TECHNICAL DIAGNOSIS ON CORROSION OF REINFORCEMENT: CASE STUDY OF A BUILDING AT UFES TECHNOLOGICAL CENTER
(DIAGNÓSTICO TÉCNICO DE CORROSÃO DAS ARMADURAS: ESTUDO DE CASO DE PRÉDIO DO CENTRO TECNOLÓGICO DA UFES)

L. R. ARAUJO
Aluna de graduação
UFES
Espírito Santo; Brasil
rluanaaraujo@gmail.com

P. M. BINOTI
Aluna de graduação
UFES
Espírito Santo; Brasil
paulabinoti@gmail.com

L. M. ZUCARATO
Aluna de graduação
UFES
Espírito Santo; Brasil
luiza.zucarato@hotmail.com

G. L. VIEIRA
Professora Dra.
UFES
Espírito Santo; Brasil
geilma.vieira@gmail.com

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo elaborar uma análise técnica a respeito das estruturas de concreto de um prédio que apresenta desplacamento do concreto com armadura exposta. O diagnóstico da situação contou com auxílio de ensaios de indicadores colorimétricos para avaliar a carbonatação do concreto, e a presença de íons cloreto livres. Para verificação das condições das armaduras foi realizado o ensaio de potencial de corrosão conforme procedimentos da ASTM C876. Nas vistorias, levantou-se 243 pontos, localizados entre as fachadas dos fundos e frontal da edificação, caracterizados por haver armadura exposta ou por apresentar desplacamento do concreto. Dos 88 pontos onde o concreto estava na iminência de desplacamento, ensaiou-se uma amostra e para o grupo com armaduras já expostas, o diagnóstico de corrosão foi realizado visualmente. De posse do resultado positivo dos ensaios, investigou-se sobre as razões das estruturas apresentarem corrosão com consequente desplacamento. Os resultados indicaram que o tipo de solo, a umidade relativa no local, a posição das fachadas com relação à incidência solar, os agentes agressivos do ambiente, os cuidados de uso e manutenção do prédio e o cobrimento da armadura contribuíram para a configuração de corrosão das armaduras.
Palavras-chave*: Estruturas de concreto*. *Corrosão das armaduras*. *Carbonatação*. *Cloretos*.

