

## AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO ADITIVO *RADMYX* NA AUTOREPARAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Garcia, Jhonatan<sup>1</sup>

Farias, Alan<sup>2</sup>

FARIA, Msc. Michela Steluti Poleti<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho discute a importância dos aditivos autocurativos, como o Radmyx, na manutenção e prolongamento da vida útil das estruturas de concreto. O estudo avalia a eficácia do aditivo na autorreparação de fissuras e sua influência na durabilidade e vida útil das estruturas. O artigo também aborda os mecanismos de cristalização do concreto, o efeito da cristalização na durabilidade do concreto e os aditivos e técnicas de controle. A pesquisa foi realizada com a adição do Radmyx ao concreto fresco e a realização de ensaios laboratoriais em duas amostras, com resultados avaliados em relação à relação água-cimento, compressão e impermeabilização. O artigo conclui que o uso de aditivos autocurativos pode reduzir significativamente os custos de manutenção, melhorar a durabilidade das estruturas e aumentar a sustentabilidade da construção.

**Palavras-chave:** Radmyx, Estrutura, Concreto, Eficiência, Ensaio de Estanqueidade e Ensaio de Compressão.

---

<sup>1</sup> Jhonatan Henrique Garcia do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, jhonatanhenriquegarcia8@gmail.com;

<sup>2</sup> Alan Vinicius Mira Farias do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, alanfarias614@gmail.com;

<sup>3</sup> Msc. Michela Steluti Poleti: Orientadora de TCC do Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br;

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais aplicados na engenharia civil. Possui excepcional resistência e durabilidade. Porém, com o passar do tempo, as estruturas de concreto ficam expostas a diversos fatores, como cargas externas, mudanças climáticas e substâncias agressivas, que podem causar fissuras e danos. A manutenção e reparação destas estruturas impõe custos significativos e desafios logísticos à indústria da construção. Neste contexto, os aditivos autocurativos como o Radmyx têm vencido importância como solução inovadora para prolongar a vida útil das estruturas de concreto e promover a autocura de trincas e fissuras.

Os aditivos Radmyx são baseados em princípios avançados de nanotecnologia e prometem uma abordagem inovadora para estruturas de concreto autocurativas. Sua capacidade de autocura é baseada em reações químicas que ocorrem em nível microscópico, permitindo que o concreto preencha e repare rachaduras e fissuras à medida que aparecem. Este aditivo oferece a perspectiva de reduzir significativamente os custos de manutenção, aumentar a durabilidade das estruturas e melhorar a sustentabilidade da construção. No entanto, a eficácia prática do Radmyx em condições reais de construção e a sua aplicabilidade a diferentes tipos de estruturas de concreto continuam a ser tópicos de investigação que requerem uma análise aprofundada.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a eficácia do aditivo Radmyx na autorreparação de estruturas de concreto. Ao longo deste estudo serão realizados ensaios laboratoriais para analisar o desempenho do Radmyx em termos de autocura de fissuras, bem como a sua influência na durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. Além disso, são discutidas aplicações práticas e suas implicações. Este trabalho também abordará os impactos sustentáveis do uso do aditivo Radmyx na indústria da construção. O artigo será estruturado em capítulos que exploram os mecanismos de autocura do Radmyx, os testes realizados e os resultados obtidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, com base em estudos de Helene e Andrade (2010, p.905) e Mehta e Monteiro (2014, p.3). Estima-se que a demanda anual de concreto em todo o mundo chegue a cerca de 19 bilhões de toneladas (Mehta; Monteiro, 2014, p.3). O concreto armado, em particular, é um material que apresenta compatibilidade físico-mecânica e química de seus componentes, o que explica o seu sucesso na construção civil (Kirchheim, 2003, p.23). Durante muito tempo, o concreto foi considerado um material que não precisava de manutenção devido ao seu excelente desempenho em obras. Como resultado, foi amplamente utilizado em uma variedade de ambientes sem controle de qualidade adequado, o que levou a exposição a condições desfavoráveis (Andrade, 1997, p.5).

### 2.1 MECANISMO DE CRISTALIZAÇÃO

Segundo Ramachandran (1996) cristalização do concreto é um processo importante na engenharia civil, onde minerais cristalinos se formam dentro da matriz de concreto durante o processo de cura. Esse fenômeno tem um impacto significativo nas propriedades mecânicas, durabilidade e resistência do concreto. A cristalização do concreto refere-se ao processo pelo qual minerais cristalinos se desenvolvem nas microestruturas do concreto durante a cura. A formação desses cristais pode melhorar as propriedades do concreto, tornando-o mais durável e resistente. Este fenômeno é influenciado por vários fatores, incluindo a composição do concreto, as condições de cura e o tipo de aditivos utilizados.

De acordo com Pereira (2013) a cristalização no concreto ocorre quando os compostos presentes na pasta de cimento hidratado reagem com os produtos de hidratação do cimento Portland. Os principais minerais cristalinos que se formam incluem a etringita e a portlandita. A etringita é uma fase cimentante que pode preencher poros vazios, aumentando a densidade do concreto, enquanto a portlandita pode contribuir para a expansão e fissuração se não for controlada adequadamente.

A escolha da técnica de impermeabilização é fundamental para garantir a manutenção e durabilidade da estrutura. Conforme Verçoza (1987, p.53), a impermeabilização com adições no concreto apresenta maior eficiência em relação às

membranas. A impermeabilização com adições é mais resistente e durável, já que o impermeabilizante é incorporado ao concreto e permanece inalterado até que a estrutura sofra algum tipo de dano. Em contrapartida, as membranas necessitam de manutenção ao longo do tempo, pois podem envelhecer de acordo com as condições a que estão expostas e com o tipo de proteção que recebem. A principal vantagem da adição de impermeabilizante por cristalização na mistura é a formação de cristais insolúveis nos poros do concreto. De acordo com Pereira (2013) e informações encontradas nas fichas técnicas dos produtos, a maioria dos impermeabilizantes por cristalização utilizados como adição são à base de cimento, com areia de quartzo tratada e compostos químicos ativos não especificados. Esses compostos reagem com a umidade e os subprodutos do cimento, produzindo uma estrutura cristalina integrada ao concreto, conforme Zubelli (1990).

## 2.2 INFLUÊNCIA NA DURABILIDADE DO CONCRETO

A cristalização pode melhorar a durabilidade do concreto, uma vez que os minerais cristalinos formados podem preencher poros e microfissuras, reduzindo a permeabilidade e a difusão de agentes agressivos, como íons cloreto e dióxido de carbono. Isso aumenta a resistência do concreto à corrosão e ao ataque químico.

