

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL

PRODUÇÕES CIENTÍFICAS 2022.1



**Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo
(Organizadores)**

ISBN: 978-65-5825-143-9

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL: PRODUÇÕES ACADÊMICAS 2022.1

**Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
Marco Aurélio Rodrigues de Melo
(Organizadores)**

Centro Universitário – UNIESP

Cabedelo - PB
2022



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima

Pró-Reitora Acadêmica

Iany Cavalcanti da Silva Barros

Editor-chefe

Cícero de Sousa Lacerda

Editores assistentes

Márcia de Albuquerque Alves
Josemary Marcionila F. R. de C. Rocha

Editora-técnica

Elaine Cristina de Brito Moreira

Corpo Editorial

Ana Margareth Sarmiento – Estética
Anneliese Heyden Cabral de Lira – Arquitetura
Arlindo Monteiro de Carvalho Júnior - Medicina
Aristides Medeiros Leite - Medicina
Carlos Fernando de Mello Júnior - Medicina
Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda
Érika Lira de Oliveira – Odontologia
Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia
Patrícia Tavares de Lima – Enfermagem
Marcel Silva Luz – Direito
Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia
Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores
Luciano de Santana Medeiros – Administração
Marcelo Fernandes de Sousa – Computação
Thyago Henriques de Oliveira Madruga Freire – Ciências Contábeis
Márcio de Lima Coutinho – Psicologia
Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos – Engenharia
Rodrigo Wanderley de Sousa Cruz – Educação Física
Sandra Suely de Lima Costa Martins - Fisioterapia
Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

Copyright©2022 – Editora UNIESP

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do(os) autor(es).

Diagramação e Capa:
Márcia de Albuquerque Alves

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Padre Joaquim Colaço Dourado (UNIESP)

D537	Diálogos científicos em engenharia civil: produções acadêmicas 2022.1 [recurso eletrônico] / Organizado por Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos, Marco Aurélio Rodrigues de Melo. - Cabedelo, PB : Editora UNIESP, 2022. 100 p. ; il. : color. Tipo de Suporte: E-book ISBN: 978-65-5825-143-9 1. Produção científica – Engenharia Civil. 2. Engenharia Civil - Interdisciplinaridade. 3. Diálogos – Conhecimento científico. I. Título. II. Vasconcelos, Giuseppe Cavalcanti de. III. Melo, Marco Aurélio Rodrigues de. CDU : 001.891:624
------	--

Bibliotecária: Elaine Cristina de Brito Moreira – CRB-15/053

Editora UNIESP
Rodovia BR 230, Km 14, s/n,
Bloco Central – 2 andar – COOPERE
Morada Nova – Cabedelo – Paraíba
CEP: 58109-303

SUMÁRIO

UMA SUGESTÃO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES POR MEIO DE PLANTAS (NO BAIRRO DE MANGABEIRA IV, JOÃO PESSOA-PB)	5
Anderson Murilo Faustino dos Santos Luciana Alves da Nobrega	
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO EDIFÍCIO DA CEHAP EM JOÃO PESSOA-PB	31
Mayza Braz de Farias Carlos Rolim Neto	
ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ENTRE FUNDAÇÕES TIPO ESTACAS ESCAVADAS E HÉLICE CONTINUA NO BAIRRO DE MANGABEIRA	54
Paula Brenda Lopes do Nascimento Carlos Rolim Neto	
ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, FISSURAS, TRINCAS, MOFO, CORROSÃO DA ARMADURA, EFLORESCÊNCIA	76
Rafael Farias Reis Ivanice da Silva Pereira Hágnom Amorim	

UMA SUGESTÃO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES POR MEIO DE PLANTAS (NO BAIRRO DE MANGABEIRA IV, JOÃO PESSOA-PB)

Anderson Murilo Faustino dos Santos
Luciana Alves da Nobrega

RESUMO

No Brasil, a preocupação com a geração de efluentes começou a se intensificar com o crescimento populacional, porém até hoje, a maioria do esgoto gerado no país não é tratado, diante disso esse estudo buscou discutir sobre o sistema para o tratamento de esgoto sanitário, wetlands. O objetivo do trabalho foi verificar a viabilidade de implantação do sistema Wetlands na Estação de Tratamento de Esgoto em cidades como João Pessoa – PB, atualmente administrada pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, sociedade de economia mista por ações, de capital autorizado vinculada à Secretária de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia, uma vez que, implantando plantas aquáticas, diminuiria consideravelmente o odor que a população em torno do bairro absorve. A eficiência do tratamento de esgoto poderia contribuir com o meio ambiente, aumenta o desempenho do efluente escoado. A partir de estudos na área, foi possível concluir que o sistema de wetlands apresentou resultados adequados, podendo ser utilizado em João Pessoa como alternativa de tratamento de esgoto, já que se trata de uma tecnologia simples, eficiente e de baixo custo.

Palavras-chave: Esgoto sanitário; Wetlands; Tratamento.

ABSTRACT

In Brazil, the concern with the generation of effluents will intensify with population growth, so now, most of the waste generated in the country has no treatment, before this study I sought to discuss the sanitary waste treatment system, mangroves. The objective of this work was to verify the feasibility of implementing the Wetlands system in the Waste Treatment Station in cities such as João Pessoa - PB, currently managed by the Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, a mixed economy company with authorized capital linked to the Secretary of Infrastructure, Water Resources, Environment and Science and Technology, since the implementation of hydrographic plants would considerably reduce the odor that the population absorbs in the neighborhood. The efficiency of effluent treatment can contribute to the environment, increase the performance of the effluent released. From studies in the area, it was possible to conclude that the wetlands system presented adequate results, and can be used in João Pessoa as an alternative for sewage treatment, as it is a simple, efficient and low-cost technology.

Keywords: Sewage; Wetlands; Treatment.

1 INTRODUÇÃO

A importância ao saneamento é dada desde os primórdios das civilizações, devido à sua ligação intrínseca com a saúde humana, e sua aplicação vem sendo aprimorada juntamente com a evolução da sociedade (BRASIL, 2015).

Com a evolução e crescimento constante da população mundial, adquiriu-se técnicas mais eficientes, até que chegar ao conceito que atualmente conhecemos como saneamento básico, que são as ações ou conjunto de ações que devem ser tomadas, com objetivo de melhorar a saúde, bem estar e qualidade de vida de uma população, atuando no controle e prevenção de doenças (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

O saneamento versa diretamente sobre assuntos de ordem ambiental e de saúde pública, através da abordagem direta das questões de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, manejo dos resíduos sólidos e drenagem urbana (ROCHA, 2016).

Os sistemas Wetlands são naturais tratam águas residuárias por meio de processos biológicos, químicos e físicos combinados, de forma que tanto o fósforo solúvel quanto o nitrogênio disponível podem ser absorvidos pelas plantas ou microrganismos, que fazem parte deste sistema e conseqüentemente convertidos em material celular, como também, pela precipitação química e pela adsorção (CRITES, 1994).

As plantas utilizadas no tratamento do esgoto são aquáticas, sendo três espécies de papiros e salvinia. Os papiros são utilizados nas zonas de raiz e as salvinias nas lagoas. A primeira é enraizada, possui substrato, o efluente passa e sofre evapotranspiração, ocorrendo infiltração para o solo e absorção das plantas. A segunda é uma planta de superfície, não possui raiz fixa e sobrevive na face d'água. Estes processos ocorrem com macrófita emergente, enraizada, e a macrófita flutuante desempenham, portanto, dois papéis diferentes (TRATA BRASIL).

As principais vantagens são maior eficiência de tratamento, maior flexibilidade de operação, menor área ocupada em relação a outros processos biológicos (VON SPERLING, 2014). Entre as desvantagens estão a operação mais delicada exigindo equipe qualificada para poda das plantas, necessidade de completo controle e análises laboratoriais, custo maior em relação a processos mais singelos (VON SPERLING, 2014).

Esse estudo se justifica pela necessidade, de melhorar a vida dos moradores que estão em torno da estação de tratamento de esgoto no bairro de mangabeira que, no momento é de total escassez no sentido de saneamento básico.

A Estação de tratamento de esgoto de mangabeira, como é conhecida está localizada em um bairro da grande João pessoa e hoje desempenha uma função que é essencial no saneamento básico, sabe-se que há um grande impacto ambiental provocado pelo aumento do resíduo líquido doméstico, proveniente do largo crescimento populacional e urbano do bairro, contudo o mau cheiro produzindo nas fases de tratamento tem feito com que cada dia mais a população que ali mora, procure os órgãos ambientes para prestarem reclamações.

Diante da necessidade em se tratar o esgoto sanitário, surgiram a longo dos anos diversas tecnologias que são empregadas, logo faz-se necessário realizar uma avaliação para cada caso, definindo qual o sistema de tratamento deve ser empregado em virtude do tipo de tecnologia, operação do sistema, atendimento à legislação, dentre outros.

Diante do exposto, esse estudo objetivou avaliar viabilidade da implantação do sistema de Wetlands no tratamento de efluentes, na cidade de João Pessoa-PB.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saneamento básico

No que tange às questões sociais o saneamento básico é considerado uma resposta aos problemas de saúde. O desenvolvimento e a situação do ambiente, são aspectos que influenciam na saúde e qualidade de vida pública, tendo isso em consideração o saneamento é uma das medidas que relaciona o desenvolvimento com a circunstância do ambiente, interferindo e influenciando entre ambos (SOUZA et al., 2015).

Segundo Brasil (2015), a conceituação de saneamento é um processo contínuo, que vem sendo desenvolvido com o passar dos anos, em conformidade com as respectivas circunstâncias sociais ou materiais de cada período histórico, podendo ser entendida de diferentes formas dependendo da época ou cultura da população. E também essa conceituação está ligada com a evolução ou nível de conhecimento que diferentes épocas e classes sociais podem apresentar.

Dentre os conceitos de saneamento mais difundidos se encontra o da Organização Mundial da Saúde (OMS), que relata saneamento como o domínio dos aspectos físicos, que podem ter consequências insalubres ao bem estar do indivíduo, seja ele físico, mental ou social. Porém esse conceito não é tido como o único conceito válido, já que são vários os conceitos de saneamento apresentados (BRASIL, 2015).

O saneamento são as providências que devem ser tomadas, para que uma população desfrute de uma maior qualidade de vida e de saúde, evitando a proliferação de doenças, contribuindo para o desenvolvimento pessoal e econômico das pessoas. Tais providências podem significar a alteração ou conservação das atuais características do meio ambiente. O Brasil possui a Lei nº. 11.445/2007 que garante o direito do saneamento básico para os cidadãos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012). Na Figura 1 demonstra-se a falta de saneamento básico.

Figura1 – Moradores do bairro de mangabeira, sem acesso a saneamento básico.



Fonte: Autoral

De acordo com a Lei nº. 11.445/2007, o saneamento se divide em quatro áreas. A primeira área engloba todas as ações necessárias para dispor o abastecimento público de água potável. A segunda área aborda os conjuntos de processos desde a coleta até a disposição final dos esgotos. A terceira área compreende as ações

necessárias para a disposição final dos resíduos sólidos oriundos das atividades domésticas e de limpeza pública. A quarta área constitui o conjunto de atividades necessárias para realização adequada da drenagem urbana (BRASIL, 2007).

2.2 História do Saneamento no Mundo

A relação do saneamento com a saúde data desde os primórdios das civilizações humanas. Entretanto, o seu desenvolvimento não segue uma linha contínua de evolução, isso se deve aos meios de comunicação que existiam na antiguidade. Sendo assim é comum identificar um avanço no saneamento obtido pela evolução das civilizações e também o retrocesso do mesmo quando uma civilização desaparece (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2012).

Os egípcios são um exemplo de civilização que desenvolveram costumes que se relacionam às noções de saneamento. De acordo com Rocha (2016), há aproximadamente mil anos antes de Cristo, os egípcios mantinham suas águas que eram reservadas ao consumo humano, em vasos de barro decantando por meses até que pudesse ser consumida.

Na Bíblia também se encontram diversas passagens que relatam práticas higiênicas, entre essas passagens destaque-se a seguinte:

“Porque os fariseus e todos os judeus, conservando a tradição dos antigos, não comem sem lavar as mãos muitas vezes” (BÍBLIA, 2015, p. 979).

As medidas sanitárias relacionadas ao esgoto doméstico, também apresentam seus registros desde a antiguidade. De acordo com Rocha (2016), na Grécia Antiga os dejetos humanos eram enterrados. Os sumérios dispunham de canais de esgotos pelas ruas da cidade responsáveis por retirar os dejetos da proximidade da população, tendo como destinação final fossas fora da cidade ou o rio.

Já na Itália no século 6 a.C na cidade de Roma foi desenvolvido a Cloaca Máxima, responsável por retirar e transportar o esgoto gerados pelas regiões próximas ao fórum Romano e também realizar sistema de drenagem de outras áreas. Assim colaborando no controle de doenças, por exemplo, a malária. A Cloaca Máxima é tida como um dos primeiros sistemas de coleta de esgoto do mundo (TSUTIYA, SOBRINHO, 2000).

As adversidades ligadas a poluição do meio ambiente, gerados pela interação do homem com o meio, existe desde o primeiro contato do ser humano com a Terra.

Porém foi durante o período da Revolução Industrial na Inglaterra, por volta de 1700 d.C que esses impactos, ligados principalmente à alta concentração populacional e ampliação do meio industrial, tomaram proporções preocupantes a sociedade que levaram à criação de ações que pudessem sanar de maneira preventiva ou corretiva, os danos sofridos pela saúde e o meio ambiente (ROCHA, 2016).

Devido ao estado sanitário decadente de diversos países da Europa, Chadwick no ano de 1847, na Inglaterra, lutou pela Reforma Sanitária, defendendo entre os interesses a canalização do esgoto. Assim sendo até 1860, aproximadamente 300 mil edificações aderiram ao sistema de coleta do esgoto (ROCHA, 2016).

Entre os principais rios que sofreram com a contaminação estão o rio Tâmsa ligado a transmissão da febre tifóide por via hídrica. Também o famoso rio Sena que tanto em Bruxelas como em Paris, apresentava características preocupantes, sendo considerada uma fossa a céu aberto (ROCHA, 2016).

Em decorrência da poluição da maioria das bacias hidrográficas da Europa:

Os ingleses, muito preocupados, procuraram instrumentos legais para proteção dos corpos d'água e, assim, institui-se o Public Health Act, de 1875, seguido do River Pollution Prevention Act, 1876, obrigando a depuração dos esgotos antes de serem lançados aos rios (ROCHA, 2016, p.21).

Conforme Rocha (2016) em 1887, na cidade de Lawrence, localizada no estado de Massachusetts, Estados Unidos, é criada a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) que apresentava eficiência da remoção de matéria orgânica de 98% a 99%. Até 1904 os Estados Unidos possuíam 41 estações de tratamento similares a de Lawrence, tratando o esgoto gerado por cerca de 250 mil habitantes.

Após algumas décadas, em 1950, surge nos Estados Unidos as Lagoas de Estabilização, esse sistema tinha por objetivo retirar a vegetação emergente, e poderia ser realizado em tanques de forma paralela ou em série. Respectivamente conhecidos como sistema americano com clarificação prévia e sistema australiano (ROCHA, 2016).

Ao final dos anos 50 há uma alteração no conjunto de medidas relacionadas ao saneamento, que até então era apoiado no pensamento higienista, onde o objetivo era o afastamento da doença. A partir de então o saneamento começa a ser baseado em um pensamento preventivista, que procura o afastamento do agente biológico (SOUZA et al., 2015).

2.3 História do Saneamento no Brasil

No Brasil, até o início do século XIX eram raras as medidas de saneamento implantadas, por exemplo, com a plantação de café começaram a ser utilizada a água canalizada para a lavagem dos grãos e com a moagem das canas surgiram os aquedutos rurais. Ficava sob responsabilidade da própria população dispor de métodos para obtenção de água (BRASIL, 2015).

Após a metade do século XIX, nos centros urbanos de maior influência do país houve a adoção das primeiras medidas públicas direcionadas ao abastecimento de água, esse abastecimento até então não dispunha de nenhum tipo de tratamento (SOUZA et al., 2015).

Na década de 1860, efetivamente começaram a implantação do esgotamento sanitário, posteriormente a descoberta das epidemias de cólera que afligiam a Europa. Tais epidemias eram estudadas por John Snow (SOUZA et al., 2015).

Os serviços de saneamento, abastecimento de água e tratamento de esgoto, eram delegados pelo Estado a concessionárias privadas estrangeiras, sendo em sua maioria inglesas (BRASIL, 2015).

De acordo com Rocha (2016), a cidade de São Paulo teve grandes marcos para o saneamento, no ano de 1954 que se criou o Departamento de Águas e Esgotos, em 1967 foi criada a Superintendência de Saneamento e em 1969 a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

O século XX, mais precisamente a década de 1920 é um marco histórico para engenharia sanitária do Brasil, pois é o período em que o conhecimento sanitário nacional ganha destaque, que antes era de soberania inglesa. Também é quando o patrono da engenharia sanitária no Brasil, Saturnino de Brito, estava atuando no ramo (SOUZA et al., 2015).

Conforme Rocha (2016) foi em 1919 na cidade de Recife, que Saturnino de Brito empregou pela primeira vez no Brasil o tratamento químico da água.

O êxodo rural que ocorreu de forma mais intensa durante o século XX, também teve seu impacto no saneamento básico do país, no ano de 1980 a população urbana representa $\frac{2}{3}$ dos aproximados 120 milhões de brasileiros. Nesse cenário foi realizada a Conferência de Estocolmo em 1972, trazendo a tona maiores discussões sobre questões ambientais, sobre saneamento e o subdesenvolvimento. Em 1987 a pobreza e o desenvolvimento tem destaque com o Relatório Brundtland (SOUZA et al., 2015).

Na década de 70 foi criado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), uma medida corretiva à deficiência do saneamento básico nacional, causada pelo êxodo rural (BRASIL, 2015).

O Plano do governo militar seguia o seguinte princípio, centralizar no âmbito estadual a gestão de água e esgoto:

O Planasa teve como principal estratégia articular a centralização da gestão dos serviços públicos de água e esgotos nos governos estaduais, opção decorrente do controle político, pelo governo federal, de todos os governadores e prefeitos de capitais biônicos e da exclusividade do financiamento do FGTS para as companhias estaduais de água e esgoto (CEAE). A grande maioria dos municípios asfixiados financeiramente não tinha alternativas para manter os serviços sob a sua gestão. A autossustentação tarifária foi a lógica central do modelo de financiamento. O subsídio cruzado – situação em que municípios cujas receitas tarifárias não seriam suficientes para cobrir os custos seriam “subsidiados” pelos superavitários – foi a estratégia auxiliar do desenho da lógica da autossustentação tarifária. Esse modelo mostrou-se, até o presente momento, inadequado à realidade brasileira, pois quase nenhuma das CEAE é autossustentável via tarifas. (SOUZA et al., 2015, p.47).

O PLANASA, destaca-se que o mesmo teve importante papel para acentuar ainda mais a desigualdade social brasileira, já que preferiam as tecnologias de custo mais elevados, sem levar em consideração os padrões sociais, econômicos e ambientais. As favelas eram tidas como não passíveis de saneamento, o que fixou as populações que residiam nessas comunidades, condições de saneamento básico inadequadas (SOUZA et al., 2015).

Os resultados do PLANASA ligados a cobertura do saneamento nacional atingiram níveis significativos. Em 1991 a cobertura total do esgotamento sanitário era de 44,6% e em 1990 a cobertura do abastecimento de água chegava a 78% (SOUZA et al., 2015).

O PLANASA perde sua força e começa o processo de declínio, quando seu financiador o Banco Nacional de Habilitação é extinto, isso ocorre na década de 1980 (BRASIL, 2015).

Com o início do século XXI, algumas mudanças são desencadeadas:

Nessa década, os investimentos públicos são retomados no país e há um importante processo de institucionalização da área. A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades se consolida como o lugar institucional da área de saneamento básico, desde 2003. Em 2007, é promulgada a Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB), marco legal da área, e lançado o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), com

vultosos recursos para investimentos, também em saneamento, e em 2010 é instituída a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (SOUZA et al., 2015, p.51).

Com o advento da Lei Nacional do Saneamento, onde são expressas medidas e diretrizes voltadas à política federal de saneamento, é sanando a carência nacional a respeito das legislações ligada ao saneamento básico (BRASIL, 2015).

Seguindo a evolução dos anos, conforme Souza et al (2015) em 2010 a cobertura nacional de esgoto chega a cerca de 64% e a de abastecimento de água gira em torno de 90%.

Ainda sobre os aspectos do saneamento dos anos 2010, o tratamento do esgoto coletado é muito baixo, apenas 30% do esgoto coletado é recebe tratamento adequado (SOUZA et al., 2015).

2.4 Esgotamento Sanitário no Brasil

De acordo com Brasil (2015), como retratado em seu Manual de saneamento Básico, a destinação correta do esgotamento sanitário é de extrema importância para saúde da população, tendo em vista a prevenção e controle de todas as doenças que estão diretamente ou indiretamente relacionadas ao esgoto. Contribuindo inclusive com a redução de gastos relacionados à saúde, que visam a erradicação de doenças. Melhorando as circunstâncias ambientais e sanitárias da população.

Também de acordo com a Brasil (2015), entre as principais doenças relacionadas ao esgoto sanitário estão: amebíase, ancilostomíase, ascaridíase, cisticercose, cólera, disenteria bacilar, diarreia infecciosa, esquistossomose, strongiloidíase, febre paratifoide, febre tifoide, salmonelose e teníase.