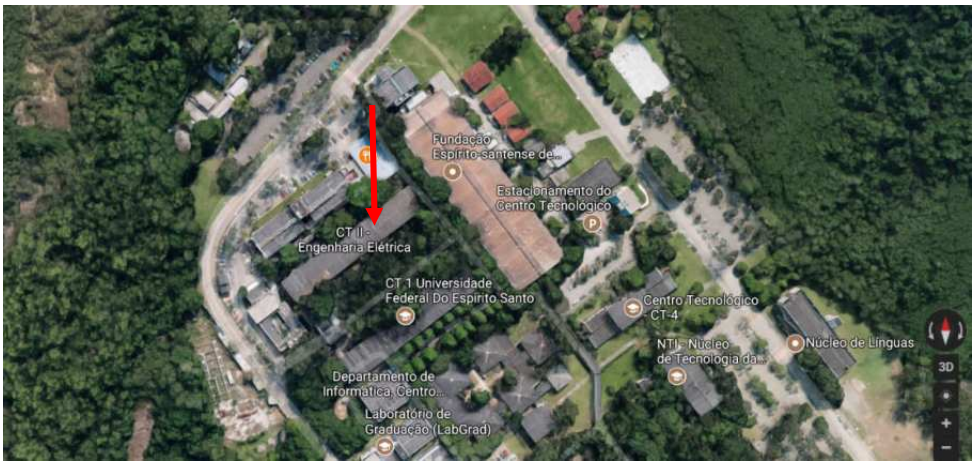
ABSTRACT

The aim of this study was to elaborate a technical analysis regarding the concrete structures of a building that presents sloughing of the concrete with exposed reinforcement. The diagnosis of the situation was assisted by tests of colorimetric indicators to evaluate the carbonation of the concrete and the presence of free chloride ions. In order to verify the conditions of the reinforcement, a corrosion potential test was performed according to ASTM C876 procedures. In the inspections, there were 243 points, located between the back and front facades of the building, characterized for having exposed rebar or for presenting sloughing of the concrete. From the 88 points where the concrete was on the verge of displacement, a sample was tested, and for the group with already exposed reinforcements the diagnosis of corrosion was performed visually. With the positive result of the tests in hands, the reasons for the structures presenting corrosion with consequent sloughing of the concrete were investigated. The results indicated that the type of soil, the relative humidity, the position of the facades in relation to solar incidence, the environment aggressive agents, care of use and maintenance of the building and the covering of the reinforcement contributed to the corrosion configuration of the reinforcements.
Keywords: *Concrete structures*. *Corrosion of reinforcement*. *Carbonation*. *Chlorides*.

1. INTRODUÇÃO

O objeto em análise é o edifício Professor Dante José de Araújo, também denominado de CT-II. Localiza-se na Universidade Federal do Espírito Santo, Campus Goiabeiras e pertencente ao Centro Tecnológico, onde são ministradas aulas para o curso de Engenharia Elétrica. A localização da edificação no contexto da Universidade está exemplificada na figura 1. Ressalta-se que a construção está sediada as margens de um mangue e foi inaugurada em 1971.

Figura 1- Localização do edifício Professor Dante José de Araújo.



Fonte: Google, 2017.

Utilizado como salas de aula e laboratórios, o CT-II possui fluxo de estudantes de diversas áreas da engenharia, o que é suficiente para instigar uma avaliação a respeito de sua manutenção e construção, visto que a edificação possui diversos sintomas patológicos em sua estrutura.

A corrosão nas armaduras é certamente a manifestação patológica mais frequente encontrada nos elementos estruturais das fachadas do CT-II. Através das vistorias realizadas, determinou-se necessária a investigação dos motivos desse sintoma encontrado.

Para avaliar as fachadas, preliminarmente, foi feito um levantamento dos pontos e dos testes necessários para atestar o tipo e o nível de oxidação e corrosão das armaduras. Com isso se mostrou necessária a utilização dos ensaios de indicadores colorimétricos e de potencial de corrosão. Com o decorrer das análises se mostrou necessária a realização dos ensaios para teor de íons cloreto, perda ao fogo e resíduo insolúvel.

Concomitantemente aos ensaios foram levantadas as possíveis causas que contribuiram para o estado atual de degradação da estrutura, desde a execução até a manutenção do prédio, para determinar um diagnóstico das manifestações patológicas que a construção apresenta.

2. METODOLOGIA

O estudo iniciou-se através de inspeção visual, onde identificou-se 243 pontos de interesse instalados nas fachadas frontal e dos fundos da edificação. Desses, 155 pertenciam a peças estruturais em concreto armado com armadura exposta e os 88 pontos restantes apresentavam indício de corrosão, ou seja, iminência de desplacamento e expansão do concreto. Na mesma vistoria, levantou-se possíveis agentes facilitadores do processo de corrosão, como cobrimento insuficiente, a umidade, o tipo de solo e a manutenção inadequada da construção ao longo dos 46 anos de funcionamento.

Foram realizados ensaios *in situ* comprobatórios, sendo eles de aspersão de solução de fenoftaleína, para verificação da carbonatação, e aspersão de solução de nitrato de prata para constatação da presença de íons cloreto livres. Para esses testes foi necessário quebrar parte do concreto, como pode ser observado na figura 2, para a determinação da profundidade de carbonatação e da presença de íons cloreto, caracterizando-os como ensaios semi destrutivos.

Figura 2 - Ensaio semi destrutivo para espersão das soluções.



Fonte: As autoras, 2017.

Posteriormente, foi realizado o ensaio de potencial de corrosão da armadura, pelo método indicado na norma americana ASTM C876:2015. No ensaio, utilizou-se o eletrodo de referência de $Cu/CuSO_4$. Como pode ser visualizado na tabela 1, verifica-se a probabilidade de ocorrência de corrosão em relação a diferença de potencial encontrada.

