendo-as das ações ambientais agressivas.

Conforme os autores, o projeto de impermeabilização, é muitas vezes rejeitado pelos clientes, pois, consideram custos extras na obra, ignorando a relevância do mesmo, porém, quando não executado pode acarretar desenvolvimento de manifestações patológicas e conseqüentemente em reparos a curto prazo, demandando-se gastos extras com reformas e recuperações (CASTO; VIANA, 2015)

Casto e Viana (2015) complementam que o projeto de impermeabilização, a fim de garantir os benefícios a edificação, devem ser executados com base nas prescrições estabelecidas pelas NBR 9574 (2008) e NBR 9575 (2003), o que não acontece quando a obra é executada por profissionais desabilitados. Neste sentido a execução deve ser executadas por profissionais capacitados, de modo a evitar o desenvolvimento de manifestações patológicas e reparos.

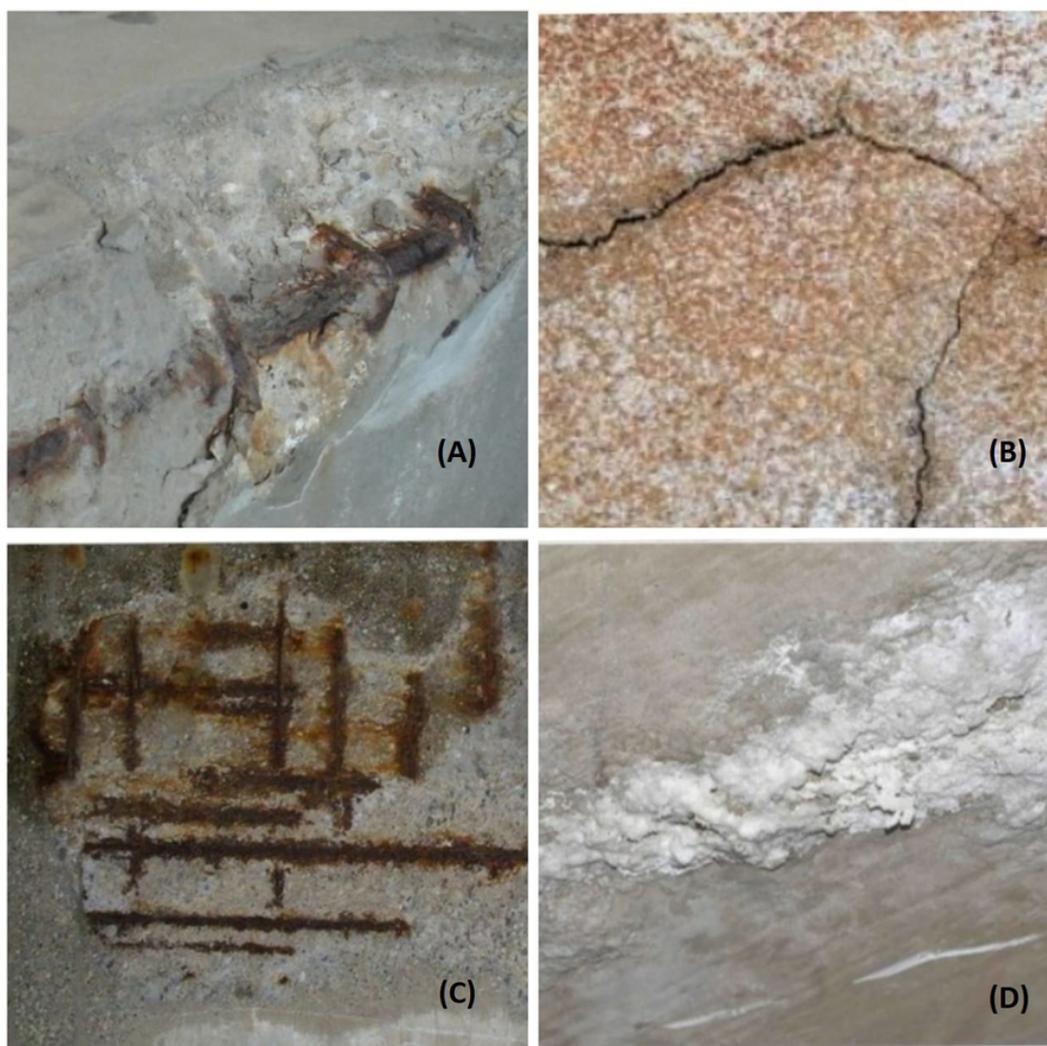
É preciso então conscientizar os clientes quanto aos benefícios do sistema de impermeabilização e o investimento no projeto específico. Ademais é preciso que haja uma fiscalização adequada durante e após a conclusão do projeto. Já que um rigoroso controle tecnológico do sistema de impermeabilização é vital para seu bom desempenho.

