



CONTRIBUIÇÃO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO NA VIDA ÚTIL DO CONCRETO ARMADO EM AMBIENTE MARÍTIMO

Jorge Luiz Saes Bandeira ¹, Anna Beatriz Percego ², Ingrid Telles Moraes ³, Alessandra Buss Tessaro ⁴, Flávia da Costa Mattos ⁵, Luciano Lopes da Silva ⁶

¹Profº. Dr. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. jorgebandeira@furg.br

²Graduanda em Engenharia Civil Empresarial, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. anna_percego@hotmail.com

³Graduanda em Engenharia Civil Empresarial, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. ingrid.telles.moraes@hotmail.com

⁴Profª. Dra. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. alessandrabuss@gmail.com

⁵Profª. Dra. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. fcMattos@furg.br

⁶Mestrando, Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, RS, Brasil. lucianols.eng@gmail.com

RESUMO

Argamassas de revestimento de estruturas de concreto, em ambiente costeiro, não são consideradas no retardo da frente de cloretos. Objetiva-se avaliar a vida útil de estruturas revestidas, confeccionando-se amostras de argamassa, concreto e concreto revestido, variando grau de saturação e submissão a ensaios utilizando metodologia referenciada. Análise dá-se pela elaboração dos perfis de cloretos e aplicação de modelo matemático, determinando o tempo de desp passivação da armadura. Concluiu-se, que argamassas podem retardar a corrosão da armadura, no entanto, a utilizada neste estudo, obteve pouca eficácia comparando com estudos anteriores, assim, deve-se pesquisar outras composições para se obter soluções econômicas e sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Íons cloreto, grau de saturação, durabilidade, argamassa industrializada.

1 INTRODUÇÃO

A corrosão e deterioração de estruturas em concreto armado por íons cloreto tem se mostrado um grande problema para a indústria da construção. As estruturas encontradas em ambientes marítimos são as que mais sofrem, já que os cloretos, presentes neste ambiente, podem penetrar na estrutura chegando ao aço, causando danos que interferem na longevidade da estrutura (Miranda *et al.*, 2024).

Estima-se que 4% a 10% do PIB de diversos países são gastos na recuperação das estruturas de concreto devido aos problemas de corrosão, em valores referentes a 2016 (IBRACON, 2022). Neste mesmo sentido, afirma-se que em torno de 50% das estruturas devem ser reparadas ao completarem 10 anos (Krisshnan *et al.*, 2021).

No Brasil, por ter uma imensa costa marítima, a preocupação com a vida útil das estruturas de concreto armado é significativa (Meira, 2017), pois especialmente nestas, as mudanças climáticas podem elevar a temperatura e a umidade, o que tende a acelerar o processo de deterioração. Com o aumento projetado das temperaturas globais e da umidade, é urgente intensificar os estudos sobre o impacto desses fatores na integridade do concreto armado. Esse processo pode acelerar a degradação das infraestruturas urbanas e das construções em geral, gerando elevados custos econômicos para o país. Uma avaliação, por exemplo, das pontes de concreto armado nos Estados Unidos estima que o prejuízo econômico causado pela corrosão do aço pode ultrapassar US\$ 200 milhões (Zhang e Ayub, 2024).



O grau de saturação do concreto (GS) é um importante fator para o processo de penetração de íons cloreto no seu interior. O nível de saturação da estrutura porosa interligada determina caminhos para os cloretos durante o processo de difusão. A influência do GS sobre a difusão de íons cloreto tem sido objeto de inúmeras pesquisas, sendo demonstrada a sua importância em modelos de análise de vida útil de estruturas de concreto armado. Dentre vários desses estudos, pode-se citar: Martys (1999); Guimarães (2000); Antón (2009); Guimarães *et al.* (2015); Savoie *et al.*, (2018), entre outros.

Em ambientes costeiros, é comum, nas edificações, o uso de revestimentos argamassados, que podem colaborar para a proteção contra agentes agressivos (Malheiro *et al.*, 2011). Em estudo utilizando argamassa “virada em obra” Bandeira *et al.*, (2023) verificou que mesmo a argamassa de uso mais comum quando utilizada como revestimento, pode trazer ganho na vida útil das estruturas de concreto armado.

As argamassas cimentícias que constituem o revestimento de inúmeras estruturas de concreto armado em edificações localizadas em ambientes costeiros, não são levadas em conta como elemento que pode retardar ou evitar a chegada dos cloretos na armadura e estudos neste sentido são poucos ou raros: Malheiros *et al.* (2011) estudou a influência de argamassas executadas em obra do tipo industrializadas como revestimento de concreto saturado na presença de cloretos; Bandeira (2022) determinou metodologia para avaliação da influência do revestimento argamassado em concretos saturados e não saturados, além de verificar a extensão da vida útil ao considerar a argamassa, para estruturas localizadas em ambiente marítimo.