Tabela 1- Faixas de potencial de corrosão e sua correlação com a probabilidade de corrosão

Eletrodo de cobre/Sulfato de cobre	Probabilidade de corrosão
Mais negativo que – 350 mV	Superior a 90%
Mais positivo que – 200 mV	Inferior a 10%
De -200 a -350 mV	Incerta

Fonte: ASTM C876:2015.

Concluiu-se a fase dos ensaios com a análise laboratorial do teor de íons cloreto na amostra pulverizada de concreto, empregando os procedimentos normativos da ASTM C 1218:2017 e ASTM C 114:2015, com objetivo de afirmar o resultado do teste *in loco* para presença de íons cloreto. Isso porque há a possibilidade de ocorrer um resultado falso positivo no teste de potencial de corrosão realizado em concreto já carbonatado. Tal fato ocorre pela presença do íon carbonato no material que reage com o íon de prata da solução aspergida, formando, dessa forma, o carbonato de prata, que é um precipitado de cor branca (equação 2). Analogamente, o precipitado de cloreto de prata se manifesta na mesma cor, porém é formado quando o nitrato de prata reage com íon cloreto presente no concreto, despassivando a armadura e inicializando o processo de corrosão por pites (equação 1).

Reação da solução do nitrato de prata sem a presença de carbonatos no material

$$AgNO_3 + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow + NO_3 \quad (1)$$

Reação da solução de nitrato de prata com a presença de carbonatos no material

$$2Ag^+ + CO_3^{2-} \rightarrow Ag_2CO_3\downarrow \quad (2)$$

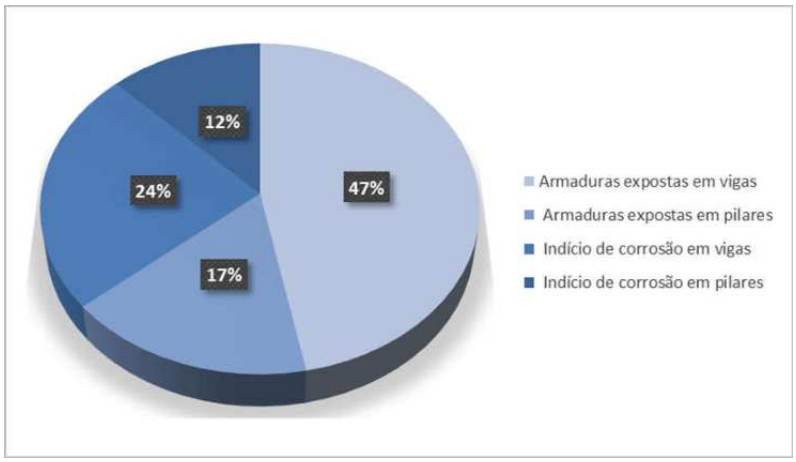
Realizou-se os testes de perda ao fogo e resíduo insolúvel, de acordo com os procedimentos das normas NBR NM 18:2012 e NM 15:2012, respectivamente, para a estimar a relação água/cimento do concreto utilizado na edificação. Essa relação reflete diretamente na penetração de íons cloreto e na resistência à carbonatação como afirmam Jaergemann (1990) e Pessôa e Nepomuceno (2002).

Por fim, realizou-se análise dos dados obtidos através da pesquisa bibliográfica acerca da umidade e tipo de solo encontrados no local, além do diagnóstico com relação a inspeção geral do local. Finalizou-se com a determinação do grau de risco em que a edificação se enquadra de acordo com a norma de inspeção predial nacional do IBAPE, de 2012.

3. RESULTADOS

Dos 243 pontos inspecionados, em 155 foi possível constatar visualmente a corrosão na primeira vistoria, uma vez que as armaduras já estavam expostas. Os demais pontos apresentavam indício de corrosão, ou seja, o concreto estava com rachaduras e na iminência de desprender, como mostrado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Levantamento dos pontos de interesse para análise



Fonte: As autoras, 2017.