4.2 PATOLOGIA CAUSADAS PELA AUSÊNCIA DE SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Conforme Fernandes *et al.* (2019) a água é um agente químico de patologias e a ausência do projeto de impermeabilização ou a má execução deste torna a edificação suscetível aos mais variáveis danos. O excesso de umidade pode provocar às construções diversas patologias.

Fernandes *et al.* (2019), Trento (2019) e Almeida (2020) corroboram e apontaram as principais patologias causadas pela ausência de sistemas de impermeabilização em uma estrutura de concreto, sendo essas eflorescências; carbonatação do concreto e corrosão de armaduras; fissuras; mofo e manchas; deslocamento de pisos e; problemas na pintura.

Figura 23 – Patologias: (A) Carbonatação, (B) Fissuras, (C) Corrosão da armadura e (D) Eflorescências



Fonte: <https://tekhton.com.br/impermeabilizacao/>

Conforme os autores a eflorescência se desenvolve principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água, estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos. Fatores que contribuem para a formação de eflorescências, conjuntamente: teor de sais solúveis; pressão hidrostática para proporcionar a migração para a superfície; presença de água. (FERNANDES *et al.*, 2019)

A carbonatação é resultado de mudanças na microestrutura e na diminuição do pH do concreto, é capaz de reduzir a proteção passiva das armaduras, aumentando a vulnerabilidade à corrosão e comprometendo a durabilidade da estrutura. (TRENTO, 2019)

Diversos eventos são necessários para que ocorra a corrosão de armaduras e um destes é a presença de água, uma vez que esta é indispensável para que aconteça a reação catódica de redução do oxigênio, e, porque influi na resistividade do concreto e na perme-

abilidade ao oxigênio. Sendo a corrosão um processo espontâneo, ela constantemente transforma os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixem de satisfazer os fins a que se destinam. (TRENTO, 2019)

A fissura é a anomalia mais comum em estruturas de concreto armado e dentre os problemas que podem provocar, em muitas situações podem indicar que a estanqueidade da edificação está comprometida. Pode ser provocada frente a alterações na umidade do ambiente, uma vez que estas causam uma variação no volume do concreto. Quando a umidade no ambiente aumenta, o elemento de concreto tende a expandir-se e quando diminui ocorre também à diminuição de volume do elemento (FERNANDES *et al.*, 2019).

A umidade, a temperatura e o pH da superfície são fatores decisivos para o aparecimento, manutenção e aumento em extensão do bolor. O bolor se trata do acúmulo de fungos que geram colônias que se alimentam de materiais orgânicos. Muitos sistemas de revestimento podem servir como fonte nutricional direta, ou apenas se comportar como substrato, suportando seu desenvolvimento (FERNANDES *et al.*, 2019)

A umidade pode ainda desencadear no deslocamento de pisos, já que água pode provocar a diminuição de aderência das placas cerâmicas da argamassa colante. A água pode ainda provocar o descascamento da pintura na edificação (FERNANDES *et al.*, 2019).

4.3 TIPOS DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

Trento (2019) apresenta como principais tipos de aditivos impermeabilizantes, os impermeabilizantes rígidos e flexíveis. A impermeabilização rígida por ser executada por meio de: argamassa impermeável com aditivo hidrófugo; impermeabilizante cristalizante; cimento impermeabilizante de pega ultrarrápida; argamassa polimérica. A impermeabilização flexível pode ser executada por meio de: membrana de polímero modificada com cimento; membranas asfálticas; membranas acrílicas; mantas asfálticas; mantas de PVC.