O saneamento tem grande impacto na vida do indivíduo, seja aumentando sua expectativa de vida através da atenuação ou diminuição dos gastos com tratamento de doenças. Seja na prevenção e proteção de ambientes ecológicos destinados a recreação da população (BRASIL, 2015).

De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (SNIS-AE) realizado pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) ano base 2017, que reuniu informações de 3.865 municípios, correspondendo a 92% da população urbana nacional. Concluiu que em 2017, 52,4% da população total têm

acesso à coleta de esgoto, o que aponta um progresso de 0,4 se comparado com o ano de 2016 (BRASIL, 2019).

Conforme o Brasil (2019) o percentual de coleta de esgotos nas cinco macrorregiões brasileiras, considerando a população total, são: Sudeste 78,6%, Centro-Oeste 53,9%, Sul 43,9%, Nordeste 26,9% e Norte 10,2%.

O tratamento de esgoto nacional, Brasil (2019) salienta que do percentual total de esgotos gerados, apenas 46% foram destinados ao tratamento. O que representa um crescimento de 1,1% se comparado com o ano de 2016, onde 44,9% dos esgotos gerados receberam tratamento.

As macrorregiões brasileiras apresentaram os seguintes dados: Centro-Oeste 52%, Sudeste 50,4%, Sul 44,9%, Nordeste 34,7% e Norte 22,6% (BRASIL, 2019).

2.5 Tipos de esgoto

Segundo a Brasil (2015) os tipos de esgotos são especificados conforme a sua origem em esgotos industriais e esgotos doméstico.

Já para Jordão e Pessoa (2011), os dois tipos principais de classificação de esgotos são: sanitários e industriais.

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 9648/1986 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), esgoto sanitário é definido como: despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Cada um sendo definido, também pela NBR 9648/86:

- **Esgoto doméstico:** despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.
- **Esgoto industrial:** despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos.
- **Água e infiltração:** toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações.
- **Contribuição pluvial parasitária:** parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

Esgoto doméstico é o gerado pelas edificações sejam elas comerciais, residenciais ou instituições, que apresentem instalações sanitárias referentes às atividades domésticas, por exemplo, cozinhas, lavanderias e banheiros (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

A definição de esgoto doméstico adotada pelo BRASIL (2015) é semelhante a apresentada anteriormente, porém ela ainda destaca que esses esgotos domésticos ainda podem ser caracterizados pela sua composição em:

- Águas cinzas: composta por águas de banho, águas de lavagem, e outras águas resultantes de atividades domésticas.
- Águas negras: composta por excretas, tais como fezes e urinas.

Todo sistema de esgotamento sanitário conduz seu efluente para um corpo d'água receptor, seja de forma direta ou indireta. E são as características do corpo d'água que irão condicionar os níveis de tratamento que serão estabelecidos (JORDÃO; PESSÔA, 2011). Na figura 2, observa-se uma estação de tratamento de esgoto.

Segundo von Sperling (2014), o esgoto doméstico é constituído por 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos ou inorgânicos, estejam eles dissolvidos em água ou suspensos, em vista disso se torna necessário o tratamento do esgoto doméstico.

Já o esgoto industrial é proveniente dos usos industriais das águas, cada indústria gera um esgoto único com características e composições resultantes da utilização da água em seu processo industrial. E por mais similar que seja o processo industrial, entre duas ou mais indústrias, os esgotos gerados uma não serão idênticos. Portanto, cada indústria deve ter seus efluentes considerados separadamente (NUVOLARI, 2014).

O corpo d'água após receber o esgoto sofre alterações nas suas propriedades, com o acréscimo das cargas orgânicas. Porém, ele possui a capacidade de se recuperar de forma natural ao longo de seu curso. Os compostos orgânicos são transformados em outras substâncias de forma a não agredir o equilíbrio ecológico do corpo receptor. Esse fenômeno é conhecido como autodepuração, possuindo quatro zonas: degradação, decomposição ativa, recuperação e águas limpas. É importante conhecer sobre esse fenômeno para que os despejos sejam lançados conforme a

capacidade de assimilação do corpo d'água receptor (VON SPERLING, 2014). No Quadro 1, a seguir, tem-se as características físicas do esgoto.

Quadro 1 - Características físicas do esgoto

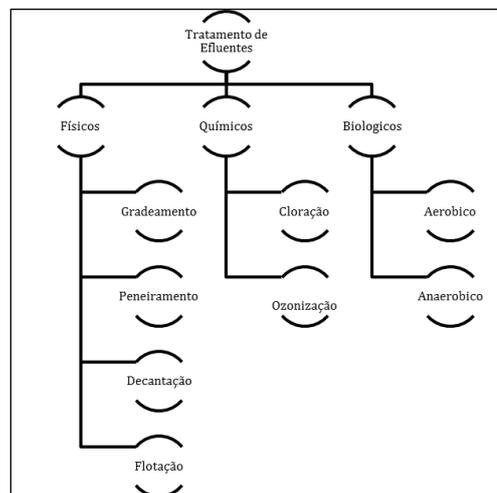
Parâmetro	Descrição
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Ligeiramente superior a da água de abastecimento • Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar) • Influência na atividade microbiana • Influência na solubilidade dos gases • Influência na velocidade de reações químicas • Influência na viscosidade do líquido
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: ligeiramente cinza • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto
Odor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição Despejos industriais: odores característicos
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> • Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão • Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez

Fonte: adaptado de Von Sperling (2014, p.83)

2.6 Tipos de Tratamento de Efluentes

Um sistema de tratamento de efluentes é constituído por uma série de etapas e processos, os quais são empregados para a remoção de substâncias indesejáveis da água ou para sua transformação em outra forma que seja aceitável pela legislação ambiental, os principais processos de tratamento são reunidos em um grupo distinto. Logo abaixo segue os principais processo de tratamento de efluentes, na Figura 2.

Figura 2 Fluxograma dos processos de tratamento de efluentes



Fonte: autor

PROCESSOS FÍSICOS

Dentre os vários processos de tratamento de efluentes, pode-se destacar os processos físicos, que são caracterizados por métodos de separação de fases, sendo que este fato pode ocorrer através de gradeamento, peneiramento, sedimentação ou decantação e por flotação dos resíduos (CRESPILHO, et al., 2004)

Gradeamento O sistema de gradeamento tem por objetivo reter o material sólido grosseiro em suspensão no esgoto, para proteger tubulações, válvulas, bombas e outros equipamentos. O gradeamento pode ser feito utilizando grades constituídas por barras metálicas paralelas e igualmente espaçadas (de limpeza manual) ou por grades mecanizadas (de limpeza mecânica) (BRANDÃO; CASTILHO. 2001)

Peneiramento O peneiramento tem como objetivo principal, a remoção de sólidos grosseiros com granulometria maior que 0,25 mm. As peneiras podem ser classificadas em estáticas e rotativas estas devem ser usadas principalmente, em sistemas de tratamento de águas residuárias industriais, sendo que em muitos casos, os sólidos separados podem ser reaproveitados (MELLO, 2007)

Decantação ou Sedimentação O processo de sedimentação reduz parte da matéria orgânica presente nos esgotos, removendo os sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, pois o processo ainda contém sólidos em suspensão, não grosseiros, e mais pesados que a parte líquida. O processo de sedimentação ocorre em decantadores ou tanques de 22 sedimentação, nos quais os sólidos se sedimentam, indo para o fundo destes, formando assim o lodo primário bruto (MELLO, 2007).

Flotação é uma técnica de separação de misturas que consiste na introdução de bolhas de ar a uma suspensão de partículas. Com isso, verifica-se que as partículas aderem às bolhas, formando uma espuma que pode ser removida da solução e separando assim seus componentes de maneira efetiva. O importante nesse processo é que ele representa exatamente o inverso da sedimentação das partículas (MASSI, et al., 2008).

PROCESSOS BIOLÓGICOS

São considerados como processos biológicos, aqueles que necessitam da ação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios, na transformação da matéria orgânica, sob

a forma de sólidos dissolvidos e em suspensão, em compostos simples como sais minerais, gás carbônico, água e outros, sendo que este processo se subdivide em aeróbios e anaeróbios

Processo Biológico Aeróbico No tratamento biológico aeróbio, os microrganismos, mediante processos oxidativos, degradam as substâncias orgânicas, que são assimiladas como "alimento" e fonte de energia, sendo que nesse processo ocorre a utilização de O₂ para que ocorra a 2ª biodegradação. Dentre os processos aeróbios o processo de lodo ativado é o mais aplicado e também o de maior eficiência, o termo lodo ativado designa a massa microbiana floculante que se forma quando esgotos e outros efluentes biodegradáveis são submetidos à aeração.

Processo Biológico Anaeróbico Nos processos anaeróbios de tratamento de efluentes são empregados microrganismos que degradam a matéria orgânica presente no efluente, na ausência de oxigênio molecular, tendo como resultado final a produção de metano e dióxido de carbono, deixando na solução aquosa subprodutos como amônia, sulfetos e fosfatos. O processo de digestão é desenvolvido por uma sequência de ações realizadas por uma gama muito grande e variável de bactérias, tendo-se então uma cadeia sucessiva de reações bioquímicas, onde inicialmente acontece a hidrólise ou quebra das moléculas de proteínas, lipídios e carboidratos até a formação dos produtos finais, sendo esses essencialmente o gás metano e dióxido de carbono (FERNANDES, 2012).

PROCESSOS QUÍMICOS

Processos químicos são aqueles onde a utilização de produtos químicos é necessária para aumentar a eficiência de remoção de um elemento ou substância, modificando seu estado ou estrutura, ou simplesmente alterar suas características químicas, sendo que esses são utilizados em conjunto com os processos físicos e algumas vezes a processos biológicos. Os processos químicos visam à remoção de substâncias não eliminadas a níveis desejados nos tratamentos físicos e biológicos como os nutrientes e microrganismos patogênicos, sendo estes, cloração, ozonização, radiações ultravioletas, processo eletrolítico, entre outros.

Cloração Processo adotado como sistema de desinfecção tanto de águas como de esgotos, o cloro é o desinfetante mais utilizado nesses casos e é normalmente aplicado na forma de cloro gasoso, hipoclorito de sódio ou de cálcio, apresentando um menor custo de implantação e operação quando comparado a outros processos químicos, é uma tecnologia muito conhecida sendo que esta é considerada efetiva para diversificada gama de microrganismos. O cloro quando adicionado na entrada das estações de tratamento de esgoto reduz a geração do gás sulfídrico, que causa odor desagradável e é prejudicial às instalações da ETE e ao ser humano (DIAS; STIPP; SOUZA, 2012).

Ozonização O processo de ozonização é uma importante tecnologia aplicada tanto ao tratamento de águas de abastecimento como residuárias, isso ocorre devido ao seu elevado potencial de oxidação, é aplicado como uma tecnologia capaz de reduzir ou remover inúmeros parâmetros de poluição ambiental, tais como cor, concentração de fenóis, toxicidade entre outros (ASSALIN; DURÁN, 2006).

METODOLOGIA

Esse estudo buscou, a partir de estudos correlatos encontrados na literatura, verificar a possibilidade da implantação do sistema Wetlands na Estação de Tratamento de Esgoto de Mangabeira IV, sugerindo esse método como forma de trazer uma solução para a problemática, diminuindo o odor que a população do bairro absorve. Buscar-se-á verificar se o tratamento de esgoto pelo sistema Wetlands é viável na região.

Classifica-se esse trabalho como sendo pesquisa básica, uma vez que, conforme Gil (2010), o tipo de pesquisa assim denominado pretende “preencher uma lacuna do conhecimento” (GIL, 2010, p. 27). Assim, esta escolha ocorre para poder evidenciar como a utilização de meios tecnológicos podem trazer melhorias nos processos logísticos e de armazéns.

Quanto aos métodos empregados, classifica-se conforme a subdivisão estabelecida por Gil (2010), referente a natureza dos dados, como uma pesquisa qualitativa, uma vez que nos interessa neste trabalho as atribuições de caráter, propriedades ou características dos elementos estudados.

Quanto ao grau de controle das variáveis, será uma pesquisa não experimental, a qual, conforme Gil (2010) é conceituada como “O pesquisador analisa as informações provenientes de um determinado efeito provocado por um ambiente foco de observação” (GIL, 2010, p. 28), O método de pesquisa estuda diretamente como o processo ocorre, sem a necessidade de criar amostras ou experimentos controlados, pois as amostras já existem sendo elas o elemento de estudo.

Quanto aos objetivos, enquadra-se esta pesquisa dentro do tipo denominado pesquisa exploratória, pois, tendo em vista o que afirma o mesmo autor, este é o tipo em que “A maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos, pelo menos num primeiro momento” (GIL, 2010, p. 27), o que está em sintonia com o que pretende este trabalho, uma vez que busca analisar melhorias a partir de ferramentas já existentes para um processo com mecanismos que possam otimizar tempo e ganho de lucro.

O município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, localiza-se na zona costeira, sendo limitado ao norte pelo município de Cabedelo; ao sul pelo município de Conde, através do Rio Gramame; a leste pelo Oceano Atlântico; e ao oeste pelos municípios de Bayeux, com o rio Sanhauá e por Santa Rita, pelos rios Mumbaba e Paraíba.

A Estação de tratamento de esgoto de Mangabeira está localizada no bairro de Mangabeira IV, em João Pessoa - PB foi originalmente construída de modo a operar com duas unidades de tratamento de esgoto em paralelo. Cada unidade era constituída em duas lagoas aeradas em paralelo seguido de uma lagoa de maturação.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nas Lagoas aeróbias, os microrganismos decompõem as substâncias orgânicas, que são assimiladas como "alimento" e fonte de energia, mediante processos oxidativos. É justamente nessa lagoa aeróbica que surge o forte odor no bairro. Para tanto, uma medida paliativa já foi adotada, o plantio de eucaliptos em volta da extensão territorial da estação de tratamento, porém não solucionou o problema, de acordo com a própria Cagepa.

Para o dimensionamento de uma estação de tratamento deve-se considerar a demanda (vazão em função do uso e do número de habitantes), o espaço físico e o

terreno (relevo, tipo de solo e nível d'água), bem como a presença de corpo hídrico (lago, rio ou área de alagado), visto que o custo total de implantação de um sistema de tratamento de esgoto que utiliza filtros com zona de raízes varia conforme a área necessária para implantação do filtro, sobretudo em função dos volumes de brita e areia necessários para compor as camadas filtrantes (BUENO et al., 2013).

Wetlands são áreas de transição entre terra e água, caracterizados como ecossistemas naturais compostos por solos encharcados e plantas adaptadas a estes tipos de ambientes, que auxiliam a redução ou remoção de contaminantes, incluindo-se matéria orgânica, inorgânica e agentes patogênicos da água (KIVAISI, 2001).

Na maioria dos wetlands os níveis de água variam sazonalmente, permitindo a estes apresentarem-se como ecossistemas extremamente produtivos (ADHIKARI et al., 2009).

Suas características e as propriedades variam muito, sendo dependentes da geologia, da geomorfologia e dos solos da área considerada, bem como das condições climáticas. As características ecológicas desses ecossistemas refletem ainda, a história da evolução biológica que acabaram por caracterizar a flora e a fauna associadas (HAMMER, 1989).

As Wetlands construídas compreendem diversas estratégias para a simulação de ecossistemas naturais, utilizando os princípios básicos de modificação da qualidade da água das áreas alagadas naturalmente e assim como os naturais apresentam funções físicas, químicas e biológicas (SALATI et al., 2009). Visto se tratar de um sistema de tratamento barato, os Wetlands são vistos como a melhor alternativa para sistemas de tratamento de efluentes em países em desenvolvimento (KIVAISI, 2001). A Figura 3 apresenta uma estação de tratamento de esgoto em Araruama.

Figura 3 – Estação de tratamento de esgoto em Araruama



Fonte: Grupo Águas do Brasil

É fundamental que a população tenha a coleta e tratamento adequado do esgoto sanitário, pois, ao contrário, contribui-se para um cenário de grande instabilidade social e ambiental, com a degradação do meio ambiente e da qualidade de vida da sociedade.

Experiências brasileiras e internacionais têm demonstrado que os sistemas de Wetlands construídas podem ser uma excelente alternativa para o tratamento integral de esgoto (SALATI et al., 1996); para o tratamento de efluente agrícola (casas de vegetação, recinto de animais e tanques de peixes) (JUNSAN et al., 2000); para o tratamento de água de rios Classe 2 para abastecimento industrial e urbano (ELIAS et al., 2000) Os sistemas com plantas são eficientes, pois o processo de degradação da matéria orgânica é muito completo. Existe a remoção não apenas dos nutrientes, como os fosfatos, que levam à eutrofização das águas, mas também coliformes e substâncias inorgânicas, como metais pesados e os custos de operação e manutenção são extremamente baixos.

A proposta de implementar o tratamento por sistema Wetlands, segundo Watson et al. (1989) e Kadlec & Knight (1996), é favorável em vista do alto custo de sistemas tradicionais, uma vez que opera de modo mais fácil e de forma eficiente, não necessitando de nenhuma substância química.

O sistema de Wetland representa uma solução natural ecológica para o tratamento de águas residuais. Estudo realizado por Zanella (2008) demonstrou que os sistemas naturais são aprimoramentos de processos que ocorrem na natureza, porém, contam como diferencial uma pequena necessidade de equipamentos mecânicos, gastos reduzidos com energia elétrica e pequena necessidade de insumos químicos. As Wetlands Construídas, podem ser definidas como um sistema alagado construído especificamente para o tratamento de águas residuais. Desta forma, simulam e aceleram os processos naturais (SIRACUSA; LA ROSA, 2006).

Estudos realizados por Iaquali (2016) verificaram que estes sistemas funcionam basicamente por gravidade, permeabilidade e degradação biológica.

A Estação de Tratamento de Esgotos - ETE Mangabeira foi projetada para atender uma população aproximadamente de 33.000 habitantes, gera uma vazão afluente para cada unidade de tratamento de 8.275 m³/dia. Porém, um problema mecânico nos aeradores das duas lagoas de tratamento, juntamente com as dificuldades financeiras do órgão, fez com que o sistema originalmente projetado fosse

adaptado, gerando um novo sistema de tratamento. A seguir observa-se a Figura 4 com a localização da ETE de Mangabeira



Figura 4 – Estação de tratamento de esgoto bairro de Mangabeira – João Pessoa
Fonte: Google Earth

Essa ETE faz parte do sistema de esgotamento sanitário da cidade de João Pessoa e é abastecida principalmente com esgoto doméstico, coletado dos bairros de Mangabeira, Valentina de Figueiredo, Ernesto Geisel, Funcionários I e II, Gramame, Grotão, Jardim São Paulo e Monsenhor Magno, com uma capacidade de tratamento para uma população de aproximadamente 99.350 habitantes, de acordo com a Cagepa.

O sistema passou a ser uma ETE do tipo sistema australiana, ou seja, lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, dessa maneira todo o gasto com energia elétrica foi sanado (BELLONI, 2009).

De acordo com estudos de Souza et al, (1998), os custos de implantação dos sistemas Wetlands construídos pode ser muito menor do que aqueles dos sistemas convencionais de tratamento de efluentes e, o custo de operação é muito baixo. Também é importante verificar a disponibilidade de brita e areia grossa na região, além de outros materiais como tubulações, lona ou manta, caixas de gordura e inspeção e

materiais de apoio para a construção e instalação do sistema, de forma a reduzir o custo final.

Oliveira Júnior (2017) menciona que a vazão média de esgoto que alimenta a ETE de João Pessoa é de 35,52l/s. O tratamento preliminar é composto por um sistema de grades de seção 3/8 x 1½" (0,95 x 3,81 cm) e espaçamento de 1¼" (3,18 cm). Na etapa seguinte, o efluente passa no desarenador, o qual é dividido em dois canais paralelos, com dimensões de 8,25 x 1,25 m cada, e altura do depósito de areia de 0,30m, considerando um período de limpeza de 15 dias. A calha Parshall tem dimensão nominal de 9" (23 cm) e capacidade máxima de 132,4l/s (CAGEPA, 1981 apud Oliveira Júnior, 2017).

As lagoas anaeróbias que compõem o sistema possuem dimensões 63,1 x 63,1 m, volume de 14800 m³, vazão de 8275 m³/dia e um TDH de 1,8 dia. Já as características da lagoa facultativa são: dimensões 228,5 x 140,0 m, vazão de 57600 m³/dia e um TDH de 7 dias (BARACUHY, 2006).

Estudo realizado por Silva (2017) em João Pessoa, verificou que não houve diferença significativa no sistema de Wetlands funcionando em bateladas nos dois ciclos estudados. Foi observado comparando-se as eficiências de remoção dos parâmetros analisados no efluente final do sistema, pode-se trabalhar em ciclos de 7-14 dias ou 3,5 -7 dias e obter um resultado satisfatório. Desta forma, o sistema de Wetlands apresentou resultados adequados, podendo ser utilizado em João Pessoa como alternativa de tratamento de esgoto em mangabeira por quê, se trata de uma tecnologia simples, eficiente e de baixo custo. Na figura 5, a visão da estação de tratamento de efluente em Araruama, região dos Lagos Rio de Janeiro.

Figura 5 – Estação de tratamento de esgoto em Araruama



Fonte: Grupo Águas do Brasil

Nascimento (2018) analisou o comportamento temporal da eficiência de sistemas Wetlands, num período de aproximadamente 10 meses. Segundo o autor, observou-se que não houve uma tendência temporal dos valores de eficiências de remoção no efluente final do sistema quanto aos parâmetros analisados no período de início ao fim do estudo. As eficiências encontradas foram bastante elevadas, demonstrando a viabilidade técnica da alternativa aplicada ao tratamento de esgotos sanitários nas condições climáticas do nordeste brasileiro.