Dos pontos em que foi possível a confirmação da corrosão das armaduras visualmente, encontrou-se armaduras com perda de seção, como pode ser observado nas figuras de 2 a 4. No caso da figura 4 foi possível constatar uma perda de seção de 16 mm para 13,5 mm de diâmetro, uma redução de 15,63% do diâmetro.

Figura 3 - Armadura com perda de seção.



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 4 - Armadura soltando lascas de ferrugem.



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 5 - Estricção da armadura.



Fonte: As autoras, 2017.

A aspersão de fenolftaleína confirmou a ocorrência de carbonatação em partes do concreto em que a armadura já estava exposta, constatando-se a despassivação da armadura e consequente processo de corrosão da mesma. O mesmo ocorreu no ensaio de presença de íons cloreto com indicador colorimétrico de nitrato de prata. Estes foram detectados na camada de concreto circundante à armadura, confirmando também que o processo de corrosão já estava iniciado. Constatou-se que de uma amostra de 12 pontos testados através dos métodos colorimétricos empregados, 100% apresentou resultado positivo para corrosão.

Figura 7 - Resultado positivo para presença de íons cloreto no concreto ao redor da armadura.



Fonte: As autoras, 2017.

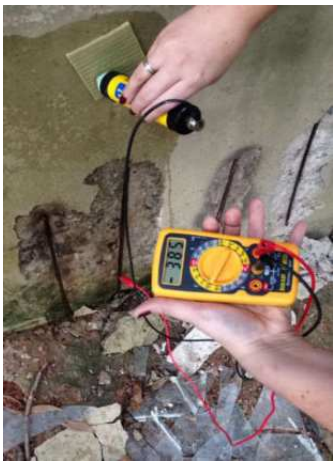
Figura 6 - Resultado positivo para carbonatação do concreto ao redor da armadura.



Fonte: As autoras, 2017.

Para o ensaio de potencial de corrosão, o resultado apresentou-se favorável ao desenvolvimento de corrosão das armaduras, uma vez que o valor exibido pelo multímetro foi inferior a -350 mV, ou seja, uma probabilidade acima de 90% da armadura estar sofrendo corrosão, como pode ser verificado nas figuras 8 e 9.

Figura 9 - Multímetro marcando medida de corrente elétrica de -385 mV



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 8 - Multímetro marcando medida de corrente elétrica de -448mV



Fonte: As autoras, 2017.

Para confirmar a presença de íons cloreto, já que as amostras apresentavam-se carbonatadas, realizou-se o ensaio para determinação da concentração de íons cloreto em água utilizando o método argentométrico de Mohr (ASTM C 1218:2017 e ASTM C 114:2015), Os resultados para análise estão expostos na tabela 2.

.. Tabela 2 - Resultados das análises químicas de percentual de cloretos

RI(%)	PF(%)	% Cloretos (em relação à massa de cimento)			
		Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
63,27	12,7	0,47	0,47	0,50	0,48

Fonte: As autoras, 2017.

Pelos resultados encontrados considera-se que as amostras encontram-se com valores acima dos valores máximos recomendados pelos Institutos Internacionais de Normalização, podendo-se citar a British Standards Institution (BSI), BS 8110: Part 1, ACI COMMITTEE 222, que é de 0,4% em relação à massa de cimento. Em relação aos valores estabelecidos pela Norma Brasileira Registrada deve-se levar em conta as condições de exposição da estrutura no que diz respeito à classe de agressividade estabelecida no projeto estrutural da edificação. Contudo, à época do desenvolvimento do projeto estrutural e da execução da obra da edificação em análise, esta consideração não fazia parte dos requisitos normativos.

De forma a proteger as estruturas de concreto, a ABNT NBR 12655:2015 estabelece parâmetros para limitar o valor máximo da concentração íons cloretos no concreto endurecido. Estes valores não podem exceder os limites estabelecidos na Tabela 05 da referida norma. A Tabela 03 indica os limites estabelecidos de acordo com as condições de exposição.