4.4 INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES SOBRE AS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

Moreira (2018) constatou em seus estudos, com base nas características observadas durante ensaio de slump-test, comprovou-se que o aditivo impermeabilizante interfere na trabalhabilidade do concreto uma vez que, o concreto sem aditivo apresentou melhor trabalhabilidade que os concretos impermeáveis. Quanto aos ensaios de resistência a compressão os corpos de prova produzidos atingiram médias de resistência a compressão de 21,57 MPa para concreto sem aditivos, de 23,23 MPa para concreto com aditivo A e de 21,17 MPa para concreto com aditivo B. Já os valores de módulo de elasticidade, os concretos produzidos sem e com aditivos apresentaram valores dentro limite mínimo aceitável pela NBR 6118 (2004), que é de 28 GPa. Os corpos de prova produzidos sem

adição aditivos apresentaram maiores valores do módulo de elasticidade, comparados aos corpos de prova com aditivos. Para o caso em estudo foi possível concluir que ambos os aditivos interferiram nas características do concreto.

Almeida (2020) identificou que os concretos com aditivos impermeabilizantes apresentaram ganho de resistência à tração na flexão e resistência a compressão da NBR 13279 (1995) em comparação com a argamassa de referência. Já, nos ensaios de resistência a compressão da NBR 7215 (1996), verificou-se que apenas as argamassas C e D apresentaram aumento da resistência em relação à argamassa de referência.

Já Santos (2018) constatou-se que as argamassas contendo os aditivos impermeabilizantes não alteraram suas propriedades no estado fresco de forma a diminuir seu desempenho. O autor observou ainda que as argamassas produzidas com aditivos resultaram em resistências a compressão axial maiores em comparação a argamassa de referência. Ademais, constatou-se, quanto a capacidade de absorção destas argamassas, uma minimização significativa nos valores desta propriedade. Comprovando que, a introdução dos aditivos impermeabilizantes não modificaram de modo considerável o desempenho das argamassas, tanto no estado fresco como no estado endurecido, assim, o autor concluiu que a aplicação destes aditivos em argamassas garantem a redução da permeabilidade, melhoram a trabalhabilidade, além de aumentar sua resistência a compressão.

4.5 EFICIÊNCIA DE ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES NA IMPERMEABILIZAÇÃO DA ARGAMASSA

Silva e Allem (2017) analisaram se os aditivos impermeabilizantes minimizam a absorção das argamassas a capilaridade, de acordo com as exigências da NBR 16072 (2012). Os autores identificaram que aos 10 min de contato com a água, o aditivo 1 apresentou uma redução de 97,44% na absorção da água em comparação com a amostra referência, o aditivo 2, com 10 min de contato com a água reduziu a absorção em 38,46%. Aos 90 min, o aditivo 1 também apresentou uma redução significativa na absorção de água, 93,16% enquanto o aditivo 2 reduziu 43,03%. A partir destes resultados, os autores confirmaram que o impermeabilizante aplicado na superfície forma uma película de proteção mais eficiente que o impermeabilizante misturado na argamassa.

Moreira (2018) identificou que os aditivos impermeabilizantes apresentaram índices dentro do aceitável pela norma, ou seja, apresentam formação de película que protege a peça de concreto da infiltração de água.

No entanto, Almeida (2020) identificou que a maioria das argamassas com aditivos impermeabilizantes apresentaram resultados insatisfatórios, para à absorção de água por imersão, tendo as argamassas com aditivo absorvido mais água em comparação a argamassa de referência. Já nos ensaios de absorção por capilaridade, em conformidade com as NBR 9779 (2012) e NBR 15259 (2005), as argamassas com aditivos impermeabilizantes

exibiram resultados satisfatórios, tendo todas as argamassas apresentado menor absorção de água nos dois ensaios realizados, quando comparadas a argamassa de referência. A partir disso, entende-se que os aditivos impermeabilizantes foram eficazes na redução da absorção de água por capilaridade.

Santana e Aleixo (2017) verificaram a eficiência de aditivos impermeabilizantes quando associados à argamassa de revestimento com relação à absorção por capilaridade e constataram que a aplicação de aditivos impermeabilizantes não expressou resultados que atendessem à norma NBR 16072 (2012).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste estudo comprovou-se que os sistemas de impermeabilização são essenciais para o bom funcionamento, desempenho e durabilidade de estruturas de concreto, assim é vital que projetos de impermeabilização sejam executados evitando o desenvolvimento de manifestações patológicas que podem resultar em problemas estruturais graves, comprometendo a segurança da edificação.