Brito (2017) comparou a eficiência de três Wetlands construídas, cada qual utilizando um material de enchimento diferente. Verificou-se a utilização de pelotas de argila expandida, material convencionalmente aplicado nas Wetlands construídas, porém de alto custo. Verificou-se material de RCC de natureza cerâmica e de RCC de natureza concretícia, que são materiais de baixo custo, que muitas vezes podem ser encontrados de forma gratuita.

Estatisticamente a remoção em cada Wetlands dos seguintes parâmetros: DQO, DBO e nitrogênio amoniacal. Os resultados mostraram que há um melhor desempenho na utilização de RCC de natureza cerâmica como material de enchimento, enquanto que o comportamento das pelotas de argila expandida e o RCC de natureza concretícia são bastante semelhantes.

O sistema Wetlands apresentou o parâmetro DBO dentro do limite estabelecido pela resolução do CONAMA 430/2011 em todas as Wetlands em estudo, enquanto que em relação ao Nitrogênio Amoniacal as W1 e W3 obtiveram valores acima do determinado pela resolução CONAMA 430/2011, sobre o parâmetro DQO a resolução CONAMA 430/2011 não determina limites, porém os valores encontrados situam-se próximos a valores obtidos na literatura (BRITO, 2017). Na Figura 6 conseguimos visualizar o resultado de todo processo de tratamento de efluente por meio de plantas.

Figura 6 – Água resultante do processo de tratamento



Fonte: Grupo Águas do Brasil

A partir dos estudos na cidade de Campina Grande - PB verificou-se que os sistemas “Wetlands” funcionaram de forma satisfatória; durante as vinte e seis semanas de operação dos sistemas. A eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) variou de 79 a 84%, enquanto que para nitrogênio total e fósforo essa percentagem foi de 76 a 87 % e de 78 a 100%, portanto, pode-se considerá-los eficientes no pós-tratamento de esgotos sanitários pré-tratados anaerobiamente (SOUSA, 2000).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O esgoto é o resíduo oriundo dos diversos tipos de uso da água existente, após sua utilização a água tem as suas características iniciais alteradas tornando-a contaminada e imprópria para utilizações posteriores.

É fundamental que a população tenha a coleta e tratamento adequado do esgoto sanitário, os dejetos humanos contêm germes patogênicos que causam doenças e a transmissão em animais e pessoas e contaminação dos corpos d'água que recebem esses dejetos, contribuindo assim, para um cenário de grande instabilidade social e ambiental, com a degradação do meio ambiente e da qualidade de vida da sociedade.

As consequências negativas da falta de saneamento e, conseqüentemente, a falta de um adequado sistema de tratamento de esgoto, estão relacionadas à causa e

proliferação de doenças; e a destinação de efluentes em não conformidade com os parâmetros ambientais no corpo d'água receptor.

Essa pesquisa demonstrou, a partir dos estudos apresentados, existe possibilidade de realizar uma reestruturação na Estação de Tratamento de Esgoto de Mangabeira IV, implantando a inserção de plantas aquáticas, contribuindo com a eficiência do tratamento de esgoto com o meio ambiente, diminuindo o odor que a população em torno do bairro absorve, elevando o desempenho do efluente escoado, alternativas para inibir o odor que a população enfrenta proveniente da ETE, principalmente em dias de chuva.

A utilização de plantas como meio de tratamento nos torna cada vez mais uma sociedade sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento**. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

AGENCIA BRASIL. **Comunidade da Maré pede moradia digna e condições de trabalho**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2014-04/moradores-da-mare-pedem-moradia-digna-e-condicoes-de-trabalho>

ASSALIN, Márcia Regina; DURÁN, Nelson. **Novas Tendências para Aplicação de Ozônio no Tratamento de Resíduos: Ozonização Catalítica**. Analytica. n. 26, dez 2006/ jan. 2007.p. 76- 86

BARACUHY, M, P. **Desempenho operacional do módulo 2 da estação de tratamento de esgotos de mangabeira na grande João Pessoa**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

BELLONI, D. F; LAUTENSCHLAGER, S. R. **Avaliação de um sistema composto por ralf seguido por filtro biológico tratando efluentes domésticos**. SIMPGEU, ISSN 2175-3695, 2009.

BÍBLIA, Marcos. Português. **A Bíblia Sagrada: antigo e novo testamento**. Tradução de João Ferreira de Almeida. Brasília: Sociedade Bíblica do Brasil, 2015. p. 970-995

BRASIL. Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. **Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico**, Brasília, jan. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – 4. ed. – Brasília: FUNASA, 642 p. 2015.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos –2017.** Brasília: SNS/MDR, 2019. 226p.

BRITO, S. M. C. **Influência do meio suporte na eficiência de remoção em wetlands tratando esgoto sanitário.** João Pessoa, 2017.

BUENO, R. F., et al. **Implantação de wetlands construídas em escala real para o tratamento de esgoto sanitário em residências da Barra do Ribeira no Município de Iguape – São Paulo.** InterfacEHS Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade. Vol.8 n.2, 2013.

CRITES, R.W. **Desing criteria and practice for constructed Wetlands.** Water Sc. Tech. v.29, n. 4, p. 1-6, 1994.

ELIAS, J.M; SALATI FILHO, E; SALATI, E. **Performance of constructed wetland system for public water supply.** In: International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control. Orlando, v.3, p. 1539-1544, 2000.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010
MARTINS JUNIOR, Joaquim. Como escrever trabalhos de conclusão de curso. Petrópolis (RJ): Vozes, 2010.

GRUPO ÁGUAS DO BRASIL. Concessionária Águas de Juturnaíba - **Estação de tratamento de esgoto.** Disponível em: <https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-juturnaiba/agua-e-esgoto/estacao-de-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em 15 de Novembro de 2021.

FERNANDES, Carlos. **Digestão Anaeróbia.** Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/DigeAnae.html>. Acesso em 03 de Março de 2022

HAMMER, D. A. **Constructed wetlands for wastewater treatment, municipal, industrial and agricultural.** Chelsea: Ed. Lewis Publishers, p. 235, 1989.

IAQUELI, André Luiz. **Wetlands construídos: aplicações, benefícios e vantagens do sistema,** 2016. Centro Universitário de Instituto Mauá de Tecnologia, São Paulo, 2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2012. 62 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/component/estudos/itb/manual-do-saneamento-basico>. Acesso em: 13 out. 2021.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 1050 p.

JUNSAN, W; YUHUA, C; QIAN, S. **The application of constructed wetland to effluent purification in pig farm**. In: International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control. Orlando, v.3, p.1477-1480, 2000.

KADLEC, R. H. & KNIGHT, R. L. **Treatment Wetlands**. Boca Raton: Lewis Publishing, 1996.

KIVAISI, A. K. **The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review**. Ecological Engineering, v.16, p. 545-560, 2001.

MASSI, Luciana; SOUSA, Sandro Rogério de; LALUCE, Cecília; JUNIOR, Miguel Jafelicce. **Fundamentos e Aplicações da Flotação com Técnica de Separação de Misturas**. Química Nova na Escola, n.28, maio, 2008. p. 20 – 24.

NASCIMENTO, R. B. **Análise do comportamento temporal da eficiência de sistemas wetland tratando esgotos sanitários** / Raaby Batista do Nascimento. - João Pessoa, 2018. 44f.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário - coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. Ed. São Paulo. Bluncher, 2014.549 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, L, H de. **Uso do filtro de areia na adequação do efluente da ETE mangabeira para ultrafiltração**. 2017. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

ROCHA, Aristides Almeida. **Histórias do Saneamento**. São Paulo: Blucher, 2016. 152 p.

SALATI, E. FILHO; MANFRINATO, E.S. & SALATI, E. **Secondary and tertiary treatment of urban sewage utilizing the hds system with upflow transport**. In: International Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, 5. Viena. Proceedings. Viena v.1, p.VI/3-1-VI/3-6, 1996.

SALATI et al. **Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas** - Instituto Terramax – Piracicaba, São Paulo, 2009.

SILVA, R. D. **O efeito do tempo de ciclo de operação de filtração sobre a eficiência de wetlands**. João Pessoa, 2017.

SIRACUSA, G. & LA ROSA, A. D. **Design of a constructed wetland for wastewater treatment in a Sicilian town and environmental evaluation**, 2006.

SOUSA, J. T et al. Pós-tratamento de efluente de reator uasb utilizando sistemas “wetlands” construídos. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.87-91, 2000.

SOUZA, Cezarina Maria Nobre et al. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015. 140 p.

SOUZA, J.T; OLIVEIRA, J. E. G; FLORENTINO, E. R; NASCIMENTO, M. F. **Remoção de fósforo através do sistema wetland**. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 26 (AIDIS 98), Lima, 1998.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 548 p.

UNICEF, Fundo das Nações Unidas Para A Infância -. **Pobreza na Infância e Adolescência**. Brasília: Unicef Brasil, 2018. 20 p. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/relatorios/pobreza-na-infancia-e-na-adolescencia>. Acesso em: 17 out. 2021.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.: il. - (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1).

WATSON, J. T. et al. **Performance expectations and loading rates for constructed wetlands**. In: *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis, Chelsea, p. 319–351, 1989.

ZANELLA, Luciano. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários**: Wetlands-Construídos utilizando brita e bambu como suporte, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DO EDIFÍCIO DA CEHAP EM JOÃO PESSOA-PB

Mayza Braz de Farias¹
Carlos Rolim Neto²

RESUMO

O estudo desenvolvido tem como intuito identificar as manifestações patológicas do edifício da CEHAP. Para o desenvolvimento do estudo de caso, utilizou-se a metodologia proposta pelo autor, que consiste em quatro etapas: levantamento de informações, através de vistoria do local, identificando a natureza e origem das manifestações patológicas; estudos bibliográficos para ter uma base de pesquisa para elaboração do artigo; diagnóstico da situação, buscando o entendimento das anomalias para identificar as causas do problema; e prognóstico, ou seja, a descrição do trabalho a ser executado para resolver o problema. Notou-se no decorrer dessa pesquisa que as principais manifestações patológicas estão ligadas a projetos deficientes de detalhamento e incompatibilidade entre os mesmos, falhas durante a execução e falta de vistoria dos profissionais responsáveis, resultando em vários problemas na edificação, comprometendo o desempenho da mesma. Em virtude de a edificação ser antiga e não ter recebido os devidos cuidados, apresentou-se várias manifestações patológicas como: fissura no pilar, mofo, bolor, desagregação do piso, descascamento e estufamento na pintura, corrosão nas esquadrias e deslocamento do reboco. Logo após foram elaboradas e apresentadas técnicas para recuperar e reforçar a estrutura, proporcionando mais segurança e durabilidade do edifício.

Palavras-chaves: Manifestações patológicas; Diagnóstico; Recuperação.

ABSTRACT

The study developed aims to identify the pathological manifestations of the CEHAP building. For the development of the case study, the methodology proposed by the author was used, which consists of four steps: information gathering, through site inspection, identifying the nature and origin of pathological manifestations; bibliographic studies to have a research base for the elaboration of the article; diagnosis of the situation, seeking to understand the anomalies to identify the causes of the problem; and prognosis, that is, the description of the work to be performed to solve the problem. It was noted in the course of this research that the main pathological manifestations are linked to deficient detailing projects and incompatibility between them, failures during execution and lack of inspection by the responsible professionals, resulting in several problems in the building, compromising its performance. Due to the fact that the building is old and has not been properly cared for, several pathological manifestations were presented, such as: cracks in the pillar, mold, mildew, disintegration of the floor, peeling and swelling in the paint, corrosion in the frames and peeling of the plaster.

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil E-mail: 20172075046@iesp.edu.br

² Professor Orientador, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Especialista em Engenharia Geotécnica – Fundações e Obras de Terra pela Universidade Paulista, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Fundações, E-mail: prof1793@iesp.edu.br

Soon after, techniques were elaborated and presented to recover and reinforce the structure, providing more security and durability to the building.

Keywords: Pathological manifestations; Diagnosis; Recovery.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem o objetivo de auxiliar na classificação das manifestações patológicas encontradas, fazendo um alerta para a sua gravidade e constatando suas causas e o que deve ser feito para recuperar a estrutura da sua deterioração.

Patologia estrutural é um termo usado para explicar anomalias aparentes nas estruturas ao longo dos anos, seus originadores de irregularidades e deterioração. Esse campo de pesquisa foi originado com o intuito de manter a estrutura em condições de uso com longevidade, determinar o tempo correto para fazer manutenção das construções e diagnosticar os problemas com precisão, (MOREIRA e RIPPER, 1998).

A construção civil apresenta perda de desempenho, em consequência de falhas involuntárias, profissionais inaptos, escolha incorreta dos materiais, desgaste natural, em suma existem diversos fatores que colaboram para a degradação da edificação. Mediante o exposto, dá-se bastante importância em prol do estudo das origens, modelo das anomalias, resultantes e mecanismos de ocorrência das falhas e degradação das estruturas.

Segundo Capello, et al (2010), falta de detalhamento, insuficiência no planejamento e no controle, materiais de baixa qualidade, qualificação inadequada da mão de obra, tempo inapropriado das etapas de execução, acarretará em resultados insatisfatórios e conseqüentemente a edificação terá agentes agressores extemporâneos. É notório o aumento de deterioração nas estruturas, provocando uma demanda frequente de trabalhos de restauração e reforços.

A demanda por estudos específicos torna-se fundamental para a avaliação, caracterização e identificação de prováveis danos nas edificações, já que são indispensáveis para o processo de desenvolvimento e uso nas construções, possibilitando assim compreender intervenções eficientes e capazes de diminuir a ocorrência de problemas e erros, o que faz com que a capacidade geral das edificações melhore e otimize a administração dos recursos (MIOTTO, 2010)

Segundo Trindade (2015) as causas que ocasionam deteriorações em estruturas são variadas e diversificadas, assim, se faz fundamental o estudo do ramo da engenharia que examina tais situações, para que possam ser evitados os problemas patológicos que limitam a longevidade das estruturas, bem como a necessidade de conhecimentos para solucionar e reconstituir as estruturas que estão degradadas, de forma que possam ser restauradas e interromper o fator causal para que o mesmo não continue a causar a mesma falha.

Nas construções os problemas patológicos podem ser classificados como simples e complexos. As complicações simples podem ser investigadas por uma pessoa qualificada e autorizada sem conhecimento avançado obrigatório, já os de caráter complexo é necessário métodos mais avançados em que envolvem ensaios locais, estudos laboratoriais, consultas com os projetistas e contato com as documentações (RIPPER; SOUZA, 1998).

No Brasil, é obrigatória a garantia de cinco anos para construções, dada pelos responsáveis técnicos e construtora, cujo prazo é definido pelo Código Civil (BRASIL, 2002) – Lei nº 10.406. Entretanto, o estudo para que as causas patológicas sejam reduzidas durante este período de cinco anos mantém-se deficiente. Um esclarecimento para tal situação é que uma partícula importante do aprendizado na área da engenharia estrutural é direcionada para o projeto e a execução das edificações, contrapondo a restauração e a manutenção das estruturas usuais. A ausência de manutenção resulta na presença de pequenas manifestações patológicas, estas com uma curta despesa de reparação, que avançam para situações de comportamento de má qualidade em ambientes nocivos, com particularidades visuais deficientes, probabilidade de segurança estrutural insatisfatória e por fim em despesas elevadas de recuperação (GONÇALVES, 2015)

Pretende-se diagnosticar as manifestações patológicas presentes em um edifício da CEHAP, localizado no bairro de Mangabeira I, na cidade de João Pessoa-PB, com o intuito de apresentar soluções corretivas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O conceito de patologia na construção civil surgiu com a necessidade de estudos aprimorados para oferecer conhecimentos precisos a respeito de problemas

nas estruturas. Entretanto, similar a medicina, as patologias que surgem nas estruturas serão estudadas e identificadas os originadores das anomalias encontradas (WEIMER et al, 2018).

O conhecimento das manifestações patológicas nas estruturas é de fundamental importância para se obter qualidade nas etapas construtivas e na conservação da estrutura. Desenvolver uma pesquisa sobre os problemas patológicos para melhorar a compreensão, facilitar as soluções e planos de intervenção contra as complicações, é extremamente importante para evitar o surgimento de manifestações patológicas (NAZARIO; ZANCAN, 2011).

Segundo Gnipper e Mikaldo Jr:

A importância do estudo das patologias construtivas, em particular aquelas relativas aos sistemas prediais em apreço, reside na possibilidade da atuação preventiva, especialmente quando elas têm por causa falhas no processo de produção dos respectivos projetos de engenharia (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007, p. 2).

Patologia da construção é o termo designado para estudar a área da engenharia civil que tem como objetivo o conhecimento das anomalias presentes nas estruturas, identificar as origens com precisão, detectar todos os tipos de disfunções, tais condições requer conhecimentos específicos para serem resolvidos com exatidão. A solução das manifestações patológicas abrange um conhecimento de técnicas a serem executadas, a conduta usada no diagnóstico destas complicações tem sido identificada na ausência de métodos científicos que sejam legitimados, em muitas circunstâncias apenas o conhecimento profissional do responsável adquirido ao decorrer dos anos e o uso de ferramentas empiristas de avaliação breve, estão sendo relevantes, tal aspecto é imprescindível no momento em que se faz necessário um diagnóstico minucioso e específico da complicação, se porventura se apresentarem mais sérios (DO CARMO, 2003).

2.2 DESEMPENHO

Se o desempenho de uma estrutura em determinado momento encontrar-se insatisfatório, não significa que a estrutura está totalmente deteriorada. Fazer uma verificação do local, é provavelmente, o maior propósito da patologia estrutural, sempre levando em consideração que, um edifício ou qualquer obra que apresentar

deterioração extrema, é de fundamental importância um laudo técnico imediato elaborado por um profissional adequado, para recuperar a estrutura.

Em virtude do crescimento dos problemas encontrados nos edifícios, apareceram novas normas que examinam as propriedades dos produtos usados nas etapas de execução das obras, tal como a norma técnica da ABNT NBR 15575/2013 – Desempenho de edificações habitacionais, que tem como função analisar a qualidade da obra, assegurar que os construtores sigam rigorosamente os projetos, que as estruturas tenham vida útil satisfatória.

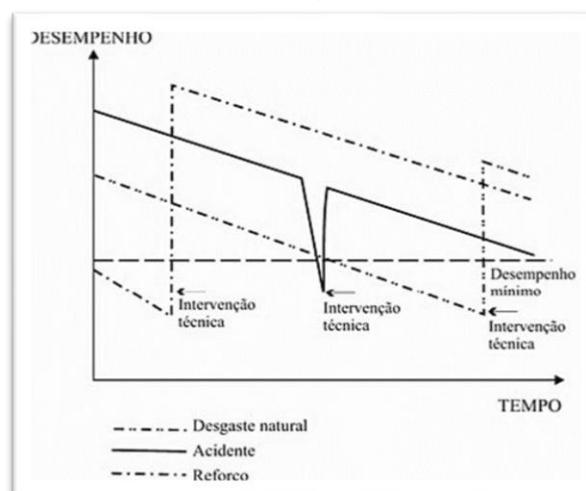
Na Figura 1 é apresentado três fenômenos patológicos distintos, ao decorrer de sua vida útil.

O primeiro exemplo do gráfico é representado pela curva traço-duplo ponto, está demonstrando como ocorre o desgaste natural da estrutura. Quando acontece uma ação corretiva para solucionar a perda de desgaste, a edificação se recupera e volta a seguir a linha de desempenho para sua utilização.

O segundo exemplo é representado por uma linha cheia, refere-se a uma edificação sujeita a um problema súbito, como um acidente, por exemplo, que é necessário uma intervenção imediata para corrigir o problema e a estrutura passe a se comportar satisfatoriamente.

O terceiro exemplo é representado pela linha traço-monoponto, em que existe uma edificação com erros originais, de projeto ou execução, é uma situação que se caracteriza pela necessidade de reforço.

Figura 1 - Diferentes desempenhos de uma estrutura, com o tempo em função de diferentes fenômenos patológicos



Fonte: Sousa e Ripper (1998)

2.3 DURABILIDADE E VIDA ÚTIL

Durabilidade é a capacidade de uma estrutura ou de seus componentes de satisfazer, com dada manutenção planejada, os requisitos de desempenho do projeto, por um período específico de tempo sob influência das ações ambientais, ou como resultado do processo de envelhecimento natural, (ISO 13823, 2008).

A concepção de durabilidade está de modo direto associada à vida útil. Refere-se às propriedades dos materiais e elementos, às condições de exposição e às condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação.

No contexto geral, vida útil embasa-se em verificar a perspectiva de resistência de uma construção, dentro dos limites de seus respectivos projetos. Segundo a ISO 13823 (2008), a vida útil é o momento efetivo de duração a qual uma estrutura ou alguns de seus elementos satisfazem as características exigidas em projeto, sem ser necessário manutenção ou reparo.

Para Mehta e Monteiro (2008), uma vida útil longa é considerada sinônimo de durabilidade. As características de degradação do material concreto e das sistematizações estruturais, interpreta-se como durabilidade o método que relaciona a aplicação destas características a uma determinada construção, individualizando-a pela análise da resposta que dará aos efeitos da agressividade ambiental, e definindo, então, a vida útil da mesma.

2.4 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Compreende-se por manutenção estrutural o conjunto de desempenho essencial à garantia do seu funcionamento satisfatório ao decorrer dos anos, ou seja, o conjunto de práticas que tenham por finalidade o crescimento da vida útil da obra, a um preço compensador, (MOREIRA e RIPPER, 1998).