## 2.3 ADITIVOS E TÉCNICAS DE CONTROLE

Vários aditivos e técnicas podem ser empregados para controlar a cristalização do concreto. Aditivos aceleradores ou retardadores podem ser usados para ajustar a taxa de cristalização. Além disso, a cura úmida adequada, a temperatura e a umidade do ambiente durante a cura podem influenciar a cristalização.

## 2.4 RADMYX

Para compreensão do produto utilizado, para esse trabalho se apresentará a ficha técnica no item 5 FICHAS TÉCNICAS. Mas para compreensão o Radmyx possui propriedades que fornecem impermeabilização duradoura para o concreto, atuando como um isolante, selando fissuras futuras até 0,4mm, aplicável de maneira simples sendo adicionado ao concreto ainda fresco como uma mistura, ocasionando o aceleração tempo de cura, proporcionando uma construção mais rápida, o produto

ainda aumenta a resistência a compressão do concreto, sendo um produto ecológico pelas baixas taxas de toxicidade.

## 2.5 PATOLOGIA

De acordo com os estudos de Helene (2011, p. 111), "os danos na construção civil podem ser classificados em quatro tipos distintos, definidos como Infiltração, Carbonatação, Deslocamento no revestimento e fissuras, trincas ou rachaduras". Em relação à diferença entre fissuras, trincas e rachaduras, Santos (2015, p. 87) destaca que "as fissuras representam o estágio inicial dessas patologias, manifestando-se como aberturas finas de até 1 milímetro, geralmente superficiais e alongadas. Por sua vez, as trincas ocorrem quando essas fissuras se ampliam entre 1 e 3 milímetros, resultando na divisão de uma estrutura, como no caso de paredes que se separam em duas partes distintas. Por fim, as rachaduras são caracterizadas por aberturas superiores a 3 mm, permitindo a passagem de vento e água da chuva."

## 3 METODOLOGIA

No âmbito da avaliação da eficácia do aditivo Radmyx, foi realizado de forma prática uma pesquisa em obra, fazendo com que as pesquisas realizadas sejam evidentes quando se fala da eficiência do produto em sua aplicação.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Para a realização deste trabalho, a metodologia escolhida é de natureza qualitativa, embora como se observará a seguir, a utilização de laudo de laboratório, grande parte dos procedimentos adotados para o entendimento são a partir de pesquisas, observações, vivência laboral em recortes transversais.

Para maior entendimento do procedimento, é válido ressaltar a carência de testes similares utilizando o radmyx, tomando como base essa informação, os testes bem como o entendimento sobre esse composto perpassam ao que se faz com seus similares. Com o objetivo principal de investigar a eficácia do radmyx no uso do concreto, que se toma como base o que está nas normativas da ABNT - NBR 9575 (2010).

Esta norma, descreve as etapas Exigências e Recomendações para o Projeto de Impermeabilização, com o propósito de garantir a estanqueidade dos elementos construtivos que a requeiram, é necessário atender aos requisitos mínimos de proteção da estrutura contra a passagem de fluidos, além de considerar os requisitos de salubridade, segurança e conforto do usuário. Para tanto, estabelecemos diretrizes rigorosas para a seleção e projeto de impermeabilização.

### 3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

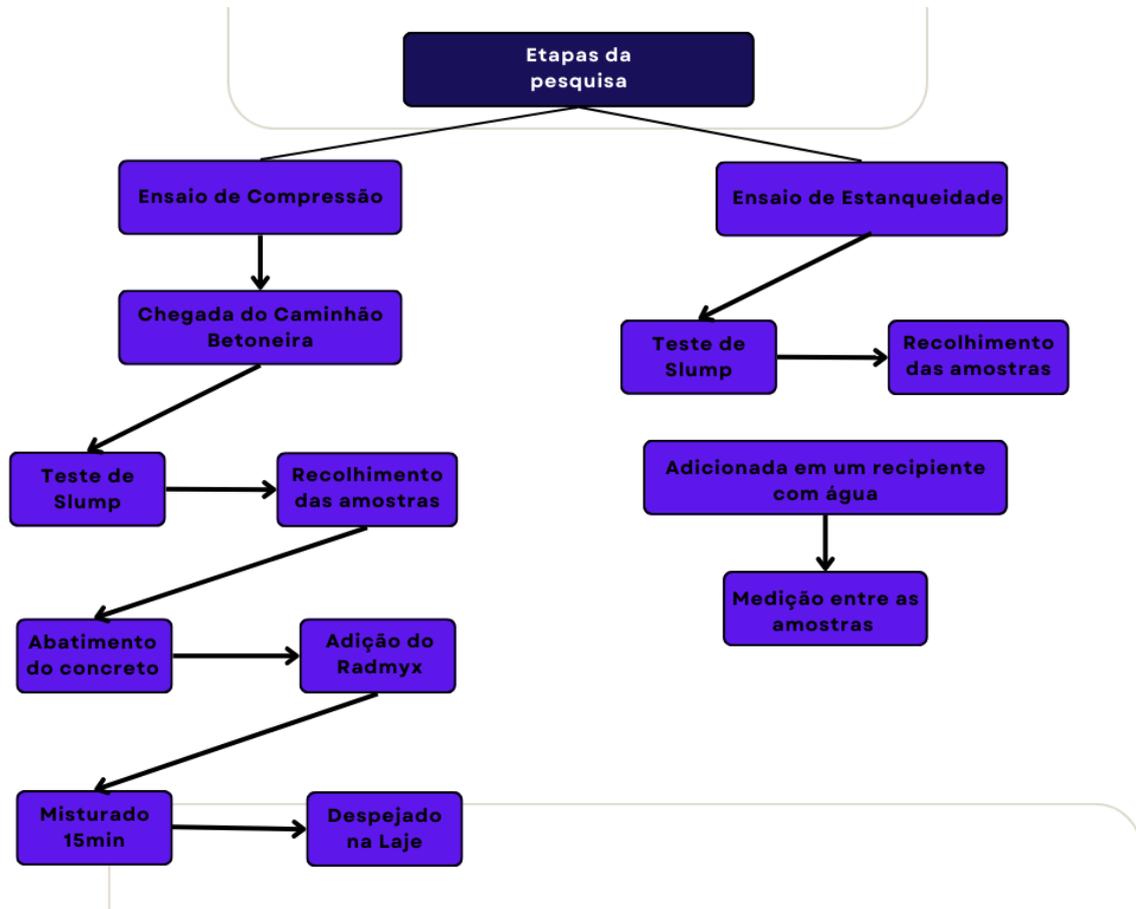
A pesquisa foi desenvolvida na obra da construtora Nova Construtora, com a construtora Urban Beach, localizada na Rua 260, no bairro de Meia Praia na cidade de Itapema, litoral de Santa Catarina. Tal experimento foi realizado em área de piscina, durante a primavera, com alguma incidência de chuvas comuns á região durante uma pequena parte do tempo utilizado para a observação deste estudo.