Verifica-se que a maioria dos problemas são causados por detalhes, estando presente em todas as fases da obra seja na etapa de projeto, implantação ou manutenção da impermeabilização. Frente a isto, a melhor solução é sempre a antecipação, prever os problemas durante a fase de projeto e realizar os procedimentos no início da obra.

O sistema de impermeabilização para funcionar, depende de muitos fatores, é necessário que o engenheiro entenda os mecanismos de infiltração da água, para poder indicar a impermeabilização a ser executada prevenindo as patologias, visando a durabilidade e aumento da vida útil da edificação.

Hoje o mercado oferece inúmeras possibilidades para sistemas impermeabilizantes, podendo ser rígidos ou flexíveis, protegendo a estrutura contra os danos causados pela água, podendo ser: revestimentos, selantes, membranas, aditivos químicos entre outros.

O método para simplificar o processo de impermeabilização é fazer concreto com aditivos que reduzem sua permeabilidade. Eles ajudam na proteção da superfície, formando uma camada que impede a passagem da água. O critério de escolha dos aditivos, precisa de um estudo específico para cada caso.

Desta forma, realizou-se um estudo dos tipos aditivos impermeabilizantes disponíveis no mercado, sendo divididos em: aditivos impermeabilizantes por hidrofugação, aditivos plastificantes e superplastificantes.

No entanto, frente a variedade de aditivos impermeabilizantes disponíveis no mercado não foi possível estabelecer um padrão quanto as características e propriedades das argamassas produzidas com esses aditivos, assim os autores analisados encontraram resultados muito distintos uns dos outros, com isso constata-se que cada caso precisa ser estudado e analisado com cautela, a eficiência do aditivo empregado depende das características estabelecidas por meio do projeto, comprovando ainda mais a importância de que os sistemas de impermeabilização sejam projetados adequadamente por profissionais habilitados.

Referências

- ABESC. **Manual Técnico de 2.000**. São Paulo, 2000. Acesso em: 11/05/2021.
- ABPC. **BT 106 - Guia básico de utilização de Cimento Portland**. São Paulo, 2002.
- ALMEIDA, E. R. de. **Análise da eficiência dos aditivos impermeabilizantes em argamassa de assentamento**. 2020. 76 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade de Santa Cruz do Sul. Acesso em: 04/06/2021.
- ALVES, J. D. **Manual da Tecnologia do Concreto**. 4. ed. Goiânia: UCG, 2002. Acesso em: 24/03/2021.
- AMBROSIO, T. da S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. 124 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Anhembi Morumbi. Acesso em: 28/05/2021.
- AMBROZEWICZ, P. H. L. **Construção de Edifícios do início ao fim da obra**. 1ª. ed. [S.l.]: Pini, 2015. 233 p. ISBN 8572664637. Acesso em: 23/05/2021.
- ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das Estruturas. In: ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. (ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005.
- ARAÚJO, M. D. de; SAVIATTO, M. S. C. **Estudo da Influência de aditivo impermeabilizante em concreto**. 2018. 83 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade do Sul de Santa Catarina. Acesso em: 31/03/2021.
- BARROSO, G. F. *et al.* **Sistemas de Impermeabilizações (ênfase em manta asfáltica)**. Três Corações: Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde, 2015. 42 – 57 p.
- BAUER, L. A. F. *et al.* Uso de Aditivos no Concreto. In: BAUER, L. A. F. *et al.* (ed.). **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. v. 1, cap. 6, p. 135 – 185.
- BAUMGART, O. **Aditivos para concretos, argamassas e caldas de cimento**. [S.l.]: Indústria e Comércio S. A, 1999. Acesso em: 04/06/2021.
- BENETTI, R. K. **Traços de Concreto Convencional com Incorporação de Aditivo Acelerador de Pega: Análise da Resistência nas Primeiras Idades**. 2007. 61 p. Monografia (Engenharia Civil) — UNIJUÍ - Universidade Regional do Nordeste do Estado. Acesso em: 22/05/2021.
- BILESKY, P. C. *et al.* **Avaliação do desempenho dos sistemas de impermeabilização por cristalização capilar do concreto**. São Paulo: Revista Concreto & Construções, 2009. Acesso em: 04/06/2021.
- CASTO, D.; VIANA, G. A. X. **Estudo dos sistemas de impermeabilização em lajes de cobertura de edificações: técnicas e patologias**. 2015. 94 p. Monografia (Engenharia Civil) — Instituto de Educação e Tecnologia Caratinga.
- CASTRO, A. L. de; QUARCIONI, V. A. **Aditivos ao Cimento**. [S.l.]: Revista Notícias da Construção, 2013. Acesso em: 17/05/2021.