Segundo O COMMITTEE ON BUILDING MAINTENANCE (1972), a manutenção é retratada como o "trabalho desenvolvido para preservar, reparar ou aprimorar toda estrutura, ou somente um elemento, seus serviços e espaço, para um padrão admissível", de forma a manter a utilidade e o valor da edificação.

De maneira geral pode-se conceituar que a manutenção, além de manter o comportamento preliminar de um edifício, também pode ser capaz de adequá-lo a novas requisições dos usufrutuários se necessário (JOHN e CREMONINI, 1989).

Até 1999 não se encontrava norma no segmento de manutenção de edifícios. Sendo assim, a NBR 5674:1999 contribuiu para a criação de serviços de manutenção nas construções. Tal norma não permanece com uma perspectiva convencional do procedimento de construção da edificação. Manutenção é caracterizada como um conjunto de tarefas a serem executadas para conservação ou recuperação da capacidade funcional da edificação e de componentes constituintes para melhorar as dificuldades e segurança dos seus desfrutadores.

Por causa de custos financeiros as estruturas ainda se encontram sem a devida manutenção, o que acarreta vários problemas patológicos, fatores esses que conseguiriam ser evitados se fossem realizadas as devidas manutenção, no tempo adequado, igual a norma técnica de desempenho da ABNT NBR 15575/2013 exige.

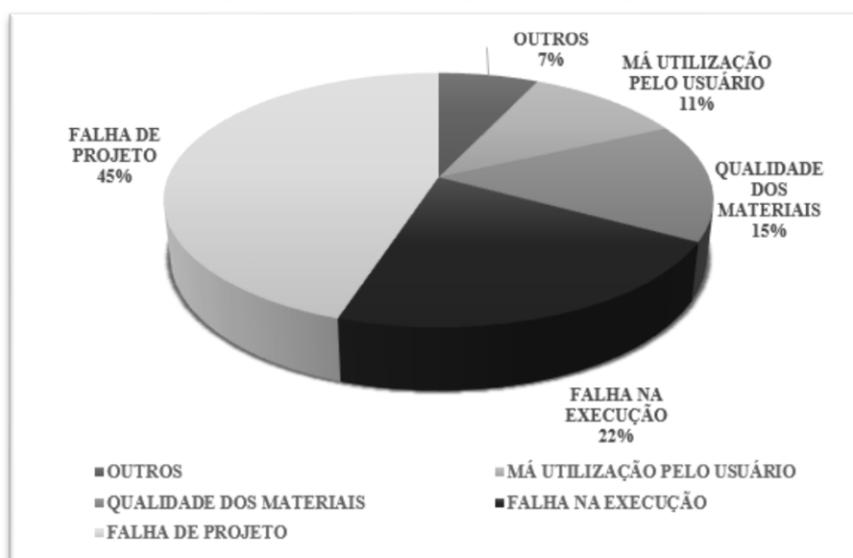
2.5 CAUSAS PATOLÓGICAS

As causas patológicas não têm suas origens concentradas em fatores isolados, mas sofrem influência de várias variáveis, que são classificadas de acordo com o processo patológico, com as anomalias, com o motivo que ocasionou o problema ou até mesmo a etapa do processo produtivo em que aparecem, além de indicar as falhas que também ocorrem no sistema de controle de qualidade (OLIVEIRA, 2013).

As principais causas patológicas são as falhas de projeto, deficiências de execução, má qualidade dos materiais, ou emprego inadequado dos mesmos, uso inapropriado da estrutura e manutenção errada.

Os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil, processo este que pode ser dividido, em três etapas básicas: concepção (planejamento / projeto / materiais), execução e utilização, Figura 2.

Figura 2 - Principais agentes patológicos



Fonte: ConstruçãoFácilRJ (2013).

A Figura 2 apresenta as principais causas patológicas na construção civil, as falhas de projeto é o maior problema de deterioração das edificações com 45% acompanhada das falhas de execução com 22%, logo após vem a qualidade dos materiais com 15%, má utilização pelo usuário com 11% e os 7% resultantes são os processos químicos e físicos.

2.6 PRINCIPAIS TIPOS DE PATOLOGIAS

2.6.1 FISSURAS

Segundo Figueiredo et al. (2017), fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas existentes nas estruturas regularmente encontradas em alvenarias, vigas, pilares, lajes, pisos e em outros componentes, frequentemente ocasionadas por tensões dos materiais. Se for exigido do material mais esforço do que sua resistência suporta, então será ocasionada uma abertura que é denominada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha. O quadro 1 classifica o pensamento que o autor propôs.

Quadro 1 – Classificação das fissuras

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 até 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Adaptado de Figueiredo et al. (2017)

Os principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de fissuras são: erros de concepção do projeto, falhas de execução, falha no processo de cura do concreto, dilatação térmica, reações expansivas, carregamentos não considerados no projeto estrutural, ataque por agentes químicos, recalque diferencial da estrutura, (SANTOS, 2019).

Se faz necessário saber corretamente a origem, a dimensão e a gravidade do tamanho de uma fissura, para que a mesma possa ser estudada e corrigida sem erros, de maneira que a intervenção para tal problema possa ser realizado e satisfatório, (AMBRÓSIO, 2004).

2.6.2 UMIDADE

A umidade nas edificações apresenta um das maiores e mais difíceis causas a ser solucionadas na área da patologia estrutural. As manifestações patológicas da umidade são capazes de acontecer em diversos elementos estruturais, tais como lajes, fachadas, paredes, pisos e tetos, (PEREZ, 1988).

Carvalho e Pinto (2019) descreveu a umidade como a inserção de água nas paredes ou nos componentes construtivos perto de uma fonte de água. Entretanto, apenas uma fonte de água não pode ocasionar problemas de umidade, é importante que tenha meios para espalhar a água e forças física propícias para estimular movimento entre materiais essencialmente suscetíveis à umidade.

Segundo Magalhães et al. (2019), os motivos para a presença de umidade nas edificações são:

- Umidade de infiltração;
- Umidade ascensional;
- Umidade por condensação;
- Umidade do processo de construção;
- Umidade acidental.

2.6.3 MOFO OU BOLOR

Guerrero e Silveira (2003) distingue mofo de bolor pela agressividade e área que possuem. Bolor é descrito como o estágio inicial de infestação, ocasionando a

presença do fungo superficialmente, isto é, não irá acarretar grandes danos para a estrutura. O mofo, entretanto, é tido como o segundo estágio de infestação, o mesmo já determina a manifestação patológica como avançada e maior grau de dificuldade para ser contido.

Locais com ventilação insuficiente e umidades pertinentes do ar acima de 75% propiciam crescimento de bolor em edificações. Outro fator fundamental é a temperatura no desenvolvimento de fungos. Esses organismos se desenvolvem respectivamente bem entre 10° e 35° C, com uma enorme variação de desempenho fora desses limites, dependendo da espécie em questão de acordo com (PERES, 2001).

Segundo SEGAT (2005), revestimentos de fachada e paredes, o mofo ou bolor ocasiona mudança estética, dando início a manchas escuras indesejáveis em tons preto, marrom e verde, ou eventualmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas. Além das causas estéticas, o aumento do mofo ou bolor em edificações pode ocasionar problemas respiratórios aos moradores, demonstrando uma indagação importante para a qualidade dos ambientes internos (SEGAT, 2005).

2.6.4 DESCASCAMENTO DE PINTURA

O problema patológico de descascamento na pintura geralmente é ocasionado pela degradação e fissuras devido à perda de adesão do filme. A ausência de adesão da tinta que ocasiona o descascamento também pode estar interligada à umidade, deixando claro que é de extrema importância à preparação da superfície para receber a pintura, (GONZAGA, 2011).

Segundo Antunes (2010), o descascamento de pintura pode se manifestar das seguintes formas:

- Perda de aderência da película;
- Pulverulência ou descolamento, com posterior perda de aderência;
- Escamação da película.

2.6.5 DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO

Segundo Souza e Ripper (1998), a desagregação do concreto está compreendida como a fragmentação física do mesmo em pedaços, de modo que a estrutura afetada acaba por perder o potencial de resistência ocasionando desagregação na superfície.

A desagregação começa, em geral, com a modificação da pigmentação do concreto. Em seguida aparecem cruzamentos entre fissuras em todas as direções possíveis, que crescem rapidamente de abertura, em consequência da expansão da pasta de cimento. Também pode-se notar um alargamento da superfície do concreto (PIANCASTELLI, 1997).

A desagregação do concreto pode ser provocada por:

- Ação química;
- Reação álcali-agregado;
- Águas puras (águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (águas de chuva), que lhe arrancam sais pelos quais são ávidas;
- Micro-organismos, fungos, e outros, através de sua ação direta e suas excreções ácidas;

2.6.6 CORROSÃO DAS ARMADURAS

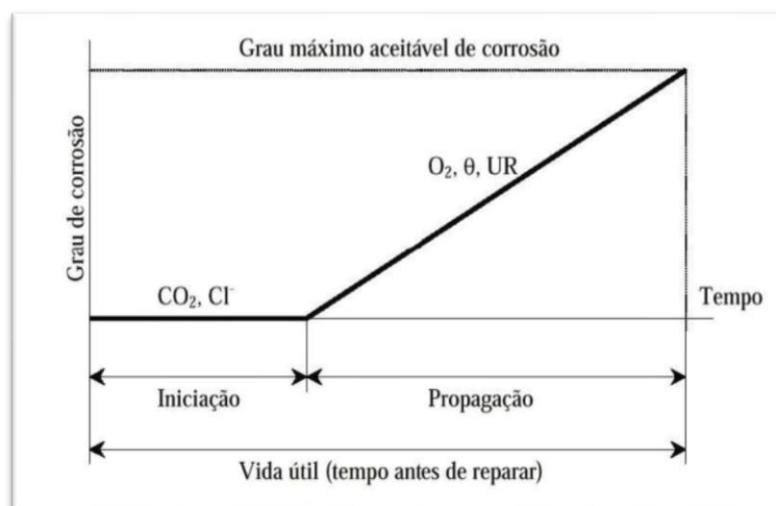
Segundo Helene (2002), a corrosão das armaduras de concreto é uma manifestação de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pelo aparecimento de fatores químicos externos ou internos ao concreto. Entretanto no concreto armado, o aço encontra-se no interior de um meio imensamente alcalino no qual permaneceria preservado do progresso de corrosão devido à companhia de uma película defensora de caráter passivo (CASCUDO, 1997).

Devido a corrosão das armaduras é comum apresentar trincas no concreto, circunstâncias essas que é bastante habitual nas estruturas e necessitam ser cuidadas corretamente, com a finalidade de parar o processo para ele não se agravar, como tem acontecido em alguns edifícios, na qual não busca caracterizar, identificar e recuperar o problema.

De acordo com Tuutti (1982), Figura 3, observam-se dois períodos de corrosão. O primeiro é período de iniciação, que compreende desde a entrada do agente

agressivo até o processo de despassivação da armadura. O segundo período corresponde à propagação, onde o processo de corrosão uma vez consolidado aumenta gradualmente, em escala exponencial, ocasionando danos severos às armaduras.

Figura 3 - Modelo de vida útil / Processo



Fonte: Tuutti, 1982

3 METODOLOGIA

O presente artigo apresenta uma pesquisa descritiva e qualitativa, visto que, pormenoriza as particularidades e o desempenho estrutural do edifício, esclarecendo as anomalias encontradas.

Foi elaborado um levantamento visual das manifestações patológicas existentes, registrando fotos via celular e contribuindo com possíveis informações á respeito dos problemas encontrados no local, na qual apresentou descascamento e estufamento na pintura, corrosão nas esquadrias, bolor e mofo, desagregação do piso, deslocamento do reboco e fissuras.

O estudo foi realizado no edifício da Companhia Estadual Habitação Popular - CEHAP, localizado na Av. Hilton Souto Maior, 3059 – Mangabeira I, João Pessoa-PB. O edifício estudado trata-se de uma construção antiga que está vinculado à secretária de estado do desenvolvimento humano – SEDH.

Para iniciar esse estudo de caso, foram feitas revisões bibliográficas sobre manifestações patológicas das construções civis, visando sempre estar embasado

diretamente no assunto. Uma metodologia foi adotada para o roteiro de estudo segundo o Quadro 2 propõe:

Quadro 2 – Metodologia adotada para o roteiro de estudo

ETAPA 1	Vistoria no local
ETAPA 2	Estudo do problema
ETAPA 3	Diagnóstico
ETAPA 4	Prognóstico

Fonte: Acervo próprio

A Figura 4 mostra a localização do edifício vista de cima, através do site *Google Maps*.

Figura 4 – Imagem de satélite do local do edifício



Fonte: Google Maps

A Figura 5 mostra uma foto da frente do edifício através da ferramenta Street View do Google Maps.

Figura 5 – Foto da frente do edifício.



Fonte: Google Maps

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 DESCASCAMENTO E ESTUFAMENTO NA PINTURA

A pintura apresenta descascamento e estufamento na parede, esse problema se originou devido o estado da superfície não permiti a ancoragem do produto utilizado em virtude do revestimento não se fixar adequadamente a superfície, absorvimento de umidade, escolha ou aplicação incorreta da tinta. Conforme a Figura 6:

Figura 6 – Descascamento e estufamento na pintura



Fonte: Autor (2022)

Para solucionar a falha na parede é necessário identificar a fonte da umidade, eliminando-a completamente, logo após é necessário lixar a superfície removendo totalmente o pó, aplicando fundo preparador obedecendo sempre a diluição recomendada pelo fabricante e corrigi as imperfeições com massa corrida, em seguida após secagem da massa corrida, lixar novamente e repintar.

4.2 CORROSÃO NAS ESQUADRIAS

A origem da corrosão nas esquadrias vem de um processo de deterioração progressiva do metal que provém de uma reação química, transformando o ferro em ferrugem, esse fenômeno deu início a perda da resistência, ductibilidade e estética. Apesar da grande resistência natural, a falta de manutenção, a exposição ao ar e a água, resultou no desencadeamento do processo corrosivo. Conforme a Figura 7:

Figura 7 – Corrosão na janela



Fonte: Autor (2022)

O procedimento indicado para resolver a deterioração da esquadria é remover os componentes com defeito e deterioração substituindo-o por novos. O segundo passo é a pintura, pois a pintura não tem só uma função estética ela também tem a função de proteger e isolar o material de todo contato com o meio externo a qual está exposto, sempre optar por tintas que tenham fosfato de zinco pois proporcionam maior mecanismo de proteção ao metal.

4.3 BOLOR E MOFO

Com a presença da umidade e ventilação insuficiente, foi desencadeado a origem do fungo na região interna da edificação a qual deu origem ao bolor, com a ausência de contenção do problema a infestação se propagou ocasionando a origem do mofo, que é facilmente identificado pelo seu aspecto em tons preto, marrom e verde.

Figura 8 – Mofo e bolor



Fonte: Autor (2022)

Para eliminar o problema é necessário aplicar um produto que elimina e previne a proliferação de bactérias e fungos, um dos produtos mais usuais para esse tipo de problema é o mata mofo, o produto deve ser aplicado corretamente seguindo sempre as indicações do fabricante, após agir deve ser limpada toda a região até eliminar todo o mofo, logo após tem que eliminar a umidade, esperar a parede secar para poder reaplicar uma nova pintura.

4.4 DESAGREGAÇÃO DO PISO

O piso da área externa apresenta desagregação do concreto, alguns locais apresentam desalinhamento no nível, o piso é antigo, possui fissuras em todas as direções que crescem rapidamente de abertura, em consequência da expansão da pasta de cimento. A falta de manutenção adequada, intempéries e a exposição aos desgastes físicos resultou no piso quebradiço.

Figura 9 – Desagregação do piso



Fonte: Autor (2022)

O piso apresenta fissuras em toda a parte, desagregação no concreto e aspecto totalmente destruído, para esse problema é necessário fazer a remoção do piso afetado, logo em seguida fazer a compactação do solo, fazer aplicação de um novo piso utilizando o traço de cimento, cal e areia adequado e com alta resistência, pois o piso está exposto aos fenômenos físicos e possui maiores chances de degradação.

4.5 DESPLACAMENTO DO REBOCO

O deslocamento do revestimento ocorreu pela ausência de chapisco, má preparação da argamassa e maneira inadequada de preparação da base, pois a aderência do produto ocorre por inserção dos aglomerantes nos poros. Logo, se a camada a receber o produto tenha resquícios de outro produto ou preparação inadequada, o revestimento não irá se fixar corretamente a base e acarretará o deslocamento do reboco.

Figura 10 – Desplacamento do reboco



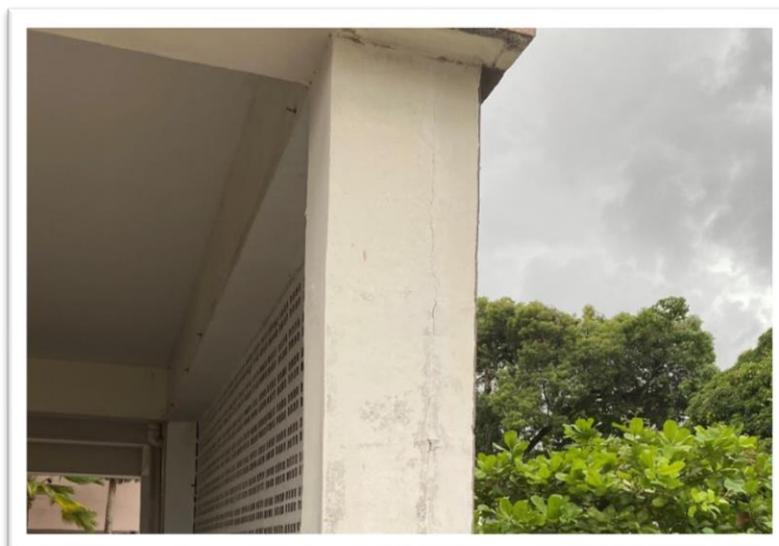
Fonte: Autor (2022)

Para resolver o problema do deslocamento do reboco na viga é necessário retirar todo o emboço da viga, em seguida fazer o uso do chapisco com massa apropriada e com aderência em concreto de maneira adequada e sempre de acordo com as orientações do fabricante, em seguida revestir novamente a região e fazer a repintura.

4.6 FISSURA NO PILAR

Uma fissura de 0,3 mm foi encontrada no reboco do pilar na entrada do edifício, a fissura tem origem no meio do pilar e vai até a viga, a mesma tem formato vertical e se originou pela falta de tela pra unir o sistema estrutural com a vedação.

Figura 11 – fissura vertical no pilar



Fonte: Autor (2022)

Para resolver o problema é necessário realizar testes para identificar se a fissura é evolutiva e se está crescendo ao decorrer do tempo, pois esta informação é de extrema importância para adotar as medidas para solucionar o problema. O ideal para resolver o problema é retirar o reboco, fazer a aplicação das telas com a mão de obra adequada, depois fazer a aplicação novamente do reboco e da pintura.

Quadro 3 – Manifestações patológicas identificadas no edifício da CEHAP

Nº 1	Descascamento e estufamento na pintura
Nº 2	Corrosão nas esquadrias
Nº 3	Bolor e mofo
Nº 4	Desagregação do piso
Nº 5	Desplacamento do reboco
Nº 6	Fissura no pilar

Fonte: Acervo próprio

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisar os dados do estudo, foi possível identificar que as manifestações patológicas a qual o edifício da CEPANH está exposto são isolas e desenvolveram-se pela ausência de manutenção nos períodos adequados, má execução dos processos reparativos e ação ambiental, na qual afetou o desempenho da edificação nos elementos estruturais como o piso, parede, viga e pilar.

Os problemas patológicos da construção podem ser precavidos e retificados, basta seguir as soluções adequadas, contratar mão de obra especializada, utilizar

material de boa qualidade e seguir sempre a recomendação do fabricante, obedecendo sempre as normativas técnicas para a segurança da edificação e seguir o projeto elaborado para a melhoria da vida útil da edificação.

Como se trata de uma edificação pública que tem um alto fluxo de pessoas cotidianamente, é de suma importância que seja realizado os reparos e execuções na qual propõe o estudo das manifestações patológicas, afim de reverter a degradação da estrutura e o comprometimento das pessoas que trabalham e frequentam o local. Apesar dos problemas encontradas serem superficiais, se houver propagação das manifestações patológicas as patologias poderão se tornar sérias e irreversíveis.

Pode-se concluir que o estudo das manifestações patológicas de uma determinada construção para subsequente ser elaborado uma estratégia de recuperação, reuni uma série de medidas técnicas. Logo, necessita de conhecimento dos problemas de maneira geral para que a solução tomada seja a mais adequada e viável.

As normas técnicas de manutenções periódicas de acordo com a NBR 5674:2012 e a de inspeções prediais de acordo com a NBR 16747:2020, garantem a qualidade e a padronização dos serviços de preservação das edificações, admitindo critérios e regras para as possíveis ações necessárias para cada caso. Tais medidas não só aumentam a vida útil das edificações e evitam altos gastos, como também melhoram a qualidade de vida e previne possíveis danos à saúde e à integridade física e psicológica dos que habitam esses ambientes.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5674 - Manutenção de edifícios - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1999.

AMBRÓSIO, Thais da Silva. **Patologia, Tratamento e Reforço de Estruturas de Concreto no Metrô de São Paulo**. 2004. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

ANTUNES, Giselle. Reis. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília - sistematização da incidência de casos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. **Institui o Código Civil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm.