Para que sejam aplicados os conceitos desenvolvidos anteriormente, é necessário evidenciar o mecanismo criado para o desenvolvimento dos testes, para isso foi necessário um tempo de 30 dias, como forma de verificar as mudanças e afins. Para compreender melhor, se descreve abaixo as formas como foram realizados tais testes.

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA

No fluxograma apresentado abaixo é descrito como é o processo das etapas da pesquisa realizada.

Figura 01- Fluxograma das Etapas da Pesquisa



Autores: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

Mistura dos Materiais Utilizando Betoneira de Eixo Vertical: Para realizar a mistura dos materiais com precisão, foi utilizada uma betoneira de eixo vertical previamente imprimada com argamassa de cimento de areia proveniente dos materiais utilizados neste trabalho. A ordem dos elementos foi mantida constante para todas as misturas, de acordo com o seguinte procedimento: 1) Colocar a brita, 2) Adicionar um terço da água, 3) Adicionar o cimento, 4) Adicionar outro terço da água 5) Adicionar a adição (para concretos que contêm esse elemento) 6) Adicionar o aditivo polifuncional 7) Adicionar a areia 8) Adicionar o terço restante de água 9) Adicionar o aditivo superplastificante (suficiente para ajustes finais do traço). No trabalho foi usado 800g por m<sup>3</sup>, o caminhão betoneira possuía uma capacidade de 8 m<sup>3</sup>.

Com suporte de um caminhão betoneira, através do slump, em uma obra com abatimento de 12cm a 16cm, que após a aprovação do abatimento do concreto, foi

adicionado o produto diretamente no caminhão betoneira, com as medidas de 800g por m<sup>3</sup> totalizando 6,4 kg e misturando entre 10 – 15min, em seguida o concreto foi despejado diretamente na laje. Realizado esse processo, duas amostras foram retiradas e levadas para teste de compressão em laboratório, com 7 dias de cura o concreto é submetido ao primeiro teste e com 28 dias foi realizado o segundo teste, em seguida, com o laudo do laboratório apresentará também se o comportamento da relação água cimento permaneceu.

### 3.4 MATERIAIS UTILIZADOS NO CONCRETO

Os materiais utilizados seguiram especificações da NBR, fazendo com que a pesquisa fosse regulamentar as normas.

#### 3.4.1 Cimento

O cimento utilizado foi o cimento Portland pozolânico (CP IV- 32), classe 32. Segundo a NBR 5736 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS, 1991), o teor de material pozolânico é estabelecido entre 15 e 50%, com permissão de no máximo 5% de fíler calcário e o restante constituído de clínquer e sulfato de cálcio. Entre os tipos de cimentos disponíveis no sul do Brasil o CP IV é o mais adequado para prolongar a vida útil das estruturas em ambientes marinhos, motivo pelo qual foi escolhido para este trabalho. A massa específica do cimento utilizado foi determinada em laboratório conforme a NBR NM 23 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS, 2001) e resultou em um valor de 2,59 g/cm<sup>3</sup>.

#### 3.4.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado foi uma areia quartzosa, disponível comercialmente. A distribuição granulométrica segundo a NBR NM 248 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS, 2003), e as características físicas como a massa específica, NBR NM 52 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS, 2009), o módulo de finura e a dimensão máxima. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS, 2009).

### 3.4.3 Água

A água utilizada nesse estudo para a moldagem dos corpos de prova é proveniente da rede pública de abastecimento da cidade de Itapema/SC.

### 3.4.4 Adições

Utilizou-se neste trabalho o produto radmyx , visto que esta é usualmente empregada nos concretos com a finalidade de diminuir a permeabilidade dos mesmos, entre outras propriedades. Já o impermeabilizante por cristalização é o material escolhido para ser analisado neste trabalho.

## 3.5 PROCEDIMENTO DE ENSAIO DE COMPRESSÃO

Para compreensão das abordagens aqui destacadas, é necessário explanar um pouco sobre os procedimentos de ensaio de compressão, sendo eles:

Preparação do corpo de prova, que consiste na preparação dos corpos de prova de acordo com as especificações relevantes é o primeiro passo. Dependendo do tipo de material, eles podem ser moldados, usinados ou preparados de outras maneiras.

Montagem do equipamento: É realizado um teste de compressão em um corpo de prova, você deve posicioná-lo entre as placas de uma máquina de ensaio. As placas devem ser planas e paralelas para garantir que a carga seja aplicada uniformemente.

- Aplicação da carga: A carga é aplicada gradualmente à amostra até que ela falhe ou atinja um ponto predeterminado. Durante o teste, são registradas as deformações e as cargas aplicadas.
- Registro dos dados: Registram-se os dados de carga versus deformação durante o ensaio. A curva resultante é chamada de curva de compressão e oferece informações cruciais sobre o comportamento do material quando submetido a pressão.
- Cálculos e análises: Análise de dados para determinar propriedades físicas após ensaio. Uma vez finalizado o ensaio, os dados coletados são cuidadosamente examinados para determinar as suas propriedades físicas. Alguns desses parâmetros incluem resistência à compressão, deformação máxima, rigidez, bem como outros fatores relevantes.

O ensaio de compressão é de extrema importância para compreender as características mecânicas dos materiais, especialmente aqueles que são frequentemente submetidos a cargas compressivas, como estruturas de concreto na construção civil ou componentes metálicos em engenharia mecânica. Para garantir a segurança e eficácia dos materiais em diversas aplicações, é fundamental realizar o ensaio adequadamente e interpretar corretamente seus resultados.

### 3.6 ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

Para o ensaio de estanqueidade foram utilizados métodos eficazes para o estudo a ser desenvolvido, podendo comprovar o poder de resistência à infiltração do produto adicionado ao concreto.