- CAVALCANTI, D. J. de H. **Contribuição ao estudo de propriedades do concreto autoadensável visando sua aplicação em elementos estruturais**. 2006. 141 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Alagoas. Disponível em: <http://repositorio.ufal.br/handle/riufal/389>. Acesso em: 04/05/2021.
- CIMINIO, R. **Revestimento de reservatórios de água com manta armada de PVC**. São Paulo: TÉCNICE, 2002. Acesso em: 03/06/2021.
- CORREA, A. C. A. **Estudo do desempenho dos aditivos plastificantes e polifuncionais em concretos de Cimento Portland Tipo CP-III-40**. 2010. 149 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade Federal Fluminense. Acesso em: 21/05/2021.
- COSTA, L. L. **O uso de argamassas tradicionais e pré-doseadas para impermeabilização em revestimentos exteriores**. 2008. 125 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro. Acesso em: 31/03/2021.
- DÍAZ, V. O. **Método de Dosagem de Concreto de Elevado Desempenho**. 1ª. ed. [S.l.]: Pini, 1998. 122 p. Acesso em: 16/04/2021.
- DREY, D. F.; SEIDLER, N. **Efeitos dos aditivos impermeabilizantes no concreto**. Revista de Engenharia e Tecnologia, 2013. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11475/209209209450>.
- DUTRA, D. S. de S. **Tudo sobre impermeabilização rígida**. 2018. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/tudo-sobre-impermeabilizacao-rigida/>. Acesso em: 02/06/2021.
- FERNANDES, M. A. *et al.* **Técnicas de impermeabilização para assegurar a durabilidade das edificações**. 2019. 72 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- FERREIRA, J. **Impermeabilização com resina epóxi**. 2020. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/impermeabilizacao-com-resina-epoxi/>. Acesso em: 03/06/2021.
- FREIRE, M. A. **Métodos executivos de impermeabilização de um empreendimento comercial de grande porte**. 2007. 72 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio de Janeiro. Acesso em: 02/06/2021.
- FREITAS, E. *et al.* **Efeito da adição de cinzas de bagaço de cana na resistência à compressão de argamassa normal**: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Poços de Caldas.: Lavras, 1998. v. 4. 219 p.
- FURNAS, E. de. **Concretos**: Massa, Estrutural, Projetado e Compactado Com Rolo. [S.l.]: Pini, 1997. 852 p. Acesso em: 27/04/2021.
- GALVÃO, M. C. B.; RCARTE, I. L. M. **Revisão sistemática da literatura**: conceituação, produção e publicação. [S.l.]: Ibict, 2019. v. 6.
- GOMES, S. M. **Permeabilidade do Concreto**. 2003. Disponível em: <https://livrozilla.com/doc/592471/permeabilidade-do-concreto--um-estudo-para-a-avalia%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 02/06/2021.