A presente pesquisa busca avaliar a contribuição do revestimento argamassado com argamassa industrializada na proteção de estruturas de concreto armado situadas em ambientes marítimos variando seu GS. A relevância prática deste estudo é significativa para a indústria da construção, pois proporciona dados sobre a eficiência dos revestimentos como uma solução econômica e eficaz para aumentar a vida útil das estruturas em ambientes agressivos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O programa experimental baseou-se na metodologia utilizada em pesquisas de, Guimarães e Helene (2007), Guimarães *et al.* (2011), Bandeira *et al.* (2015), Bandeira (2022) e Climent *et al.* (1999). Os procedimentos foram realizados no laboratório de Química dos Materiais de Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Foram confeccionados cps de argamassa (ARG), de concreto (C) e de concreto com revestimento argamassado (CR). Para o concreto foi adotado o traço, em massa, 1:2,12:2,88 (cimento, areia e brita), relação a/c de 0,55 e consumo de cimento de 355kg/m³. Nos cps tipo CR a superfície a ser revestida, previamente foi chapiscada com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, em massa.

Para os cps de argamassa e para o revestimento dos cps tipo CR, foi utilizada argamassa industrializada para revestimento de fabricante da região do RS e, segundo seu fabricante, tem em sua composição cimento Portland, cal hidratada e areia de quartzo classificada. Nos cps tipo (C) utilizou-se cimento Portland tipo CP-V-ARI-RS, areia, oriunda da cidade de Pelotas, RS, as britas, de origem graníticas, originárias da cidade de Capão do Leão, RS, e a água para amassamento dos concretos e da argamassa foi procedente da rede pública da cidade. Todos os materiais foram caracterizados por ensaios de acordo com as normas técnicas pertinentes. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores dos ensaios de caracterização das matérias primas utilizadas, bem como dos materiais dos corpos de prova.



Tabela 1: Caracterização das matérias primas

Características	Cimento	Argamassa	Areia	Brita 0	Brita 1
Massa específica (g/cm ³)	3,16	2,6	2,61	2,67	2,68
Massa unitária (g/cm ³)	1,35	1,25	1,48	1,37	1,39
Módulo de finura	-	-	2,43	-	-
Diâmetro máx. (mm)	-	-	2,40	9,50	19,00
Resist. à compressão (MPa)	43,80	1,80	-	-	-

Fonte: Autores

Tabela 2: Caracterização dos corpos de prova (cps)

Características	Concreto		Argamassa		Concreto revestido
	Estado fresco	Estado endurecido	Estado fresca	Estado endurecida	
Índice de consistência (mm)	110,00	-	272,00	-	-
Massa específica (kg/m ³)	-	2284,00	-	2050,00	-
Absorção por imersão (%)	-	6,65	-	16,30	7,79
Índice de vazios (%)	-	14,65	-	29,23	-
Absorção por capilaridade (g/cm ²)	-	1,44	-	3,11	-
Resistência à compressão 28dias (MPa)	-	40,90	-	8,01	-
Resistência à flexão 28dias (MPa)	-	-	-	1,84	-

Fonte: Autores

Após os ensaios de caracterização, os cps foram submetidos ao processo de difusão iônica. Preliminarmente ao processo de difusão os cps foram saturados à vácuo com adoção da metodologia de Antón (2009), norma brasileira NBR 9778 (ABNT, 2009) e norma americana C-1202 (ACI, 1997), após dotou-se os cps com GS alvo (100%, 80% e 60%) e por último, os cps foram contaminados em uma das superfícies com 10g de NaCl (cloreto de sódio), e acondicionados em recipientes hermeticamente vedados com temperatura e umidade controladas. O tempo de difusão variou de 20 a 65 dias dependendo do tipo de cps e do respectivo GS.

Efetivado o tempo de difusão, para cada cps foram extraídas amostras em pó em camadas com espessuras e quantidades identicamente à pesquisa de Bandeira (2022). O material extraído foi submetido a ensaios de titulação potenciométrica onde obtém-se a concentração de cloretos por camada do cps. Com isto, obtém-se o perfil de cloretos para cada cps.

Por fim, com a aplicação da segunda Lei de Fick (Crank, 1975), ajusta-se a curva de concentração dos cloretos e calcula-se o coeficiente de difusão e a concentração superficial para os cps de concreto e argamassa. A Equação 1 expressa a segunda Lei de Fick:

$$Cx = Cs \cdot \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{D} \cdot t} \quad (1)$$

Nesta equação (1) tem-se:



C_x é a concentração em uma profundidade x após um tempo t ; $erfc$ é a função erro de Gauss; D é o coeficiente de difusão (constante); t é o tempo do evento; C_s é a concentração superficial (constante).

Para determinar o coeficiente de difusão dos cps de concreto revestido é adotado um modelo matemático a qual considera dois materiais distintos, no caso o revestimento argamassado e o concreto. Assim, tem-se D_1 para valores de difusão no revestimento e D_2 para o concreto. As equações (2), (3), (4) e (5) expressam esse modelo.

$$C_1 = C_s \sum_{n=0}^{\infty} a^n \left\{ erfc \cdot \frac{(2n+1) \cdot l+x}{2\sqrt{D_1 t}} - \alpha erfc \cdot \frac{(2n+1) \cdot l-x}{2\sqrt{D_1 t}} \right\} \quad (2)$$

$$C_2 = \frac{2kC_s}{k+1} \sum_{n=0}^{\infty} a^n erfc \cdot \frac{(2n+1) \cdot l+kx}{2\sqrt{D_1 t}} \quad (3)$$

$$k = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{1-k}{1+k} \quad (5)$$

Nas equações acima tem-se:

C_1 é a concentração no revestimento, C_2 é a concentração no concreto.

A partir das equações (2), (3), (4) e (5), pode-se obter previsões da frente de cloretos para cada cps revestido e, assim, ter um prognóstico de vida útil para a estrutura. Para isto, é utilizada como condição de contorno a concentração superficial de cloreto (C_s), a qual mantém constante ao longo do tempo. Adota-se valores de C_s estabelecidos pela norma japonesa (JSCE, 2010) e cujos valores são semelhantes àqueles de Nunes (2006) e de Guimarães e Helene (2007) em estruturas existentes.

Com o prognóstico obtido, compara-se para o mesmo ambiente (Classe de Agressividade Ambiental da NBR 6118 (ABNT, 2023) a previsão de vida útil de uma estrutura de concreto armado sem revestimento, utilizando-se a equação (1), o modelo $D \times GS$ obtido por Bandeira (2022), C_s do local, concentração de cloretos (C_x), em relação à massa da amostra, cujo valor é 0,07% e o cobrimento mínimo para o local da estrutura (x), determinado pela NBR 6118 e, assim, verificando o nível de contribuição do revestimento argamassado na durabilidade de uma estrutura de concreto armado em ambiente marítimo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PERFIS DE CONCENTRAÇÃO DE CLORETOS

De modo geral, os perfis de concentração de cloretos de todos cps apresentaram comportamentos semelhantes àqueles obtidos nas pesquisas de Bandeira (2022)] e de Malheiros *et al.* (2011). O Gráfico 1 expõe algum dos perfis elaborados dos cps de concreto e de argamassa e o Gráfico 2, para cps de concreto revestido.

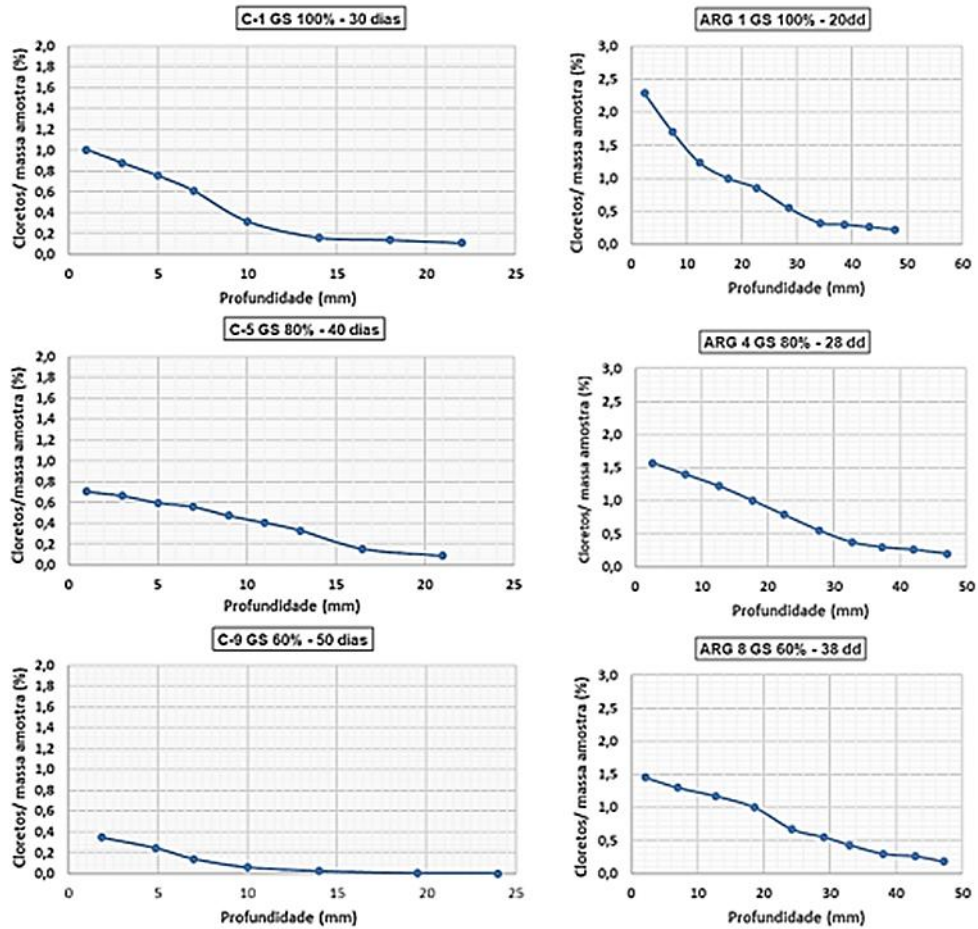


Gráfico 1: Perfis de concentração de cloretos, cps de concreto e cps de argamassa.

Fonte: Autores

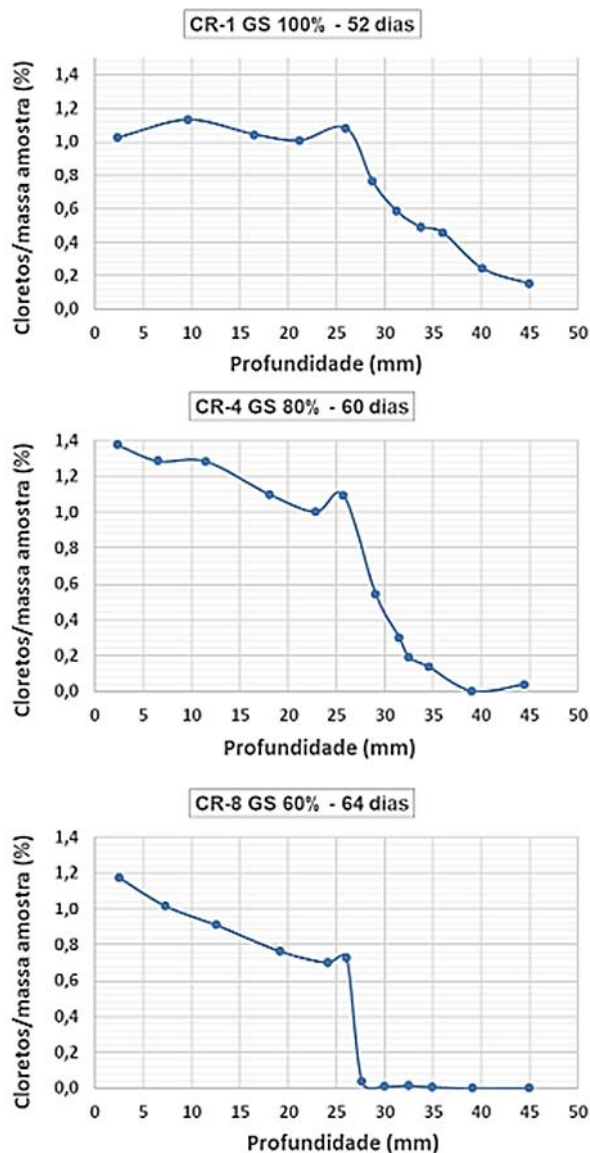


Gráfico 2: Perfis de concentração de cloretos para os cps de concreto revestido.

Fonte: Os autores

Nos Gráficos 1 e 2, verifica-se que nos CPs tipo (CR) há uma afluência maior no revestimento e, principalmente, nas proximidades da zona de interface com o concreto. Essa maior concentração na argamassa deve-se a sua microestrutura de poros ser bem maior em relação ao concreto. Analisando os valores de índices de vazios e de absorção por imersão (Tabela 2), entre o concreto e a argamassa, observa-se essa ampla diferença. Em estudos de Miranda *et al.* (2024) com dois traços de argamassas para revestimento, um composto de cimento Portland, cal hidráulica, areia média e areia fina e outro de mesmo traço, porém com 10% de substituição do cimento por cinza proveniente da queima de carvão, obteve valores menores do índice de vazios e absorção por porosidade, em relação à argamassa deste estudo, mas, valores maiores em relação ao concreto.

O Gráfico 3 apresenta os perfis de cloretos no concreto revestido, após a interface, e o não revestido, para cada GS.

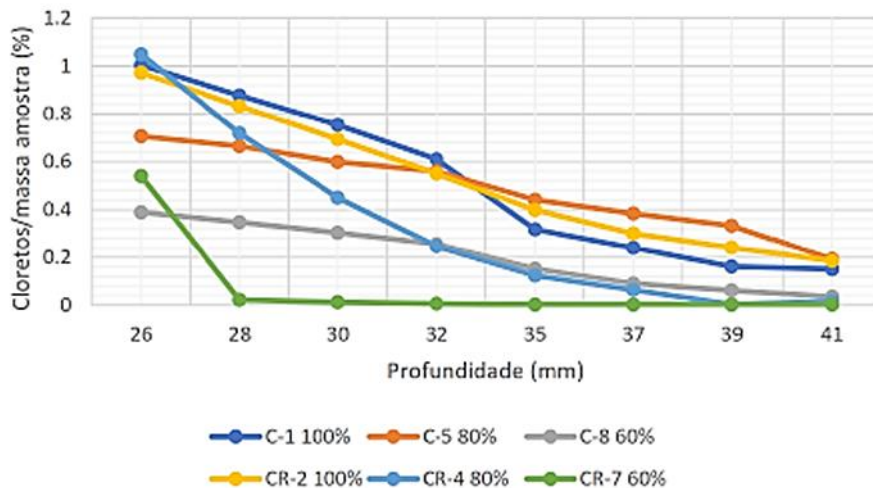


Gráfico 3: Perfis de Concentração de cloretos para os cps de concreto revestido (CR) e cps de concreto (C)

Fonte: Os autores

Observando-se o gráfico acima, evidencia-se a contribuição da argamassa na redução da concentração de cloretos no concreto, similarmente ao determinado por *Bandeira et al.* (2023). Também se evidencia a influência do GS na difusão dos íons cloreto, tal como estudos anteriores já supracitados].

3.2 COEFICIENTES DE DIFUSÃO (D) DOS CPS DE CONCRETO (C) E DE ARGAMASSA (ARG)

Os coeficientes de difusão dos cps de concreto apresentaram valores semelhantes ao estudo de *Bandeira* (2022), justifica-se tal fato por ser sido utilizado o mesmo traço e tipo de cimento. Os valores médios obtidos de D foram os seguintes: 156,69 mm²/ano com GS de 100%; 113,41 mm²/ano para GS de 80% e 75,63% de GS 60%. Verifica-se a coerência destes valores, não somente pela semelhança com o concreto de *Bandeira* (2022) como, também, pela confirmação de que quanto maior o GS, maior D.

Quanto aos valores de D para os cps de argamassa, estes se apresentaram muito maiores do que aqueles determinados em *Bandeira* (2022) e os determinados em *Miranda et al.*, (2024). O Gráfico 4 apresenta, para comparação, dados deste estudo e aqueles obtidos pelos estudos já citados acima.

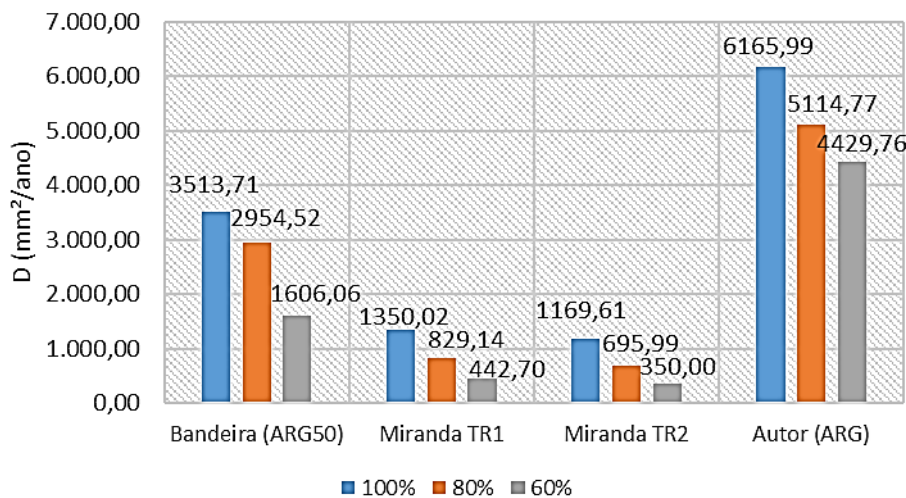


Gráfico 4: Gráfico com valores do coeficiente de difusão (D) para cps de argamassa (ARG)

Fonte: Os autores

Observa-se, no Gráfico 4, a grande diferença do coeficiente de difusão da argamassa deste estudo, em comparação com as demais. Isso, inicialmente, pode ser justificado pelos valores de índices de vazios e absorção total (Tabela 2) que são superiores em relação à argamassa da pesquisa de Bandeira (2022) e argamassas de Miranda *et al.*, (2024). Os valores deste estudo foram de 29,23% e 16,30% para índice de vazios e absorção total, respectivamente, já os valores obtidos por Bandeira (2022) foram de 18,78% e 10,21%. Miranda *et al.*, (2024) obteve, para os dois traços de argamassa estudados, valores intermediários entre a argamassa de Bandeira (2022) e desta pesquisa.

O menor coeficiente de difusão das argamassas de Miranda *et al.*, (2024), em relação as demais, pode ser explicado pelo fato de que esse autor utilizou cal hidráulica, cimento Portland tipo CP-IV-32, que tem aproximadamente 50% de cinza em sua composição além de cinza na substituição de 10% do cimento em um dos traços, mesmo com valores maiores de vazios e de absorção, na comparação com Bandeira [24].

A adição de cinza, tanto na substituição parcial do aglomerante, como, adicionada na fabricação do aglomerante, contribuem para o “empacotamento” da microestrutura dos compósitos cimentícios (Bandeira *et al.*, 2016). Logo, as argamassas estudadas por Miranda *et al.*, (2024) possuem, muito provavelmente, uma rede de poros descontínua, determinando, por consequência, menores coeficientes de difusão (D). Na argamassa deste estudo, com valores maiores de D, além de possuir a maior porosidade, presumivelmente a rede porosa interconectada é maior em relação as demais.

3.3 PREVISÃO DA FRENTE DE CLORETOS

O Gráfico 5, obtido com a modelagem, considerando estrutura localizada a 100m da costa, prevê o tempo de despasse da armadura (vida útil) A barra preta à direita do gráfico representa a armadura distante 40 mm da interface revestimento/concreto que é



o cobrimento preconizado pela NBR 6118 para ambientes marítimos. A linha horizontal de cor marrom, representa a mínima concentração de teor de cloretos para o início da despassivação da armadura. A modelagem permite determinar os perfis também para outros pontos de localização da estrutura.

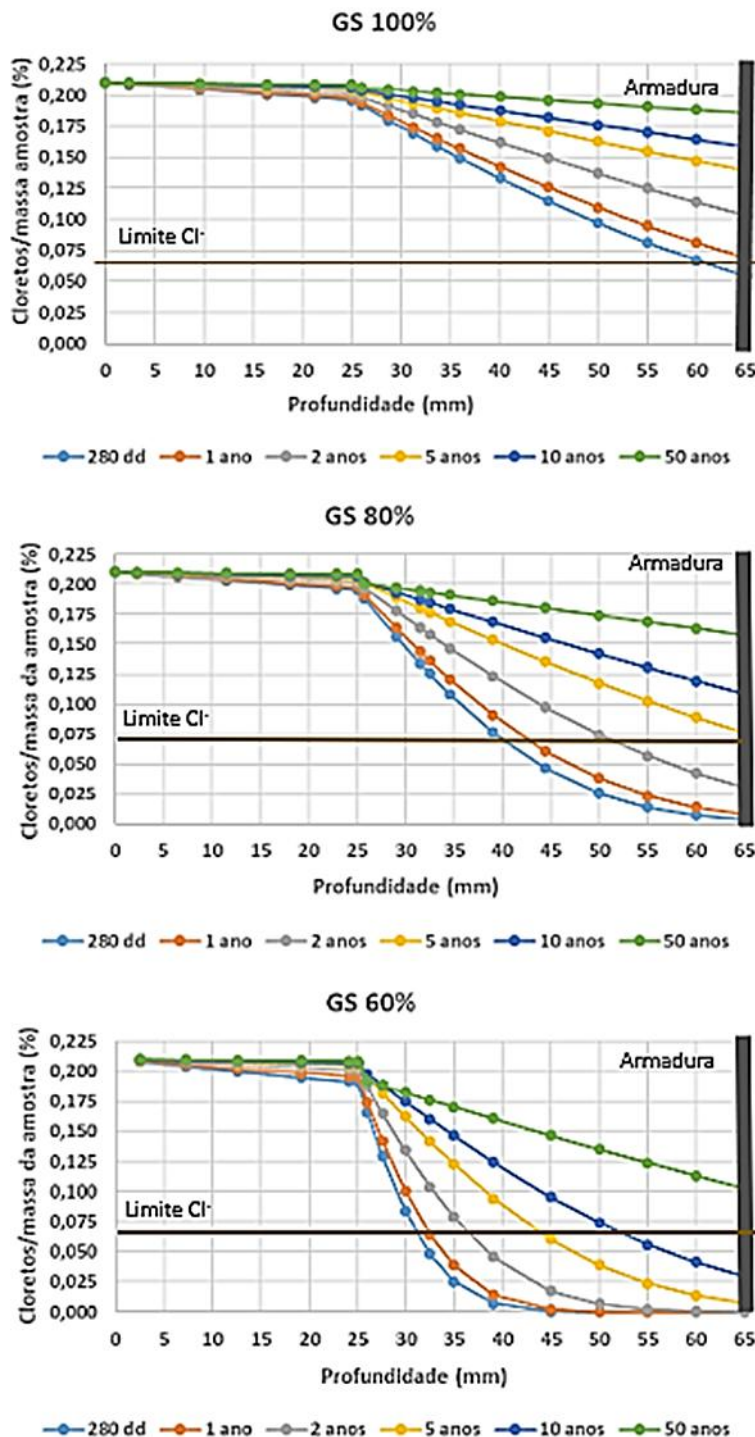


Gráfico 5: Previsão da frente de cloretos para estrutura situada a 100m da costa

Fonte: Os autores

Na análise do gráfico mostrado acima, de modo geral, verifica-se a influência do GS na difusão de cloretos. Para GS 100%, em menos de 1 ano a concentração de cloretos



mínima para despassivação atinge a armadura. Há de considerar que o cimento utilizado neste estudo não é adequado ao ambiente marítimo, a não ser que seja adicionado algum material com propriedades pozolânicas. Para o GS 80% tem-se uma previsão de pouco menos de 5 anos para atingir o nível mínimo de concentração para a despassivação. Na situação de GS 60% apresentam valores bem maiores que os anteriores, no entanto há de se considerar uma revisão neste aspecto eis que se obteve pouco mais de 20 anos para 100 m da costa. São valores incompatíveis com aqueles obtidos pelo coeficiente de difusão do revestimento. Como provável causa desta discrepância pode-se relacionar a um tempo menor de difusão dos CPs de 60%, ou seja, deveria ser maior que os 65 dias aplicados. Em Bandeira (2022), para 60% de GS, a concentração de cloretos mínima atingiu a armadura em aproximadamente 10 anos e considerando que a argamassa utilizada teve melhores índices do que a utilizada nesta pesquisa.

A Tabela 3 apresenta valores da previsão de vida útil obtido pela modelagem e, para comparação, aqueles obtidos em Bandeira (2022) e a mesma estrutura no mesmo ambiente, mas sem o revestimento.

Tabela 3: Previsão de vida útil para estrutura de concreto armado

GS (%)	Tempo (anos)			Profundidade (m)
	Esta pesquisa	Bandeira (2022)	Concreto sem revestimento	
Beira-mar Cs 0,41				
100	0,5	2,9	1,0	65,0
80	2,3	3,6	1,8	
60	11,5	7,8	5,0	
100m da costa Cs 0,21				
100	1,0	9,2	6,0	65,0
80	4,5	7,7	6,9	
60	23,4	10,0	9,0	

Fonte: Autores

Analisando os dados da Tabela 3, a contribuição desta argamassa para o aumento da vida útil da estrutura é muito pequena, há tão somente na condição de beira mar e GS 80% que a vida útil do concreto revestido é maior. A argamassa utilizada por Bandeira (2022) que teve menores valores de coeficiente de difusão, menores índice de vazios e absorção e aumento da vida útil em todos GS e nas duas regiões.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os revestimentos argamassados podem contribuir para o retardo da corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, neste aspecto a argamassa industrializada, utilizada nesta pesquisa, demonstrou que isto é possível.

Não obstante, essa contribuição não teve a eficácia que se esperava. Isso pode ser explicado por tratar-se de uma argamassa comum sem nenhuma especificidade para um ambiente mais agressivo. Foi utilizada, pois na época de início desta pesquisa (2022), ainda era fabricada. Atualmente o fabricante produz tipos de argamassa mais resistente.



Logo, para trabalhos futuros com adoção da mesma metodologia, deve-se utilizar outros tipos de argamassas sejam industrializadas ou preparadas em obra, a fim de se obter acréscimos da vida útil das estruturas através do revestimento argamassado, possibilitando ao fim que se diminua o cobrimento da armadura nessas condições, trazendo assim, um incremento nos aspectos econômicos e ambientais.

REFERÊNCIAS

MIRANDA, T.R.; BANDEIRA, J.L.S; TESSARO, A.B. Desempenho de argamassas para revestimento de estruturas de concreto armado situadas em ambientes marítimos. **E&S Engineering and Science**. v. 13, n. 1, p. 1–10, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO - IBRACON. Revista **Concreto & Construções**. Ed. 106 São Paulo, p. 28, 2022. Disponível em: www.ibracon.org.br.

KRISHNAN, N. K. et al. Long-term performance and life-cycle-cost benefits of cathodic protection of concrete structures using galvanic anodes. **Journal of Building Engineering**. v. 42, p. 102467, United Kingdom, 2021.

MEIRA, G. R. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: fundamentos, diagnóstico e prevenção**. Editora IFPB, 2017

ZHANG, Y.; AYYUB, B. M. **Deterioration of concrete infrastructure due to climate change**. Elsevier eBooks, p. 351-367, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780443134708000162>.

MARTYS, N. S. Diffusion in Partially-Saturated Porous Materials. **Materials and Structures**, v. 32, p. 555-62, 1999.

GUIMARÃES, A. T. C. **Vida útil de estruturas de concreto armado em ambientes marítimos**. São Paulo, 2000. 241 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, PCC/USP – Universidade de São Paulo. 2000.

GUIMARÃES, A. T. C.; HELENE, P. R. L. Models of Variation of chloride ion diffusion as a function of changes in the saturation degree (SD) of concrete mixes prepared with pozzolanic cement. Proceedings of the International **RILEM Workshop on Integral Service Life Modelling of Concrete Structures**, 5-6 November 2007, Guimarães, Portugal, p. 63-70.

ANTÓN, C. G. **Influencia del contenido de humedad del hormigón sobre la difusividad del ión cloruro**. Madrid, 2009, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Departamento de Química-Física Aplicada da Universidad Autónoma de Madrid, España.

GUIMARÃES, A. T. C.; CLIMENT, M. A.; DE VERA, G.; VICENTE, F.J.; RODRIGUES F. T.; ANDRADE, C. Determination of chloride diffusivity through partially saturated Portland cement concrete by a simplified procedure. **Construction and Building Materials**, n. 25, p. 785-790, 2011.

GUIMARÃES, A. T. C.; BANDEIRA, J. L. S.; BERNAL, J. M. C. Grau de saturação nos modelos de durabilidade do concreto armado para ataque por cloretos. **Concreto & Construções**. São Paulo, ano 43, n. 79, p.110-115, jul. 2015.



SAVOYE, S.; MACÉ, N.; LEFRÈVRE, S.; SPIR, G.; ROBINET, J.C. Mobility of chloride through cement-based materials under partially saturated conditions. **Applied Geochemistry** v. 96, p. 78-86, set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.06.011>. Acesso em: 18 jul. 2020

MALHEIRO, R.; MEIRA, G.; LIMA, M.; PERAZZO, N. Influence of mortar rendering on chloride penetration into concrete structures. **Cement & Concrete Composites**. v. 33, n. 2, p. 233-239, 2011.

BANDEIRA, J.L.S.; GUIMARÃES, A.T.C.; GONÇALVES, M. R. F. Estruturas de concreto armado revestidas com argamassa: avaliação da difusão de íons cloreto na condição saturada e não saturada. **Anais do 64º Congresso Brasileiro do Concreto**, IBRACON, 2023.

BANDEIRA, J. L. S. **Desenvolvimento de um método para a avaliação da influência do revestimento argamassado no ataque de cloretos às estruturas de concreto saturado e não saturado**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

CLIMENT, M. A.; VIQUEIRA, A; DE VERA, G. LÓPEZ-ATALAYA, M. M. Analysis of acid-soluble chloride in cement mortar, and concrete by potentiometric titration without filtration steps. **Cement and Concrete Research**, n. 29, p. 893-898, 1999

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos— Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 357 R-84**. Guia para projeto e construção de estruturas de concreto em ambiente marítimo. ACI, 1997.

CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion**. 2ª ed., Oxford Univ. Press, Oxford, UK, 1975.

JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. **JSCE nº 15**. Standard Specifications for Concrete Structures – 2007. JSCE, 2010.

NUNES, J. L. O. **Intensidade de ataques por cloretos ao concreto em relação à distância da água do mar**. Rio Grande (2006). Dissertação (Mestrado), Curso de Pós-graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BANDEIRA, J. L. S.; GUIMARÃES, A. T. C.; NUNES, J. L. O. A influência das adições pozolânicas no desempenho do cimento tipo ARI-RS em concretos saturados e não saturados frente ao ataque de cloretos. In: **II Workshop em Ciência e Engenharia de Materiais** - UFPel – Pelotas, RS – 07 a 09 de novembro de 2016.