#### **3.6.1 Materiais e equipamentos necessários:**

- **Corpos de prova:** Amostras retiradas diretamente do caminhão betoneira para realizar o teste.
- **Líquido penetrante:** Normalmente utilizado água corante, que facilita a visualização da penetração do líquido no corpo de prova.
- **Recipientes:** Para contenção do líquido que irá atuar na amostra.
- **Suporte ou dispositivo de fixação:** Para manter o posicionamento dos corpos de prova em meio ao ensaio de estanqueidade.
- **Régua ou escala:** Usada para medir a altura da penetração do líquido na amostra.
- **Cronômetro:** necessário para a medição e registro do tempo de penetração.

#### **3.5.2 Procedimento para Teste de Estanqueidade:**

- **Preparação dos corpos de prova:** Antes do início do teste, certifique-se de que os corpos de prova estejam completamente secos e limpos.
- **Posicionamento dos corpos de prova:** Coloque os corpos de prova em um suporte ou dispositivo de fixação, garantindo que fiquem na posição vertical e estável.
- **Preparação do líquido penetrante:** Crie uma solução facilmente visível adicionando corante à água, para ser utilizada durante o teste.

- Aplicação do líquido penetrante: Despeje o líquido penetrante nos recipientes de modo que o mesmo alcance a base dos corpos de prova. O líquido começará a penetrar nos capilares dos materiais porosos.
- Registro do tempo de penetração: Inicie o cronômetro no momento em que o líquido entrar em contato com a base dos corpos de prova. Registre o tempo necessário para a penetração atingir uma altura pré-determinada ou para que o teste seja concluído.
- Avaliação dos resultados: Análise dos resultados em relação ao tempo de penetração e à altura alcançada. Materiais com boa estanqueidade terão uma penetração mais lenta e menor altura

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A avaliação da eficácia do aditivo Radmyx na autoreparação de estruturas de concreto trouxe compreensões fundamentais sobre o impacto desse inovador componente no desempenho estrutural. A análise metódica dos experimentos realizados permitiu uma visão detalhada da capacidade do Radmyx em promover a autoreparação, destacando benefícios tangíveis na durabilidade e integridade das estruturas de concreto. Os seguintes resultados são apresentados em detalhes para corroborar a eficiência do aditivo Radmyx, demonstrando seu potencial para redefinir os paradigmas na preservação e fortalecimento das estruturas de concreto.

### **4.1 ENSAIO DE COMPRESSÃO**

Seguindo o que se pede em qualidade na NBR, ainda somando ao laudo de laboratório do teste com o uso do Radmyx, como mecanismos para o entendimento da eficácia do impermeabilizante, o trabalho buscou através de um estudo aprimorado com o que se tem de realidade sobre a temática, evidenciar a eficácia do produto no processo de impermeabilização, uma vez que é um passo importante para a qualidade de obras.

Com a leitura conceitual, foi possível entender como os conceitos podem dar suporte para o desenvolvimento da temática, pois para compreender o processo final é necessário visualizar o outro processo anterior, diante disso a importância de entender o processo de concretagem, cristalização e outros até que se chegue no

composto utilizado como recorte, que é o Radmyx. Atrélado a esse embasamento teórico, foi realizado um teste de laboratório que é o ponto norteador, como parte daquilo que se pode entender de eficácia na prática.

No presente trabalho usamos duas amostras do primeiro e do último caminhão para testar a eficácia do produto Radmyx incluído no concreto durante a concretagem de uma piscina.

**Quadro 01- Descrição do Material**

2. Descrição do Material	
Elementos de Concretagem: <b>Pilares</b>	
Concreto: <b>Bombeado</b>	Brita: <b>0 e 1</b>
FCK (MPa): <b>50</b>	Abatimento Solicitado (mm): <b>140+-20</b>
Volume de Concreto (m <sup>3</sup> ): <b>13</b>	Duração da Concretagem (h): <b>1:30 horas</b>
Data da Coleta: <b>25/10/2023</b>	Data do Ensaio: <b>01/11/2023.</b>
Interferentes e/ou condições ambientais: <b>Não Houve.</b>	

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

O relatório de ensaio de compressão do laboratório LABOTEC apresenta na Quadro 01 acima o tempo de 1 hora e 30 minutos de duração da concretagem no método de bombeamento do concreto, com o abatimento de 140+-20mm utilizando brita 0 e brita 1 na sua composição.

**Quadro 02 – Requisitos Legais do Ensaio**

3. Requisitos Legais do Ensaio	
<i>A contratada responsabilizou-se pelo controle do material recebido em acordo com a NBR 16886:22 – “Concreto – Amostragem de Concreto Fresco”, NBR 12655:2015 – “Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento”, bem como a moldagem, transporte e cura úmida dos corpos de prova de acordo com a NBR 5738:2016 – “Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova” e as adequações das compressões do corpo de prova, segundo NBR 5739:2018 - “Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”.</i>	
<i>A Contratada Declara que a emissão deste Relatório de Ensaio de Compressão, está sendo reproduzido por inteiro e com a respectiva aprovação do cliente.</i>	
Prensa Utilizada:	<b>0460020014 – N101 – 100 Toneladas</b>
Incerteza da Última Calibração:	<b>De acordo com o certificado de calibração 2211-16. A resistência efetiva é apresentada com a correção do valor de incerteza (U) A resistência apresentada é corrigida de acordo com o erro relativo da exatidão.</b>

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

No Quadro 02 de requisitos legais apresenta as normas seguidas desde o recebimento do material até as normas para realizar a compressão das amostras em laboratório de forma regulamentar.

### Quadro 03 – Resultado dos Ensaio de Corpo de Prova

4. Resultado dos Ensaio de Corpo de Prova									
Identificação do Laboratório	Nota fiscal Da Concreteira	Identificação da Construtora	Data do ensaio	Idade do corpo de prova (dias)	Abatimento (SLUMP) (mm)	Resistência Efetiva (Mpa)	Resistência Potencial (Mpa) 7 dias	Resistência Potencial (Mpa) 28 dias	Resistência Potencial (Mpa) 63 dias
7494	55193	Caminhão 01	01/11/23	07	160	59,5	59,5	-	-
7495			-	-		-			
7496			-	-		-			

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

O laboratório responsável pelo acompanhamento das amostras recolhidas in loco realizou testes laboratoriais para obter a resistência efetiva do aditivo Radmyx. Conforme as características do concreto, com 28 dias o mesmo teria de resultar na resistência efetiva com o valor de 50Mpa sem o adicional do aditivo, as amostras retiradas do caminhão betoneira 01 teve como resultado do primeiro teste conforme a Quadro 03 se deu o valor de resistência do concreto atingindo a marca de 59,5Mpa com 7 dias com o adicional do aditivo em sua composição.