- IZAGUIRRE, A. *et al.* **Effect of water-repellent admixtures on the behaviour of aerial lime-based mortars**: Cement and concrete research. Spain: [s.n.], 2009. Acesso em: 31/05/2021.
- JANTSCH, A. C. A. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. 2015. 144 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Maria.
- MAGALHÃES, R. A. B. *et al.* Estudo de caso de patologias causadas pela umidade face a inexistência de implantação do sistema de impermeabilização nas garagens do 1º e 2º subsolo de um edifício residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos em Belém/PA. **RCT - Revista de Ciência e Tecnologia**, Belém / PA, v. 5, n. 9, p. 4 –, 01 2019. Acesso em: 03/06/2021.
- MARTIN, J. F. M. **Aditivos para concreto**: In: Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: G.C.ISAIA, 2005. v. 1579. Acesso em: 18/05/2021.
- MEDEIROS, M. H. F. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos**. 2008. 156 p. Tese (Engenharia Civil) — Universidade de São Paulo. Acesso em: 04/06/2021.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - estrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1994. v. 1.
- MELLO, L. S. L. **Impermeabilização - Materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. 54 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Anhembi. Acesso em: 03/06/2021.
- MENDES, T. **Aditivos para concreto: principais e para que servem**. 2019. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/#:~:text=Plastificantes%20ou%20redutores%20de%20%C3%A1gua&text=T%C3%AAm%20como%20fun%C3%A7%C3%A3o%20plastificar%20o,altera%C3%A7%C3%A3o%20do%20tempo%20de%20pega>. Acesso em: 04/06/2021.
- MORAES, C. R. K. **Impermeabilização em lajes de cobertura**: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. 91 p. Dissertação (Engenharia Civil) — UFRGS, Porto Alegre. Acesso em: 02/06/2021.
- MOREIRA, A. C. R. **Estudo de aditivos impermeabilizantes no comportamento do concreto**. 2018. 72 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- MUNIN, A. **Sustentabilidade: impermeabilizar para preservar**. 2020. AECweb. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/a/sustentabilidade-impermeabilizar-para-preservar_3509. Acesso em: 11/06/2021.
- NARDY NETO, A. M. *et al.* **Estudo da influência de aditivos de concreto**. 2018. 52 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Centro Universitário FAAT. Acesso em: 21/04/2021.
- NBR 11768: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. [S.l.], 2011.
- NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação. São Paulo, 2015. 3 – p.

NBR 13279: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão. São Paulo, 1995.

NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. São Paulo, 2005.

NBR 16072: Argamassa Impermeável. Rio de Janeiro, 2012.

NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. São Paulo, 2004.

NBR 7215: Determinação da resistência à compressão. São Paulo, 1996.

NBR 9574: Execução de impermeabilização. [S.l.], 2008.

NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 9779: Argamassas e concretos endurecidos - Determinação da absorção por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

NBR 9935: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

NEUMANN, W.; CUNHA, A. G. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico: como projetar e executar**. 5. ed. Rio de Janeiro, 1979. Acesso em: 04/06/2021.

NEVES, A. **Entenda tudo sobre a permeabilidade do concreto e sua importância**. 2020a. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/permeabilidade-do-concreto>. Acesso em: 01/06/2021.

NEVES, A. **Hidrofugante para concreto: quando usar?** 2020b. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/hidrofugante-para-concreto>. Acesso em: 04/06/2021.

NEVES, A. **Tipos de aditivo impermeabilizante para concreto**. 2021. Disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/impermeabilizante-para-concreto>. Acesso em: 04/06/2021.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ª. ed. [S.l.]: Pini, 1997.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5ª. ed. Porto Alegre-RS: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. **Tecnologia Do Concreto**. 2. ed. [S.l.]: Techbooks, 2013.

OLIVEIRA, A. **Estanqueidade de fachadas à água de chuva**. 2006. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenhariacivil/106/artigo287060-1.aspx>. Acesso em: 05/06/2021.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologia na construção civil**. 2013. 107 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PACHECO, J.; HELENE, P. **Boletim Técnico Controle da Resistência do Concreto**. México: ALCONPAT, 2013. Acesso em: 30/05/2021.

PAIVA FILHO, J. C. de. **Análise da resistência à compressão e consistência de concreto produzido com brita calcária e aditivo plastificante**. 2017. 66 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Federal Rural do Semi-árido. Acesso em: 04/06/2021.

- PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13^a. ed. São Paulo: Globo, 1998.
- PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. 1997. 160 p. Dissertação (Ed. Departamento de Estruturas) — UFMG.
- PINHEIRO, I. **Os 8 Principais Sistemas de Impermeabilização**. 2019. Disponível em: <https://www.inovacivil.com.br/os-principais-sistemas-de-impermeabilizacao/>. Acesso em: 02/06/2021.
- RIGHI, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização**. 2009. 95 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade Federal de Santa Maria. Acesso em: 31/05/2021.
- RODRIGUES, R. M. *et al.* **Erros, diagnósticos e soluções de impermeabilização na construção civil**. João Pessoa: INTERSCIENTIA, 2016. Acesso em: 03/06/2021.
- SABBATINI, F. H. **Impermeabilização: sistema e execução**. 2006. 115 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade de São Paulo. Escola Politécnica da USP. Acesso em: 02/06/2021.
- SALOMÃO, M. C. de F. **Estudo da umidade ascendente em painéis de alvenaria de blocos cerâmicos**. 2012. 193 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Universidade Federal de Uberlândia. Acesso em: 22/04/2021.
- SANTANA, V. B.; ALEIXO, I. V. **Avaliação da absorção por capilaridade de argamassas para revestimento com diferentes aditivos impermeabilizantes**. 2017. Monografia (Engenharia Civil) — Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Brasília.
- SANTOS, D. H. dos. **Sistemas de impermeabilização: estudo do procedimento de execução em uma obra no município de Juazeiro do Norte**. 2016. 39 p. Monografia (Tecnologia da Construção Civil, Habilitação em Edifícios) — Universidade Regional do Cariri - URCA. Acesso em: 02/06/2021.
- SANTOS, G. A. F. **Estudo da influência dos aditivos impermeabilizantes nas propriedades da argamassa de revestimento**.: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018 Maceió -AL 21 a 24 de agosto. 2018.
- SANTOS, J. E. de S. **Análise comparativa da resistência do concreto com e sem a incorporação de aditivos plastificantes**. 2017. 38 p. Dissertação (Engenharia Civil) — Faculdade Evangélica de Goianésia. Acesso em: 05/04/2021.
- SILVA, D. O.; OLIVEIRA, P. S. F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. São Paulo: TÉCHNE, 2006. Acesso em: 03/06/2021.
- SILVA, J. **Impermeabilizantes: Conheça os principais tipos**. 2019. Disponível em: <https://www.institutodaconstrucao.com.br/blog/impermeabilizantes-conheca-os-principais-tipos/>. Acesso em: 02/06/2021.
- SILVA, T.; ALLEM, P. M. **Análise da eficácia de impermeabilizantes em revestimentos argamassados**. 2017. 70 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade do Extremo Sul Catarinense.
- SILVEIRA, M. A. **Impermeabilização com cimentos Poliméricos**. São Paulo: TÉCHNE, 2001. 108 – 110 p. Acesso em: 02/06/2021.

- SIQUEIRA, V. de. **Impermeabilização em obras de construção civil**. 2018. 91 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade do sul de Santa Catarina. Acesso em: 02/06/2021.
- SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. 92 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio de Janeiro. Acesso em: 02/06/2021.
- SOUZA, A. **Resistência do concreto: entenda a importância da realização de testes**. 2018a. APL Engenharia. Disponível em: <https://blog.apl.eng.br/resistencia-do-concreto-entenda-a-importancia-da-realizacao-de-testes/>. Acesso em: 28/05/2021.
- SOUZA, A. C. F. de. **Análise da resistência do concreto após aplicação de aditivos impermeabilizantes**. 2018b. 40 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acesso em: 31/05/2021.
- SOUZA, B. D. de; FONSECA, F. B. da. **Sistemas Impermeabilizantes em Alvenaria Estrutural: estudo dos produtos ofertados na região de Araraquara**. 2018. 14 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade de Araraquara - UNIARA. Acesso em: 02/06/2021.
- TAKAGI, E. M. *et al.* **Tratamento químico cristalizante para impermeabilização e proteção de estruturas de concreto armado**. Florianópolis: 46º Congresso Brasileiro do concreto, 2004. Acesso em: 04/06/2021.
- TARTUCE, R.; GIOVANNETTI, E. **Princípios básicos sobre concreto de Cimento Portland**. São Paulo: Pini IBRACON, 1990. Acesso em: 24/03/2021.
- TECNOSIL. **O que é cura de concreto e como fazer uma cura eficiente?** 2018. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-e-cura-de-concreto-e-como-fazer-uma-cura-eficiente/>. Acesso em: 04/05/2021.
- TRENTO, G. A. **Estudo de caso sobre os impermeabilizantes disponíveis no Brasil, com foco nos tipos, patologias e manuseio**. 2019. 76 p. Monografia (Engenharia Civil) — Universidade do Sul de Santa Catarina.
- VEDACIT. **Manual Técnico de Impermeabilização**. 48. ed. Otto Baumgart, 2016. Acesso em: 03/06/2021.
- VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.