Capello, A., Rocha, E. L. B., Souza, I. F., Melato, F., & Scarelli, S. R. G. G. (2010). Patologia das fundações. 115f. [Monografia] (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera de Jundiá, Jundiá, 2010.

CARVALHO, Y. M.; PINTO, V. G. Estudo de caso no instituto federal de educação, ciência e tecnologia do sudeste de minas gerais - campus juiz de fora quanto ao cenário de manifestação patológica por ação de umidade. **Multiverso**, Minas Gerais, v. 4, fevereiro 2019.

CASCUDO, Oswaldo. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas**. São Paulo: Pini, 1997. 237 p.

CONSTRUÇÃO FACIL RJ. **Porta da Construção Civil**, 2013. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>

CREMONINI, R. A; JOHN, V. M. Manutenção predial: uma visão sistemática. In: X Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção Civil A Manutenção na Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 1989.

DO CARMO, Paulo Obregon. Patologia das construções. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FIGUEIREDO, Amanda et al. Manifestações patológicas identificadas em um edifício residencial de alvenaria resistente em Recife (PE). **REPA**, Pernambuco, v. 1, n. 1, 2017.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicos sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto. Curitiba, 2007.

GOMIDE, T. L. F. **Técnicas de inspeção e manutenção predial**. São Paulo: editora Pini. 2006

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. 2015. 174 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

GONZAGA, Ederval Mendonça. **Estudo de patologias nas pinturas decorrentes da infiltração de águas**. 2011. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

GUERRERO, R. T.; SILVEIRA, ROSA MARA BORGES DA. **Glossário ilustrado de fungos: termos e conceitos aplicados à micologia**. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2003

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). General Principles on the Design of Structures for Durability. ISO 13823. Geneva: ISO/TC, 2008.

LYAL, A. Building failures - a guide to diagnosis remedy and preventions. Third Edition. Great Britain, 1992.

MAGALHÃES, R. A. B. et al. Estudo de caso de patologias causadas pela umidade face a inexistência de implantação do sistema de impermeabilização nas garagens do 1º e 2º subsolo de um edifício residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos em Belém/PA. **RCT – REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**, Belém, v. 5, n. 9, 2019.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de Caso de Patologias Observadas em Edificação Escolar Estadual no Município de Pato Branco-PR**. 2010. 63 f. Monografia (Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas). UFPR - Universidade Federal do Paraná. Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP). Curitiba: UFPR, 2010.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde. Santa Catarina, 2011.

OLIVEIRA, FERREIRA DA NIEL. **Levantamento de causas de patologias na construção**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

PERES, Rosilena Martins. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em prédio histórico - um estudo de caso**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988.

PIANCASTELLI, Élvio M. - **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado** - Ed. Departamento de Estruturas da EEUFMG - 1997 - 160p.

SANTOS, Bruno Silva. **Análise de Manifestações Patológicas Incidentes em Reservatórios Semienterrado Executado em Concreto Armado na Cidade de Pariconha – Estudo de Caso**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Alagoas, Delmiro Gouveia, 2019.

SEGAT, Gustavo Tramontina. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS)**. 2005. Dissertação (Mestrado em

Engenharia) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado**. 2015. 88 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Centro De Tecnologia. Santa Maria: UFSM, 2015.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Mauricio; DRESCH, Fernanda. Patologia das estruturas. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 415p.

ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS ENTRE FUNDAÇÕES TIPO ESTACAS ESCAVADAS E HÉLICE CONTÍNUA NO BAIRRO DE MANGABEIRA

Paula Brenda Lopes do Nascimento¹
Carlos Rolim Neto²

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo demonstrar a comparação dos custos entre Estacas Escavadas e Estacas Hélice Contínua para solos não saturados e coesivos no Bairro de Mangabeira na cidade de João Pessoa, Paraíba. São apresentados aspectos geotécnicos e de solicitações estruturais, esclarecendo qual o método seria mais econômico. Os parâmetros geotécnicos utilizados foram obtidos a partir de sondagens a percussão (SPT) realizadas no local. A análise do dimensionamento das estacas, se deu por meio de uma planilha para cálculo de capacidades de cargas do sistema solo-estaca, através dos métodos semiempíricos, obedecendo-se às regras das normas NBR 6122 (ABNT, 2019) e NBR 6118 (ABNT, 2014). Como resultado, a Estaca Escavada foi a opção mais econômica para a situação estudada.

Palavras-chaves: Fundações; Fundações Profundas; Estacas Escavadas; Estacas Hélice Contínua.

ABSTRACT

The present study aims to demonstrate the comparison of costs between Bored Piles and Continuous Flight Auger for unsaturated and cohesive soils in the Mangabeira neighborhood in the city of João Pessoa, Paraíba. Geotechnical aspects and structural requirements are presented, clarifying which method would be more economical. The geotechnical parameters used were obtained from percussion soundings (SPT) carried out at the site. The analysis of the sizing of the piles was carried out through a spreadsheet for calculating the load capacities of the soil-pile system, through semi-empirical methods, in compliance with the rules of the NBR 6122 (ABNT, 2019) and NBR 6118 (ABNT, 2014). As a result, the Bored Piles was the most economical option for the situation studied.

Keywords: Foundations; Deep Foundations; Bored Piles; Continuous Flight Auger.

1 INTRODUÇÃO

Como qualquer outra parte de uma estrutura, a fundação é um elemento estrutural muito importante na edificação, pois é o agente responsável pela

¹ Graduanda do Curso de Engenharia Civil. E-mail: 20182075082@iesp.edu.br

² Professor Orientador, Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco, Especialista em Engenharia Geotécnica - Fundações e Obras de Terra pela Universidade Paulista, Docente do Curso Superior em Engenharia Civil da disciplina de Fundações, E-mail: prof1793@iesp.edu.br

transferência das cargas atuantes na estrutura para o solo. Esta etapa precisa ser projetada e executada com muito cuidado para garantir condições mínimas. Tais como: segurança, funcionalidade e durabilidade. Portanto, quando as condições acima forem atendidas, isso refletirá diretamente no desempenho da fundação (ALONSO, 2019).

Com os avanços da tecnologia e o crescente aumento e desenvolvimento das metrópoles, foi imprescindível buscar técnicas capazes de resistir a carga gradativamente maior das estruturas e que mesmo assim fossem economicamente viáveis. No entanto, todo desenvolvimento de técnicas de projeto e de execução das fundações, sujeita-se do conhecimento dos mecanismos de comportamento dos solos (FALCONI *et al.*, 1998).

As etapas iniciais de uma obra sem uma compreensão do terreno de fundação, é apontado como um dos maiores perigos quando se trata do segmento da Engenharia de Construções.

Conforme Quaresma (1998), a composição de projetos de fundações exige um conhecimento adequado do solo, identificando o tipo de solo, suas camadas, espessuras, lençol freático que os compõem. Estas investigações podem ser realizadas de duas maneiras, as investigações de campo, conhecidas como ensaios *in situ*, ou as investigações feitas em laboratórios. A imprecisão de domínio das informações geotécnicas mais completas dificulta o dimensionamento seguro e a redução de custos.

Conforme as características identificadas, na elaboração dos projetos podem se obter o tipo ideal de fundação. As estacas do tipo hélice contínua vem atraindo muitos adeptos. Isso acontece pela evolução incessante da tecnologia, acarretando muitas vantagens com relação a diversos tipos de fundações bastante empregados no país, possuindo uma grande velocidade na execução, sendo capaz de gerar uma redução do cronograma de obra. As fundações profundas do tipo escavada retratam um método executivo mundial. As estacas escavadas constituem mais da metade da preferência no mundo. A aplicação deste método de estaca contempla além das estacas de cargas, à execução de paredes de encostas para a contenção ou ainda as estacas pré-moldadas de concreto (COSTA *et al.*, 2021).

O aspecto econômico é primordial em projetos, por isso é recomendado analisar qual o melhor método a ser empregado. Diante disso, o engenheiro projetista precisa possuir o conhecimento dos tipos de fundações disponíveis na região, para que assim,

ele possa selecionar o método mais econômico com a finalidade de atender as necessidades da obra.

O presente estudo tem como objetivo principal comparar a fundação de Estaca Hélice contínua e Estaca Escavada, com auxílio da teoria no intuito de comparar os resultados dos cálculos dos estaqueamentos, e assim identificar qual dos métodos tem maior eficiência, com base nos custos de execução e otimização no dimensionamento em um terreno na região de Mangabeira-JP.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FUNDAÇÕES

O solo por ser rico em diversidades, possuem particularidades que podem definir a empregabilidade, quando analisado na perspectiva da engenharia, o solo pode ter seu estudo fundamentado na agricultura ou obras de engenharia, como aterros, base para pavimentação, contenções, fundações entre outros. A compreensão e particularização do solo se justifica sobretudo quando empregada a determinação para o dimensionamento de fundações, levando em conta que a maior parte das técnicas utilizadas partem de métodos semiempíricos.

Conforme Koshima (1998), as fundações são separadas em dois grupos, fundações superficiais e profundas. O preceito que diferencia uma da outra é que na fundação profunda o mecanismo de ruptura de base não atinge a superfície do terreno. Projeto de fundações abrange as cargas aplicadas pela obra e a resposta do solo a estas solicitações. Os solos são muito diversos entre si e replicam de modo muito variável, por isto, toda experiência transmitida pelas gerações de projetistas sempre se relaciona ao tipo de solo existente (PINTO, 1998).

A elaboração de projetos geotécnicos e de fundações requer um entendimento adequado dos solos. É essencial proceder à identificação e a classificação das variadas camadas integrantes do substrato a ser investigado, assim como, a aferição das suas propriedades de engenharia. Ensaios *in situ* são necessários para obter amostras ou usar outros métodos para identificar e classificar os solos. No início da determinação das características de engenharia, elas poderiam ser feitas por meio de testes de laboratório ou testes de campo. No Brasil, entretanto, os ensaios de campo

são quase predominantes e as investigações laboratoriais são limitadas a alguns casos especiais em solos coesivos (QUARESMA, 1998).

Conforme as suas especificidades, as obras podem definir o tipo ideal de fundação, tal como obras que apresentam terrenos com resistências altas em uma profundidade relevante. Por outro lado, outras construções podem ser suscetíveis de mais de um tipo de fundação, sendo elas ambas profundas, ambas rasas, ou a junção dos dois métodos, ofertando ao projetista mais soluções a serem empregadas. A seleção será firmada na opção com menor custo e menor prazo de execução (VELLOSO, 1998).

2.2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Conforme a NBR 6122/2019 as fundações profundas devem sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m, e transmitir a carga ao terreno pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação de ambas. Nesse tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões. As profundas ainda se dividem em cravadas, e escavadas, podendo ser pré-fabricadas e moldadas *in loco* respectivamente.

Sobre a capacidade de cargas em estacas, obtidas através de métodos semiempíricos, pode-se dizer que:

A capacidade de carga em estacas calculadas por métodos semiempíricos é, resumidamente, o somatório da contribuição de resistência por atrito lateral no fuste de uma estaca com a resistência de ponta, onde a primeira aumenta com a profundidade, pois o somatório da contribuição por metro de profundidade e a segunda pode variar para mais ou para menos dependendo do tipo de solo em cada profundidade em que os valores são calculados em função do índice resistência à penetração do ensaio a percussão (AGUIAR *et al.*, 2014 Pág. 30).

Como todos sabemos, existem muitas opções que são bem conhecidas, quanto se trata de estacas. A escolha do tipo correto de estaca exige do projetista conhecimento, não só geotécnico, mas também regional, se não houver empresa para fornecer o equipamento necessário, então escolher uma boa opção nos quesitos teóricos não tem sentido (NAVES, 2018).

2.2.1 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

A aplicação de estacas executadas com trado hélice contínua, teve seu início nos Estados Unidos na década de 50. Os equipamentos eram compostos por guindaste de torre acoplada, providos de mesa perfuradora que executavam estacas com diâmetros de 27,5 cm, 30 cm e 40 cm. No início da década de 70, esse método, foi inserido na Alemanha, de onde se espalhou para a Europa e Japão (PENNA *et. al.*, 1999).

Desde a década de 80, as estacas em hélice contínua cresceram consideravelmente nos Estados Unidos, Japão e Europa, inicialmente com equipamentos adaptados para sua execução e posteriormente com equipamentos apropriados e específicos para a execução dessas estacas.

Brons & Kool (1988), relataram que as estacas hélice contínuas se tornaram muito populares e comuns na Europa na década de 1980, principalmente devido às vantagens técnicas e custo relativamente baixo.

A partir do desenvolvimento dos equipamentos específicos de execução, o método de execução das estacas de hélice contínua mudou. Dentre essas mudanças podemos citar as mais importantes, a utilização do concreto ao invés da argamassa originalmente utilizada para sua execução, o desenvolvimento de instrumentos que permitem o acompanhamento automático, o aumento dos valores de diâmetro e profundidade que pode ser utilizado, tendo em vista o aumento do desempenho do torque da máquina, permitindo assim que essas estacas funcionem em uma gama mais ampla de tipos de solo (CAPUTO *et al.*, 1997).

Somente depois de 1993 houve muito progresso e desenvolvimento no uso desse tipo de fundações no Brasil. Isso começa com a importação de equipamentos específicos para execução de estacas roscadas contínuas. Desde então, usando equipamentos importados, a força de tração é maior, o torque é de até 85KN.m, o diâmetro da estaca é de até 800mm e o comprimento máximo é de 24 metros. Hoje, estacas de até 1200mm de diâmetro e 32m de comprimento podem ser feitas, e a gama de opções de diâmetro e profundidade tende a aumentar à medida que o equipamento continua a evoluir (ALMEIDA NETO, 2002).

Conforme Albuquerque (2001), este tipo de estaca moldada *in loco*, tem a escavação do solo executada através de um trado contínuo, que dispõe de hélices em torno de um tubo central vazado. Após a sua inserção no solo, até a cota anteriormente

especificada, o trado é extraído simultaneamente com a injeção do concreto através do tubo vazado. O solo preso entre as pás da hélice é removido na medida que o trado vai sendo retirado.

2.2.2 ESTACA ESCAVADA

Caracterizadas pela execução com a retirada de solo, seja de forma manual ou mecanicamente e preenchidas por concreto em seguida, as estacas escavadas são muito utilizadas no Brasil por não gerar vibração, possuir a capacidade de carga elevada e por ser vantajosamente um método barato, onde o equipamento utilizado é de fácil acesso. Entretanto, de acordo com Braga (2009), a aplicabilidade desse elemento estrutural possui algumas desvantagens como seu uso limitado devido ao nível d'água ou quando o terreno apresenta solos com argila mole saturada.

As estacas escavadas com trado mecânico, mais conhecidas como estacas escavadas, se enquadram na categoria de estacas moldadas *in loco*, que são feitas de concreto armado e têm formato cilíndrico. O equipamento responsável por sua execução é chamado de perfuratriz, que pode ser acoplado a um caminhão ou esteira e é um dispositivo hidráulico com motor diesel. Suas brocas, também conhecidas como trados, têm formato helicoidal, variando de diâmetro de 250 a 1500 mm, com profundidade máxima de até 25 metros, limitada ao lençol freático. Devem trabalhar em terreno plano, pois ao levantar a haste, se estiver em um declive, existe o risco de tombar (NAVES, 2018).

Falconi *et al.* (1998) exemplifica as etapas do método de construção da seguinte forma: Instalação e nivelamento de equipamentos e ajuste de posições dos trados nos piquetes de locação; Perfuração executada de acordo com as cotas comunicadas no projeto. Como o trado tem 1,5 m de comprimento, o volume de solo no trado deve ser retirado durante a perfuração para que o operador possa levantar a sonda, girar o equipamento e despejar o material a uma distância segura para não retornar ao furo; Antes de lançar o concreto, a base deve ser compactada com soquetes de concreto no local; Concretagem da estaca com vibração nos primeiros 2 m abaixo do nível de nivelamento; Introduzir a armação à 50 cm da camada de nivelamento, que deve ter no mínimo 2 m de comprimento conforme NBR 6122 (2019).

O método tem como vantagens a forte versatilidade do equipamento, boa manobrabilidade e alta produtividade, e seu uso pode confirmar o ensaio de sondagem, sendo um dos métodos com maior produtividade do mercado. Por outro lado, este método não pode ser feito em locais com solo mole ou abaixo do lençol freático devido ao risco de estrangulamento, deve ser feito em locais planos, pois quando levantada a haste não haverá risco de tombamento (NAVES, 2018).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho realizou-se um estudo comparativo entre dois tipos de fundações, Estaca Hélice Contínua e Estaca Escavada. Foram coletados dados geotécnicos do local escolhido para o estudo, através dos ensaios de SPT. Observou-se, por meio das sondagens, a característica de um solo não saturado e coesivo. Além disso, verificou-se a ausência do nível d'água que comprova a aplicabilidade habitual da Estaca Escavada no determinado bairro. Dessa forma, iremos analisar a viabilidade da aplicação da Estaca Hélice Contínua como um adicional de alternativa para o tipo de solo identificado.

Por meio dos conhecimentos adquiridos, desenvolveu-se o dimensionamento da fundação de estaca hélice contínua e estaca escavada de um edifício. Sua localização é no bairro de Mangabeira na cidade de João Pessoa, Paraíba, Figura 1.

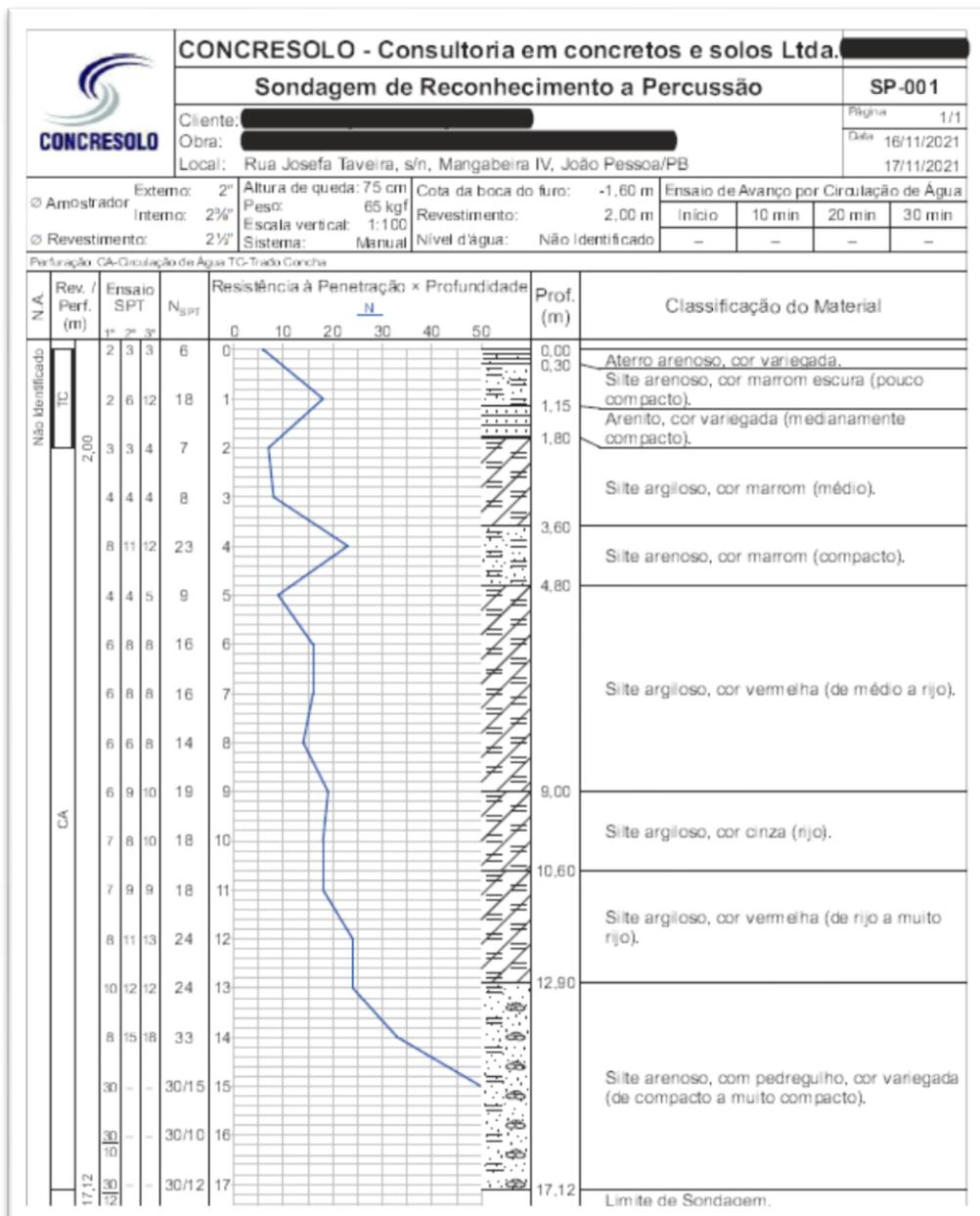
Figura 1 – Localização do Bairro de Mangabeira



Fonte: Wikipédia (2012).