### Quadro 04 - Descrição do Material

2. Descrição do Material	
Elementos de Concretagem: <b>Pilares</b>	
Concreto: <b>Bombeado</b>	Brita: <b>0</b>
FCK (MPa): <b>50</b>	Abatimento Solicitado (mm): <b>140+-20</b>
Volume de Concreto (m³): <b>24</b>	Duração da Concretagem (h): <b>3 horas</b>
Data da Coleta: <b>25/10/2023</b>	Data do Ensaio: <b>01/11/2023.</b>
Interferentes e/ou condições ambientais: <b>Não Houve.</b>	

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

Na realização do ensaio a compressão da segunda amostra foi realizado 3 horas de concretagem utilizando o método de bombeamento com o slump de 140+-20mm utilizando apenas brita 0 na sua mistura como mostra a Quadro 04 acima.

### Quadro 05 – Requisitos Legais do Ensaio

3. Requisitos Legais do Ensaio	
<p><i>A contratada responsabilizou-se pelo controle do material recebido em acordo com a NBR 16886:22 – “Concreto – Amostragem de Concreto Fresco”, NBR 12655:2015 – “Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento”, bem como a moldagem, transporte e cura úmida dos corpos de prova de acordo com a NBR 5738:2016 – “Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova” e as adequações das compressões do corpo de prova, segundo NBR 5739:2018 - “Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos”.</i></p> <p><i>A Contratada Declara que a emissão deste Relatório de Ensaio de Compressão, está sendo reproduzido por inteiro e com a respectiva aprovação do cliente.</i></p>	
Prensa Utilizada:	0460020014 – N101 – 100 Toneladas
Incerteza da Última Calibração:	De acordo com o certificado de calibração 2211-16. A resistência efetiva é apresentada com a correção do valor de incerteza (U) A resistência apresentada é corrigida de acordo com o erro relativo da exatidão.

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

No Quadro 05 apresenta as NBR adotadas e seguidas para realização adequada do recebimento e ensaio à compressão das amostras.

**Quadro 06 - Resultado dos Ensaio de Corpo de Prova**

4. Resultado dos Ensaio de Corpo de Prova									
Identificação do Laboratório	Nota fiscal Da Concreteira	Identificação da Construtora	Data do ensaio	Idade do corpo de prova (dias)	Abatimento (SLUMP) (mm)	Resistência Efetiva (Mpa)	Resistência Potencial (Mpa) 7 dias	Resistência Potencial (Mpa) 28 dias	Resistência Potencial (Mpa) 63 dias
7482	55193	Caminhão 01	01/11/23	07	160	63,2	63,2	-	-
7483			01/11/23	07		62,1			
7484			-	-		-			
7485			-	-		-			
7486	55201	Caminhão 02	01/11/23	07	155	60,8	61,3	-	-
7487			01/11/23	07		61,3			
7488			-	-		-			
7489			-	-		-			
7490	55227	Caminhão 03	01/11/23	07	155	60,2	60,2	-	-
7491			01/11/23	07		59,1			
7492			-	-		-			
7493			-	-		-			
6743	55237	Caminhão 04	01/11/23	07	150	68,0	68,0	-	-
6744			-	-		-			
6745			-	-		-			
6786			-	-		-			

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

No segundo teste realizado pela amostra retirada do caminhão 04, teve como resultado sem o aditivo o valor de 58Mpa e com o aditivo acrescentado chegou a marca de 68Mpa como apresentado no Quadro 06.

Esses resultados foram obtidos após os testes realizados por um laboratório credenciado na área, que verificaram as propriedades mecânicas do material utilizado na fabricação do produto. As tabelas demonstram que este produto é capaz de suportar grandes cargas e manter suas propriedades mecânicas por um longo período de tempo.

**Tabela 07- Resultado da amostra sem aditivo**

4. Resultado dos Ensaio de Corpo de Prova									
Identificação do Laboratório	Nota fiscal Da Concreteira	Identificação da Construtora	Data do ensaio	Idade do corpo de prova (dias)	Abatimento (SLUMP) (mm)	Resistência Efetiva (Mpa)	Resistência Potencial (Mpa) 7 dias	Resistência Potencial (Mpa) 28 dias	Resistência Potencial (Mpa) 63 dias
7494	55193	Caminhão 01	01/11/23	07	160	59,5	59,5	78,5	-
7495			22/11/23	28		77,8			
7496			22/11/23	28		78,5			

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

No segundo teste realizado no período de 28 dias em laboratório, o concreto sem o aditivo adicionado resistiu à compressão com 78,5Mpa. O concreto apresentou um valor acima do esperado mesmo sem o cristalizante na sua estrutura conforme observado na tabela 07 acima .

**Tabela 08- Resultado da amostra com aditivo**

6743			01/11/23	07		68,0			
6744			-	-		-			
6745	55237	Caminhão 04	22/11/23	28	150	88,5	68,0	91,9	-
6786			22/11/23	28		91,9			

Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

A segunda amostra retirada do caminhão 04 cujo possui aditivo em sua composição apresentou concreto com uma resistência potencial de 91Mpa no período de 28 dias conforme representado na tabela 07.

#### 4.2 ENSAIO DE ESTANQUEIDADE

O teste de estanqueidade especificado na NBR 15571 define os métodos de vedação por penetração de líquidos por capilaridade, durante a pesquisa analisamos no período de 20 dias os dois corpos de prova seguindo a nbr 5738 moldada por laboratório.

**Figura 02 – Corpos de provas utilizados para o teste de estanqueidade do concreto.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

Como apresentado na figura 02 moldamos dois corpos de prova um sem a adição do produto radmyx em sua composição e outro com o aditivo, na figura 02 a amostra apresentou uma variação entre os dois corpos de prova em relação a penetração do líquido, como apresentado nas imagens a seguir.

**Figura 03 – Corpo de Prova com Radmyx**

Corpo de prova do concreto sem o aditivo Radmyx na composição.