Tabela 3 – Teor máximo de cloretos para estruturas de concreto

Classe de agressividade	**Condições de serviço da estrutura**	**Teor máximo de íons cloreto (Cl^-) no concreto** (% sobre a massa de cimento)
Todas	Concreto protendido	0,05
III e IV	Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
II	Concreto armado não exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,30
I	Concreto armado em brandas condições de exposição	0,40

Fonte: ABNT NBR 12655:2015 (Tabela 5)

Tendo sido comprovado o processo de corrosão de maneira generalizada nos pontos de estudo, partiu-se para a análise da investigação das possíveis causas que provocaram a manifestação patológica em questão, onde levou-se em consideração a pesquisa de aspectos projetuais, executivos, de manutenção e ambientais. Também foram levantados motivos para a heterogeneidade das manifestações patológicas, considerando que essas se apresentavam de maneira mais abundante na fachada dos fundos.

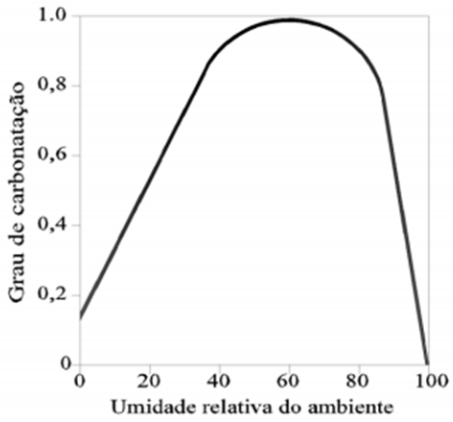
Sabendo-se que o cobrimento de concreto propicia proteção física e química das armaduras, a norma da NBR 6118:2014 estabelece, para locais com classe de agressividade III que os elementos estruturais em contato com o solo tenham um cobrimento nominal das armaduras de quatro centímetros, sendo este o caso do estudo. O procedimento de análise se baseou em aspectos de inspeção visual, onde constatou-se que o cobrimento de concreto até a armadura longitudinal é cerca de até dois centímetros e meio para pilares e até dois centímetros no restante da estrutura analisada. Além disso, verifica-se que o cobrimento tende a ser ainda menor para barras transversais, que estão posicionadas mais externamente às armaduras longitudinais. Feita a análise normativa, verificou-se que apesar de não haver essencialmente um erro de projeto, uma vez que não se tem conhecimento do cobrimento especificado pelo projetista por falta de acesso ao projeto, os cobrimentos executados não foram suficientes para garantir a proteção física das armaduras contra o processo de corrosão, tanto por carbonatação quanto pela penetração dos íons cloreto.

Esta é, possivelmente, uma das causas mais determinantes para o estágio avançado em que a manifestação patológica de corrosão das armaduras se encontra. Tal afirmativa se baseia no fato de que as armaduras mais degradadas são os estribos, que apresentam menor cobrimento e também na presença de armaduras com redução da seção mais acentuada ou já seccionadas justamente nos pontos com menor cobrimento.

As investigações acerca de fatores ambientais se deram não apenas para levantamento de possíveis causas para a presença e evolução do problema patológico, mas também em busca de justificativas para a heterogeneidade presente na manifestação quando se comparadas as fachadas frontal e de fundos, sendo esse apontado como fator determinante para o fato.

A umidade do ambiente repercute na matriz de concreto, interferindo na velocidade de carbonatação e infiltração dos íons cloreto. De acordo com Andrade (1988), citado por Meira (2017), a condição de umidade relativa do ambiente que é mais favorável à carbonatação está entre 50% e 80%, como apresenta-se no gráfico 2.

Gráfico 2- Influencia da umidade relativa do ambiente no grau de carbonatação



Fonte: Meira, 2017, p. 62.

Com base nas informações supracitadas, investigou-se as características higrométricas da região onde a edificação localiza-se (Goiabeiras, Vitória - ES). Verifica-se que a região de Vitória apresenta umidade relativa em torno de 80% para todo o ano (Instituto Nacional de Meteorologia).