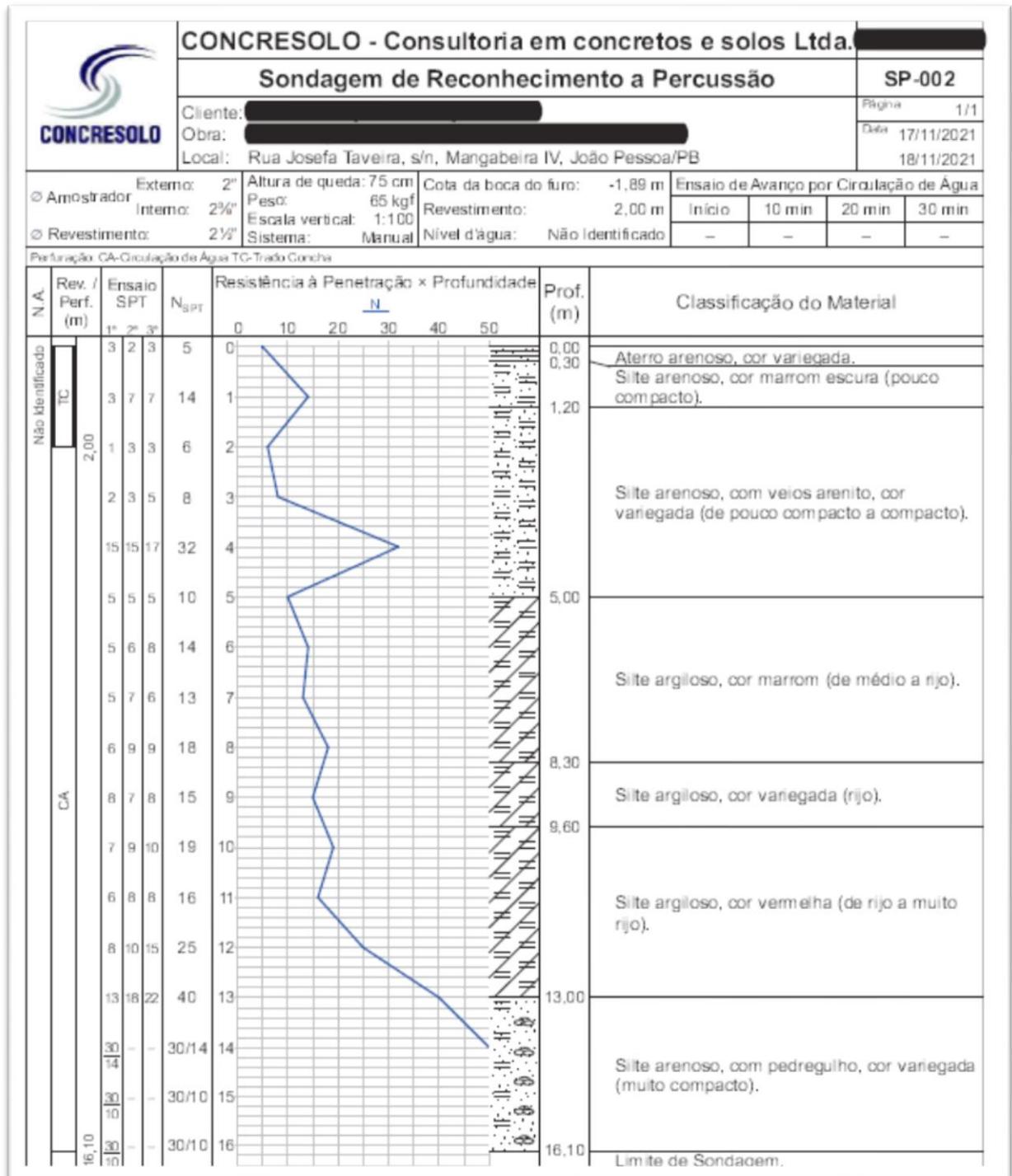
O projeto foi concebido respeitando os requisitos básicos como os citados por Velloso *et al.* (1998): deformações aceitáveis de acordo com as condições de trabalho, segurança ao colapso do solo e segurança ao colapso dos elementos estruturais. Também foram respeitados requisitos da NBR 6122/2019. O material de suporte para reconhecimento do substrato foi cedido pela empresa Concretoso - Consultoria em concretos e solos Ltda. Foram usados relatórios de ensaios de Sondagem à Percussão (Figura 2 e 3), realizados em Mangabeira, João Pessoa-PB.

Figura 2 – Sondagem de Reconhecimento a Percussão 001



Fonte: Concretoso (2020).

Figura 3 – Sondagem de Reconhecimento a Percussão 002



Fonte: Concreso (2020).

Após investigar as circunstâncias geotécnicas do solo, pode-se partir para a verificação das cargas que serão transmitidas para as fundações. Observa-se as disposições dos pilares na Figura 4 abaixo e as suas características no Quadro 1 e 2.

Figura 4 – Planta de localização dos Pilares



Fonte: Fundações Engenharia Ltda (2022).

Quadro 1 – Mapa de Cargas atuantes na Fundação

Elem	FZ MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MX MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MY MAX-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações		
	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm
P1	136,75	-0,68	-129,51	121,04	1,21	0,98	120,32	-0,29	131,30
P2	229,69	-14,33	-0,43	205,28	11,52	-0,41	223,73	0,23	1,05
P3	305,03	-13,59	0,07	266,42	14,33	0,07	284,28	1,42	1,55
P4	298,34	-14,57	-0,03	259,31	14,78	-0,02	278,29	0,84	1,45
P5	298,43	-14,76	0	259,23	15,77	0,01	278,17	0,81	1,49
P6	299,39	-15,64	0,02	259,71	16,22	0,03	279,17	0,24	1,51
P7	297,67	-15,95	-0,01	255,93	17,24	0,01	276,04	0,26	1,51
P8	298,55	-9,73	0,02	260,00	18,06	0,03	278,29	-0,1	1,56
P9	168,25	-2,07	0,42	151,96	2,78	0,37	163,42	-0,48	2,13
P10	71,48	-1,28	-1,72	66,30	10,90	-0,12	52,87	1,40	1,65
P11	176,57	11,10	-0,73	176,49	11,12	-0,72	169,93	-0,23	1,14
P12	292,58	10,30	0,08	292,58	10,30	0,08	273,70	-2,59	1,70
P13	280,49	11,75	-0,11	280,26	11,78	-0,12	261,75	-2,17	1,49
P14	274,42	11,94	-0,08	274,16	11,96	-0,09	255,34	-3,01	1,52
P15	288,89	13,40	-0,07	288,89	13,40	-0,07	269,12	-2,57	1,54
P16	277,02	13,43	-0,08	276,44	13,44	-0,09	256,00	-3,54	1,54
P17	304,43	14,83	-0,26	304,43	14,83	-0,26	283,90	-3,33	139
P18	170,07	3,04	0,51	169,84	3,04	0,50	165,60	-0,12	2,41

Fonte: Fundações Engenharia Ltda (2022).

Quadro 2 – Mapa de Cargas atuantes na Fundação

Elem	FZ MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MX MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações			MY MIN-ELU2-Verificações de estado limite último - Pilares e fundações		
	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm	Fz tf	Mx tfm	My tfm
P1	118,58	-0,29	130,33	134,60	-2,27	-0,3	135,07	-0,68	-131,38
P2	203,20	11,49	-0,42	227,61	-14,37	-0,43	210,56	-2,38	-1,91
P3	266,42	14,33	0,07	305,03	-13,59	0,07	286,19	0,03	-1,42
P4	259,31	14,78	-0,02	298,34	-14,47	-0,03	278,36	0,23	-1,51
P5	259,08	15,76	0,02	298,28	-14,78	0,01	278,33	0,97	-1,48
P6	259,71	16,20	0,04	299,39	-15,65	0,03	278,90	1,15	-1,47
P7	255,86	17,23	0,02	297,60	-15,96	0,00	276,41	1,88	-1,5
P8	259,94	18,05	0,04	298,39	-16,79	0,04	279,11	2,27	-1,5
P9	151,96	2,78	0,37	167,73	-3,29	0,39	155,84	0,12	-1,38
P10	52,87	1,40	1,65	57,83	-11,36	0,05	71,19	-1,25	-1,73
P11	148,98	-14,47	-0,51	149,06	-14,49	-0,52	156,20	-2,46	-2,39
P12	253,48	-17,67	0,25	253,48	-17,67	0,25	273,35	-4,06	-1,39
P13	241,43	-17,44	0,04	241,66	-17,47	0,05	261,17	-2,77	-1,58
P14	234,94	-18,58	0,07	235,20	-18,59	0,08	255,04	-2,84	-1,55
P15	248,88	-18,47	0,09	248,88	-18,47	0,09	269,67	-1,67	-1,54
P16	234,72	-19,74	0,08	235,30	-19,76	0,09	256,82	-1,92	-1,56
P17	265,37	-20,03	-0,10	265,37	-20,03	-0,10	286,90	-0,96	-1,77
P18	154,30	-3,02	0,67	154,53	-3,02	0,68	159,15	0,30	-1,25

Fonte: Fundações Engenharia Ltda (2022).

A partir disso, foram inseridos os dados de caracterização do solo na planilha (Figura 5) para cálculo, contemplando o dimensionamento geométrico de estacas do tipo hélice contínua e escavada, para o edifício em estudo. Para a realização dos cálculos utilizou-se o método de Décourt-Quaresma. A partir de então foram gerados resultados das capacidades para resistência de ponta e atrito lateral.

Figura 5 – Planilha de Capacidade de Carga

Fonte: Ferreira e Delalibera (2012).

Após a obtenção das cargas admissíveis para cada tipo e diâmetro de estaca foi respeitada a carga estrutural máxima permitida, Tabela 1 e 2:

Tabela 1 - Carga estrutural admissível para estacas escavadas mecanicamente com trado helicoidal

Diâmetro (cm)	Carga de Catálogo tradicional P_e (kN)	Carga estrutural admissível (kN)
Ø25	200	250
Ø30	300	360
Ø35	400	490
Ø40	500	640
Ø45	600	810
Ø50	800	1000

Fonte: Falconi *et al.* (1998)

Tabela 2 - Carga estrutural admissível para estacas hélice contínua

Diâmetro da Hélice (mm)	Carga Admissível Estrutural (kN)	Espaçamento Sugerido (cm)
Ø275	350	70
Ø300	450	75
Ø350	600	90
Ø400	800	100
Ø425	900	110
Ø500	1250	125
Ø600	1800	150
Ø700	2450	175
Ø800	3200	200

Ø900	4000	225
Ø1000	5000	250

Fonte: Antunes *et al.* (1998)

A última etapa é de âmbito orçamentário, foi a responsável por conter a informação final de qual é o tipo de fundação mais ideal para a situação abordada, segundo Velloso e Lopes (1998), a melhor escolha pode ser feita se baseando em dois parâmetros: aquela que possui menor custo e menor prazo de execução. Para tal, foram utilizados preços praticados na capital e orçados custos de escavação e custos de materiais, sendo eles, concreto usinado e aço.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Após a análise da sondagem do terreno estudado, foram inseridos os dados de caracterização do solo na planilha para a obtenção da carga admissível, que se dá pela menor carga entre a carga estrutural e carga geotécnica. Para determinação dessa carga foi necessário estabelecer as cotas de assentamento da ponta e o diâmetro dos ambos tipos de estacas. A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para cálculo do número de estacas para cada tipo de fundação.

Tabela 3 - Definição da Carga Admissível para as Estacas Escavadas e Hélice Contínua

Tipo	Diâmetro (cm)	Cota de assentamento (m)	Carga Estrutural (kN)	Carga Geotécnica (kN)	Carga Admissível (kN)
Estaca Escavada	Ø40	19	625	644,24	625
Estaca Hélice Contínua	Ø40	21	750	768,42	750

Fonte: Autora, (2022).

Após a definição da carga admissível, foi calculado o número de estacas por pilar de acordo com as cargas atuantes na fundação (Tabela 4).

Tabela 4 – Número de Estacas Escavadas e Hélice Contínua

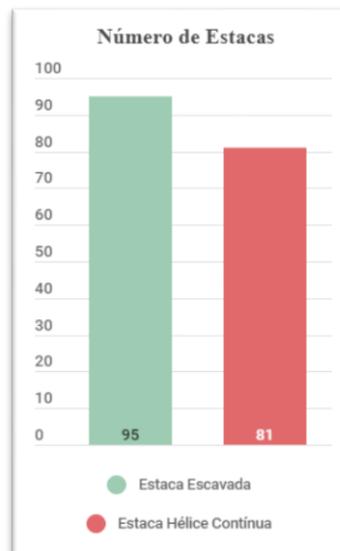
Pilar	Número de Estacas Escavadas	Número de Estacas Hélice Contínua
P1	8	6
P2	5	4
P3	6	5
P4	6	5
P5	6	5
P6	6	5

P7	6	5
P8	6	5
P9	3	3
P10	2	2
P11	4	3
P12	6	5
P13	5	5
P14	5	5
P15	6	5
P16	5	5
P17	6	5
P18	4	3

Fonte: Autora, (2022).

A Figura 6 representa os comparativos entre as opções de fundação divididos por categorias individuais, para melhor compreensão da quantidade total de estacas por cada modalidade de fundação.

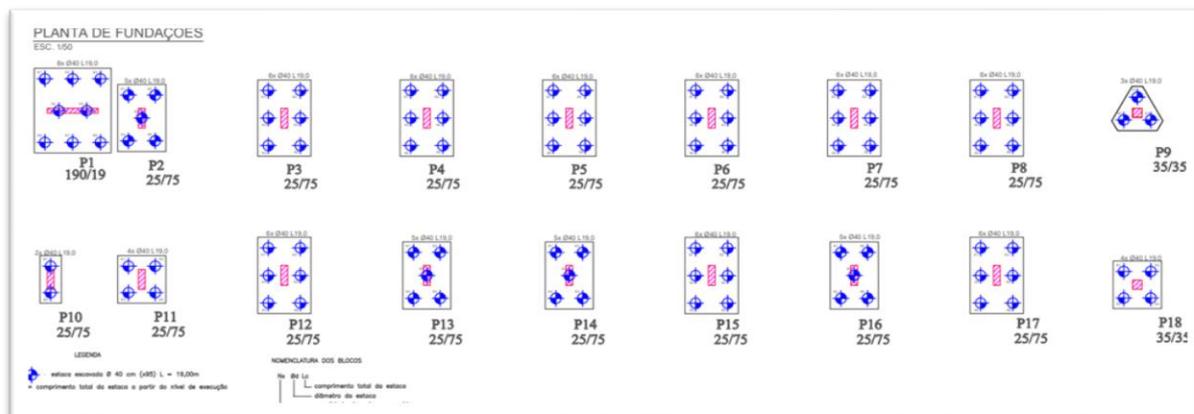
Figura 6 – Comparativo das quantidades de estacas



Fonte: Autora, (2022).

Com a definição do número de estacas por pilar, foi executado a distribuição dos blocos de coroamento para ambos tipos de fundações, a critério de comparação visual do projeto (Figura 7 e 8).

Figura 7 – Projeto de Fundações com Estaca Escavada



Fonte: Autora, (2022).

Figura 8 – Projeto de Fundações com Estaca Hélice Contínua



Fonte: Autora, (2022).

Em seguida, foi calculado o volume de concreto de cada estaca para cada pilar (Tabela 5) e o quantitativo total (Figura 9), considerando a cota de assentamento de cada tipo de fundação.

Tabela 5 – Volume de concreto das Estacas Escavadas e Hélice Contínua

Pilar	Volume de concreto das Estacas Escavadas (m ³)	Volume de concreto das Estacas Hélice Contínua (m ³)
P1	15,83	19,10
P2	10,56	11,94
P3	13,19	14,33
P4	13,19	14,33
P5	13,19	14,33
P6	13,19	14,33
P7	13,19	14,33
P8	13,19	14,33

P9	7,92	7,16
P10	5,28	4,78
P11	7,92	9,55
P12	13,19	14,33
P13	13,19	11,94
P14	13,19	11,94
P15	13,19	14,33
P16	13,19	11,94
P17	13,19	14,33
P18	7,92	9,55

Fonte: Autora, (2022).

Figura 9 – Comparativo do volume de concreto das estacas



Fonte: Autora, (2022).

O dimensionamento dos blocos de coroamento foi feito obedecendo o cálculo da NBR 6118 (2014), onde preconiza a distância de borda igual à metade do diâmetro da estaca, e em caso de blocos contendo mais de uma estaca, as mesmas foram espaçadas com distância igual a duas e meia vezes o valor do seu diâmetro. De acordo com o número de estacas foi dimensionado os blocos de coroamento para cada tipo de estacas. Na Tabela 6 são representados os volumes de concreto dos blocos de coroamento para cada tipo de fundação e o quantitativo total (Figura 10).

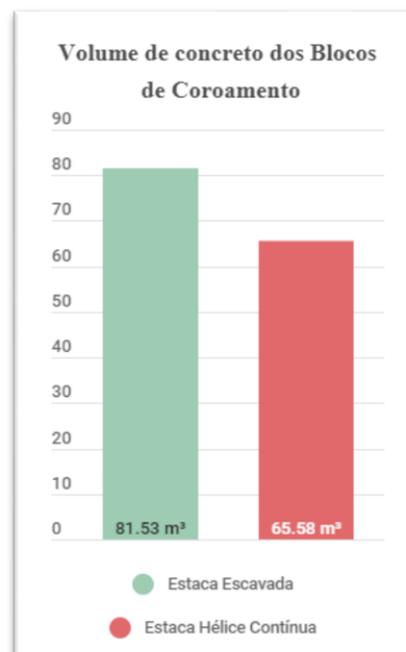
Tabela 6 – Volume de concreto dos blocos de coroamento com Estacas Escavadas e Hélice Contínua

Pilar	Volume de concreto dos blocos de coroamento com Estacas Escavadas (m³)	Volume de concreto dos blocos de coroamento com Estacas Hélice Contínua (m³)
P1	7,81	5,54

P2	4,40	1,94
P3	5,54	4,40
P4	5,54	4,40
P5	5,54	4,40
P6	5,54	4,40
P7	5,54	4,40
P8	5,54	4,40
P9	1,46	1,46
P10	0,86	0,86
P11	1,94	1,46
P12	5,54	4,40
P13	4,40	4,40
P14	4,40	4,40
P15	5,54	4,40
P16	4,40	4,40
P17	5,54	4,40
P18	1,94	1,46

Fonte: Autora, (2022).

Figura 10 – Comparativo do volume de concreto dos blocos de coroamento



Fonte: Autora, (2022).

Na Tabela 7 e Figura 11 são apresentados os quantitativos de aço CA-50 para as estacas e blocos de fundações. Para o dimensionamento da armadura das estacas foi calculada a área mínima de aço de 5,03 cm², que resultou numa armadura longitudinal de 7 ferros de bitola 10.0 com 4 m de comprimento e estribos de bitola 6.3

com espaçamento de 20 cm. Para o dimensionamento da armação dos blocos de coroamento, utilizou-se 70 kg de aço para cada m³ de concreto.

Tabela 7 – Peça do aço das estacas e blocos com Estacas Escavadas e Hélice Contínua

Pilar	Peso do aço das Estacas Escavadas (kg)	Peso do aço das Estacas Hélice Contínua (kg)	Peso do aço dos blocos de coroamento com Estacas Escavadas (kg)	Peso do aço dos blocos de coroamento com Estacas Hélice Contínua (kg)
P1	118,36	157,81	388,08	546,70
P2	78,90	98,63	136,08	308,35
P3	98,63	118,36	308,35	388,08
P4	98,63	118,36	308,35	388,08
P5	98,63	118,36	308,35	388,08
P6	98,63	118,36	308,35	388,08
P7	98,63	118,36	308,35	388,08
P8	98,63	118,36	308,35	388,08
P9	59,18	59,18	101,91	101,91
P10	39,45	39,45	60,48	60,48
P11	59,18	78,90	101,91	136,08
P12	98,63	118,36	308,35	388,08
P13	98,63	98,63	308,35	308,35
P14	98,63	98,63	308,35	308,35
P15	98,63	118,36	308,35	388,08
P16	98,63	98,63	308,35	308,35
P17	98,63	118,36	308,35	388,08
P18	59,18	78,90	101,91	136,08

Fonte: Autora, (2022).

Figura 11 – Comparativo do peso do aço das estacas e dos blocos de coroamento



Fonte: Autora, (2022).

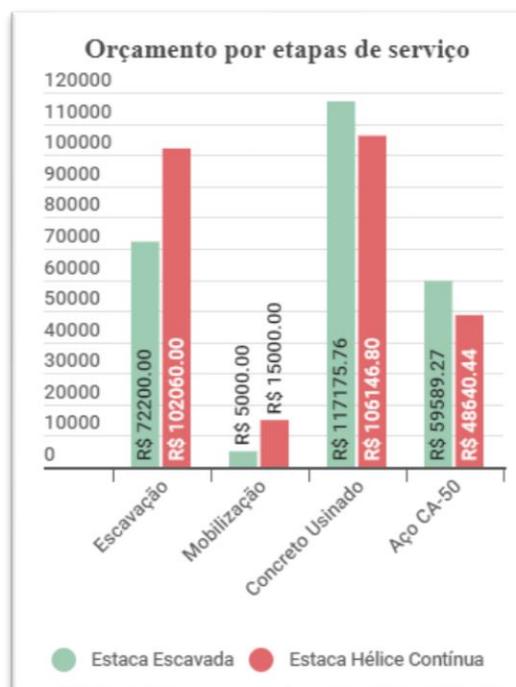
Para o âmbito orçamentário, foram utilizados preços praticados na cidade de João Pessoa – PB e orçados custos de escavação e custos de materiais, sendo eles, concreto usinado e aço. Para o custo da escavação foram utilizados os valores de R\$ 40,00/m para a Estaca Escavada e R\$ 60,00/m para a Estaca Hélice Contínua e um custo adicional de mobilização de R\$ 5.000,00 e R\$ 15.000,00, respectivamente. Para o custo do aço CA-50 e concreto usinado FCK 30 Mpa, foram usados os valores de R\$ 7,86/kg e R\$ 380,00/m³, respectivamente (Tabela 8 e Figura 12).

Tabela 8 – Orçamento total por etapa de serviço

Descrição	Estaca Escavada	Estaca Hélice Contínua
Escavação	R\$ 72.200,00	R\$ 102.060,00
Mobilização	R\$ 5.000,00	R\$ 15.000,00
Concreto Usinado 30 Mpa	R\$ 117.175,76	R\$ 106.146,80
Aço CA-50	R\$ 59.589,27	R\$ 48.640,44

Fonte: Autora, (2022).

Figura 12 – Orçamento total por etapas de serviços

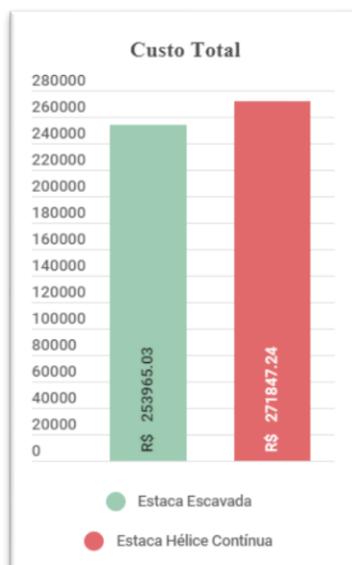


Fonte: Autora, (2022).

Os valores obtidos demonstram que a opção de Estaca Hélice Contínua atingiu valores aproximadamente 7% mais altos que a Estaca Escavada. Tais observações são compatíveis com a prática, é de fácil entendimento perceber que tal discrepância

foi causada devido ao custo de execução da escavação, por possuírem uma diferença de R\$ 20,00 por metro em relação a Escavada, gerando assim um custo mais elevado (Figura 13).

Figura 13 – Custo Total da Fundação



Fonte: Autora, (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como foco principal a comparação de dois dos métodos mais competitivos de estacas ofertados no bairro de Mangabeira, na cidade de João Pessoa – PB: Estacas Escavadas e Estacas Hélice Contínua.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que, a opção de Estaca Escavada representa a solução mais econômica para o tipo de edificação e perfil geotécnico analisados. A opção de Estaca Hélice Contínua mesmo possuindo inicialmente valores com custos de materiais muito abaixo de sua concorrente, atingiu valor final aproximadamente 7% mais alto, segundo o comparativo.

Todavia, a Estaca Hélice Contínua permanece sendo uma opção competitiva, levando em consideração um menor tempo de execução e a segurança dos trabalhadores, visto que o trado é extraído simultaneamente com a injeção do concreto através do tubo vazado.

O presente trabalho, demonstrou o desempenho da estaca tipo Hélice Contínua e Escavada mostrando seu processo de execução, com base na perfuração do solo, sendo válido lembrar a importância sobre os projetos estruturais, para que todas as

estacas sejam executadas conforme foram calculadas, bem como, a escolha ideal do tipo de fundação a ser adotado, com base no tipo de solo e na edificação a ser construída.

Na engenharia, os tipos de solos são descritos com base em suas propriedades e características.

Espera-se que o presente estudo contribua para trabalhos futuros sobre o mesmo tema, para realização de experimentos nesta mesma linha que possibilite a contribuição para novas conclusões frente ao direcionamento deste tipo de execução de fundações, melhorando no dimensionamento e melhorando cada vez mais este sistema.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR 6122/2019-Projeto e Execução de Fundações.

AGUIAR, Marcos Fábio Porto de; MOREIRA, João Paulo Ramalho; OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. DETERMINAÇÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS CONSIDERANDO A RESISTÊNCIA POR ATRITO LATERAL NO AMOSTRADOR SPT. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [S.l.], v. 8, n. 3, dec. 2014. ISSN 2176-0144. Disponível em: <<http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/761/467>>. Acesso em: 25 mar. 2022. doi:<https://doi.org/10.21439/conexoes.v8i3.761>.

ALBUQUERQUE, P.; MASSAD F.; CARVALHO D.; FERREIRA M.; **Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega, em solo residual de diabásio**. Editora Nobre. Campinas-SP, 2001.

ALMEIDA NETO, José Albuquerque de. **Análise do Desempenho de Estacas Hélice Contínua e Ômega – Aspectos Executivos**. 2002. 193 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Solos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**: uma introdução ao controle da qualidade em fundações. São Paulo: Blücher, 2019.

BRAGA, Victor Diego de França. **Estudo dos Tipos de Fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na Região Metropolitana de Fortaleza**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

BRONS, K.F.; KOOL, A.F. (1988). Methods to improve the quality of auger piles. In: INTERNATIONAL GEOTECHINICAL SEMINAR ON DEEP FOUNDATIONS ON BORED AND AUGER PILES, 1st, Ghent-Belgium. **Proceedings**. Rotterdam: A. A. Balkema. p. 269-272

CAPUTO, A.N.; TAROZZO, H.; ALONSO, U.R.; ANTUNES, W.R. (1997).
Estacas hélice contínua: projeto, execução e controle. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – Núcleo Regional de São Paulo. 59p.

COSTA, Wallace Mascagna *et al.* VIABILIDADE DA HÉLICE CONTÍNUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar - Issn 2675-6218**, [S.L.], v. 2, n. 10, p. 1-2, 10 nov. 2021. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. <http://dx.doi.org/10.47820/recima21.v2i10.807>. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/807>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FALCONI, F.F.; SOUZA FILHO, J.; FÍGARO, N.D. Execução de fundações profundas: estacas escavadas sem lama bentonítica. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 336-344.

KOSHIMA, Akira. Fundações Teoria e Prática. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.
NAVES, Lucas Alves Veloso. **Análise Comparativa Técnico-Econômica Entre Fundações Tipo Estaca Escavada E Hélice Contínua Monitorada Para Um Projeto De Edificação Situado Na Orla 14 Em Palmas - To.** 2018. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas (Ceulp/Ulbra)., Palmas, 2018.

PENNA, A. S. D.; CAPUTO, A.N., MAIA, C.; PALERMO, G.; GOTLIEB, M.; PARAÍSO, S.C.; ALONSO, U.R. (1999). **A estaca hélice contínua – a experiência atual.** 1ª ed. São Paulo: FALCONI, F.F. & MARZIONNA, J. D. (ED.). ABMS/ABEF/IE, 162p.
PEREIRA, Caio. Estaca Hélice Contínua – Vantagens e Desvantagens. Escola Engenharia, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua/>. Acesso em: 24 de março de 2022.

PINTO, Carlos de Souza. Capítulo 2 – Fundações: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Pini, 1998.

QUARESMA, A.R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A.R.; ALMEIDA, M.S.S.; DANZIGER, F. Investigações geotécnicas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 119-162.

VELLOSO, DIRCEU DE ALENCAR; MARIA, PAULO EDUARDO LIMA DE SANTA; LOPES, FRANCISCO DE REZENDE. Investigações geotécnicas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 163-196.

ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS FISSURAS, TRINCAS, MOFO, CORROSÃO DA ARMADURA, EFLORESCÊNCIA

Rafael Farias Reis
Ivanice da Silva Pereira
Hágnom Amorim

RESUMO

Neste artigo, é apresentada algumas das manifestações patológicas que são mais comuns dentro da engenharia civil, também são citados seus possíveis motivos ocasionais e suas soluções admissíveis. Serão apresentadas as fissuras, trincas, rachaduras, corrosão da armadura, eflorescência e mofos. A metodologia adotada baseia-se numa revisão bibliográfica, normas técnicas em vigência, artigos científicos e literaturas que tratam sobre o tema. Os resultados foram obtidos por meios de imagens fotográficas, colhidas em um edifício situado no bairro de Mangabeira VII, João Pessoa- Paraíba, acometido das manifestações abordadas nesse trabalho. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar de forma simples as manifestações patológicas que ocorrem em edifícios que são de alvenaria estrutural, assim como suas análises e tratamentos de intervenções, voltadas às necessidades de intervenção dos edifícios que são mais antigos do bairro de Mangabeira, onde inúmeros deles, assim como esse, sofrem com essa mesma problemática. Sabendo-se que, é de suma importância a intervenção, assim como inspeções e a manutenção preventiva do edifício, evitando danos futuros que possam e comprometer o desempenho e a vida útil dessas edificações.

Palavras-chaves: Construção civil; Manifestações patológicas; Intervenção.

ABSTRACT

In this article, some of the pathological manifestations that are most common within civil engineering are presented, their possible occasional reasons and their admissible solutions are also mentioned. The fissures, cracks, cracks, corrosion of the reinforcement, efflorescence and molds will be presented. The methodology adopted is based on a bibliographic review, current technical standards, scientific articles and literature dealing with the subject. The results were obtained by means of photographic images, collected in a building located in the neighborhood of Mangabeira VII, João Pessoa- Paraíba, affected by the manifestations addressed in this work. Therefore, the objective of this work is to present, in a simple way, the pathological manifestations that occur in buildings that are of structural masonry, as well as their analysis and intervention treatments, aimed at the intervention needs of the oldest buildings in the Mangabeira neighborhood, where countless of them, like this one, suffer from the same problem. Knowing that, intervention is of paramount importance, as well as inspections and preventive maintenance of the building, avoiding future damages that may compromise the performance and useful life of these buildings.

Keywords: Civil construction; Pathological manifestations; Intervention.

1 INTRODUÇÃO

A patologia, é o estudo das “doenças” que podem surgir nas edificações e tem como função diagnosticar os efeitos insatisfatórios e as suas causas que são oriundas aos seus aparecimentos, com isso, surgem as possibilidades dos tratamentos cabíveis a cada uma delas, de maneira que sua vida útil não seja prejudicada de maneira irreversível.

Com o desenvolvimento das grandes cidades e a necessidade de um acompanhamento do crescimento dos centros urbanos, o setor da construção civil, com a alvenaria estrutural, se fez presente de uma forma inovadora, buscando a rapidez e a eficiência em um campo que vem cada vez mais se modernizando, por ser considerada uma opção mais econômica e viável.

A alvenaria estrutural consiste em um método construtivo, onde as paredes têm como função distribuir as cargas para sua fundação, tendo em vista a substituição dos pilares e vigas. Nesse contexto, a alvenaria estrutural é executada por blocos estruturais, que poderá ser concedido de concreto ou bloco cerâmico (KALIL, 2011).

Tejo (2018), lista possíveis falhas acometidas nos projetos que podem trazer prejuízos à Edificação:

- Projetos mal elaborados ou incompletos;
- Falta de detalhes construtivos;
- Falta de projetos *As Built*;
- Incompatibilidade de diferentes projetos;
- Informações erradas ou insuficientes como projetos não cotados.

Em razão da queda de qualidade, segundo Ferreira (2020), as manifestações patológicas surgem por meio de projetos hipossuficientes, de execuções equivocadas que podem manifestar-se ao tempo, em razão da ausência de manutenção apropriada. O mau funcionamento das construções gera custos com manutenções corretivas e em casos mais graves levam as construções à ruína, podendo acarretar em perdas econômicas, podendo ocorrer alguma fatalidade.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é abordar a problemática desses edifícios, considerando alguns fatores como, possíveis falhas de execução, materiais com baixa qualidade, mão de obra não qualificada, assim como a falta de inspeção e

manutenção preventiva. É necessário, identificar as causas que levam ao surgimento dessas ocorrências, com um olhar mais atento aos primeiros sinais, propondo intervenções de recuperação para que não ocorram problemas maiores no futuro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A alvenaria estrutural é originária da Pré-História, seu sistema construtivo foi adotado pelo homem, onde suas primeiras alvenarias eram em pedras ou em tijolos expostos ao sol para secagem. Eram erguidas segundo regras empíricas e tinham grandes espessuras (PESTANA, 2014).

A partir do início do século XX, foram descobertos e aprimorados, muitos materiais de construção e a arte de construir, passaram por uma revolução. Os novos materiais aliados ao aprimoramento de novas técnicas construtivas permitiram a edificação de obras cada vez maiores e mais arrojadas (CAMACHO, 2006).

Mesmo com o avanço tecnológico e a melhoria na qualidade dos materiais no mercado, não houve diminuição na incidência das manifestações patológicas. Com isso, identificar as causas, com diagnósticos e, posteriormente, atuando com intervenção, garante que não sejam prejudicadas, essas edificações, garantindo suas características estruturais e vida útil (MOHAMAD, 2015).

Segundo Dantas (2019), estabelecida por ser um método construtivo, suas paredes garantem a sustentação da edificação e tem principalmente suas cargas distribuídas para que sejam levadas às fundações. Por conseguinte, um dos melhores benefícios da mesma é a de dar em ter maior produtividade e economia no tempo trabalhado.

No Brasil, uma das primeiras construções em alvenaria estrutural foi o Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, em São Paulo. Concluído no ano de 1966, apresentando em suas quatro torres os blocos de cerâmicos com 19 cm de espessura.

Figura 1 - Conjunto Habitacional Central Parque Lapa



Fonte: Comunidade da construção (2008).

A alvenaria estrutural chegou ao Brasil no final da década de 60, apesar de existir vários empreendimentos com essa forma construtiva anteriormente a esse período. Os primeiros prédios foram construídos com quatro pavimentos de blocos de concreto.

Para Dantas (2019), alvenaria estrutural é trabalhada com blocos de concretos, cerâmicos, armaduras, pontos de grautes e juntas de argamassa. Com essa junção, é formado as edificações estruturais, nas quais através delas são elevadas as paredes que compõem a sua estrutura, Figuras 2,3,4 e 5, logo abaixo.

Figura 2- Bloco de concreto



Fonte: Orçafascio (2021).

Figura 3- Bloco cerâmico



Fonte: Cerâmica Constrular (2020).

Figura 4- Ponto de Graute



Fonte: Mapa de obra (2017).

Figura 5- Juntas de argamassa



Fonte: Revista da anicer (2021).

A alvenaria estrutural é classificada por tipos de unidades ou materiais utilizados quanto à ação construtiva empregada, podendo ser separada por seis classificações (CAMACHO, 2006).

2.1.1 Alvenaria Estrutural Armada - Processo que necessita em sua estrutura, presença de armadura passiva de aço. As armaduras são lançadas dentro dos blocos, em seguida adicionado o concreto, processo chamado Graute.

2.1.2 Alvenaria Estrutural não Armada - Processo que só existe armadura quando houver propósito construtivo para evitar problemas patológicos.

2.1.3 Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada - Processo onde elementos são planejados como não armados e outros com armaduras, essa definição só existe no Brasil.

2.1.4 Alvenaria Estrutural Protendida - Quando ocorre presença de armadura ativa no elemento.

2.1.5 Alvenaria Estrutural de Tijolos ou de Blocos - Quando os próprios elementos fazem a função estrutural nas edificações, considerado uma estrutura mista.

2.1.6 Alvenaria Estrutural Cerâmica ou de Concreto - Quando os elementos são formados de cerâmica ou de concreto.

2.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Santos (2021), patologia das estruturas é definida como a área das construções que estuda as formas das manifestações, origens, mecanismos e consequências de falhas no sistema de deterioração estrutural. As manifestações patológicas estão ligadas aos níveis de vida útil e qualidade da obra, dependendo das fiscalizações e cuidados durante o andamento das atividades de suas manutenções.

Mohamad (2015), garante que, uma estrutura que retém sintomas de manifestações patológicas, pode-se demarcar em até quatro etapas:

- **Anamnese:** é uma análise relacionada a projetos, e levantamento de informações do histórico da edificação, considerando os motivos causadores desses efeitos provocados pelas manifestações patológicas, com alguém como um morador, um síndico.

- **Sintomatologia:** se refere ao estudo de como as manifestações patológicas se mostram visualmente, no qual, o profissional, ou técnico da área baseia-se a um pré-diagnóstico.
- **Terapêutica:** trata com a intervenção dos danos, como um reforço, restauração, entre outros.
- **Diagnóstico:** é a procura pelo entendimento do que acontecem abordando os sintomas, origens e tratamento a ser realizado.

Segundo Santos (2021), os principais motivos que causam os aparecimentos de manifestações patológicas, são as faltas de prática no canteiro de obras, uso de materiais sem qualidades mínimas exigidas, projeto fora da norma técnica, omissões de erros na etapa de obra ou no projeto.

2.3 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL

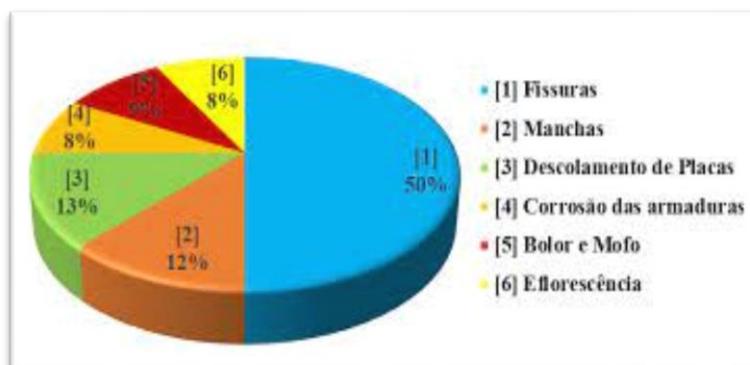
Segundo Zuchetti (2015), as ocorrências patológicas ocorrem por inúmeros fatores, desde o envelhecimento natural, incidentes, insensatez de profissionais e usufrutuários.

Santos (2021), afirma que, uma das principais manifestações ocorrentes na alvenaria estrutural são as fissuras em paredes, ocupando o primeiro lugar na sintomatologia em alvenarias de blocos de concretos, prejudicando a estética, o conforto e até mesmo a estanqueidade da construção.

Entre os estudos feitos no Brasil, está o do engenheiro Yoshimoto (1986) que, foi o pioneiro a levantar os problemas de manifestações patológicas em 36 conjuntos habitacionais. Sendo levantados os dados referentes a umidade, trincas e descolamento de revestimentos.

A Figura 6, demonstra em porcentagem as manifestações mais comuns na alvenaria estrutural.

Figura 6- Índice de manifestações patológicas



Fonte: Contecc (2018).

2.3.1 FISSURAS, TRINCAS, RACHADURAS

Carasek (2010) afirma que, “o revestimento de argamassa deve também apresentar capacidade de absorver pequenas deformações, para se deformar sem ruptura ou por meio de microfissuras, de maneira a não comprometer a sua aderência, estanqueidade e durabilidade”, a fissura é primeiro estágio de uma das inúmeras manifestações patológicas, corresponde a aberturas finas (de até 0,5 mm) e alongadas, geralmente superficiais. A trinca, que vem na sequência, ocorre quando esta abertura aumenta (entre 0,5 a 1,5 mm) a ponto de dividir a estrutura, como as paredes, em duas partes distintas. Já as rachaduras são caracterizadas por aberturas (de 3,00 mm à 5,00 mm) através das quais podem passar o vento e a água das chuvas, por exemplo. Acima dessas medidas já é considerada fenda ou brecha, Tabela 1.

Tabela 1- Classificação da Anomalia Conforme Abertura

Anomalias	Dimensões de Abertura
Fissura	Até 0,5 mm
Trinca	De 0,5 a 1,5 mm
Rachadura	De 1,5 a 5,0mm

Fonte: Autores (2022).

Segundo Duarte (1998), as fissuras são classificadas segundo a sua atividade, em ativas ou passivas. Fissuras ativas são aquelas que variam sua espessura à

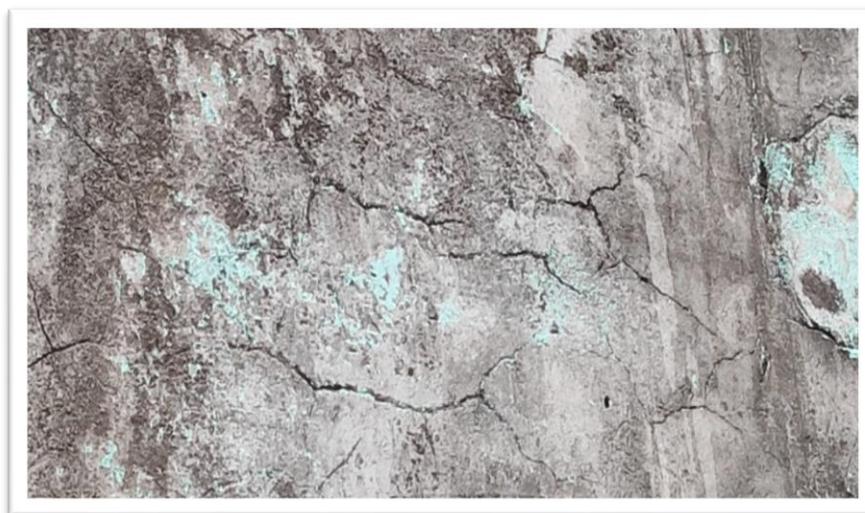
medida em que, as categorias que as provocaram sofrem alterações, com um comportamento como juntas induzidas pela estrutura.

Variações térmicas diárias e estacionais, provocam a variação de dimensão nas partes do edifício e, estes movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os materiais, gerando tensões que podem provocar fissuras cuja espessura varia de acordo com o gradiente de temperatura.

As fissuras ativas também podem apresentar alterações lineares, decorrentes de recalques de fundações.

Já as fissuras passivas, encontram-se num estado estabilizado, não apresentam variação em sua espessura ou no seu comprimento no decorrer do tempo, Figura 7.

Figura 7- Fissuras em Alvenaria



Fonte: Autores (2022).

2.3.3 MOFO OU BOLOR

Por Silva e Jonovi (2019), mofo ou bolor é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, inclusive as argamassas inorgânicas.