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

**Figura 04 – A amostra de concreto com o produto Radmyx acrescentado a sua composição.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

Na figura 03 e 04 a distância entre a parte superior do corpo de prova e onde o líquido está demarcando é de resultando em uma diferença de 1,5 centímetros, na figura 03 apresenta 9,5 centímetros com o adicional do produto impermeabilizante em sua composição, na figura 04 cuja amostra foi feita sem o adicional do produto Radmyx se resultou em 11 centímetros, comprovando a eficácia do produto, apresentamos uma pesquisa de método visual para demonstrar a aplicabilidade do produto RADMYX.

### 4.3 ILUSTRAÇÕES

É representado neste item ilustrações referentes aos passos utilizados para o despejo do concreto na laje do Urban Beach em Itapema, amostras e adição do aditivo foram realizados in loco.

**Figura 05 – Amostras sendo moldadas para se submeterem aos ensaios de estanqueidade e compressão do concreto.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

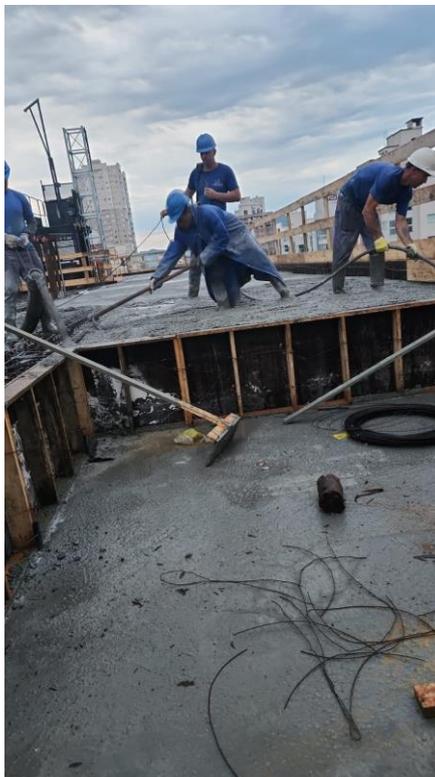
### Figura 06 – Concretagem da Piscina

Concreto sendo despejado e espalhado na área de piscina no empreendimento.



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

**Figura 07 – Concreto sendo espalhado e vibrado na laje entre a ferragem.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

**Figura 08 – Produto Radmyx sendo acrescentado no caminhão betoneira para misturar com o concreto fresco.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

**Figura 09 – Ensaio de Slump sendo realizado em obra, para certificação da trabalhabilidade do concreto.**



Fonte: Alan Farias e Jhonatan Garcia, 2023

### 4.3 FICHAS TÉCNICAS

Na imagem abaixo está a ficha técnica do produto Radmyx utilizado no empreendimento Urban Beach em Itapema e tema do presente trabalho.

A ficha técnica aborda as formas diferentes que o produto pode ser aplicado, benefícios no qual o produto proporciona e suas limitações.

## Figura 10 – Ficha Técnica



### Ficha Técnica:

#### Concentrado

Nome do produto  
**Radmyx™ Concentrado**  
Sistema Capilar de  
impermeabilização

Produtor  
Radcrete Developments Pty Ltd  
PO Box 367  
Double Bay NSW 1360  
SYDNEY AUSTRALIA  
ACN: 069 156 234

#### DESCRIÇÃO

O Sistema capilar de impermeabilização Radmyx™ é um sistema completo de impermeabilização para aplicações abaixo do nível do solo como caves, túneis e estruturas de suporte e retenção de água.

Através do processo de osmose de químicos ativos no Radmyx™ que reagem com produtos de hidratação do cimento dando lugar a uma barreira contínua de cristais insolúveis no interior da estrutura capilar do betão.

Estes cristais bloqueiam a passagem de água ao mesmo tempo que permitem a transmissão de ar e de vapor de água, permitindo que a estrutura respire.

Radmyx™ é igualmente eficaz para pressões positivas e negativas de água, e pode ser usado com um aditivo a betão novo, ou aplicado na superfície como uma calda ou argamassa na superfície interior ou exterior.

A impermeabilização completa é normalmente atingida entre 5 a 7 dias após a aplicação. Depois do processo de cristalização ter impermeabilizado a estrutura, os químicos ativos de Radmyx™ mantêm-se dormentes. Qualquer contacto posterior com água realia o processo de selagem.

O Sistema capilar de impermeabilização Radmyx™ apresenta 4 formas diferentes cada uma para situações específicas:

#### Aditivo para betão

##### Aditivo Radmyx™

É um pó cimentício que que é adicionado à mistura em seco do betão (camião ou misturadora) à razão de 0.78 kg por cada m<sup>3</sup> de betão. Isto corresponde a 5 kg para 6 m<sup>3</sup> de betão aprox.

#### Aplicado na superfície

##### Calda Radmyx™

O Concentrado de Radmyx necessita de ser misturado com areia, cimento cal e água nas proporções da tabela abaixo. O Concentrado de Radmyx corresponde a 13% do total do produto final.

##### Argamassa Radmyx™

Misturado com água para ter a consistência de uma argamassa, Argamassa Radmyx™ é usado para fissuras e reparações de defeitos (Honeycomb), assim como betonilha, e material de enchimento e revestimento. Esta argamassa é idêntica a Calda mas com menor quantidade de água para uma consistência mais sólida.

##### Endurecedor Radmyx™

Nas situações em que uma fuga de água tem de ser estancada. Mistura-se Radmyx com RADCON 7 em vez de água, e aplica-se diretamente sobre a fissura mantendo no lugar com uma espátula

#### Aplicações

- Caves de betão In-Situ
- Caixas de elevadores
- Paredes, muros de retenção de blocos de cimento preenchidos
- Canais
- Túneis
- Reservatórios
- Barragens

#### PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

**Performance de longo prazo** - Não é necessária re-aplicação ou manutenção no futuro.

**Preenchimento Rápido** - Operações de preenchimento podem ser feitas logo após retirar moldes.

**Não é necessária Proteção** - Placas de proteção e células de drenagem podem ser eliminados porque não há risco de dano durante a construção ou após.

**Despiste de Falhas** - Se aparecerem fissuras de retração- são fáceis de localizar e reparar com calda e argamassa Radmyx™ não é necessário levantar membranas.

**Eficiente** -Reduz os timings de construção porque a impermeabilização pode ser feita do lado positivo ou negativo

#### MANUTENÇÃO

Não é necessária.

#### GARANTIAS

10 de garantia para áreas tratadas com Radmyx™ está disponível quando a aplicação é feita por profissionais certificados e em condições apropriadas.