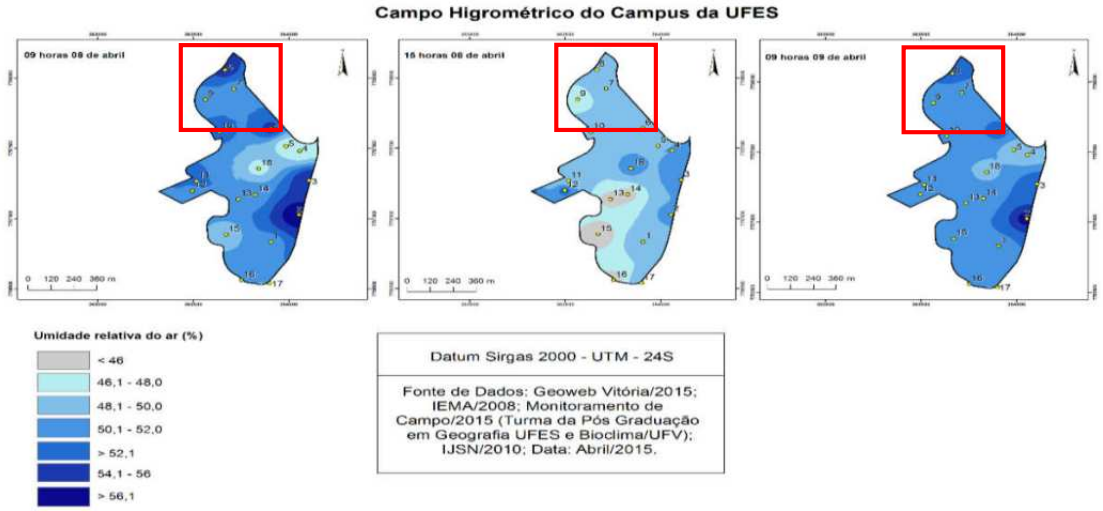
Tabela 3- Umidade relativa média do ar na cidade de Vitória - ES

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990 Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)														
Código	Nome da Estação	UF	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
83648	Vitória	ES	76,0	75,0	76,0	76,0	76,0	77,0	77,0	76,0	77,0	78,0	78,0	78,0	76,7

Fonte: Instituto nacional de meteorologia

Mais especificamente, segundo estudo realizado na Universidade Federal do Espírito Santo pelo Departamento de Geografia, constatou-se que a região do CT II apresenta umidade relativa do ar em torno de 48 a 52% durante o ano, conforme campo higrométrico que segue:

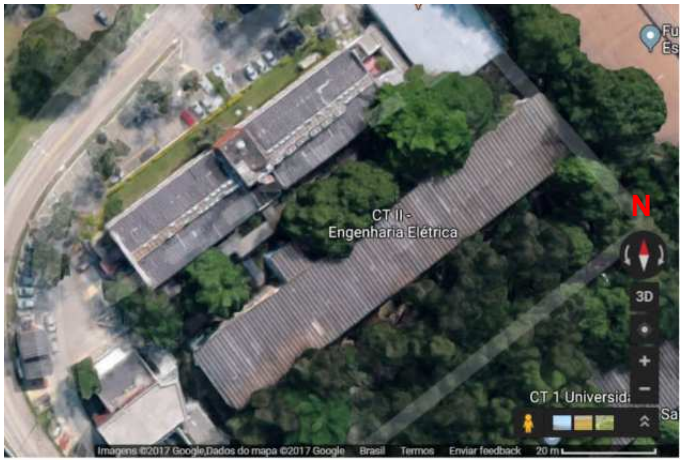
Figura 10 - Campo Higrométrico do Campus da UFES de Goiabeiras



Fonte: Cupertino, Jaques, Nascimento, 2016, p.1081.

Dessa maneira determinou-se mais um fator de influência para o processo de corrosão das armaduras, já que a umidade do local fica em torno da ótima para que as reações se processem. Além disso, foi constatado que a fachada dos fundos, onde há maior presença da manifestação patológica, está voltada para o sudeste, recebendo sol da manhã, como constata-se na figura 11. Tal fato indica que esta fachada esteve sob maior influência da umidade por ter menor incidência de radiação solar, o que possivelmente justifica a maior intensidade do problema no local quando comparado com a fachada frontal.