As medidas que previnem o surgimento dessa manifestação, são pensados e projetados como a ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, diminuindo os de riscos de condensação nas superfícies internas e evitando que aconteça infiltração de água por meio de paredes, pisos e/ou tetos, SANTOS (2021).

Caso ocorra esse tipo de manifestação patológica, a limpeza da superfície é necessária, com utilização de soluções fungicidas podendo até ocorrer a troca de materiais, que estavam contaminados por outros que resistam a ação de crescimento do bolor.

Em problemas de umidade na construção civil, geralmente o mofo ou bolor é encontrado em paredes internas de ambientes que possuem baixa ventilação, mas também pode ocorrer em paredes externas, geralmente em paredes com pouca incidência de sol, sendo mais úmidas que as demais, Figura 8.

Figura 8- Mofo ou Bolor em alvenaria estrutural



Fonte: Epec (2021).

2.3.4 CORROSÃO DE ARMADURAS

Segundo Silva e Jonovi (2019), as armaduras do concreto são invariavelmente instaladas nas proximidades da superfície e, com isso, é imprescindível a proteção das barras de aço do contato com a atmosfera, evitando que o aço produza o hidróxido de ferro, fazendo com que a armadura expanda o seu tamanho e aumente em até seis vezes mais na sua dimensão, levando às fissuras no próprio concreto, chegando a ocorrer o destacamento do concreto nos estágios avançados, como na Figura 9.

Um adensamento bem feito também é primordial, assim como o cobrimento adequado das armaduras. Contudo, na maioria das vezes, esses cuidados são negligenciados, e com o passar do tempo surgem as manifestações patológicas.

Figura 9- Corrosão de armaduras em alvenaria estrutural

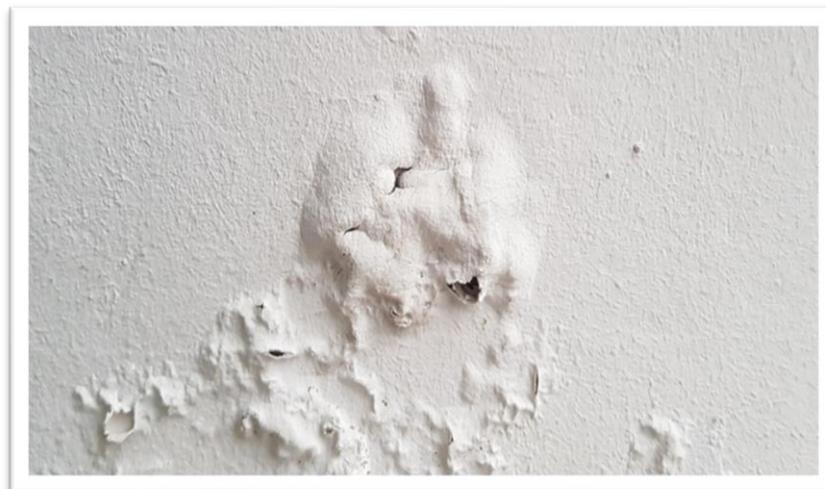


Fonte: Plugin (2018).

2.3.5 INFILTRAÇÃO

Segundo Santos (2021), a causa da infiltração na alvenaria é consequência da absorção capilar da água ou até mesmo de forma gasosa. Uma das principais causas de ocorrer isso é a falta de uma impermeabilização nas áreas mais expostas à umidade e o contato direto com a água, os materiais usados sem seguir o que é recomendado pelo fabricante, projetos falhos, entre outros motivos. A Figura 10, demonstra uma infiltração numa parede onde prejudica o acabamento dado pela pintura, na alvenaria.

Figura 10- Infiltração em alvenaria estrutural



Fonte: A sua obra (2018).

2.3.6 EFLORESCÊNCIA

Segundo UEMOTO (1985), eflorescência significa a construção de depósitos salinos na região da alvenaria, o fenômeno pode acontecer em qualquer elemento da edificação, podendo trazer alterações estética ou até mesmo agressiva. Esses depósitos são formados quando os sais solúveis são transportados pela água utilizada na construção ou até vinda por infiltração que, em contato com o ar, solidifica-se e formam-se os depósitos esbranquiçados.

A principal causa das eflorescências nas alvenarias é a presença da cal livre em quaisquer substratos que levam cimento na composição, como argamassas de assentamento, reboco, chapisco e blocos de concreto. Isso porque o cimento contém os compostos químicos que ao reagirem com o gás carbônico do ar, transformam-se na cal livre, processo chamado de carbonatação, Figura 11.

Figura 11 – Eflorescência em fachada de alvenaria estrutural



Fonte: Antônio Neves (2019).

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização desse trabalho intercorre de revisão bibliográfica, com caráter explicativo, utilizando-se de pesquisa exploratória com obtenção de imagens e abordagens da literatura e de artigos científicos comprovados e relacionados às manifestações patológicas e alvenaria estrutural.

Tendo em vista, o levantamento de material colhido, as possíveis causas e tratamento mais adequados, foram analisadas e registradas *in loco*, com inspeção

visual, e utilização de equipamento de registros fotográficos, para registro das irregularidades e documentação e uso do paquímetro.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Através de vistoria feita *in loco*, registraram-se algumas manifestações patológicas na edificação, a mesma é situada na Rua Jacira de Vasconcelos Claudino, Número 143, Bloco G7, no bairro de Mangabeira, na cidade de João Pessoa-PB, Figura 12 e 13.

Figura 12- Edifício em Mangabeira VII, (Bloco G7)



Fonte: Autores (2022).

Figura 13- Identificação das fachadas



Fonte: Autores (2022).

Foram realizadas visitas para identificação das manifestações que se encontram na edificação. Em seguida foi feito um estudo para buscar as melhores alternativas para a recuperação da estrutura, utilizando pesquisas bibliográficas, artigos científicos, recomendações de Normas, para melhores resultados de intervenção e recuperação da alvenaria afetada pelas manifestações.

4.1 FISSURAS

A imagem 14, localizada na fachada Oeste, demonstra fissuras em sua alvenaria estrutural, na fissura horizontal de 0,05 mm, possivelmente foi ocasionado por uma retração e dilatação nos materiais que compõem a argamassa do revestimento. A Figura 15, se encontra na Fachada Leste, na fissura vertical possivelmente foi ocasionado por variações de temperaturas e possível ineficiência da trabalhabilidade da argamassa na alvenaria.

A solução para essa manifestação seria uma aplicação com fita de poliéster, onde será permitido que essa superfície trabalhe dilatando-se, evitando surgir novas aberturas, logo em seguida, utilizasse a massa acrílica para regular a superfície e recomendasse a pintura na mesma tonalidade das paredes, SANTOS (2022).

Figura 14- Fissura Horizontal em área externa



Fonte: Autores (2022).

Figura 15- Fissura vertical em área externa

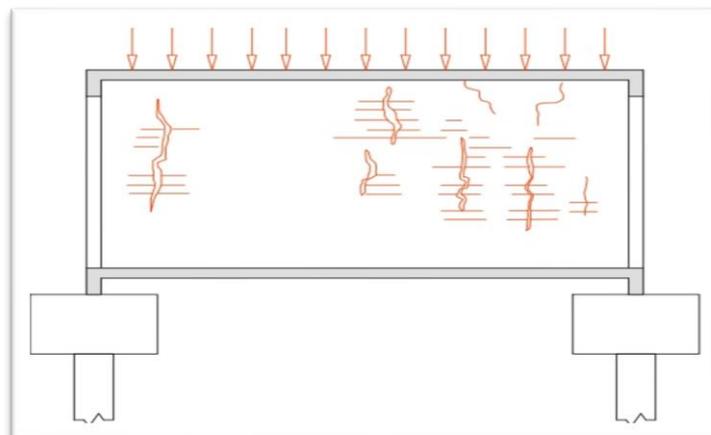


Fonte: Autores (2022).

4.2 TRINCAS POR SOBRECARGAS EM PEÇAS ESTRUTURAIS

Na Figura 16, há uma sobrecarga estrutural, possivelmente é o que acontece na Figura 17, localizada na parte interna da edificação, em parede do segundo pavimento da fachada Sul, verifica-se uma possível trinca, com aproximadamente 0,6 mm, provavelmente gerada por sobrecarga de peso da peça estrutural. Esse tipo de manifestação patológica ocorre em juntas de argamassa e em septos (elemento laminar que divide vazamentos dos tijolos) e bloco de furo horizontal. Isso ocorre quando o material não tem a resistência necessária e se rompe quando sofre uma sobrecarga nas paredes com baixa resistência à compressão.

Figura 16- Demonstração de sobrecarga



Fonte: Grupo AE (2014).

Figura 17- Possíveis Trincas (Sobrecarga Vertical)



Fonte: Autores (2022).

Para Silva (2022), o tratamento é abertura das trincas e a limpeza da superfície, retirando todo resíduo de poeira, após isso utilizado uma fita adesiva para este fim, esfregando a superfície para retirada todo ar, e como um selante curativo, aplicar uma tinta acrílica com um pincel ou rolo sobre todo o local a ser tratado.

4.3 ARMADURAS EXPOSTAS

A armadura exposta possivelmente ocasionada pela ação da água devido a infiltração, as mais comuns são ocasionadas da exposição ao ambiente sem recobrimento devido tratamento do aço, o contato com a atmosfera, água ou umidades, por motivos de falhas de impermeabilização, ou um adensamento mal executado.

A principal solução seria limpar toda a área deteriorada ou não aderida, retirar o concreto ao redor das armaduras, deixando 2,0 cm livres em seu contorno, limpando possíveis ferrugens com uma escova de aço, e por fim fazer o uso do graute, fazendo com que o aço esteja protegido dos agentes externos, e por fim, o abafamento para correção da cobertura da peça, Figura 18, situada na terceira laje da fachada Sul.

Figura 18- Armadura Exposta



Fonte: Autores (2022).

4.4 INFILTRAÇÃO

A Figura 19, encontra-se na Fachada Oeste, na parede externa do banheiro social de uma das unidades, demonstra que nesta parte existe algumas manifestações patológicas, onde umas delas são as fissuras e trincas, mediante essas manifestações, ocasionou uma infiltração nessa parede.

A principal solução para essa manifestação seria resolver a causa primeiramente, que são as fissuras existentes, alargando-as, em seguida, colocar o silicone para esse fim, o intuito dessa intervenção é, bloquear a entrada de chuvas no interior das fissuras, logo em seguida, um novo emboço deve ser colocado, se necessário, aplicar um impermeabilizante na área e, por fim, aplicar a massa corrida e uma pintura para finalizar o tratamento da alvenaria, SILVA (2022).

Figura 19- Infiltração em parede externa



Fonte: Autores (2022).

4.5 MOFO

O mofo encontrado nas Fachadas, possivelmente deriva de infiltração devido às capilaridades de revestimento da argamassa estar sofrendo com as intempéries ou também por conta da umidade, principalmente em períodos chuvosos, algumas fachadas recebem maior contato com as águas pluviais, e conseqüentemente a falta de incidência dos raios solares até que sejam retiradas a umidade delas Então, surge com isso, uma colônia dos mofos, se instaurando sobre a superfície das paredes de alvenaria estrutural.

No caso das paredes, que tem contato com umidade e água, é uma boa prática adicionar aditivos impermeabilizantes na argamassa de reboco, finalizando com massa corrida e pintura, SILVA (2022).

Os aditivos são compostos de polímeros vinílicos e devem ser misturados no momento de preparo da argamassa. Dessa forma, o reboco passa a ter propriedades impermeabilizantes que vão evitar as infiltrações nas paredes, como é o caso do uso do hidrófugo no caso das paredes externas, uma boa solução é a pintura impermeável, com base acrílica. Nesse caso, o tratamento está na retirada de toda a pintura, logo em seguida, aplicar uma camada de impermeabilizante, massa corrida e pintar novamente. A Figura 20, que está localizada na Fachada Sul abaixo da laje da cobertura, retrata a incidência do mofo em sua fachada por uma possível falta de

impermeabilização da cobertura e falta de manta para recobrimento de telhado ou calhas e são usadas para escoamento das águas pluviais.

Figura 20- Mofo em fachada



Fonte: Autores (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se a importância da prevenção das causas originárias das manifestações patológicas nas edificações existentes. Contudo, deve haver a necessidade de uma atenção maior voltada à elaboração de projetos, boas práticas nas fases de execução, como é abordada na NBR 16868-1: 2022-Alvenaria Estrutural, também a utilização de materiais que atendam às expectativas do bom desempenho do edifício ou da obra e, investimento em qualificação ou contratação de uma mão de obra melhor preparada.

Há responsabilidades por partes dos usuários das edificações, no que se refere a execução das manutenções preventivas, de acordo com o que a Norma da NBR 5674:2012- Manutenções de edificações: procedimentos, descreve que, devem ser feitas manutenções periódicas, para que os danos causados pelas manifestações patológicas e os custos de um tratamento de correção, possam ser evitados.

O trabalho desenvolvido abordou algumas das principais manifestações patológicas, porém, seria necessário um aprofundamento maior de estudo e pesquisa

com verificações de projetos, rastreios de técnicas construtivas para detectar suas verdadeiras causas, visto que é um assunto abordado também de nível investigativo, havendo por vezes, a necessidade de testes laboratoriais para uma precisão nas suas conclusões periciais. No entanto, foi colocado de forma simples as possíveis causas e principais tratamentos, dessas “doenças” que acometem de forma sistêmica em centenas de construções no bairro de Mangabeira.

Observa-se diferenças estruturais e estéticas, numa edificação em que são realizadas as medidas de manutenção preventiva à edificação deste estudo.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a continuação desta linha de pesquisa, podendo realizar o cumprimento de um estudo com maior afinco sobre as manifestações patológicas em edificações de alvenaria estrutural, realizando com auxílio de um engenheiro civil ou profissional técnico da área, para obtenção de laudos diagnósticos periciais e um resultado de maior precisão, para reivindicar os tratamentos mais indicados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 16868-1:2020 alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 5674:2012 manutenção de edificações - procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 2012.

A SUA OBRA **Impermeabilização de paredes para evitar infiltração, 2018**. Artigo disponível em: <https://www.krona.com.br/blog/como-evitar-infiltracao/> . Acesso em 07 de junho de 2022.

ANTÔNIO NEVES Eflorescência: Saiba tudo sobre essa manifestação patológica. Artigo disponível em: <https://www.blok.com.br/blog/eflorescencia> . Acesso em 07 de junho de 2022.

BAUER, R. J. F. Patologias Em Alvenaria Estrutural de blocos vazados de Concreto. Caderno Técnico Revista Prisma. São Paulo, 2008.
CARASEK, H. Argamassas. In: IBRACON. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. Cap. 28. p. 885-936, 2010. Geraldo Cechela Isaia, São Paulo, Brasil.

CAMACHO, Jeferson S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: UNESP, 2006.

CERÂMICA CONSTRULAR **ARQUIVO QUALIDADE**, 2020. Artigo disponível em: <https://ceramicaconstrular.com.br/tag/qualidade/> . Acesso em 07 de junho de 2022.

CONTEC OCORRÊNCIA DE PATOLOGIAS EM ESCOLAS PÚBLICAS: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE AFONSO BEZERRA/RN. Artigo disponível em: https://www.confca.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/158_odpeepu.edcnmdab.pdf. Acesso em 08 de junho de 2022.

DANTAS, Sávio Ferreira. **Fissuras, trincas e rachaduras em alvenaria estrutural**- uma revisão bibliográfica sobre causas, prevenção e recuperação. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – (UNIPÊ) PRÓREITORIA ACADÊMICA (PROAC), João Pessoa, 2019.

DIAS. A. P. L.; AMARAL. I. A. R.; AMARANTE. M. S. - **Patologias das construções: trincas, fissuras e rachaduras.** 2021. Centro Universitário Braz Cubas, Brasil. – PESQUISA E AÇÃO, v.7, n.1, 2021.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria:** causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação, 1998. CIENTEC – Boletim técnico n.25, 1998. Porto Alegre, Brasil.

FERREIRA. A. R.; OLIVEIRA. R. S. - **Patologias na construção civil:** estudo de caso em duas residências na cidade de Iraí de Minas – MG. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). GETEC, v.10, n.26, p.1-16, 2021.

CAMPOS. Iberê M. - **O que é patologias das construções?**. Redação do Fórum da Construção, (<http://www.forumdaconstrucao.com.br/>) . Acessado em 06 de junho de 2021.

GRIMM, C. T. Masonry Cracks: **Cause, Prevention and Repair.** *Masonry International, BMB*, v. 10, n.3, p.66-67, 1988.

Grupo AE **Trincas verticais e horizontais em paredes: atuação de sobrecargas.** Artigo disponível em: <https://www.aegrupo.com.br/single-post/trincas-verticais-e-horizontais-em-paredes-atuac3a7c3a3o-de-sobrecargas> . Acesso em 08 de junho de 2022.

HASHIGUTI, Akemy Alyne. **Estudo sobre alvenaria estrutural com blocos de concreto.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

IANTAS, Lauren Cristina. Estudo de Caso: **Análise de patologias estruturais em edificação de Gestão Pública.** 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, 2010.

JUNIOR, Clémenceau Chiabi Saliba. **Trincas nas edificações.** Obras On Line, Minas Gerais, 2006.

KALIL, Sílvia Baptista; LEGGERINI, Maria Regina. **Estruturas Mistas – Concreto Armado X Alvenaria Estrutural.** 2011, 54f. Graduação. Pontifícia Universidade Católica do, 2009. Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

LIMA, Bruno Santos De. **Principais manifestações patológicas em edificações residenciais multifamiliares**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado Em Engenharia Civil) – Universidade Federal De Santa Maria - Centro De Tecnologia Curso de Engenharia Civil, Rio Grande do Sul, 2015.

MAPA DE OBRA **GRAUTE: VANTAGENS, TIPOS E APLICAÇÕES- CAPACITAÇÃO, 2017**. Artigo disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/graute-vantagens-tipos-e-aplicacoes/> . Acesso em 07 de junho de 2022.

MARINOSKI, D. **Alvenarias**: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo. Aula de Tecnologia de Edificação III da UFSC. Florianópolis, 2011.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural. Materiais**, projeto e desempenho. Página 22-39. Editora Blucher, 2015.

NASCIMENTO, I. M. S.; SILVA, D. L.; SANTOS. C.; GALINDO, André A.L.: **Levantamento e análise das manifestações patológicas em Unidades de Saúde da cidade de Paulista/PE**: estudo de caso-Universidade de Pernambuco, 2017.

ORÇA FASCIO **12 TIPOS DE BLOCOS E ONDE USAR CADA UM NA OBRA**, 2021. Artigo disponível em: <https://www.orcafascio.com/papodeengenheiro/tipos-de-blocos/>. Acesso em 07 de junho de 2022.

PESTANA, Eloi H. Assunção, et al. **A alvenaria estrutural e seu desenvolvimento histórico**. 2014. 17f. TCC (Graduação em engenharia civil) – Instituto Federal, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, 2014.

PLUGIN **Corrosão em armaduras de concreto**. Artigo disponível em: <https://plugin.grupohct.com.br/tag/corrosao-em-armaduras-de-concreto/> . Acesso em 07 de junho de 2022.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

REVISTA DA ANICER **Alvenaria no Brasil**. Artigo disponível em: <https://revista.anicer.com.br/qual-a-importancia-da-argamassa-na-alvenaria-estrutural/> . Acesso em 08 de junho de 2022.

RIBEIRO. M. S; ARANHA. R. J. B; SOUZA. S. **et al- Análise comparativa dos sistemas construtivos**: alvenaria estrutural e Light Steel Frame. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), 2021.

RIVERS, C. **Alvenaria estrutural**, 2008. Artigo disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br>. Acesso em 07 de junho de 2022.

SANTOS, Flávia Silva dos. **Patologia em alvenaria estrutural: incidência e intensidade de fissuras em edificações**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)- Centro Universitário Mauricio de Nassau, 2021.

SANTOS. J. J. ; FIGUEIREDO. B. C.- **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. PROJECTUS. Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 134-146, 2017. 134

SILVA. A. P.; JONOV. C. M. P.- **Patologia das construções**: Curso de especialização em construção civil área: sustentabilidade e gestão do ambiente construído, v. 1, p.143, 2019.

SILVA.V. P. A.- **Análise de patologias construtivas nas áreas de um condomínio residencial de médio e baixo padrão**: Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade)- Instituto Federal de Educação e Tecnologia de Goiás, Campus de Anápolis, 2022.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenaria estrutural**- causas e diagnóstico. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)- Universidade Federal De Juiz De Fora, 2013.

SILVA, Vinicius Presley Alfais. **Análise de patologias construtivas nas áreas comuns em um condomínio residencial de médio-baixo padrão**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Anápolis, 2022.

SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. Monografia (Especialista em construção civil) Minas Gerais, 2008, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. –São Paulo: Pini, 1998.

SILVA, Taís Tiburtino. **Manifestações patológicas do edifício do Inkra em João Pessoa-PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÊ). João Pessoa-PB, 2019.

TEJO, Fernanda de Andrade Caputo. **Análise das principais patologias pós obra por um setor de assistência técnica de uma construtora de pequeno porte** – Rio de Janeiro:

UFRJ/Escola Politécnica, 2018.

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.561- 64.

EPEC **mofo: como tratar essa patologia**, 2021. Artigo disponível em <https://epec-ufsc.com.br/condominios/mofo-como-tratar-essa-patologia/> . Acesso em 07 de junho de 2022.

ZANZARINI, José Carlos *et al.* **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural** – estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2016.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastianini. **Patologias da Construção Civil: Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquari/RS.**

Lajeado: Centro Universitário UNIVATES, 2015.