#### LIMITAÇÕES

Radmyx™ não é recomendado para impermeabilizar em situações que existe stress térmico ou acima do nível do terreno. Para situações acima do terreno use RADCON #7

Radmyx™ não é recomendado para impermeabilizar fissuras dinâmicas ou juntas de dilatação ou ligação . Use um selante de elastómero para essas aplicações.!

#### PACKAGING

12 x 0.8 kg embalagens  
180kgs bidões metálicos

#### ARMAZENAGEM & PRAZO DE VALIDADE

O Concentrado Radmyx™ tem um prazo de validade ilimitado desde que contido em contentores selados.

#### ESPECIFICAÇÃO

SEE OUR WEBSITE FOR SPECIFICATION DOWNLOAD

**INSTRUÇÕES****Aditivo para betão****Aditivo Radmyx™**

Adição: 0,78 Kg por 1 m<sup>3</sup> de betão. (5 kg aprox para 6 metros cúbicos de betão).

- **Aditivo Radmyx™** deve ser distribuído de forma igual na mistura seca antes da adição de água à betoneira.
- **Aditivo Radmyx™** tem um efeito plastificante. Aditivos redutores de água não devem ser usados em conjunto com **Aditivo Radmyx™**.

**Aplicado na superfície****Calda Radmyx™**

O Concentrado de Radmyx tem de ser misturado nas seguintes proporções:

Areia de Silica	39% ( 0-600 um)
Cal	10% (Hidrato)
Cimento	38 % (Standard)
Concentrado Radmyx	13%

Total 100%  
Misture os elementos completamente para formar uma massa uniforme.  
Mistura 1 água : 2,25 - 2,5pó em volume.  
Rendimento.: 1 kg por m<sup>2</sup> / camada

**Procedimento:**

- ❖ Limpar a superfície antes da aplicação.
- ❖ Aplicar com trincha ou aspersor no substrato limpo
- ❖ Aplicar 2 camadas em ângulos retos a 2a camada enquanto a 1a esta ainda "verde" (normalmente 3 a 4 horas depois da 1a).
- ❖ Se a 2a camada for aplicada no dia seguinte à 1a - humedecer com água antes de aplicar a 2a demão.

**Argamassa Radmyx™**

Mistura: Misturar água em quantidade suficiente para atingir uma consistência de argamassa

Rendimento: Usar como necessário para recobrir toda a superfície.

**Procedimento:**

1. Limpar a superfície antes de aplicar.
  2. Aplicar em camadas. Até 30 mm de espessura
- Instruções gerais (Aplicação superfície)
  - Adicionar água a **Radmyx** e não **Radmyx** à água.
  - Misturar a quantidade suficiente para até 20min de aplicação de cada vez.
  - Proteger **Radmyx** do sol e de água (em poças) durante 4 dias
  - **Radmyx** deve ser humedecido (borrifar) com água, 3 a 4 vezes ao dia para ajudar a cura e penetração.
  - Limpar ferramentas e equipamento logo após o uso. Use baldes de plástico ou borracha.
  - **Radmyx** não é aconselhado para aplicação de produtos decorativos, a menos que seja protegido com uma camada de cimento/ areia.

**Preparação de superfície (Aplicação na superfície)**

As superfícies a aplicar devem estar limpas de pó, óleo, gordura, tinta, e elementos residuais de cura ou outros tratamentos que impeçam a aderência de **Radmyx**

Remover qualquer latência e criar uma superfície com rugosidade, poros abertos. Isto é essencial para uma aderência adequada de **Radmyx**

**Juntas de betonagem (ligação entre betonagem-nova)**

A junta deve ser formada por por uma paragem vertical durante a betonagem. Usar uma junta "waterstop" de bentonite com Volclay ou semelhante e Calda **Radmyx** como ligante a seco na face da junta antes da betonagem seguinte

**Junta para Betonagem****Juntas de betonagem (existente)**

Onde existir fuga na junta, reparar seguindo o procedimento para fissuras e vazios (Honeycomb).

**Tubagens e furos (Novos)**

Usar junta "waterstop" de bentonite, a envolver o furo durante a betonagem.

**Juntas de dilatação**

Não faz parte do âmbito

**Fissuras**

Identificar fissuras superiores a 0,5 mm para serem reparadas

1. Abrir ate' uma profundidade de 30 a 40 mm
2. Limpar usando água
3. Aplicar **Calda Radmyx™**
4. Aplicar camadas de 30mm de **Argamassa Radmyx™** até preencher o espaço

Vazios e zonas de segregação

1. Partir ate' encontrar betão solidado
2. Limpar usando água
3. Aplicar **Calda Radmyx™**
5. Aplicar camadas de 30mm de **Argamassa Radmyx™** até preencher o espaço

**Tapar fugas**

Fugas e furos executados para libertar pressão de água são selados de forma permanente com uma composto de Calda **Radmyx™** misturado com **Radcon Formula # 7**.

**Para tapar furos sob pressão:**

1. Identificar a área onde existe fuga ate' que a saída de água seja livre inserir a mangueira.
2. Selar a mangueira de plástico colocando o composto de **Radmyx + Radcon # 7**
3. Limpar a cavidade e aplicar uma camada de calda de **Radmyx™** assim que estiver pegajosa preencher a cavidade com argamassa **Radmyx™** e deixar curar
4. Quando a impermeabilização à volta estiver completa, retirar a mangueira e tapar o furo como o composto usando uma proteção do dedo e segurar durante pelo menos 1 minuto.
5. Preencher o restante do furo com argamassa **Radmyx™** quando a argamassa estiver seca, completar a impermeabilização aplicando camadas de calda ao betão à volta do furo

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que a avaliação da eficácia do aditivo Radmyx na autoreparação de estruturas de concreto apresenta resultados significativos e promissores para a engenharia civil. A utilização do aditivo Radmyx apresentou impactos positivos na capacidade de autoreparação das estruturas de concreto, demonstrando ser uma alternativa viável e eficiente para melhorar a durabilidade e integridade dessas estruturas.

O aditivo Radmyx é uma solução autoreparadora para estruturas de concreto. Através de experimentos laboratoriais e análises aprofundadas, foi confirmada a capacidade do aditivo Radmyx de promover a autoreparação do concreto, minimizando danos causados por processos naturais ou externos. A formação controlada de produtos minerais no interior das fissuras foi identificada como um avanço significativo na tecnologia de aditivos para concreto. Além disso, a análise econômica dos custos associados à aplicação do aditivo Radmyx em comparação com os benefícios de prolongar a vida útil das estruturas de concreto sugere uma

relação custo-benefício favorável. Esses resultados enfatizam a viabilidade prática e econômica da adoção do Radmyx como uma estratégia de melhoria da durabilidade das estruturas de concreto em diversas aplicações.

É importante destacar, entretanto, que este estudo apresenta limitações como stress térmico e juntas de dilatação por exemplo. Apesar disso, os resultados obtidos sugerem que o aditivo Radmyx pode ser uma ferramenta valiosa para a busca de soluções inovadoras em relação à autoreparação de estruturas de concreto. Além disso, este estudo contribui para um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos na autoreparação, bem como para o avanço da prática de engenharia civil, fornecendo uma alternativa sustentável e eficaz para melhorar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto.

## **AGRADECIMENTOS**

Alan Vinicius Mira Farias

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a Deus e à minha amada família pelo apoio inabalável durante a realização deste trabalho de conclusão de curso (TCC). Agradeço a Deus pela orientação divina, inspiração e força que ele providenciou ao longo dessa jornada acadêmica desafiadora. À minha família, agradeço por serem a base sólida que me sustentou em momentos de dúvida e cansaço. Seu amor incondicional e incentivo constante foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Cada membro da minha família contribuiu de maneira única para o meu sucesso, e sua presença é a bênção que torna cada conquista ainda mais significativa. Este TCC é não apenas resultado do meu esforço, mas também reflexo do apoio valioso que recebi de Deus e da minha família ao longo dessa jornada acadêmica.

Jhonatan Henrique Garcia

Não poderia deixar de expressar minha gratidão à minha família, que sempre esteve presente, oferecendo seu encorajamento, compreensão e amor incondicional. Suas palavras e gestos de carinho foram minha inspiração, motivando-me a superar desafios e buscar novas conquistas. Cada realização alcançada é também de vocês, e dedico-a com todo meu coração. Aos meus amigos, que compartilharam comigo os risos, as lágrimas e os momentos de dificuldade, agradeço por serem minha rede de apoio durante essa jornada acadêmica. Suas palavras de incentivo e apoio moral foram a bússola que me guiou no caminho certo, mesmo nos momentos mais desafiadores. Este projeto também não teria sido possível sem o incrível suporte de minha família e amigos. Cada palavra de encorajamento e gesto de solidariedade foram fundamentais para a construção deste trabalho. Ao folhear estas páginas, encontrarão um pouco de cada um de vocês entre as linhas.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C1202: Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration. West Conshohocken, USA, 2012.

ANDRADE, J. J. O. Durabilidade de Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997.

ANDRADE, T. Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. In: ISAIA, G. C (Ed) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. NBR 10787: concreto endurecido - determinação da penetração de água sob pressão. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. NBR 5738: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

\_\_\_\_\_. NBR 5739: concreto - ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. NBR 8802: concreto endurecido - determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. NBR NM 248: agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR NM 52: agregado miúdo - determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR NM 53: agregado graúdo - determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR NM 67: concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. NBR 12142: concreto - determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. NBR 5736: cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

- \_\_\_\_\_.NBR 7211: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_.NBR 9575: impermeabilização - seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- BERRY, E. E.; MALHOTRA, V. M. Fly Ash in Concrete. CANMET SP85. Ottawa, Canada, 1986.
- BERTOLINI, L. Materiais de construção: Patologia, Reabilitação e Prevenção. HELENE, P. Oficina de Textos, 2010.
- CRAUSS, C. Penetração de cloretos em concretos com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.
- CORRÊA, C. M. M. da S. Notas de aulas: As cores da fenolftaleína. Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. Disponível em: . Acesso em: 20 nov. 2023.
- DAL MOLIN, D. C. C. Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.
- FILHO, J. H.; MEDEIROS, M. H. F.; PEREIRA, E.; HELENE, P.; ISAIA, G. C. HighVolume Fly Ash Concrete with and without Hydrated Lime: Chloride Diffusion Coefficient from Accelerated Test. Virginia, Journal of Materials in Civil Engineering. ASCE – American Society of Civil Engineers, May. 2013.
- HELENE, P.; MEDEIROS, M. H. F.; GOBBI, A.; RÉUS, G. C. Reinforced concrete in marine environment: Effect of wetting and drying cycles, height and positioning in relation tu the sea shore. Construction and Building Materials. v. 44, July, 2013.
- HELENE.P.; ANDRADE.T. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C.(Ed). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon, 2010.
- HELENE, P. Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. PINI, 2ª ed. São Paulo, 1992.
- KIRCHHEIM. A. P. Concreto de cimento Portland branco estrutural: avaliação da carbonatação e absorção capilar. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- MEDEIROS, M. H. F.; BORGES, P. C.; ALEIXO, D. M.; QUARCIONI, V. A.; MARCONDES, C. G. N.; HELENE, P. Reducing Water and Chloride Penetration

Through Silicate Treatments for Concrete as a Mean to Control Corrosion Kinetics. *Internacional Journal of Electrochemical Science*, v.7. 2012.

MEDEIROS, M. H. F. de; ANDRADE, J. J. de O.; HELENE, P. Durabilidade e Vida útil das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed) *Concreto: ciência e tecnologia*. São Paulo: Ibracon, 2011. p. 773-808

MEHTA, P. K. Role of Pozzlanic and Cementitious Materials in Sustainable Development of the Concrete Industry. In *Sixth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*. v. 1, p. 1-20. Bangkok, Thailand, 1998.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. *Concreto: estrutura, propriedades e materiais*. In: HASPARYK, N. P. (Ed). 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014.

PEREIRA, F.S. da C. Impermeabilização do concreto por cristalização. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Norte. Natal, 2013 Disponível em: . Acesso em: 25 nov 2023.

RIBEIRO, D.V. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. In: RIBEIRO, D.V (Ed) *Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de análise*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RIBEIRO, D.V. Estrutura dos poros e mecanismos de transporte no concreto. In: RIBEIRO, D.V (Ed) *Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de análise*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RIBEIRO, D.V; CUNHA, M. P. T. Deterioração das estruturas de concreto armado. In: RIBEIRO, D.V (Ed) *Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de análise*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SOUZA, J. C. S.; MELHADO, S. B. Considerações gerais sobre os sistemas de impermeabilização dos pisos do pavimento: tipo de edifícios. 31p. - (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia da Construção Civil, BT/PCC/196). São Paulo: EPUSP, 1998.