Figura 11- Posicionamento geográfico da fachada dos fundos do CT-II



Fonte: Google, 2017.

Como trata-se de um aterro sobre manguezal, fez-se necessário a identificação dos sais presentes nesse tipo de solo, já que está em contato direto com a estrutura da edificação. De acordo com Rocha (2016) há diversos íons de sais em solo de manguezal no município de Guarapari, pertencente a região metropolitana da cidade em estudo, a uma distância 60 km da Universidade Federal do Espírito Santo Campus Goiabeiras, distância essa considerada pequena e, portanto, decidiu-se extrapolar os dados para a localidade. A pesquisa constatou a presença de íons cloreto em variadas concentrações:

Tabela 4 - Sais presentes em solos de manguesais na região metropolitana de Vitória - ES

Prof. (cm)	Si_{sol} mg/kg	$SO_4^{2-}{}_{sol}$ %	^{1}S mg/dm³	^{1}Fe	Eh mV	C.E dS/m	$^{3}K_{sol}$ cmol$_c$/dm³	$^{3}Na_{sol}$	$^{3}Ca_{sol}$	$^{3}Mg_{sol}$	$^{3}Cl_{sol}$
								Setor Ponte			
40 - 60	41.45	0,10	795,6	1000,8	- 218	30,92	0,44	14,53	0,94	4,94	10,57
								Setor Machina			
40 - 60	26,66	0,13	2689,6	2052,5	- 290	41,50	0,40	13,00	1,00	4,104	13,05
								Setor Concha D'Ostra			
40 - 60	43,02	0,24	3194,1	2138,9	- 318	119,00	1,99	33,83	2,33	8,79	29,86
								Setor Tabuleiros			
20 - 50	3,98	0,004	26,6	49,4	≥+200	0,10	0,02	0,04	0,40	0,24	0,06



Setor Ponte, lançamento de esgoto *in natura*, área urbana.

Setor Machina, rio com rochas aflorantes associadas à *Rhizophora*.

Setor Concha D'Ostra, *Rhizophora* de maior porte.

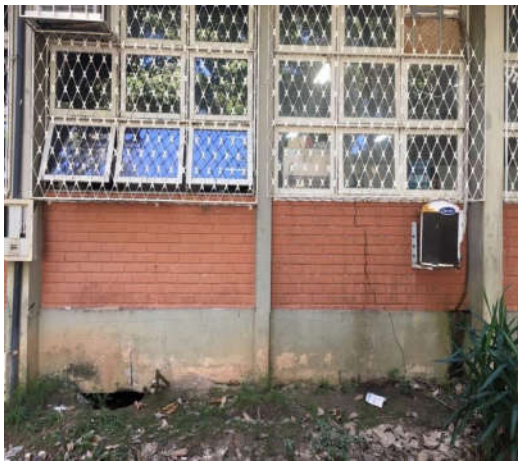
Fonte: Rocha, P. A., 2016.

Com base no exposto, acredita-se que o contato direto das estruturas com o solo contribuiu para a penetração dos íons cloreto no concreto, favorecendo o processo de corrosão.

Observou-se alguns aspectos no que se refere à manutenção da área externa e dos entornos do edifício, entre eles, a ausência de drenagem dos aparelhos de ar condicionado, a falta de limpeza da vegetação e manutenção inadequada.

Com relação aos aparelhos condicionadores de ar, seus condensadores estão instalados na fachada dos fundos, onde há maior criticidade da manifestação patológica. Devido à ausência de drenagem contatou-se que a água liberada pelos condensadores empoça nos entornos da estrutura, além de respingar e escorrer nas paredes e em elementos estruturais da edificação, favorecendo claramente o processo de corrosão das armaduras, como é possível observar nas figuras de 12 a 14.

Figura 12 - Condensadores instalados sem drenagem correta.



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 13 - Água proveniente dos condensadores agravando o estado de corrosão das armaduras.



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 14 - Água proveniente dos condensadores agravando o estado de corrosão das armaduras.



Fonte: As autoras, 2017.

Notou-se na vistoria presença de vegetação no local, sobretudo próximo à fachada dos fundos, o que contribui para o acúmulo de água e umidade na região. Além disso, observou-se que em um local na fachada frontal com degradação há a passagem de tubulação de água fria do banheiro feminino do primeiro pavimento do edifício, que possivelmente apresentou vazamentos no histórico de funcionamento do prédio, o que pode ter acentuado manifestação no local, como pode ser observado na figura 15.

Figura 15 - Tubulação hidrossanitária exposta passando rente a armadura exposta



Fonte: As autoras, 2017.

Verificou-se que houve reparos inadequados na fachada, identificou-se pintura sobre armadura exposta e até mesmo reparo com argamassa realizado de forma ineficiente visto que já apresenta trincas na superfície, como mostram as figuras 16 e 17.

Figura 17 - Reparo inadequado da armadura



Fonte: As autoras, 2017.

Figura 16 - Reparo ineficiente da armadura



Fonte: As autoras, 2017.

Por fim, classificou-se o objeto de estudo com o grau de risco médio perante a definição da norma de inspeção predial nacional do IBAPE (2012). Apesar da solidez da edificação não ter sido comprometida, dado que internamente a estrutura está em bom estado de conservação, a estrutura apresenta sinais patológicos graves na faixa inferior das fachadas. Por não apresentar falha na operação direta de sistemas mesmo havendo perda parcial de desempenho, o grau de risco do prédio foi considerado médio.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a edificação apresenta-se em grau médio de risco, uma vez que apresenta inúmeros pontos com armadura exposta e comprovadamente em processo de corrosão. Isso ocorreu devido principalmente a falhas na manutenção do prédio ao longo da sua vida útil, além de outros fatores intrínsecos à localização e execução da construção. Esse último aspecto não deve ser tratado como erro, uma vez que certos parâmetros só foram normatizados anos depois da obra, devido à evolução da ciência na área de materiais de construção civil.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. **Manual de inspección de obras dañadas por corrosion de armaduras.** Madrid: CSIC/IETcc, 1988.

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **NM15:** Cemento Pórtland – Análisis químico – Determinación del resíduo insoluble. 2004

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **NM18:** Cemento Pórtland – Análisis químico – Determinación de la pérdida por calcinación. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASTM C114-15: Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

ASTM C876-15: Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

ASTM C1218 / C1218M-17: Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION.. **BSI. BS8110:1997**. Structure use of concrete. Part 1. Code of practice for design and construction, London: British Standards Institution, 1997.

CUPERTINO, W; JAQUES, J. L; NASCIMENTO, F. H. dos; Análise geográfica do campo termohigrométrico: estudo de caso no campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES. **Variabilidade e susceptibilidade climática: Implicações Ecossistêmicas e Sociais.** Goiânia, p. 1081, 2016.

INMET. **Gráficos Climáticos** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acesso em: 13 de novembro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS EM ENGENHARIA. IBAPE. **Norma de inspeção predial nacional.** São Paulo. 2012**.**

JAEGERMANN, C. **Effect of Water-Cement Ratio and Curing on Chloride Penetration Into Concrete Exposed to Mediterranean Sea Climate.** ACI Materials Journal, v. 87, n. 4, p. 333-339, 1990.

MEIRA, R. G. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: Fundamentos, diagnóstico e prevenção.** João Pessoa, 2017. cap. 3, p. 62.

PESSÔA, P. O. A., NEPOMUCENO, A.A. **Influência do consumo de cimento na corrosão de armaduras em argamassas de cimento sujeitas à carbonatação.** In: 6º COTEQ – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos e XXII CONSBRASCORR – Congresso Brasileiro de Corrosão. Salvador. 2002.

ROCHA, P. A. **Solos do manguezal da Baía de Guarapari–ES: mineralogia e fósforo como indicador de contaminação por esgoto doméstico.** 2016. 90 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais.