

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL



ORGANIZADORES:

**Rita de Cássia Alves Leal Cruz
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos**

ISBN: 978-65-5825-038-8

DIÁLOGOS CIENTÍFICOS EM ENGENHARIA CIVIL

**Rita de Cássia Alves Leal Cruz
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros
Giuseppe Cavalcanti de Vasconcelos
(Organizadores)**

Centro Universitário – UNIESP

Cabedelo - PB
2021



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIESP

Reitora

Érika Marques de Almeida Lima Cavalcanti

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
Daniel Vitor da Silveira da Costa – Publicidade e Propaganda
Érika Lira de Oliveira – Odontologia
Ivanildo Félix da Silva Júnior – Pedagogia
Jancelice dos Santos Santana – Enfermagem
José Carlos Ferreira da Luz – Direito
Juliana da Nóbrega Carreiro – Farmácia
Larissa Nascimento dos Santos – Design de Interiores
Luciano de Santana Medeiros – Administração
Marcelo Fernandes de Sousa – Computação
Paulo Roberto Nóbrega Cavalcante – Ciências Contábeis
Maria da Penha de Lima Coutinho – Psicologia
Paula Fernanda Barbosa de Araújo – Medicina Veterinária
Rita de Cássia Alves Leal Cruz – Engenharia
Rogério Márcio Luckwu dos Santos – Educação Física
Zianne Farias Barros Barbosa – Nutrição

Copyright © 2021 – 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).

Design Gráfico:

Mariana Morais de Oliveira Araújo

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

D537 Diálogos científicos em engenharia civil [recurso eletrônico] /
Organizado por Rita de Cássia Alves Leal Cruz, Lucivânia
Rangel de Araújo Medeiros, Giuseppe Cavalcanti de
Vasconcelos. - Cabedelo, PB: Editora UNIESP, 2021.
147 p.

Tipo de Suporte: E-book
ISBN: 978-65-5825-038-8

1. Produção científica – Engenharia Civil. 2. Engenharia
Civil - Interdisciplinaridade. 3. Diálogos – Conhecimento
científico. I. Título. II. Cruz, Rita de Cássia Alves Leal. III.
Medeiros, Lucivânia Rangel de Araújo. IV. Vasconcelos,
Giuseppe Cavalcanti 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

AGRADECIMENTO

Agradecemos a Professora Doutora Erika Marques, diretora da Instituição de Ensino Superior da Paraíba- IESP, pelo apoio incondicional para a concretização desta obra.

Ao Professor Cícero de Sousa Lacerda, Coordenador de Pesquisa, Extensão e Responsabilidade Social – COOPERE, pelo suporte técnico, confiança e disponibilidade que permitiram a construção deste livro.

Aos professores que colaboraram com concretização dessa obra.

Enfim a todos que colaboraram direta e indiretamente para o êxito deste livro.

SUMÁRIO

1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - João Gabriel Leite da Cruz Felício e Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros	06
2 ADAPTAÇÃO DE RESIDÊNCIA POPULAR PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS - Guilber Santiago dos Santos Oliveira, Kevin Izidro de Brito e Laudelino de Araújo Pedrosa Filho	31
3 INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO PAINEL DE HIDRÔMETROS EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NA PRESSÃO DINÂMICA DOS PONTOS DE CONSUMO - Rayzza da Costa Silva, Laudelino de Araújo Pedrosa Filho e Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros	48
4 VANTAGENS DO SISTEMA ICF EM SUBSTITUIÇÃO À ALVENARIA DE VEDAÇÃO CERÂMICA COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO - Rubens Coutinho Serafim e José Leonilo Romeu de F. Lima	76
5 ANÁLISE CRÍTICA DAS PATOLOGIAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO DO BINÁRIO DA RODOVIA AVENIDA BRASIL, MUNICÍPIO DE BAYEUX-PB - Ismael do Nascimento Lima, Rafael Brucy Silva de Lucena, Williams da Silva Guimarães de Lima	93
6 ANÁLISE DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO DE TUBULAÇÃO SUBTERRÂNEA DE UM EMISSÁRIO DE RECALQUE NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB - Bruno Vieira da Silva e Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros	116
7 ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS E ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO COM O USO DA TECNOLOGIA BIM - Darah Maria Tavares da Costa, Thamyres Vieira Lima e Arnaldo Dias de Almeida Neto	127

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

João Gabriel Leite da Cruz Felício¹
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros²

RESUMO

O descarte irregular de resíduos da construção civil (RCC) provoca impactos negativos significativos ao meio ambiente. Nessa perspectiva, propôs-se no presente estudo, uma análise bibliométrica acerca dos aspectos e impactos ambientais dos RCC, bem como, identificou-se alternativas sustentáveis para gerenciamento destes resíduos. A pesquisa foi realizada durante os meses de outubro e novembro de 2020, com busca nos bancos de dados da SciELO e da CAPES, de artigos publicados entre os anos de 2010 e 2020 em versões em português e inglês disponíveis, usando os descritores construção civil, resíduos e impactos ambientais. Foram identificados 510 artigos. Após critérios de elegibilidade e exclusão, obtiveram-se 12 estudos que compuseram a amostra. A exposição dos resultados e a discussão final foram feitas de forma descritiva, com apresentação de estatística simples por porcentagem e denotados sob o aspecto de gráficos. Nesse sentido, a partir da análise bibliométrica realizada, foram identificadas três categorias: Impactos ambientais decorrente dos RCCs; Gestão de RCCs e Alternativas sustentáveis para os RCCs. Conclui-se que os estudos da amostra analisada retratam graves impactos negativos que os RCCs ocasionam no meio ambiente e conseqüentemente na saúde da população, quando depositados de forma irregular, no entanto, contatou-se a falta de políticas públicas que auxiliem os gestores a criar estruturas apropriadas para uma gestão eficiente e sustentável dos RCCs.

Palavras-chave: Construção Civil. Gestão de Resíduos. Meio Ambiente.

ABSTRACT

The irregular disposal of construction waste (RCC) causes significant negative impacts on the environment. In this perspective, a bibliometric analysis about the environmental aspects and impacts of the RCC was proposed in the present study, as well as, sustainable alternatives for managing these residues were identified. The research was conducted during the months of October and November 2020, searching the SciELO and CAPES databases for articles published between the years 2010 and 2020 in Portuguese and English versions available, using the keywords construction, waste and environmental impacts. 510 articles were identified. After eligibility and exclusion criteria, 12 studies were obtained that comprised the sample. The results were exposed and the final discussion was done in a descriptive manner, with presentation of simple statistics by percentage and denoted in the form of graphs. In this sense, from the bibliometric analysis carried out, three categories were identified: Environmental impacts resulting from the RCCs; Management of RCCs and Sustainable Alternatives for RCCs. It is concluded that the studies of the analyzed sample portray serious negative impacts that RCCs

¹ Graduando em Engenharia do Centro Universitário UNIESP. E-mail: 20162076012@iesp.edu.br

² Docente do Centro Universitário UNIESP. E-mail: lucivania.medeiros@iesp.edu.br

cause on the environment and, consequently, on the health of the population, when deposited irregularly, however, the lack of public policies that help managers to create appropriate structures for an efficient and sustainable management of RCCs.

Keywords: Civil Construction. Waste Management. Environment.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada como um dos mais importantes setores produtivos em um país, pois, além de proporcionar o desenvolvimento de uma região, é responsável pela geração de múltiplos empregos e renda (SCHERRER *et al.*, 2014; VIEIRA; NOGUEIRA, 2018). Se por um lado o seu desenvolvimento traz benefícios econômicos e sociais, por outro esse setor provoca impactos ambientais negativos de elevada magnitude, decorrentes da exploração de recursos naturais e pelas altas taxas de geração de resíduos.

O crescimento populacional, associado a intensificação do processo de urbanização em diferentes cidades, têm contribuído para que esta quantidade de resíduos da construção civil (RCC) aumente cada vez mais (MENEGAKI; DAMIGOS, 2018). Em cidades de médio e grande porte do Brasil, a geração de RCC corresponde por aproximadamente 41-71% do total de resíduos sólidos urbanos (GOMES *et al.*, 2019). A maior parte destes resíduos ainda não são reciclados nem recebem destinação correta (LIMA, 2013). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos (ABRELPE), o gerenciamento dos RCC no Brasil, tornou-se uma preocupação nacional, pois os resíduos aumentaram a uma taxa três vezes mais rápida do que a população e um grande número dos 5.570 municípios brasileiros não conseguem encontrar locais adequados para a disposição de resíduos (ABRELPE, 2017).

Praticamente todas as atividades da construção civil apresentam geração de resíduos (LARUCCIA, 2014). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a partir da Resolução nº 307 do ano de 2002, define RCC como:

[...] os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Estes resíduos quando descartados incorretamente, ocasionam graves impactos negativos como a poluição do solo, comprometimento de corpos aquáticos, obstrução de sistemas de drenagem, intensificação de enchentes, degradação da paisagem urbana, ocupação de vias públicas por resíduos, proliferação de insetos e vetores nos centros urbanos (DELONGUI *et al.*, 2011; YEHEYIS *et al.*, 2013; KLEIN e DIAS, 2017).

Carneiro *et al.* (2010) ressalta que esta problemática é ainda mais grave nos centros urbanizados, em que os transtornos ao saneamento público provocam altos custos econômicos e sociais, uma vez que as áreas mais expostas à falta de coleta e transporte de RCC, assim como onde mais constantemente se observa deposições irregulares, são representadas pelas zonas nas quais residem a população com baixa renda. Ainda se têm como consequência do mau gerenciamento de RCC a degradação da qualidade de vida da população em geral e a desvalorização estética de zonas urbanas (CARNEIRO *et al.*, 2010 apud SCHWEIG, 2019).

A responsabilidade de destinar os RCC de forma adequada sempre foi da administração pública, que era encarregada não só pelos aterros regulamentados, como também pela limpeza dos resíduos dispostos ilegalmente em canteiros, praças e avenidas. Atualmente, a consciência de que essa responsabilidade seria somente do poder público, transformou-se, sendo hoje considerado que o gerador é incumbido pelo RCC, ao passo que a responsabilidade do poder público se resume em regulamentar, fiscalizar e possibilitar seu destino correto (PUCCI, 2017). Essa modificação fica nítida através da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos a serem adotados para a gestão dos resíduos da construção civil.

A resolução CONAMA nº 307 também recomenda a adoção de ações voltadas a não geração e redução do volume produzido, assim como a predileção pela reciclagem e reaproveitamento de RCC em detrimento da deposição final por meio de aterramento. As Normas Brasileiras de Referência (NBR) ou normas técnicas são outros importantes instrumentos que orientam e estabelecem parâmetros e métodos sobre a gestão de resíduos da construção civil.

Diante do crescente interesse em alternativas para gerenciamento desses resíduos, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal

nº 12.305/ 2010, pelo qual, determinou que todas as empresas de construção civil, devem apresentar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Um documento técnico que indica o volume de cada tipo de resíduos que é gerado, sejam eles oriundos de construções, reformas, reparos, demolições de obras civis ou da preparação e escavação de terrenos. Este documento tem a finalidade de estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequado de resíduos. O PGRCC necessita ser apresentado em conjunto com o projeto do empreendimento para que o poder público possa analisar, com possibilidade para a aprovação e emissão do alvará de construção, de acordo com a regulamentação específica de cada município. Além disso, pode ser solicitado no âmbito de licenciamento ambiental, junto aos órgãos competentes. Cabe ao PGRCC descrever os resíduos, determinar a quantidade gerada, propor medidas para reduzir a geração e estabelecer procedimentos para tratamento adequado (NOVAES *et al.*, 2008).

Embora existam diversos documentos e instrumentos para garantir um correto gerenciamento dos RCC, na *prática, por falta de fiscalizações, muitas* empresas não apresentam seu PGRCC, refletindo, portanto, em resíduos dispostos incorretamente, conseqüentemente, causando impactos ao meio ambiente e a sociedade urbana.

Com base nessa discussão em que a destinação inadequada de RCC acarreta uma seqüência de impactos ambientais, justifica-se a necessidade de conhecer os rumos da investigação científica existente a respeito do contexto atual, visto que, há escassez de publicações que se preocupem com gerenciamento dos resíduos da indústria de construção. Diante de tal cenário, propôs-se no presente estudo, um levantamento da produção científica acerca dos aspectos e impactos ambientais dos resíduos da construção civil, assim como, soluções sustentáveis para destinação destes resíduos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma análise bibliométrica, que consiste estudar artigos de uma perspectiva objetiva e quantitativa, sendo proveitoso para estruturar informações de uma temática representativa (MERIGÓ *et al.*, 2015). Por se apresentar de um levantamento exploratório sobre a relação entre os aspectos e

impactos ambientais dos resíduos da construção civil, importou estudo na vertente bibliométrica.

Para Ribeiro *et al.* (2016), os estudos bibliométricos são ferramentas eficazes para verificar a produção científica sobre determinados temas, bem como auxílio para que futuros pesquisadores consigam compreender sobre determinado tema. Essas pesquisas têm como pressuposto básico a formação de indicadores acerca dos assuntos pesquisados, o que proporciona a realização de uma avaliação mundial das pesquisas. Auxiliam, ainda, de base para avaliação de periódicos científicos, concedendo indicadores de tratamento e gestão do conhecimento, simplificando a subjetividade no método de indexação (VASCONCELOS, 2014).

Esta análise bibliométrica seguiu seis etapas adaptadas dos estudos de Bertolino, Mazzioni e Poli (2016): i) definição das palavras-chave; ii) escolha das bases de dados; iii) refinamento dos critérios de pesquisa; iv) coleta de dados; v) seleção dos artigos representativos; vi) análise dos resultados e conclusão.

Os bancos de dados eletrônicos selecionados para o levantamento dos estudos foram: o portal periódicos, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que abriga bases de dados nacionais e internacionais, e biblioteca de periódicos *Scientific Electronic Library Online* – SciELO, ambas tiveram a realização da coleta de dados durante os meses de outubro e novembro de 2020 pelo acesso *on-line*. Posteriormente, foi utilizado o cruzamento dos descritores na língua portuguesa com utilização do operador booleano “AND” na seguinte combinação: “construção civil” AND “resíduos” AND “impactos ambientais”.

Os critérios de elegibilidade definidos foram estudos publicados entre os anos de 2010 e 2020 em português ou inglês, com artigos científicos disponíveis nas bases selecionadas, que retratassem a temática referente os impactos ambientais causados pelo resíduos da construção civil.

Os critérios de exclusão foram definidos desde o momento que os artigos eram identificados, sendo eles: os que tinham dupla publicação, os que não indicavam ou deixavam dúvidas a respeito dos sujeitos de pesquisa. Os artigos selecionados tiveram o título e o resumo analisados para compreender se o objeto de estudo se tratava da temática para análise bibliométrica em questão, sendo

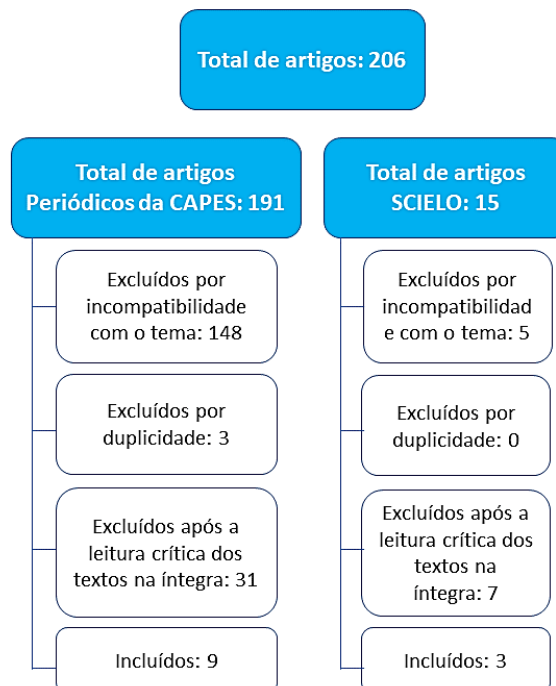
excluídos os que não abordavam sobre o tema.

Primeiramente, no portal de periódicos da CAPES foi utilizado o formulário avançado e a busca foi realizada de acordo com os critérios de combinação dos descritores estabelecidos. Foram encontrados 495 artigos, destes 191 responderam aos critérios de elegibilidade, excluindo 3 com dupla publicação e 179 que não era pertinente ao objetivo da presente investigação. Dessa forma, a amostra final foi constituída por 9 artigos para comporem a análise bibliométrica.

No banco de dados bibliográfico SciELO, a busca originou em 15 artigos, nas quais todos responderam aos critérios de elegibilidade. Posteriormente, foram excluídos os que se repetiam e analisados o título e o resumo de cada estudo para retirar os que não estivessem de acordo com o objetivo desta investigação, portanto, 3 artigos foram selecionados para comporem a análise bibliométrica.

Assim, dos 510 artigos encontrados, 206 foram selecionados a partir dos critérios de elegibilidade de todas as ocorrências, e considerando os critérios de exclusão estabelecidos pela pesquisa, 194 foram excluídos por de fato não apresentarem pertinência ao estudo, e apenas 12 artigos permaneceram como fonte de dados desta pesquisa, conforme apresentado na Figura 1 abaixo:

Figura 1 – Fluxograma da busca de dados realizado para análise bibliométrica



Fonte: Elaboração própria (2020).

Para realizar a análise das publicações designadas, foi utilizado um

instrumento modelo de coleta de dados, contemplando itens pertinentes ao estudo, como: ano de publicação, nome da pesquisa, nome dos autores, base de dados, periódicos, tipo de estudo/abordagem, modalidade de pesquisa, localização geográfica, áreas do conhecimento e resultados/conclusões. Em seguida, os dados foram analisados por meio de estatística descritiva por porcentagem, através do software Excel versão 2019, e denotados sob o aspecto de figuras.

Pretende-se com o presente trabalho ajudar a preencher lacunas teóricas no entendimento acerca das melhores estratégias e procedimentos para a gestão sustentável de resíduos no âmbito da construção civil, através do fornecimento de conclusões fáticas que, além de seu interesse geral e específico no âmbito da engenharia, podem servir de base para futuros trabalhos.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS

Para a caracterização dos estudos selecionados, cada artigo recebeu um código designado pela letra A (Artigo), seguida pelo numeral que representa a ordem de surgimento na busca, conforme apresentado no Quadro 1 e 2.

Quadro 1 – Apresentação da síntese dos artigos incluídos na análise bibliométrica

Código	Ano	Título	Autores	Peródico	Base de dados
A1	2010	Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras	EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M.	Ambiente Construído	SCIELO
A2	2012	Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG	DA SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T.	Sociedade e Natureza	Periódico CAPES
A3	2014	Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica	, A. C. F. <i>et al.</i>	Revista Tecnológica	Periódico CAPES
A4	2015	Gestão de resíduos sólidos na construção civil: uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA	SOUZA, F. F. <i>et al.</i>	Revista de Gestão e Tecnologia	Periódico CAPES
A5	2015	Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil	BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E.	Revista de Cerâmica	SCIELO
A6	2015	Avaliação da gestão ambiental: uma pesquisa em empresas de construção civil na cidade de Maringá-pr, Brasil	HIROLI, D. G. <i>et al.</i>	Interciencia	Periódico CAPES
A7	2015	Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos rcd – resíduos da construção e demolição: um estudo de caso em Parnamirim/RN/Brasil	ATUNDA, A. C. M. M.; SANTOS, A. L.; PINTO, C. H. C.;	Holos	Periódico CAPES
A8	2015	A sustentabilidade urbana sob a ótica da construção civil: um estudo nas empresas construtoras de Campina Grande-PB	MACÉDO, A. T.; MARTINS, M. F.	Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade	Periódico CAPES
A9	2016	A gestão de resíduos da construção civil no município de Sorocaba-SP	GONÇALVES, D. B.	Revista Eletrônica de Engenharia Civil	Periódico CAPES
A10	2016	Sustentabilidade na destinação de resíduos da construção civil	CHRISTÓFARI, J. B.; OLIVEIRA, P. P.; SILVA, L. O. E.	Revista Univap	Periódico CAPES
A11	2019	Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas	ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G.	Revista Sanitária e Ambiental	SCIELO
A12	2019	Avaliação do uso de resíduos da construção civil reciclados como agregados do concreto em um pátio de compostagem	GUALBERTO, A. B. <i>et al.</i>	Revista Eletrônica de Engenharia Civil	Periódico CAPES

Fonte: Elaboração Própria (2020).

Quadro 2 – Aspectos do conteúdo dos artigos incluídos na análise bibliométrica

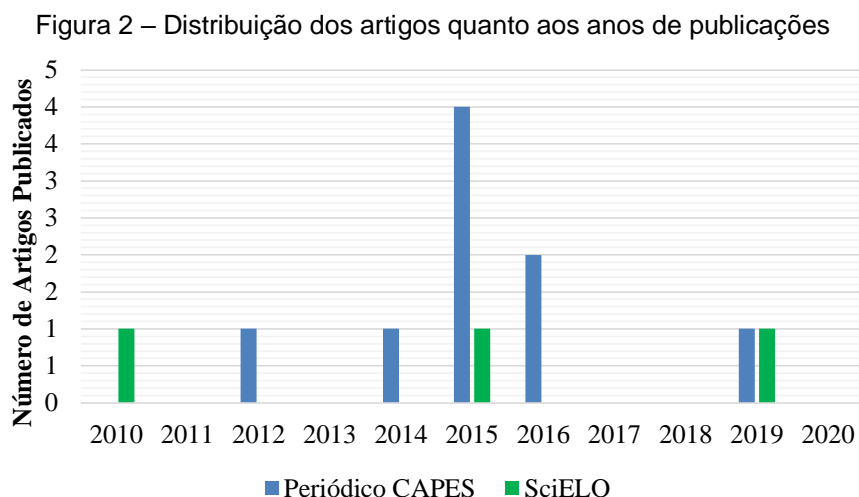
Código	Tipo de Pesquisa/ Abordagem	Modalidade de Pesquisa	Localização geográfica	Principais resultados	Conclusões
A1	Exploratório/ Bibliográfica	Artigo Original	Bahia, Brasil	Foram desenvolvidos um fluxograma e um procedimento operacional para apoiar a realização da reciclagem nos canteiros, assim como foram gerados parâmetros para avaliação do referido processo.	O potencial da reciclagem em canteiros de obras apresentou-se como uma alternativa para a destinação dos resíduos de construção civil, indicando ações que facilitem a adoção dessa prática, de forma a contribuir para a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos de construção.
A2	Exploratório/ Bibliográfica	Artigo Original	Uberaba, Brasil	Foram discutidos os motivos que levam à não gestão dos RCD e o que tem sido feito para que futuramente esta gestão venha ser implantada.	O trabalho propõe soluções para redução dos impactos ambientais causados pelos RCD gerenciados de maneira inadequada em Uberaba, visando obter melhorias para a saúde pública e contribuindo para a sustentabilidade ambiental da cidade.
A3	Bibliográfica	Artigo Original	Paraná, Brasil	O presente trabalho discutiu os principais impactos ambientais resultantes da produção desses materiais de construção.	Pela análise dos impactos apresentados é possível concluir que os procedimentos construtivos precisam ser revistos, de modo que se possa promover o desenvolvimento aliado à sustentabilidade.
A4	Exploratório	Artigo Original	Florianópolis, Santa Catarina, Brasil	Pequena parte do total de empresas listadas divulga o relatório de sustentabilidade e que, das duas empresas identificadas, após a análise das informações efetivamente divulgadas, uma apresentou dados referentes a 96% dos itens da Categoria Ambiental da Global Reporting Initiative (GRI), e a outra apresentou apenas 19% dos itens	O estudo conclui que mesmo a construção civil sendo uma área em expansão e geradora de resíduos, são poucas as empresas que apresentam relatório socioambiental.
A5	Bibliográfica	Artigo Original	Piauí, Brasil	Pesquisadores de todo o planeta disponibilizam dados quanto à quantidade de RCD gerado, legislações empregadas com o intuito de minimizar e prevenir a geração de RCD e aplicabilidades dos	Foram apresentados neste trabalho os dados de reutilização de resíduos da construção, com o intuito de “acordar” o Brasil, para a nova ordem mundial, em que a palavra reciclar, não mais será uma opção, e sim, rotina de

				resíduos reciclados nos mais diversos ramos do setor construtivo, de forma a promover o seu retorno à cadeia da construção.	cada brasileiro.
A6	Exploratório/ Qualitativo	Artigo Original	Santa Catarina, Brasil	Os principais resultados indicam que, impactos ambientais são rotina na maioria das empresas; 50% tem a visão de que a ISO 14001 traz melhorias no canteiro de obras e 48% delas pretendem obter a certificação. No entanto, a certificação ISO 14001 é algo distante da realidade das empresas pesquisadas.	Observou-se também, que é mandatório que as empresas realizem a gestão de resíduos da construção civil, porém não há uma obrigação legal para a obtenção de certificações como PBQP-H, ISO 9001 e ISO 14001.
A7	Descritivo/ Qualitativo	Artigo Original	Rio Grande do Norte, Brasil	A pesquisa demonstra que uma parte considerável das empresas tem preocupação em atender às exigências da Legislação Ambiental vigente específica.	No que se refere à questão da gestão ambiental, faz-se necessário que o Poder Público, conjuntamente com as organizações especializadas, possa oferecer programas específicos na área de gestão ambiental.
A8	Descritivo / Exploratório/ Qualitativo	Artigo Original	Campina Grande, Brasil	Os resultados mostram que o setor da construção civil de Campina Grande-PB, na perspectiva das empresas construtoras, demonstra ter incorporado alguns aspectos da sustentabilidade urbana, mas ainda se vale de ações isoladas e pontuais.	O estudo revela que o setor da construção civil em Campina Grande não apresenta grandes empecilhos para adotar práticas ditas sustentáveis, podendo ajustar seus processos, tecnologias, materiais e gestão para ter uma postura mais ativa e contribuir com a sustentabilidade da cidade.
A9	Descritivo / Exploratório/ Qualitativo/ Bibliográfica	Artigo Original	Paulo, Brasil	Observou-se que apesar de ainda estar em atraso na implementação de um plano municipal de gestão de resíduos, o poder público local vem realizando algumas ações no sentido de adequar a destinação de seus resíduos as leis e normas ambientais vigentes.	Frente ao debate sobre a sustentabilidade ambiental da construção civil, medidas como a coleta e reutilização de resíduos oriundos de recursos naturais não renováveis, demonstram ser promissoras, e apontam um caminho para estudos mais aprofundados.

A10	Exploratório / Bibliográfica	Artigo Original	Rio de Janeiro, Brasil	A reciclagem, em diversos estudos é citada como uma alternativa para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros, além de ser uma proposta sustentável para a destinação dos resíduos de construção civil.	O resíduo de construção civil, constituído em sua maioria com alto potencial de reciclagem, pode e deve ser reaproveitado, reutilizado ou reciclado como forma de minimizar os nocivos impactos ambientais.
A11	Exploratório/	Artigo Original	São Paulo, Brasil	Ao comparar o desempenho ambiental atual com o cenário que inclui 70% de reciclagem dos RCCs classe A (meta prevista no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo), verificou-se redução de 22% dos impactos ambientais. Entretanto, ao analisar os cenários individualmente, por causa das distâncias de transporte, alguns municípios não apresentaram benefícios ambientais resultantes da reciclagem.	Esses resultados evidenciam que a reciclagem não deve ser vista como a primeira opção nos SMGRCCs, e que é premente a necessidade de adoção de práticas de redução na fonte e reutilização de resíduos no gerenciamento de RCCs.
A12	Exploratório/ Descritivo	Artigo Original	Minas Gerais, Brasil	O pátio executado com solo-cimento apresentou desempenho satisfatório. Quanto aos custos, a adoção de agregados reciclados proporcionou uma redução de 18,68% nos valores de implantação, comparado a um pátio em concreto tradicional.	Os agregados reciclados constituem-se em uma alternativa econômica e ambientalmente viável.

Fonte: Elaboração Própria (2020).

Conforme apresentado na Figura 2, das 12 obras selecionadas, observou-se que a média de publicação no período temporal adotado foi de um artigo por ano (9%), sendo que, em 2015, 2016 e 2019 foram os anos que tiveram mais publicações, sendo uma possível razão causal a resolução CONAMA nº 431/2011 e 469/2015 que altera a resolução CONAMA nº 307/2002 a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil. Ressalta-se que, nos anos de 2011, 2013, 2017, 2018 e 2019, não foi encontrada nenhuma publicação que atendesse aos critérios deste estudo. Dentre os bancos de dados, nove artigos (75%) são do periódico CAPES e três artigos (25%) da SciELO.

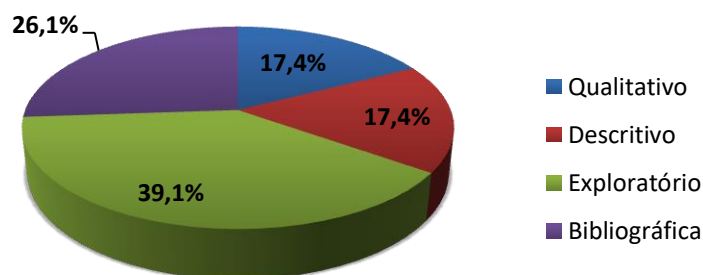


Fonte: Elaboração Própria (2020).

Em relação aos periódicos, a Revista Eletrônica de Engenharia Civil teve mais publicações com dois artigos (18%). Quanto o idioma das publicações, os 12 artigos foram publicados em português.

Em referência aos locais onde os estudos foram realizados, as regiões Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil tiveram mais publicações com 5 artigos (42%), 4 artigos (33%) e 3 artigos (25%), respectivamente. No que concerne às áreas do conhecimento, destacaram a Engenharias com dez (83%) artigos e Ciências exatas com dois (17%) artigos. No que se refere ao tipo de estudo, 39,1% foram do tipo exploratório, 26,1% do tipo bibliográfica, 17,4% do tipo qualitativo e 17,4% do tipo descritivo, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Distribuição dos artigos conforme o tipo de estudo



Fonte: Elaboração Própria (2020).

A pesquisa exploratória tem por finalidade a descrição inicial do problema e consiste a primeira etapa de toda a pesquisa científica. A pesquisa qualitativa averigua o estudo de aspectos específicos, por meio de descrições, interpretações e comparações, sem considerar os seus aspectos em termos estatísticos. A pesquisa bibliográfica seu suporte é a análise de material já publicado. Enquanto a

pesquisa descritiva, casos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados sem a interferência do investigador (SILVA; MENEZES, 2001; SILVA, 2004; MARCONI; LAKATOS, 2005; FONTELLES *et al.*, 2009).

3.2 DISCUSSÃO

A partir da análise bibliométrica encontrada foram identificadas três categorias discutidas e apresentadas a seguir.

3.2.1 Impactos ambientais decorrente dos RCCs

Os resíduos da construção civil geralmente são definidos como uma mistura de materiais inertes e não inertes resultantes da construção, escavação, renovação, demolição, trabalhos rodoviários e outras atividades relacionadas com a construção. Os materiais inertes podem ser compostos por elementos macios, como solo, terra e lama ou elementos mais duros, como rochas e concreto quebrado. Enquanto os materiais não inertes incluem resíduos de madeira, metais, plástico e papéis (ARSLAN *et al.*, 2012). Tais resíduos quando não tratados e depositados de forma regular, correta e equilibradamente, podem trazer consequências profundas para todo o meio ambiente.

A análise sistemática dos 12 artigos selecionados possibilitou a identificação de cinco *impactos mais citados nas publicações*. Sendo estes: comprometimento da paisagem urbana e proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; obstrução dos sistemas de drenagem; ocupação de vias e poluição visual e degradação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs).

O impacto “Comprometimento da paisagem urbana e proliferação de agentes transmissores de doenças” contempla 6 artigos, o que representa 50% das obras analisadas neste trabalho. Esse impacto, de acordo com Santana (2016), se caracteriza pelo acúmulo de RCC em local inadequado, atraindo resíduos não inertes, oferecendo assim, água, alimento e abrigo e tornando habitat de muitas espécies de vetores de patógenos, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus. Estes vetores podem ser responsáveis pela transmissão de doenças respiratórias, epidérmicas, viroses, entre outras.

Uma pesquisa realizada Mayorga *et al.* (2009), no bairro da Abreulândia, Cidade de Fortaleza-CE, 94% dos entrevistados relataram que ocorreu um aumento do número de roedores, insetos e animais peçonhentos na comunidade após as deposições de entulho na localidade e 86% declararam que o número de casos de doenças também aumentou após a deposição de entulho. Perguntados sobre qual o maior impacto que a disposição irregular de RCC causa na comunidade, 40% responderam que é o aumento do número de casos de doenças.

O impacto “assoreamento de rios e córregos” contempla 8 artigos, o que corresponde a aproximadamente 67% dos estudos analisados. O assoreamento é caracterizado por uma acumulação gradual de sedimentos em leitos de rios e lagos, podendo causar diversos danos ambientais e resultar na diminuição da vida útil de reservatórios. De acordo com Coiado (2001), uma das consequências do depósito de material grosseiro na entrada de um rio, é o seu “Prolongamento de efeito de remanso, com a consequente elevação de níveis de enchente a montante”. Maia (2006) retrata que os problemas produzidos pela deposição de RCC próximos a corpos aquáticos dizem respeito, principalmente, à redução do volume útil do reservatório, que irá interferir no uso para o qual o mesmo é destinado, seja abastecimento público, industrial ou irrigação, contenção de enchentes, dentre outro.

Foram classificados 7 artigos que se referiram ao impacto “obstrução dos sistemas de drenagem”, representado 58% dos artigos analisados. O problema dos resíduos nas redes de drenagem urbana pode ser observado, sobretudo nas maiores cidades brasileiras (DE SANTANA *et al.*, 2014). A disposição irregular de RCC ao longo dos cursos d’água, ou através das entradas das redes enterradas, pode causar obstrução no sistema de drenagem, o que gera um ambiente propício a enchentes. Essa disposição incorreta acaba gerando a necessidade de desobstrução contínua do sistema de drenagem (SANTANA, 2016).

O impacto “Ocupação de vias e poluição visual” contempla 3 artigos, o que corresponde a 25% das obras analisadas. É habitual observar em cidades brasileiras a disposição incorreta de pequenos volumes de RCC’s ao longo de vias e logradouros públicos, fator este que prejudica o tráfego de transeuntes e veículos. A desorganização nas áreas de disposição de RCC’s e a variedade de tipos de resíduos que são depositados nesses locais provocam desconforto tanto para a

população que reside em áreas circunvizinhas como para quem trafega nas proximidades. A poluição visual urbana nas proximidades das áreas de descarte dos resíduos gera desmerecimento das propriedades, causando atraso no desenvolvimento local (NETO, 2015).

O impacto “degradação de Áreas de Preservação Permanentes (APPs)”, contou com apenas 1 artigo, o qual representa 8,3% dos artigos estudados. De acordo com o Código Florestal as APPs são áreas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humana. Mesmo sendo comprovada a importância dessas áreas, elas não são poupadas das intervenções antrópicas, como o lançamento indevido de RCC. Intervenções nas APP comprometerá, no futuro, a reposição de água nos aquíferos, a qualidade de água superficial e subterrânea, perda de solo, ameaças à saúde humana e degradação dos mananciais, além de comprometer a produção de alimentos (BORGES *et al.*, 2011).

3.2.2 Gestão de RCCs

A Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) considera que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos RCCs, estimulando ainda os gestores municipais e construtores a adaptar seus processos de gestão, de modo a assegurar a destinação ambientalmente correta desses resíduos. Isso envolve a qualificação e a documentação de procedimentos de triagem, acondicionamento e disposição final dos resíduos no canteiro.

Segundo essa resolução, os geradores devem ter como objetivo maior a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Além disso, a Resolução exige dos grandes geradores a elaboração e a implantação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Já em âmbito municipal, a Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) determina que eles devem implantar a gestão dos resíduos da construção civil por meio da elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Com objetivo de prover um melhor gerenciamento dos resíduos, outros instrumentos normativos foram ainda elaborados. Como as normas técnicas NBRs

15112 a 15116/2004. A NBR 15112/2004 trata das áreas de transbordo, triagem e pontos de entrega de pequenos volumes de RCC; a NBR 15113/2004 trata dos aterros; a NBR 15114/2004 trata das áreas de Reciclagem; NBR 15115/2004 trata do uso de agregados reciclados de RCC para execução de camadas de pavimentação e a NBR 15116/2004 trata do uso de agregados reciclados de RCC para pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.

Dos artigos selecionados para o presente estudo, todos eles explicitaram que apesar das normas existentes, a implantação do gerenciamento dos RCCs tem se mostrado pouco eficiente tanto pela falta de interesse dos grandes geradores, quanto pela falta de interesse político.

Evangelista, Costa e Zanta (2010), descreveram que apesar dos prazos estabelecidos para as adequações por parte dos municípios e dos geradores, foram implementadas poucas iniciativas públicas e privadas para atender às exigências estabelecidas, no sentido de adaptarem seus processos, de modo a garantir a destinação ambientalmente correta dos RCCs.

Brasileiro e Matos (2015), acreditam que a falta de iniciativa política é mais grave que a ausência de interesse por parte dos grandes geradores, os autores relatam que quem deve normatizar e fiscalizar o desenvolvimento da cidade é o Poder Público, destacando-se o municipal.

Dentre as dificuldades apontadas para a implantação dos planos de gerenciamento de RCC, Brasileiro e Matos (2015), destaca a falta de recursos financeiros e a inexistência de corpo técnico qualificado nos quadros profissionais capazes de diagnosticar fontes geradoras e implementar ações, como a fiscalização. Chirolí *et al.* (2015), através de uma pesquisa em empresas da área de construção civil, questionaram se as empresas haviam recebido algum tipo de fiscalização. Para a surpresa dos pesquisadores, apenas 25% das empresas haviam recebido a visita de um fiscal.

Catunda *et al.* (2015) expôs que uma parte considerável das empresas avaliadas em sua pesquisa demonstraram preocupação em atender às exigências da Legislação Ambiental vigente específica, no entanto, existe a necessidade de um maior conhecimento da mesma. Neste caso, é importante que o Poder Público, através dos órgãos competentes, possa repassar informações referentes à

Legislação Ambiental específica, e, ao mesmo tempo, exigir o seu devido cumprimento.

Gonçalves (2016), descreve que boa parte dos profissionais que atuam na construção civil desconhece a quantidade de RCC que produzem e, quando compreendem a poluição ambiental que estão provocando, não estão orientados dos passos necessários para fazer uma destinação correta dos resíduos, que podem simplesmente ser separados e reutilizados na própria obra ou ser encaminhados para processos de reciclagem externos.

3.2.3 Alternativas sustentáveis para os RCCs

A análise dos 12 artigos selecionados proporcionou reconhecer algumas soluções sustentáveis para reduzir os impactos que os RCC's ocasionam. As duas alternativas mais citadas nas publicações foram: reciclagem/reutilização dos RCCs e Implementação de programas de *educação ambiental*.

A reciclagem/ reutilização de RCC foi considerada nos 12 artigos, o que corresponde a 100% das obras analisadas. É importante destacar que de acordo com Resolução CONAMA nº 307/02 os RCCs são estratificados em quatro classes (A, B, C e D).

Os resíduos classe A, são reutilizáveis ou recicláveis como agregado, decorrentes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de edificações, e da fabricação ou demolição de pré-moldados produzidos em canteiros.

Os resíduos da Classe B ainda podem ser reciclados, mas para outras destinações, são eles: plásticos, papel/papelão, metais, vidro, madeira, embalagens vazias de tintas e gesso (inciso II alterado pela resolução CONAMA 431/2011 que incluiu o gesso como reciclável e pela Resolução CONAMA 469/2015, que incluiu as embalagens vazias de tintas imobiliárias como passíveis de reciclagem). A Classe C são os resíduos que ainda não tem uma tecnologia de aproveitamento economicamente viável (exemplo: lixas e massa corrida). Já a Classe D pertence aos resíduos perigosos, contaminados ou prejudiciais à saúde, como tintas, solventes e reparos de clínicas radiológicas.

De acordo com Omido *et al.* (2018), os RCCs da Classe A podem ser reutilizados como agregado para concreto não estrutural; agregado para

argamassa; cascalhamento de estradas; preenchimento de vazios em construções; reforço de aterros; preenchimento de valas; execução de barragens de pequeno porte e execução de camadas de pavimentação.

Matuti e Santana (2019) incorporaram RCC na massa cerâmica para produção de tijolos cerâmicos. Efetuaram testes utilizando de 5 a 90% de RCC nas misturas com argila. Os autores concluíram que o tijolo produzido com o reaproveitamento de 10% RCC, apresentou elevada resistência, sendo considerado uma excelente alternativa de reaproveitamento dos resíduos.

Dantas Filho *et al.* (2020) avaliaram o comportamento mecânico do concreto com RCC para produção de pisos intertravados como alternativa para pavimentação, foi realizado substituições do agregado natural (areia) por RCC nas proporções de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%. Os autores relataram que o concreto obtido com teor máximo de 50% de incorporação de RCC, apresentou desempenho suficiente para ser utilizado na fabricação de pavers com os padrões de qualidade exigidos, estando aptos a serem utilizados em vias de circulação de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha.

Meneguel (2019) desenvolveu um revestimento decorativo bioinspirado por meio do aproveitamento de resíduos de argamassa e concreto provenientes da construção civil. A autora retratou que com a substituição de areia por 50% de RCC foi possível obter revestimento com excelente propriedade, atingindo bons resultados em relação a resistência mecânica.

Evangelista e Zanta (2010) através de um estudo sobre alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A, verificou que há benefícios econômicos e ambientais decorrentes da prática da reciclagem em canteiros de obras. No aspecto ambiental, um volume significativo de RCC deixou de ser destinado de forma irregular ou de ser enviado para aterro. Cerca de 80% desse volume se converteu em agregado reciclado, que substituiu a utilização de agregado natural. Os autores relatam que também foi promovida a conscientização social e ambiental das empresas e dos profissionais envolvidos. No aspecto econômico, os autores constataram que apesar do investimento realizado e dos gastos diretos para reciclar o resíduo classe A nos canteiros, foi possível obter retorno financeiro decorrente da economia realizada com bota-fora e aquisição de agregado natural.

Brasileiro e Matos (2015), descreveram que uma solução que ganhou força entre os pesquisadores foi a reciclagem de RCC e sua reutilização na própria construção civil, como matéria-prima alternativa. A reciclagem de RCC contribui também para a ampliação da vida útil dos aterros, especialmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição.

A educação ambiental foi citada como alternativa sustentável para os RCCs por 6 artigos, representando 50% dos artigos analisados. A Educação Ambiental tornou-se lei sob o N° 9.795/99, em 27 de abril de 1999 com a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), esta é apresentada como instrumento legal que garante um conjunto de ações do poder público, na perspectiva de formar cidadãos conscientes da importância do meio ambiente e dos fatores e problemas ambientais que circundam a vida humana.

O emprego da educação ambiental para conscientização dos trabalhadores da construção civil associado a instrumentos de gestão ambiental representa alicerces essenciais para a sustentabilidade da atividade de construção civil. O processo de educação ambiental visa conscientizar os funcionários que atuam diretamente em obras da construção civil. Nesse grupo, estão inseridos os cargos de engenheiros, técnicos e encarregados. Eles atuarão como multiplicadores das ações de educação ambiental, por isso é fundamental uma abordagem das principais temáticas, quais os principais impactos ambientais dos RCCs e qual as ações ambientais adotadas pela construtora. O critério a ser adotado dependerá da realidade de cada obra, podendo ser em formato de palestras, cartilhas informativas, cartazes e campanhas educativas aliados a implantação direta das ações previstas na política ambiental da empresa e do Plano de gerenciamento dos resíduos (DA CRUZ *et al.*, 2016).

Catunda *et al.* (2015) relata que para concretização do desenvolvimento sustentável em indústrias da construção civil, se faz necessário a adoção de ações integradas, como a educação ambiental, para atenuar e reduzir os impactos dos RCCs, além disso, é necessário trabalhar a educação ambiental com a população local com intuito de implantar uma gestão ambiental democrática, participativa e preventiva.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da análise bibliométrica possibilitou a constatação que o tema em estudo é de grande relevância para o setor da construção civil e o meio ambiente, em virtude de estar fortemente ligado ao desenvolvimento e ser considerado uma das áreas que mais consome recursos naturais e energia. Com base no material estudado para a elaboração deste trabalho, foram apresentados os principais aspectos e impactos ambientais ocasionados pelos resíduos gerados na construção civil, buscando atingir a sustentabilidade neste setor através de soluções alternativas que pouco agridam ao meio ambiente e sejam acessíveis à população.

Diante das informações contidas nos artigos analisados, foi possível constatar graves impactos negativos que os RCCs ocasionam no meio ambiente e consequentemente na saúde da população, quando depositados de forma irregular, como o comprometimento da paisagem urbana e proliferação de agentes transmissores de doenças; o assoreamento de rios e córregos e degradação de APPs.

Observou-se que apesar de existir normas específicas para o gerenciamento dos RCCs, ainda existe a necessidade de uma maior intervenção governamental para realizar fiscalizações efetivas com vistas a proibir que as empresas descartem seus resíduos em locais impróprios.

Percebeu-se também que a reutilização/reciclagem dos RCCs é uma alternativa sustentável e promissora, pois esse procedimento reduz o custo da construção ao atenuar o desperdício e as perdas no canteiro de obra e ainda garante a minimização de danos ao meio ambiente.

Como limitação para esta pesquisa, ressalta-se o déficit de trabalhos publicados nos periódicos acerca de soluções para destinação dos RCCs. Tendo isso em vista, recomenda-se pesquisas futuras voltadas ao desenvolvimento de soluções sustentáveis para os resíduos oriundos das indústrias de construção civil além da busca por medidas políticas que sejam assistenciais ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama 2017.

ARSLAN, H.; COŞGUN, N.; SALGIN, B. Construction and demolition waste management in Turkey. **Waste Management-An Integrated Vision**, Edited by Luis Fernando Marmolejo Rebellon, p. 313-332, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Construção civil – Agregado reciclados de resíduos sólidos da construção civil-Execução de camadas de pavimentação - procedimento. **NBR15115**. Janeiro de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Construção civil – Resíduos sólidos de construção civil e resíduos volumosos- Área de transbordo e triagem-Diretrizes para projeto de implantação e operação. **NBR115114**. Janeiro de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Construção civil Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes-Aterros-diretrizes para projeto, implantação e operação: **NBR 15113**. Janeiro de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos de construção e resíduos volumosos: **NBR 15112/04**. Janeiro de 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

BERTOLINO, A. M.; MAZZIONI, S.; POLI, O. L. Estudo bibliométrico sobre cadeias produtivas sustentáveis. **Gestão e Desenvolvimento em Revista** V. 2, N. 2, jul-dez/2016, p. 77-87.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; JÚNIOR, L. M. C.; BARROS, D. A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 2011.

BRASIL. Lei n. 9795 - 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental**. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, 1999.

BRASIL. 2002. Resolução CONAMA n.º 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 17 de julho de 2002.

BRASIL. 2011. Resolução **CONAMA** nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o Art. 3º da Resolução nº 307/ 2002. Brasília, 2011.

BRASIL; Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2012.

BRASIL. Resolução N° 469, de 30 de julho de 2015. Altera a Resolução **CONAMA** no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

CARNEIRO, P. A.; LIMA, H. Q.; MORETTI, R. S.; COMARÚ, F. A. **Análise do Aspecto Energético, Econômico e Ambiental da Reciclagem dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD): Santo André-SP**. Anais: 5º Congresso Internacional de BIOENERGIA, Curitiba - PR, 2010.

CATUNDA, A. C. M. M; SANTOS, A. L.; PINTO, C. H. C.;. Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos rcd–resíduos da construção e demolição: um estudo de caso em Parnamirim/RN/Brasil. **Holos**, v. 2, p. 33-49, 2015.

CHIROLI, D. M. G.; VOLANTE, E. J.; TRIERWEILLER, A. C.; CAMPOS, L. M. S. Avaliação da gestão ambiental: uma pesquisa em empresas de construção civil na cidade de Maringá-PR, Brasil. **Interciencia**, v. 40, n. 1, p. 8-15, 2015.

CHRISTÓFORI, J. B.; OLIVEIRA, P. P.; EMERICK, L. O. Sustentabilidade na destinação de resíduos da construção civil. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 636, 2017.

COIADO, E. M. Assoreamento de Reservatórios. In: Paiva J.B.D.; Paiva E.M.C.D. (Orgs.). **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.395-426.

DA SILVA, V. A.; FERNANDES, A. L. T. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 333-344, 2012.

DANTAS FILHO, M. D.; BADÚ, A. M. F.; SILVA, F. D. G.; BARBOSA, S.; GUEDES, Y. W. D. A. M. Estudo do concreto com rcc para produção de pavers para pavimentação no campus UFCG-Pombal. IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2020.

DA CRUZ, I. S.; CRUZ, I. S. **Educação ambiental para sustentabilidade da construção civil: o enfoque na conscientização ambiental dos colaboradores dos canteiros de obras**. Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional, 2016.

DELONGUI, L.; PINHEIRO, R. J. B.; PEREIRA, D. S.; SPECHT, L. P.; CERVO, T. C. Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul Construction and demolition waste situation in central region of Rio Grande do Sul. **Teoria e prática na engenharia civil**, n. 18, p. 71-80, 2011.

DE SANTANA PEREIRA, F. D.; DALTRO FILHO, J. **Drenagem urbana: impactos ambientais provocados pelos resíduos sólidos**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG, 2014.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 23-40, 2010.

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

GASQUES, A. C.; OKAWA, C. M. P.; NETO, G. A.; MIOTTO, J. L.; CASTRO, T. R. Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica. **Revista Tecnológica**, v. 23, n. 1, p. 13-24, 2014.

GUALBERTO, A. B.; AZEVEDO, I. C. A. D.; PEREIRA, R. M. R. P. Avaliação do uso de resíduos da construção civil reciclados como agregados do concreto em um pátio de compostagem. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 15, n. 1, 2019.

GOMES, S. C.; ZHOU, J. L.; LI, W.; LONG, G. Progress in manufacture and properties of construction materials incorporating water treatment sludge: **A review S. Resour. Conserv. Recycl.**, v. 145, p. 148-159, 2019.

GONÇALVES, D. B. A gestão de resíduos da construção civil no município de Sorocaba-SP. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, 2016.

KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. G. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 40, 2017.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil. **Revista ENIAC PESQUISA**, vol. 3 nº1, 2014.

LIMA, F. M. D. R. D. S. A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados. **Escola Politécnica**, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 178. 2013.

MACÊDO, A. T.; MARTINS, M., F. A sustentabilidade urbana sob a ótica da construção civil: um estudo nas empresas construtoras de Campina Grande-PB. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 139-157, 2015.

MAIA, A. G. **As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2005.

MATUTI, B. B.; SANTANA, G. P. Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico: uma revisão. **Scientia Amazônia**,

Amazonas, v. 8, n. 1, p.1-13, 2019.

MAYORGA, R. D.; CABRAL, A. E. B.; LIMA, P. V. P. S.; RIOS, A. K. B. **Os resíduos da construção civil e suas implicações socioambientais e econômicas na cidade de Fortaleza-CE**. Congresso sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural, 2009.

MENEGAKI, M.; DAMIGOS, D. A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 13, p. 8-15, 2018.

MENEGUEL, C. F. **Reaproveitamento de resíduos da construção civil para desenvolvimento de revestimentos bioinspirados**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso.

MERIGÓ, J. M.; GIL-LAFUENTE, A. M., YAGER, R. R. An overview of fuzzy research with bibliometric indicators. **Applied Soft Computing**, v. 27, p. 420-433, 2015.

NETO, A. G. **Gestão de resíduos sólidos nas Cidades litorâneas do estado do Paraná**. Relatório de atividades desenvolvidas durante estágio de pós graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2015.

NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Cooperativa de Construção Civil do Estado do Ceará, Fortaleza, 2008. 100 p.

OMIDO, A. R.; BARBOZA, C. S.; ZIMMER, A. S.; ARDURES, L. A. K.; DOS SANTOS S. L. H. **Estudos para aproveitamento de resíduos de construção civil na execução de camadas de pavimentação**. In Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e sustentabilidade, Gramado. 2018.

PUCCI, R. B. **Logística de resíduos da construção civil atendendo à resolução CONAMA 307**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

RIBEIRO, L. P.; BRANT, F. L. C.; MOURA, R. M. PINHEIRO, T. M. M. Trabalho rural, uso de agrotóxicos e adoecimento: um estudo bibliométrico. **Rev Med Minas Gerais** 2016; 26 (Supl 8): S318-S323.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 71-82, 2019.

SANTANA, I. C. **Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição em conceição do almeida – BA**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Ba, 2016.

SCHERRER, A.; DA SILVA, J. L. G.; DE BRITO, L. A. P. F. Estudo da influencia do crescimento da construção civil na deposição de resíduos solidos: estudo de caso no município de Caraguatatuba. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 2, 2014.

SCHWEIG, E. O.; SANTANA, M. A. R.; DOS SANTOS, I. B.; RAMOS, W. B.; REZENDE, G. B. M.; CAMPOS, I. A. M. S.; RESENDE, J. A. L. C. Redução de resíduos da construção civil associada às boas práticas na engenharia civil. **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2019.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3ª ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, C. R. O. **Metodologia e organização do projeto de pesquisa: guia prático**. Fortaleza, CE: Editora da UFC, 2004.

SOUZA, F. F.; JÚNIOR, P. R. B.; FERREIRA, D. D. M.; FERREIRA, L.F. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA. **Navus-Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 78-95, 2015.

VASCONCELOS, Y. L. Estudos Bibliométricos: Procedimentos Metodológicos e Contribuições. **UNOPAR Cient., Ciênc. Juríd. Empres.**, Londrina, v. 15, n. 2, p. 211-220, Set. 2014.

VIEIRA, Bianca Alencar; NOGUEIRA, Lauro. Construção civil: crescimento versus custos de produção civil. **Sistemas & Gestão**, v. 13, n. 3, p. 366-377, 2018.

YEHEYIS, M.; HEWAGE, J.; ALAM, M. S.; ESKICIOGLU, C.; SADIQ, R. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean technologies and environmental policy**, v. 15, n. 1, p. 81-91, 2013.

ADAPTAÇÃO DE RESIDÊNCIA POPULAR PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Guilber Santiago dos Santos Oliveira¹

Kevin Izidro de Brito²

Laudelino de Araújo Pedrosa Filho³

RESUMO

A utilização do sistema de águas pluviais em residências populares é uma alternativa para situações em que não há o acesso ao abastecimento público de água. O presente trabalho objetivou-se na criação de um projeto de adaptação para uma residência popular, localizada na cidade de Esperança PB, onde há uma má distribuição de abastecimento d'água, aproveitando as águas pluviais para fins de uso consuntível. Utilizando como metodologia os estudos de precipitação no local, acompanhado de pesquisas relacionadas ao armazenamento d'água e métodos aprovados pelas normas regulamentadoras. A conclusão deste projeto se dá pela adaptação de uma residência popular, com sala de estar, cozinha, área de serviço, banheiro social e dois dormitórios, provida de um sistema hidráulico para captação de águas pluviais através de calhas, destinadas à cisterna, sendo para recepção, prévio tratamento e distribuição para o reservatório superior, através de uma bomba centrífuga. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é responsável pela elaboração das normas referentes às instalações de aproveitamento de águas pluviais e o Ministério da Saúde pelo padrão de potabilidade da água e vigilância sanitária.

Palavras-chave: Águas Pluviais. Sistema Hidráulico. Abastecimento Público de Água.

ABSTRACT

The use of the rainwater system in popular homes is an alternative for situations in which there is no access to public water supply. The present work aimed to create an adaptation project for a popular residence, located in the city of Esperança PB, where there is a poor distribution of water supply, taking advantage of rainwater for purposes of consumable use. Using on-site precipitation studies as a methodology, accompanied by research related to water storage and methods approved by regulatory standards. The conclusion of this project is due to the adaptation of a popular residence, with a living room, kitchen, service area, social bathroom and two bedrooms, provided with a hydraulic system for capturing rainwater through gutters, intended for the cistern, for reception, previous treatment and distribution to the upper reservoir, through a centrifugal pump. ABNT (Brazilian Association of Technical Standards) is responsible for drafting the standards for rainwater harvesting facilities and the Ministry of Health for the standard of drinking water and sanitary surveillance.

Keywords: Rainwater. Hydraulic System. Public Water Supply.

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: 20161076036@iesp.edu.br

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: 20161076054@iesp.edu.br,

³ Centro Universitário UNIESP. E-mail: laudelino.filho@iesp.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A população no último censo, realizada no ano de 2010, para a localidade de Esperança PB foi de 31.095 habitantes, contando com esgotamento sanitário adequado de 62,70 %. Sua população estimada para o ano de 2020 é de 33.199 habitantes (IBGE, 2020).

Com o acréscimo no número de habitantes, avanço dos processos industriais e poluição desenfreada, podem surgir alguns problemas ambientais, um dos mais conhecidos e falados é a escassez de água potável.

Segundo May (2004), o aumento populacional juntamente ao uso impróprio da água tem acarretado a degradação deste recurso. Além do crescimento populacional, o processo de industrialização e a demanda por água nos grandes centros urbanos, também são fatores contribuintes para tal situação (COHIM, et al., 2007).

A escassez da água potável para consumo humano, acarretada através do aumento da demanda, em consequência do crescimento demográfico e do desenvolvimento econômico, ou através da crescente deterioração da sua qualidade, causada principalmente através da poluição indiscriminada, tem levado os governos de todo o mundo definirem novos direitos e obrigações (MORAES e JORDÃO, 2002).

Há milhares de anos a água é reconhecida como substância vital, e é parte integrante fundamental para a conservação dos ecossistemas e da vida de todos os seres em nosso planeta. A estrutura e as funções de um ambiente são determinantes para a sobrevivência de plantas, animais e demais seres vivos (WOLKMER e PIMMEL, 2013).

Diante desta situação de aumento de população e redução de Recursos Hídricos, surge a necessidade de maneiras alternativas de obtenção deste bem precioso e escasso, a água.

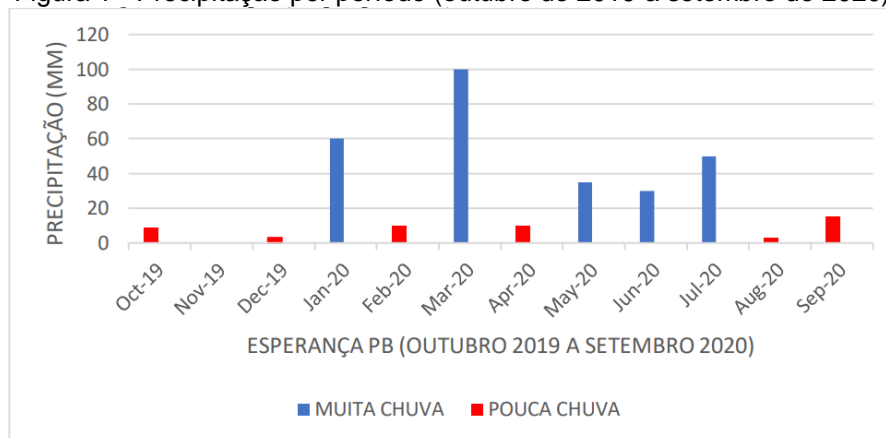
Captar a água da chuva oferece uma preservação ambiental, economia e evita a falta de água. A cisterna é uma das melhores alternativas para economizar e preservar a água do planeta, já que possibilita o uso de águas pluviais. Além de fazer bem para o planeta, também faz bem para o bolso do consumidor final, garantindo uma economia no final do mês. Ainda assim, evita a falta de água em

situações de emergência, visto que, ela fica armazenada dentro do reservatório (TECNOTRI, 2020).

Segundo Nolde (2007), estes sistemas de aproveitamento de água pluvial são aplicados para atender demandas de água não potável. Uma vez que se dispõe de água com qualidade razoável para várias finalidades, principalmente os não potáveis, e podem ser utilizados em diversas atividades, sendo elas: agrícola, comercial, residencial e etc.

De acordo com a AESA (2020a), desde o início do ano de 2020, a precipitação média na microrregião geográfica de Esperança PB é 545,4 mm. No primeiro semestre de 2020, a cidade obteve chuvas intensas durante boa parte, chegando à marca de 100 mm no mês de março, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Precipitação por período (outubro de 2019 a setembro de 2020).



Fonte: Adaptado AESA (2020).

Segundo dados da AESA (2020), pode-se classificar entre mês de muita chuva e mês de pouca chuva, os quais a sua precipitação, em mm, seja maior ou menor que 25 mm, respectivamente.

Tendo em consideração o uso das águas pluviais armazenadas em reservatórios para ingestão e preparo de alimentos, deve ser garantido o seu padrão de potabilidade a fim de evitar disseminação de doenças, os sistemas de captação de água chuva para consumo humano deve ser projetados de acordo com normas técnicas e legislação vigentes, conforme os parâmetros de segurança hídrica e alimentar, contemplando o uso de tecnologias sociais, de baixo custo, eficientes, de fácil operação a fim de contribuir com a melhoria das condições de vida, tendo em vista que a água potável é um dos principais fatores de promoção da qualidade de vida e saúde (BRASIL, 2015).

O presente trabalho tem por objetivo propor um sistema de captação e tratamento de águas pluviais para uso consuntível, tendo como premissa metódica desenvolver um projeto de adaptação de uma residência popular situada na cidade de Esperança PB, baseando-se nas NBR's 10844:1989, 12217:1994, 15527:2007, 5626:1998 e 7229:1993, quanto as especificações e os dimensionamentos em geral, e nas recomendações impostas pelo Ministério da Saúde (Nº 2.914, 2011) quanto a qualidade de vida e saúde dos usuários do sistema desenvolvido. Para alcançá-lo, temos como objetivos específicos: avaliar o potencial hídrico de água pluvial devido à precipitação ocorrida na região; determinar a capacidade máxima de armazenamento obtido pela captação de águas pluviais, através de calhas direcionadas para cisterna enterrada no fundo da residência; dimensionar todo o sistema, desde à captação ao uso, seguindo os parâmetros recomendados pelas normas e propor um sistema de captação e tratamento de águas pluviais capaz de suprir as necessidades de uma residência popular de padrão médio, de acordo com as condições descritas pelo Ministério da Saúde.

2 METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado na cidade de Esperança PB, em uma residência popular edificada há 20 anos, localizada na Rua José Bonifácio, nº 418, no centro da cidade, como mostra nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Fachada frontal da residência.



Fonte: Autores (2020).

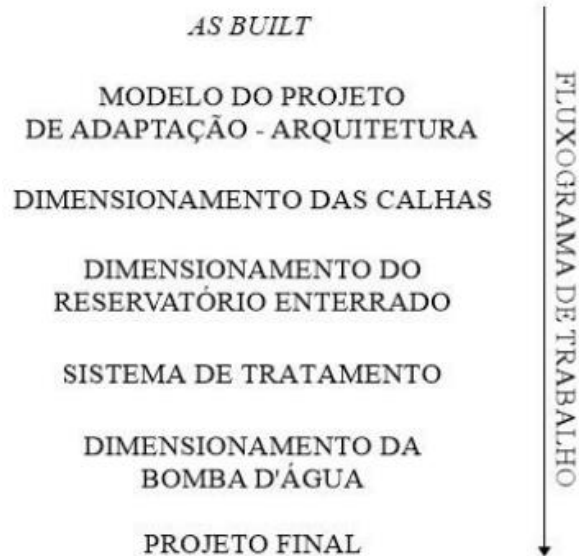
Figura 3 - Fachada fundos da residência.



Fonte: Autores (2020).

A Figura 4 ilustra o fluxograma que descreve as etapas de desenvolvimento deste trabalho, nele constando a seqüência das atividades a serem desenvolvidas. Sua aplicação se dá desde o AS BUILT (como construído) até o Projeto Final.

Figura 4 - Fluxograma de trabalho.



Fonte: Autores (2020).

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Inicialmente foi realizada uma visita à residência, situada na cidade de Esperança PB, e lá foram coletadas algumas informações tais como: área total do terreno, perímetro total do terreno, área construída, pé direito, largura (telhado),

comprimento (telhado), inclinação (telhado), análise do sistema hidráulico existente e croqui da planta baixa da casa (medidas in loco), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Informações da residência.

Área total do terreno	166,80 m ²
Perímetro total do terreno	54,86 m
Área construída	62,71 m ²
Pé direito	3,00 m
Largura (telhado)	7,29 m
Comprimento (telhado)	8,20 m
Inclinação (telhado)	30,00%
Análise do sistema hidráulico existente	levantamento dos pontos existentes

Fonte: Autores (2020).

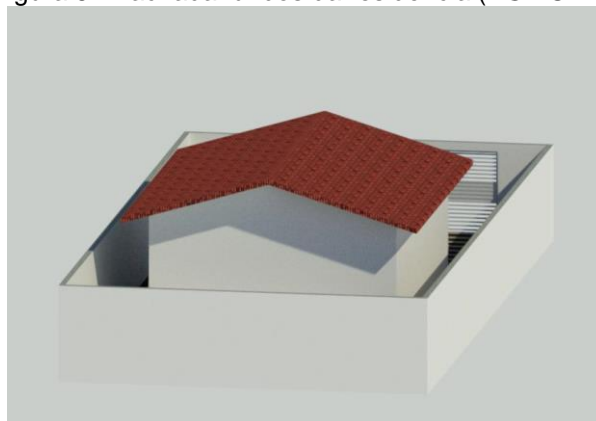
Com base nesses dados foi realizada uma primeira modelagem, chamada *AS BUILT*, que se trata do modelo real da edificação, utilizando o *software* Autodesk Revit, como mostrado nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 - Fachada frontal da residência (*AS BUILT*).

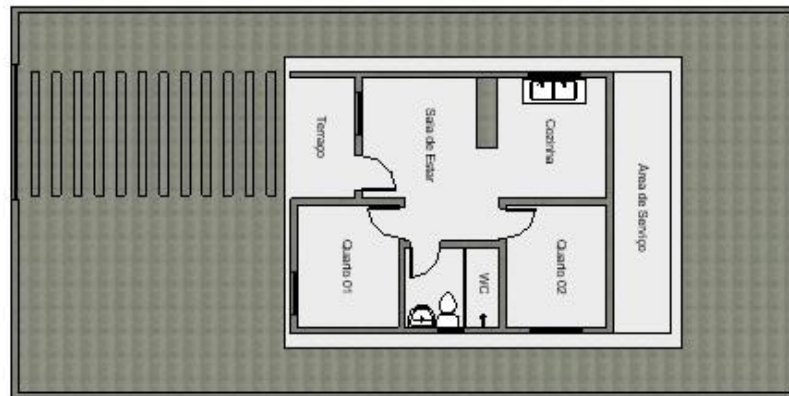


Fonte: Autores (2020).

Figura 6 - Fachada fundos da residência (*AS BUILT*).



Fonte: Autores (2020).

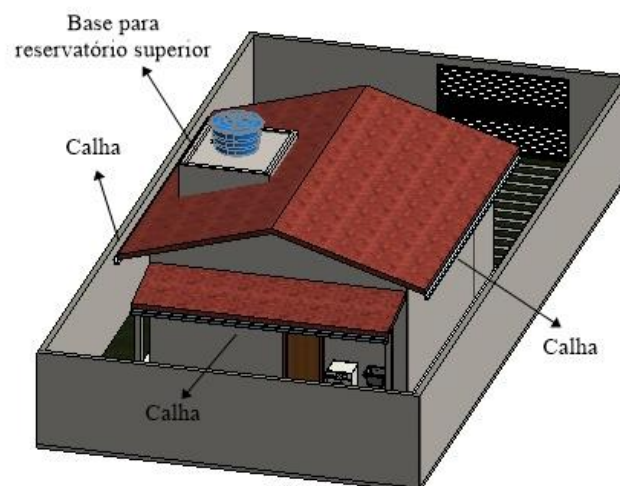
Figura 7 - Planta baixa da residência (*AS BUILT*).

Fonte: Autores (2020).

Para dar início ao projeto de adaptação do imóvel, se fez necessário um estudo preliminar de locação do reservatório pluvial no terreno, e foi adotado uma distância da fossa séptica e sumidouro existentes, tendo em vista que o tanque séptico já fora construído durante a obra, como base no Item 5.1 da Norma Brasileira 7229 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993), que recomenda o distanciamento mínimo de 5 metros de reservatórios de água enterrados e piscinas.

No modelo de projeto da arquitetura foi adicionado no arquivo do *AS BUILT*, além da locação do reservatório, uma cobertura para área de serviço, que também terá influência na captação de água pluvial. E ainda a adição de base para o reservatório superior na cobertura da residência, como apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Modelo cobertura para área de serviço e base para reservatório superior.



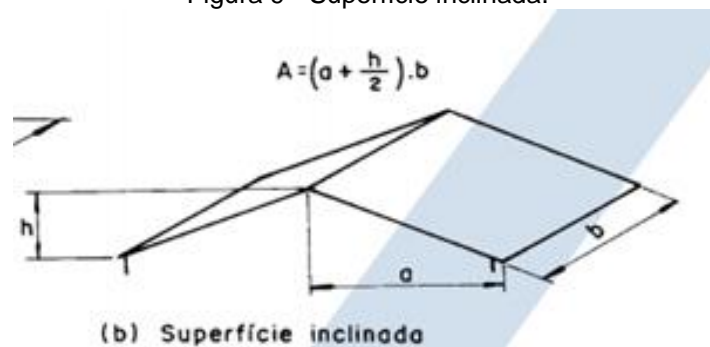
Fonte: Autores (2020).

No dimensionamento das calhas deve-se considerar os parâmetros estabelecidos por norma. Quanto a isso, a Norma Brasileira 10844 (Associação

Brasileira de Normas Técnicas, 1989), recomenda os procedimentos de cálculo de área de contribuição, vazão de projeto, coeficiente de majoração da vazão de projeto, dimensionamento da calha e dimensionamento dos condutores verticais e horizontais da tubulação.

Para o cálculo da área de contribuição, deve-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e as paredes que interceptem água de chuva (Figura 9), que também deva ser drenada pela cobertura (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989).

Figura 9 - Superfície inclinada.



Fonte: NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Utilizando os dados apresentados na Tabela 1 e utilizando a fórmula indicada na Figura 9, podemos encontrar uma área de contribuição de aproximadamente 34,973 m².

Segundo o Item 5.1.4 da Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), pode-se adotar valores de intensidade pluviométrica igual à 150 mm/h, para construções com área de projeção de até 100 m².

Para a vazão de projeto, a Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), recomenda o seguinte cálculo utilizando a fórmula:

$$Q = I \cdot A / 60$$

Onde: Q = Vazão de projeto, em L/min.

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h.

A = Área de contribuição, em m².

Utilizando os dados pluviométricos e a área de contribuição, pode-se obter o valor de vazão de projeto igual à 87,4325 L/min.

De acordo com a Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), as calhas de beiral, quando a saída estiver a menos de 4 metros de

uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes multiplicativos de vazão de projeto disponibilizados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Coeficiente de majoração.

Tipo de curva	Curva a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 m e 4 m da saída da calha
canto reto	1,2	1,1
canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptado NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Com isso, multiplicaremos a vazão de projeto encontrada anteriormente pelo coeficiente de majoração 1,05, visto que temos uma curva de canto arredondado e que está entre 2 e 4 metros da saída da calha.

$$Q = 87,4325 \cdot 1,05 = 91,8041 \text{ L/min.}$$

Quanto as calhas de beiral, a Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989) faz algumas recomendações, como a inclinação mínima de 0,50 % e o seu coeficiente de rugosidade, que deverá ser de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Rugosidade da calha de acordo com o material.

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Usando o coeficiente de rugosidade de acordo com o material da calha (PVC), a Tabela 4, fornece as capacidades das calhas em função do seu diâmetro e sua declividade.

Tabela 4 - Item 5.5.7.2 da NBR 10844:1989 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/mm)

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: Adaptado NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Com isso, o diâmetro interno da calha adotada será 100 mm, visto que, para a declividade 0,50 % e coeficiente de rugosidade 'n' igual à 0,011, a calha suporta a vazão igual à 130 L/mm, sendo está superior à vazão encontrada no projeto, garantindo perfeito funcionamento do sistema.

Para o dimensionamento dos condutores verticais das descidas de águas pluviais, o Item 5.6.4 da Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), recomenda o uso dos seguintes dados:

Q = Vazão de projeto, em L/min.

H = Altura da lâmina, em mm.

L = Comprimento do condutor vertical, em m.

Com isso, temos os seguintes dados retirados do projeto:

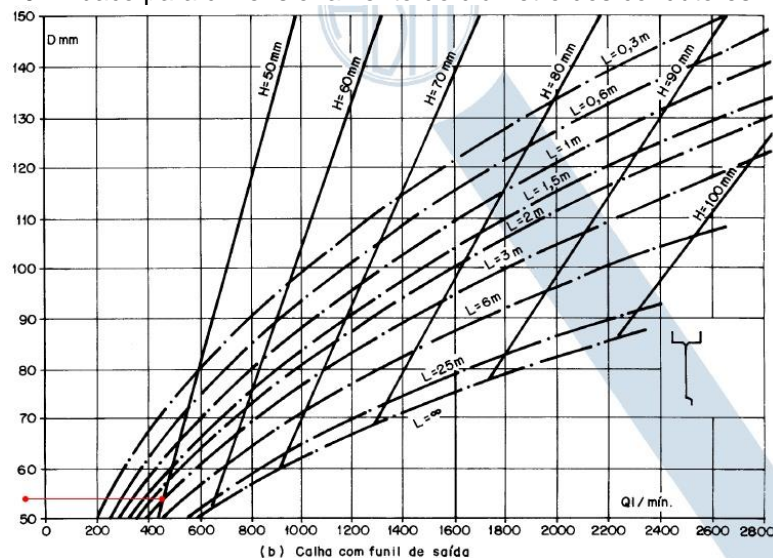
$Q = 91,8041$ L/min;

$H = 50$ mm;

$L = 3,20$ m.

Conforme o ábaco (Figura 10), obtemos o diâmetro do condutor vertical.

Figura 10 - Ábaco para dimensionamento do diâmetro dos condutores verticais.



Fonte: NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Analisando a Figura 10, no dimensionamento do condutor vertical, obtivemos o valor de 55 mm de diâmetro interno, porém a Norma Brasileira 10844 (Associação

Brasileira de Normas Técnicas, 1989) limita em, no mínimo, 70 mm de diâmetro interno para condutores verticais, sendo assim, valor este adotado para o projeto.

De acordo com o Item 5.7.1 da Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme de, no mínimo, 0,50 %.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais utilizaremos as recomendações do Item 5.7.2 da Norma Brasileira 10844 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989), quanto ao seu diâmetro, declividade e entre outras recomendações.

De acordo com o valor da vazão de projeto igual à 91,8041 L/min e a declividade de 0,50 %, a Tabela 5 estabelece diâmetro de 75 mm à ser utilizado nos condutores horizontais.

Tabela 5 – Capacidade de condutores horizontais de secção circular.

Diâmetro Interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: Adaptado NBR 10844 - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Quanto ao dimensionamento do reservatório enterrado, a Norma Brasileira 12.217 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994) propõe recomendações para os sistemas de captação de água de chuva, cujo dimensionamento deve ser embasado em critérios técnicos, econômicos e ambientais, considerando boas práticas de engenharia e considerando os seguintes componentes: extravasor,

dispositivo de esgotamento (por gravidade ou por bombeamento), cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

Também deve ser previsto o turbilhonamento, com o objetivo de dificultar a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. Segundo a Norma Brasileira 15.527 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007), a extração da água do reservatório deve ser realizada próxima à lâmina d'água, preferencialmente a 15 cm desta.

O volume de água consumível varia de acordo com alguns fatores como: o coeficiente de escoamento da cobertura (material utilizado) e o da eficiência do sistema quanto ao percentual de expurgamento.

Existem vários métodos de dimensionamento para reservatórios de captação de água pluvial, porém a Norma Brasileira 15.527 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007) valida apenas alguns deles, tais como: Método de *Rippl*, Método da Simulação, Método de Azevedo Neto, Método Prático Inglês, Método Prático Alemão e Método Prático Australiano. Ficando a critério do projetista adotar quaisquer destes.

O Método Prático Inglês relaciona o volume de água aproveitável com o valor de precipitação anual em milímetros e a área de coleta (NBR 15.527 - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007). Este método deve ser expresso da seguinte forma:

$$V = 0,05 \cdot P \cdot A$$

Onde: V = Volume de água aproveitável, em litros (L)

P = Precipitação média anual, em milímetros (mm)

A = Área de coleta, em metro quadrado (m²)

Diante da fórmula do Método Prático Inglês, podemos obter o seguinte valor:

$$V = 0,05 \cdot 545,4 \cdot 34,973$$

$$V = 953,714 \text{ L} \cong 1000 \text{ L}$$

Portanto, o reservatório enterrado e o reservatório superior terão volume de 1000 L, conforme o dimensionamento, e terão como material de fabricação a fibra de vidro (convencional).

O sistema de tratamento de água pluvial será por filtro (Figura 11) instalado na tubulação de captação, onde toda a água coletada das calhas passa, inicialmente, por tratamento físico, sendo este, por filtro antifolhas, que impede a passagem de resíduos grosseiros, por *decanter*, onde será expurgado as primeiras águas, e por filtro fino, onde ficará retido as partículas de menores diâmetros. Por fim, passará por dispositivo de tratamento químico, sendo este, o clorador, isto é, um *dispenser* para pastilhas de cloro, atuando como desinfetante altamente eficiente, eliminando agentes patogênicos causadores de doenças, tais como bactérias, vírus e protozoários que geralmente vivem nos locais de armazenamento de água, garantindo qualidade e segurança no projeto, de forma que este abundante e gratuito recurso possa ser aproveitado de forma eficaz.

Além de atender as diretrizes da Norma Brasileira 15.527 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007) para o aproveitamento de água da chuva, garante ao sistema a qualidade da água coletada e armazenada na cisterna, por longos períodos de tempo, não sendo necessária sua manutenção, apenas inspeções esporádicas, acessando o interior do filtro por sua tampa superior, cujo acesso preservado no momento da instalação.

Figura 11 - Filtro para tratamento de águas pluviais.



Fonte: TECNOTRI® (2020).

Para o dimensionamento do conduto de recalque, é necessário calcular a vazão de escoamento, ou seja, a vazão da bomba. De acordo com a Figura 7, a residência possui 2 dormitórios, segundo métodos empíricos adota-se 4 habitantes. De acordo com o padrão da residência, adotou-se um consumo diário residencial médio por habitante igual à 150 L/hab-dia. A Norma Brasileira 5626 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020) recomenda que a bomba hidráulica trabalhe, no máximo, 6,5 horas por dia, portanto adotou-se o tempo de trabalho igual a 3 horas.

$$\text{Consumo diário} = 4 \cdot 150 = 600 \text{ L/dia ou } 0,6 \text{ m}^3$$

$$Q = 0,6 / 3 = 0,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 0,2 / 3600 = 0,000056 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T = 3 \text{ h}$$

Segundo a ABNT (NB-92/66), para determinar o diâmetro interno do conduto de recalque utiliza-se:

$$Dr = 1,3 \cdot \left(\frac{T}{24}\right)^{0,25} \cdot \sqrt{Q}$$

Após inserir os dados na fórmula da ABNT (NB-92/66), obteve-se o diâmetro interno do conduto de recalque igual à 5,784 mm. Visto que não existe este diâmetro comercialmente, adota-se o valor imediatamente superior, sendo este 20 mm.

Uma vez que a vazão na sucção é a mesma do recalque pode-se, teoricamente, considerar o diâmetro da sucção o mesmo recomendado para o recalque. Entretanto, recomenda-se, para este conduto (sucção), o diâmetro comercial imediatamente superior aquele encontrado para o recalque, sendo este 25 mm. Esta providência diminui o aparecimento do fenômeno chamado cavitação.

Utilizou-se a bomba centrífuga CAM-2 (Figura 12), da marca Dancor®, para bombear água a uma maior altura para o reservatório superior. Tendo sua potência de 1/10 CV, vazão de até 3,06 m³/h e altura manométrica até 11 m.c.a., atende perfeitamente ao projeto, sendo ideal para transferência de água limpa e isenta de sólidos para cisternas e reservatórios de pequeno porte.

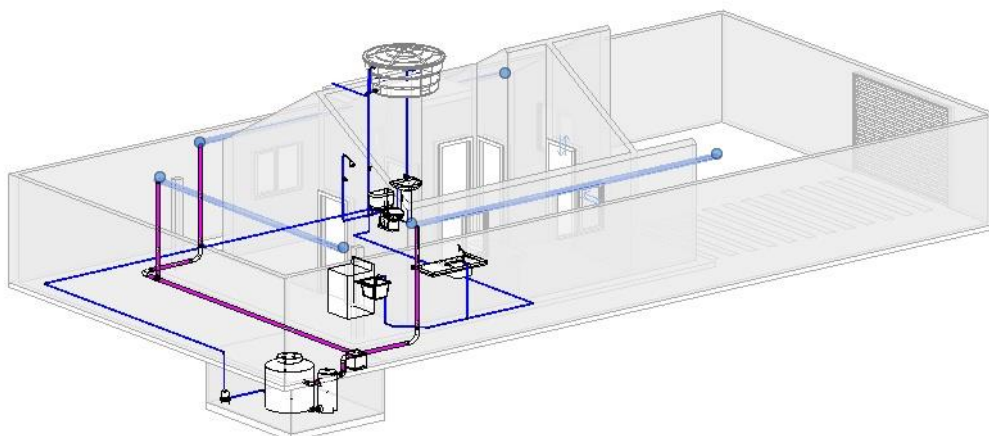
Figura 12 - Bomba centrífuga.



Fonte: DANCOR ® (2020).

O Projeto Final consiste em um modelo, desenvolvido no *software* Autodesk Revit (Figura 13), que visa detalhar o sistema de captação de águas pluviais, que foi concebido com base nas normas vigentes sobre a motivação da problemática a qual está exposto o objeto deste projeto.

Figura 13 - Projeto Final: água fria (azul) e pluvial (rosa).



Fonte: Autores (2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados avaliados durante o processo de desenvolvimento deste projeto, pode-se concluir que há potencial hídrico suficiente para adotar a solução apresentada, haja vista que o histórico de precipitação no local favorece a implantação deste sistema.

Após estudos, pesquisas nas normas vigentes e validação utilizando métodos empíricos, obteve-se êxito no resultado quanto ao volume máximo de aproveitamento de águas pluviais, isto é, o volume médio anual ultrapassa o consumo estimado dos habitantes da residência.

No tocante ao objetivo de dimensionar o sistema, obteve-se como resultado todo o detalhamento necessário para a sua execução, manutenção e funcionalidade.

Quanto ao tratamento da água pluvial captada, a potabilidade é garantida através do filtro, dispositivo utilizado que é capaz de eliminar as partículas de sujeira, expurgar as primeiras águas e realizar o tratamento químico à base de cloro.

Sugere-se como outro possível estudo para a solução da problemática, desde que embasado cientificamente, o conceito de escavação de poços artesianos e exploração de águas provenientes do lençol freático. Para isto, recomenda-se o estudo geológico da região, a fins de localizar em que cota se encontra o nível da água e se há a possibilidade de uso consuntivo.

REFERÊNCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas. Governo da Paraíba. **Meteorologia – Chuvas – Gráfico**. 2020. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas-grafico/?id_municipio=79&date_chart=2020-09-23&period=week>. Acesso em: 23 set. 2020.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas. Governo da Paraíba. **Meteorologia – Chuvas – Personalizado**. 2020. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2020-09-23&produto=microrregiao&periodo=personalizado>>. Acesso em: 24 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro. Dezembro de 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.217. Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro. Janeiro de 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro. Outubro de 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626. Instalação Predial de Água Fria**. Rio de Janeiro. Setembro de 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro. Setembro de 1993.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015.

COHIM, E. et al. **Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 13.

DANCOR ®. **Bombas Submersíveis para Drenagem e Esgotamento**. Disponível em: <<http://www.dancor.com.br/dancor-site-novo/public/produtos/S%C3%89RIE%20DS-9>>. Acesso em: 09 de Outubro de 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama – População**. 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/esperanca/panorama>>. Acesso em: 23 set. 2020.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Gabinete do Ministro. **Portaria Nº 2.914**, de 12 de Dezembro de 2011. Disponível em:<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 25 set. 2020.

MORAES, L. S. D; JORDÃO, Q. B. **Water resources deterioration and its impact on human health**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 36, nº 3, p.370/374, 2002.

NOLDE, E. **Possibilities of rainwater utilisation in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces**. Desalination , 1-11. 2007.

TECNOTRI ®. **Captação de Água da Chuva: A Importância de usar o Filtro na Cisterna**. Disponível em: <<http://www.tecnotri.com.br/captacao-de-agua-da-chuva-importancia-de-usar-o-filtro-na-cisterna/>>. Acesso em: 26 de Outubro de 2020.

TECNOTRI ®. **Reutilizar Água da Chuva**. 2020. Disponível em: <<https://cisternas.tecnotri.com.br/>>. Acesso em: 06 out. 2020.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. **Política nacional de recursos hídricos: governança água e cidadania ambiental**. Revista Sequência, Florianópolis, v. 34, n. 67, dez. 2013.

INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DO PAINEL DE HIDRÔMETROS EM UMA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NA PRESSÃO DINÂMICA DOS PONTOS DE CONSUMO

Rayzza da Costa Silva¹
Laudelino de Araújo Pedrosa Filho²
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros³

RESUMO

O maior desafio dos projetos de instalações hidráulicas é a perda de carga, que se for elevada pode acontecer de não atender a pressão recomendada nos pontos de consumo, principalmente no ponto mais desfavorável. Diante disso, esse artigo tem como objetivo apresentar dois modelos de posicionamento dos hidrômetros individuais em uma edificação multifamiliar, que tem o chuveiro mais alto como ponto mais desfavorável, para verificar qual atende melhor as condições de pressões disponíveis. No primeiro cenário, os hidrômetros foram instalados no hall de todos os pavimentos da edificação; no segundo cenário, todos os hidrômetros foram instalados no muro da edificação. O dimensionamento desse estudo foi realizado de acordo com o disposto na norma NBR 5626/2020, sendo utilizadas planilhas eletrônicas para auxílio durante os cálculos. Para os dois cenários o traçado do projeto foi realizado no software AutoCAD. Os resultados mostram que o melhor posicionamento dos medidores individuais é no hall de cada pavimento, nessa posição é satisfatória o valor das pressões em todos os pontos de consumo.

Palavras-chave: Instalações hidráulicas. Hidrômetros. Pressões.

ABSTRACT

The biggest challenge of hydraulic installation projects is the head loss, which, if high, may not meet the recommended pressure at the points of consumption, especially at the most unfavorable point. Therefore, this article aims to present two models of positioning individual water meters in a multifamily building, which has the highest shower as the most unfavorable point, to verify which best meets the available pressure conditions. In the first scenario, the hydrometers were installed in the hall on all floors of the building; in the second scenario, all water meters were installed on the building wall. The dimensioning of this study was performed in accordance with the provisions of the NBR 5626/2020 standard, using electronic spreadsheets to assist during the calculations. For both scenarios, the design of the project was carried out using AutoCAD software. The results show that the best positioning of the individual meters is in the hall of each floor, in that position the pressure value at all points of consumption is satisfactory.

Keywords: Hydraulic Instalations; Water meters. Pressures

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: rayzza.rz@hotmail.com

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: laudelino.filho@iesp.edu.com

³ Centro Universitário UNIESP. E-mail: lucivania.medeiros@iesp.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O maior desafio dos projetos de instalações hidráulicas prediais é a perda de carga, seja ela localizada ou distribuída, que causa redução das pressões dinâmicas nos pontos de consumo (DO AMARAL, DO AMARAL; 2016).

Os projetos de instalações hidráulicas são dimensionados de acordo com as recomendações da norma NBR 5626/2020 da ABNT, que estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial e de água fria, tem por objetivo garantir o bom desempenho da instalação e a potabilidade da água, para instalações de água potável.

Segundo Vaz (2018), o consumo de água é essencial para o ser humano, porém a água é um recurso natural que é limitado e se não for preservada e usada de forma consciente pode faltar. Providências podem e devem ser tomadas para evitar o desperdício de água, nas instalações hidráulicas a solução para evitar desperdício é a utilização de medidores do consumo de água individual.

A medição individualizada de água deve atender às condições técnicas mínimas que viabilizem o projeto, é algo bastante importante, pois sua principal função é fazer com que a população economize água, além tornar justo o pagamento da tarifa. (COELHO, 2002). Essa medição é realizada por hidrômetros que são relógios medidores de consumo.

A localização desses medidores em edificações de pequena altura deve ser indicada de modo a permitir que a medição seja realizada pela concessionária, podendo ser instalados em caixa própria no imóvel abastecido voltada para rua (NETTO, 2018).

A distribuição das tubulações em um projeto de instalações hidráulicas prediais e a quantidade de conexões contribuem para minimizar ou maximizar as perdas de carga, trajetos mais longos e muitas conexões aumentam as perdas de carga, reduzindo a pressão final da água, por esse motivo, segundo Magno (2020), é bom evitar que a água passe por caminho com muita mudança de direção.

Diante do exposto surge a problemática de qual o melhor local para posicionamento do painel de hidrômetros em uma edificação multifamiliar a fim de se obter menores perdas de carga e, em consequência, maiores pressões dinâmicas nos pontos de consumo?

O projeto proposto tem como objetivo principal calcular a pressão dinâmica no ponto de consumo mais desfavorável da edificação, colocando o painel de medidores na frente do terreno, com objetivos específicos de comparar com os resultados do projeto original, no qual o painel de medidores se encontra no hall dos pavimentos, e analisar qual situação é a mais recomendada para se obter melhores condições das pressões nos pontos de consumo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

O sistema de instalações hidráulicas prediais de água fria é o conjunto de tubulações, equipamentos e todos os dispositivos necessários para a distribuição e abastecimento de água em edificações, seja residencial, comercial ou industrial; o projeto de instalações hidráulicas prediais deve ser desenvolvido em conjunto com os projetos arquitetônico, estrutural, de fundação, instalações elétricas e todos os demais fazem parte do conjunto de uma edificação (CARVALHO JUNIOR, 2016).

A norma regulamentadora dos projetos hidráulicos de água fria é a NBR 5626/2020 da ABNT que diz que esse é um projeto que consiste em um subsistema do sistema de abastecimento público de água, por ser a ponta que o liga ao consumidor. A NBR 5626/2020 descreve ainda as exigências que devem ser observadas no projeto para garantia de:

- Preservar a potabilidade da água;
- Garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- Promover economia de água e de energia;
- Possibilitar manutenção fácil e econômica;
- Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;
- Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo as demais exigências do usuário.

Um sistema hidráulico predial é constituído por ramal predial, hidrômetro geral, ramal de alimentação, reservatório inferior, casa de bombas, reservatório superior, barrilete, coluna de água fria, hidrômetro individual, ramal de distribuição e sub-ramal (NBR 5626, 2020).

Segundo Creder (2006), ligação entre a rede pública de abastecimento e a instalação da edificação ocorre por meio de uma tubulação denominada ramal predial, conforme mostra a Figura 1, essa ligação é feita pela concessionária responsável por seu tratamento e distribuição e a água entra por um ponto na frente do terreno. O ramal predial finaliza no hidrômetro, que é o aparelho que mede o consumo de água na edificação, ele fica instalado em uma caixa denominada cavalete.

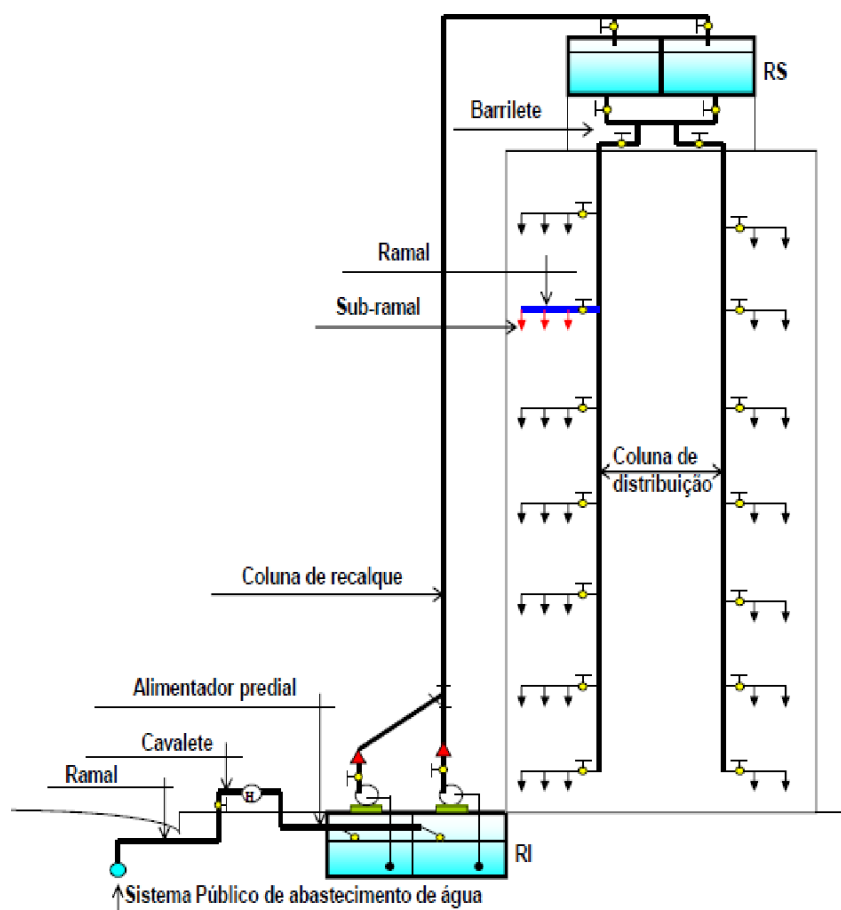


Figura 1 – Sistema de abastecimento predial.
Fonte: Batista (2013).

Na caixa onde fica o hidrômetro encontra-se um registro de pressão ou de gaveta no ramal externo e um registro de pressão ou de gaveta no ramal interno, podem ser observados na Figura 2. As medidas mínimas para as caixas de

instalação do hidrômetro são estabelecidas pelo órgão público responsável pelo abastecimento de água (SILVA, 2019).

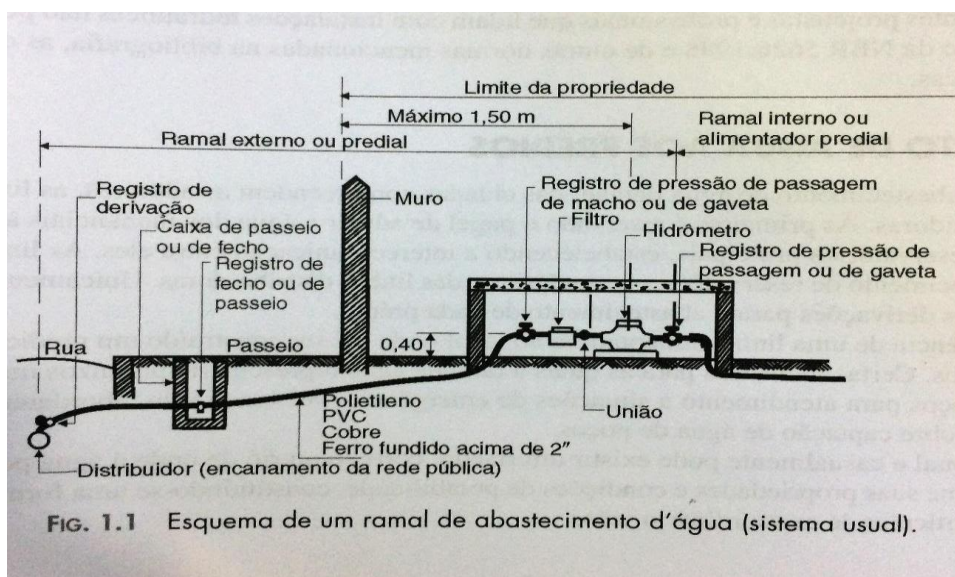


Figura 2 - Ramal de abastecimento de água.
Fonte: Macintyre (2010).

Após a coluna de distribuição e antes de a água ser distribuída para os apartamentos ela passa por um medidor individual, ou seja, um hidrômetro individual, que mede o consumo de água em cada unidade habitacional (VAZ, 2018).

Segundo Carvalho (2010), o hidrômetro é um instrumento com a função de medir em metros cúbicos e indicar a quantidade de água que o atravessa, a Figura 3 mostra com detalhes o hidrômetro.



Figura 3 – Hidrômetro.
Fonte: Magno (2020).

2.2 LOCALIZAÇÃO DOS HIDRÔMETROS

Conforme Peres e Oliveira (2006), os sistemas de medição individualizada de água podem ser classificados em função do local de instalação dos hidrômetros. Os hidrômetros podem localizar-se no barrilete do edifício, nos halls de cada um dos pavimentos ou no térreo da edificação, como mostra a Figura 4.

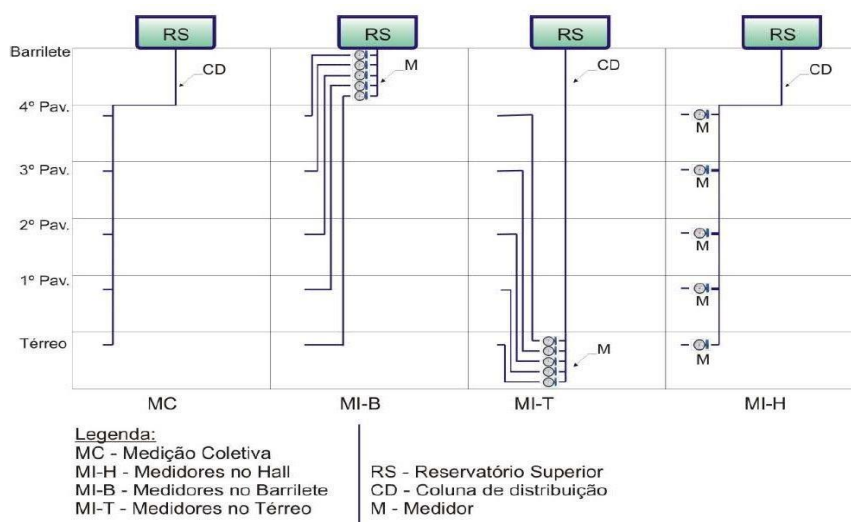


Figura 4 - Possibilidade de localização dos hidrômetros individuais.
 Fonte: Batista (2013).

A localização dos hidrômetros varia de acordo com o tipo de edificação, logo o engenheiro responsável pelos cálculos da nova medição é quem vai decidir o local mais adequado para sua instalação (NEVES, 2017).

Num projeto de instalações prediais de água fria a definição por um desses cenários tem forte implicação nos custos de implantação do sistema e no valor das pressões dinâmicas nos pontos de consumo. Assim sendo, é conveniente que essa escolha seja devidamente deliberada entre projetista e construtor (MORAES, 2018).

Para edificações multifamiliares, quando a escolha é pela instalação no pavimento térreo deve-se observar as Normativas das concessionárias de saneamento locais que estabelecem regras a serem seguidas para o painel de hidrômetros que, via de regra, deve ficar na parte frontal e externa do prédio para, entre outras coisas, facilidade de manutenção e leitura pelos funcionários da companhia (CAVICHOLI, 2017).

2.3 PERDAS DE ENERGIA

No escoamento de um líquido ao longo de um conduto ocorre perda de energia, denominada de perda de carga. Esta perda ocorre devido ao atrito das moléculas do líquido com as paredes do tubo e ao atrito intermolecular provocada. Em condutos de paredes mais rugosas a turbulência do escoamento é maior, isso implica em maior perda de carga (MEDEIROS, JERÔNIMO; 2006).

Nos escoamentos em tubulações retilíneas a perda de carga é dita linear ou contínua. Nas instalações prediais onde os diâmetros dos tubos são pequenos, a NBR 5626/2020 recomenda que o cálculo dessa perda de carga seja realizado com a equação (1), de Fair-Whipple-Hsiao, que depende da vazão, do diâmetro e comprimento do tubo.

$$hf = 0,000874 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L \quad (1)$$

Onde: hf = perda de carga linear (m.c.a); Q = vazão (m³/s); D = diâmetro interno do tubo (m); L = comprimento entre duas seções de estudo do conduto (m).

Quando durante o escoamento o líquido atravessa uma peça ou conexão ocorre uma turbulência diferenciada que provoca uma perda de carga nesse local com outra característica, chamada perda de carga localizada ou singular (NETTO, 1998). A NBR 5626 recomenda que ela seja determinada através do Método dos Comprimentos Equivalentes. Esse método consiste em substituir as conexões existentes por trechos de tubos que gere a mesma perda de carga que seria causada pelas conexões.

As perdas de carga totais devem ser subtraídas da pressão inicial, que é determinada pela equação (2), de Bernoulli. Segundo a NBR 5626/2020, as pressões iniciais devem ser “consideradas a partir da saída do reservatório”.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 + hf \quad (2)$$

2.4 PRESSÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS PERMITIDAS

A NBR 5626/2020 determina que a pressão da água em condições dinâmicas (com escoamento) nos pontos de utilização deve ser estabelecido de forma que garanta a vazão de projeto indicado na Tabela 01.

“Em qualquer ponto da rede predial de distribuição, em condições dinâmicas a pressão da água não deve ser menor do que 5 kPa. E em condições estáticas (sem escoamento), a pressão da água não deve ser maior do que 400 kPa” (NRB 5626/2020).

Tabela 01 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Vazão de Projeto (l/s)	Peso Relativo
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
Bacia Sanitária	Válvula de descarga	1,7	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,3	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
Mictório cerâmico sem sifão Integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
Pia	Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7

Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4
--	----------	-----	-----

Fonte: Adaptado de NBR 5626 (1998).

3 METODOLOGIA

Para obtenção dos resultados o trabalho foi iniciado com base em pesquisas bibliográficas para melhor embasamento sobre o tema apresentado e tendo como objetos de consulta normas técnicas, livros e manuais de sistema de instalação hidráulica.

Será realizado o estudo do melhor local para posicionamento dos medidores individuais de consumo de água em uma edificação multifamiliar na perspectiva de se alcançar a melhor pressão dinâmica para os pontos de utilização.

O estudo terá como base o projeto de um edifício residencial no bairro de Intermares, Cabedelo – PB, contendo um pavimento térreo (pilotis), mais quatro pavimentos-tipo e uma cobertura. Cada unidade residencial abriga quatro apartamentos de mesmos ambientes exceto um deles do quarto andar que sendo duplex tem no pavimento da cobertura uma área de lazer com um banheiro e área gourmet. O chuveiro deste WC apresenta-se como o mais desfavorável em termos hidráulicos, sendo o escolhido neste trabalho para ser referência de pressão mínima no circuito hidráulico, por ser o ponto mais próximo do reservatório de distribuição. As Figuras 5 e 6 mostram a planta baixa do térreo e do pavimento 4 da edificação, respectivamente.



Figura 5 – Planta baixa do térreo (sem escala).
 Fonte: Autor (2020).

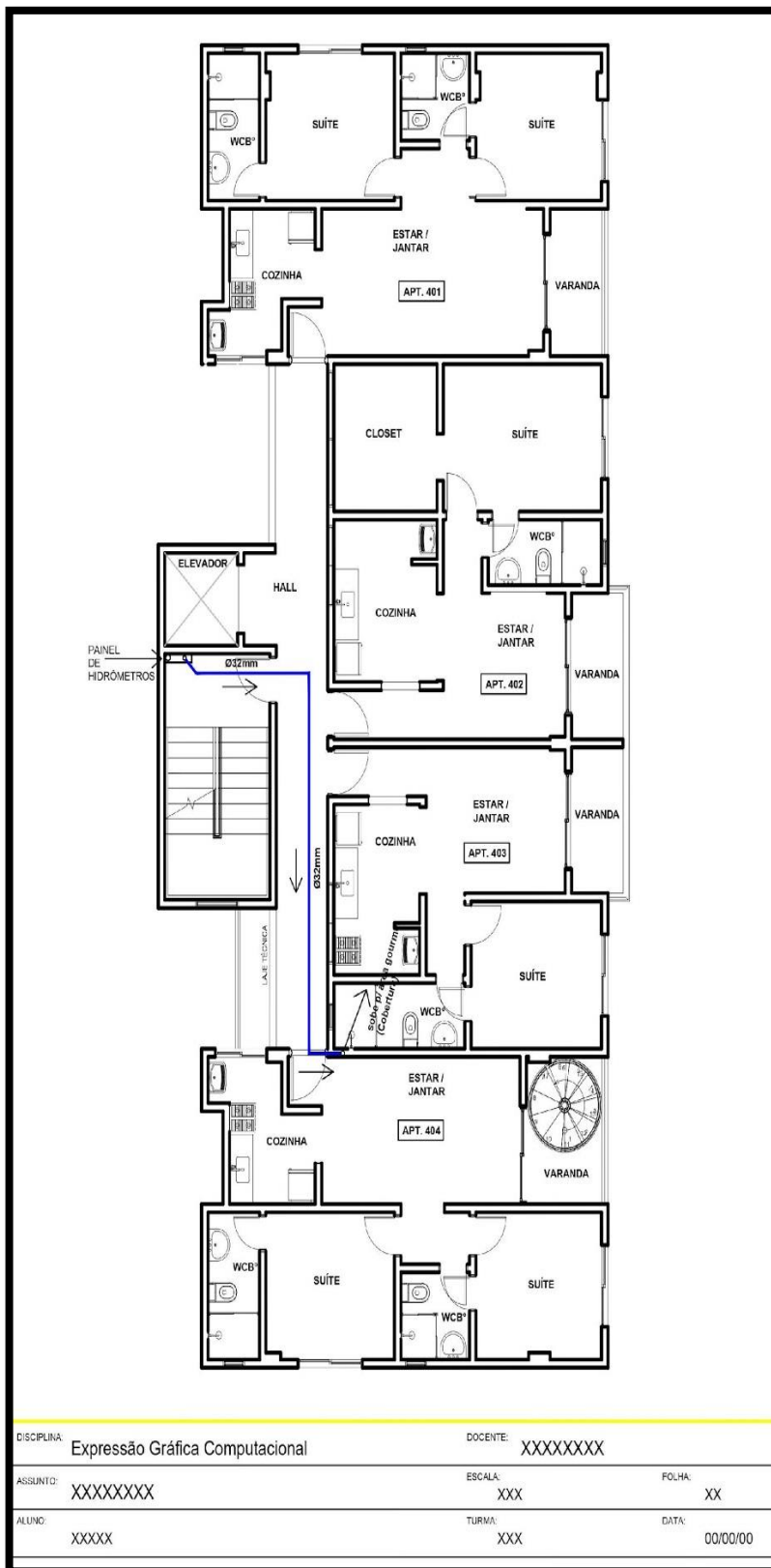


Figura 6 – Planta baixa pavimento 4 (sem escala).
 Fonte: Autor (2020).

A pressão em qualquer seção do conduto pode ser estimada a partir da equação (2), de Bernoulli, considerando todas as perdas de energia entre duas seções quaisquer de estudo. Em instalações hidráulicas, devido ao grande número de trechos, é grande o volume de cálculos para obtenção das pressões dinâmicas. Essa tarefa pode ser facilitada com o emprego de planilhas eletrônicas concebidas com esse fim. Nesse trabalho foram utilizados os recursos de uma planilha Microsoft Excel™ cujo modelo é mostrado na Figura 7.

Trecho	Σp	Vazao	Diâmetro	D interno	Velocidade	Perda de carga unitaria	Comprimento real	Comprimento equivalente singularidades	Comprimento virtual (total)	Perda de carga (mca)	Pressao disponivel montante (mca)	Diferenca de cota m-j (m)	Presao disponivel residual (mca)	Pressao requerida (mca)
(acumulados)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)	(m)	(mca)	(mca)

Figura 7 - Modelo de planilha Microsoft Excel™.
Fonte: Adaptado de NBR 5626 (1998).

Para o traçado das tubulações e posicionamento dos hidrômetros foi utilizado o software AutoCAD da Autodesk™.

As perdas de carga totais devem ser subtraídas da pressão inicial, que é determinada pela equação (2), de Bernoulli. Segundo a NBR 5626/2020, as pressões iniciais devem ser “consideradas a partir da saída do reservatório”.

3.1 CENÁRIOS DEFINIDOS PARA CÁLCULO DA PRESSÃO

Para avaliação da influência do hidrômetro individual na pressão dos pontos de utilização predial foi definido dois cenários: cenário 1 com o medidor num painel de hidrômetros no pavimento-tipo mais alto da edificação (pavimento 4); cenário 2 com o medidor num painel de hidrômetros no pavimento térreo da edificação.

No cenário 1, a aquisição e instalação dos medidores no shaft hidráulico serão de responsabilidade da empresa construtora e a leitura mensal dos hidrômetros individuais ficará sob a responsabilidade do condomínio que fará a cobrança do consumo no boleto mensal. Já no cenário 2, a aquisição e instalação será da concessionária local que também fará a leitura e cobrança do consumo de cada

unidade residencial. Não será feito o cotejo econômico entre as duas alternativas evidenciadas.

As Figuras 8 e 9 ilustram a rede hidráulica desses dois cenários.

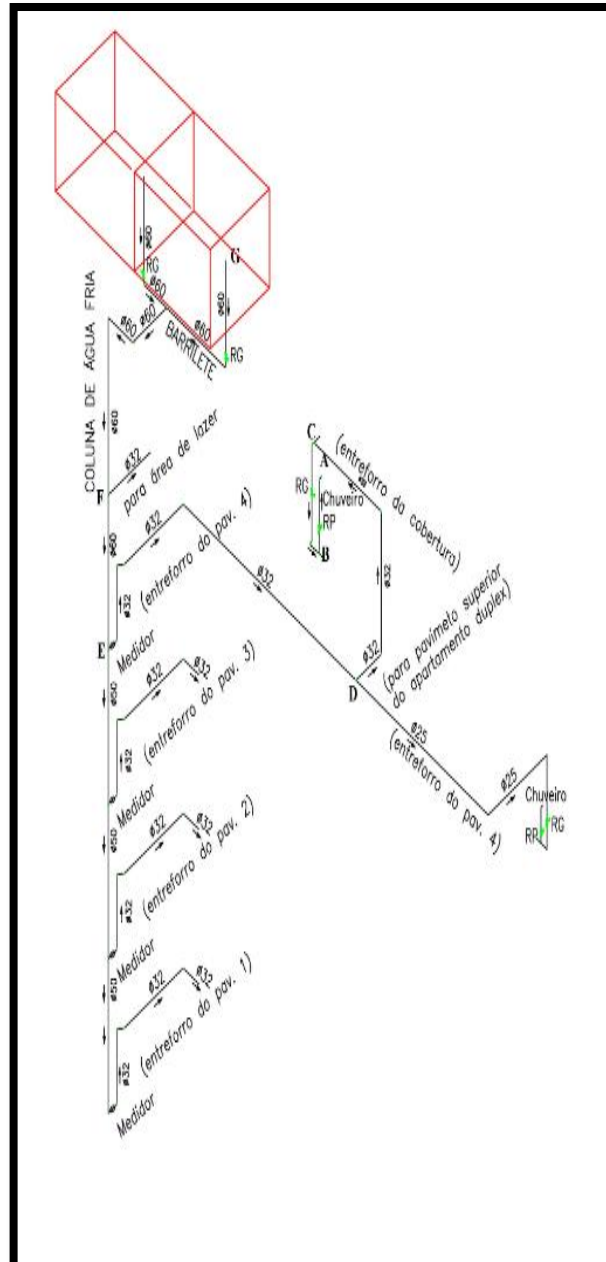


Figura 8 – Rede hidráulica do cenário 1.
Fonte: Autor (2020).

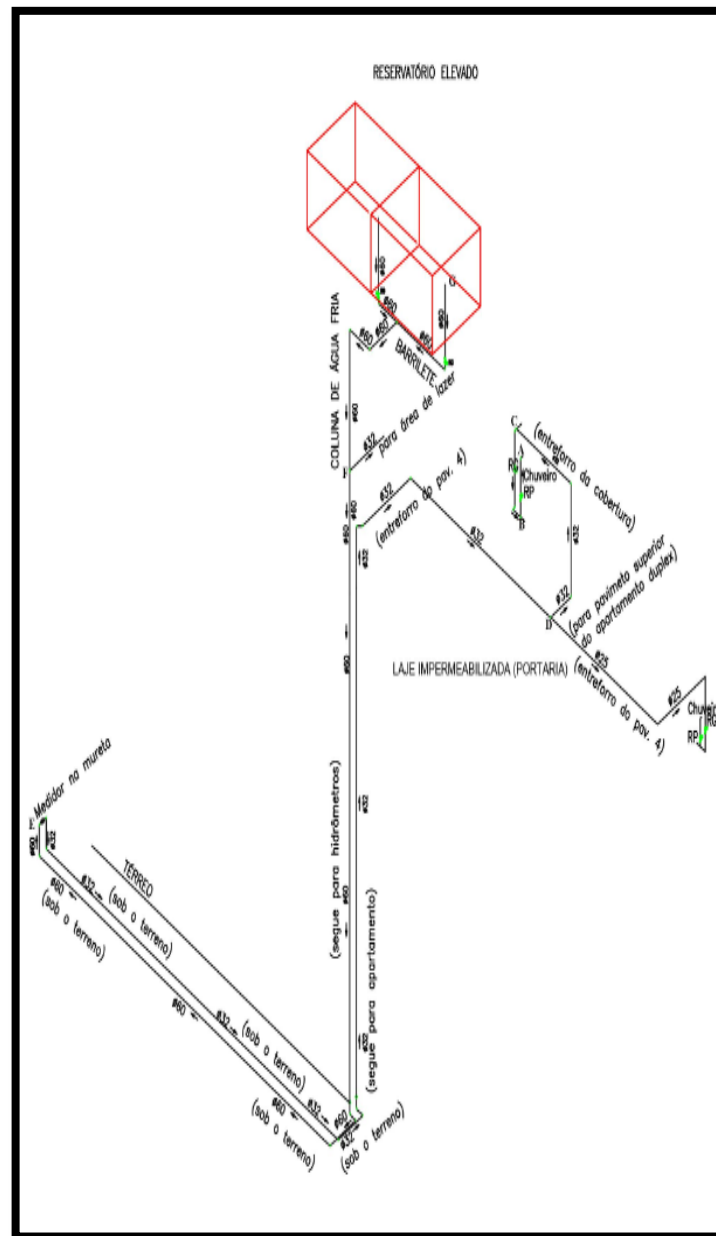


Figura 9 – Rede hidráulica do cenário 2.
Fonte: Autor (2020).

3.2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para os dois cenários citados os cálculos hidráulicos foram feitos com base nas prescrições da NBR 5626/2020 que recomenda o critério de dimensionamento de Hunter que considera pesos de peças acumulados para se estabelecer o diâmetro para a tubulação.

Dessa forma, será realizado o somatório dos pesos relativos a cada aparelho sanitário que cada trecho considerado atende. A delimitação dos trechos de estudo

pode ser visualizada nas Figuras 8 e 9. Os pesos de Hunter são encontrados na Tabela 02.

Tabela 02 – Pesos das peças de utilização dos aparelhos sanitários.

Aparelho Sanitário	Peça de Utilização	Peso Relativo
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,3
Bacia Sanitária	Válvula de descarga	32
Banheira	Misturador (água fria)	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,3
Mictório cerâmico com sifão integrado	Válvula de descarga	2,8
Mictório cerâmico sem sifão Integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,7
Pia	Torneira elétrica	0,1
Tanque	Torneira	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,4

Fonte: Adaptado de NBR 5626 (1998).

A partir desse somatório dos pesos a vazão estimada no trecho, será calculada pela equação (3):

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\Sigma P} \quad (3)$$

Onde: Q = vazão (l/s); P = pesos relativos aos aparelhos sanitários nos trechos.

Para o cálculo da velocidade será utilizada a equação (4), da continuidade, escrita na seguinte forma:

$$V = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (4)$$

Onde: V = velocidade (m/s); Q = vazão estimada (l/s); D = diâmetro interno da tubulação (mm).

Para cálculo das perdas de carga lineares em instalações prediais, por ter diâmetros pequenos, a norma recomenda que seja utilizada a equação (5), de Fair-Whipple-Hsiao:

$$J = \frac{8,69 \cdot 10^5 \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (5)$$

Onde: J = perda de carga linear (m/m); Q = vazão (l/s); D = diâmetro interno do tubo (mm).

Será utilizado o método dos comprimentos equivalentes para cálculo das perdas de carga localizadas, utilizando a Tabela 03.

Tabela 03 – Comprimentos equivalentes das conexões.

Diâmetro externo (mm)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° direto	Tê 90° lateral	Entrada normal	Entrada de Borda	Saida de canalização	Válvula de pé e crivo	Válvula de retenção leve	Registro globo aberto	Registro gaveta aberto
25 - 3/4	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	11,4	0,2
32 - 1	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	15,0	0,3
40 - 1 1/4	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	22,0	0,4
50 - 1 1/2	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	35,8	0,7
60 - 2	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	37,9	0,8
75 - 2 1/2	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	38,0	0,9
85 - 3	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	40,0	0,9
110 - 4	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	42,3	1,0
140 - 5	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	50,9	1,1
160 - 6	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	56,7	1,2

Fonte: Porto (2000).

O comprimento virtual total será o somatório dos comprimentos equivalente às peças ou conexões do trecho com o comprimento real de cada trecho.

As perdas de cargas totais em cada trecho serão encontradas multiplicando o comprimento virtual total com as perdas de carga linear.

O desnível geométrico é obtido a partir da diferença de cota vertical de cada trecho, sendo considerado o sentido ascendente como positivo e descendente como negativo.

Para cada cenário descrito as peças e conexões em cada trecho de estudo podem ser vistos nas Tabelas 04 e 05, apresentadas a seguir.

Tabela 04 – Comprimentos equivalentes das conexões no cenário 1.

Trecho	Peça ou Conexão	Quant.	Comprimento Equivalente Unitário (m)	Comprimento Equivalente Total (m)	Comprimento Total no Trecho (m)
G - F	Entrada de Borda, Ø60	1	2,8	2,8	19,7
	Curva 90°, Ø60	3	1,3	3,9	
	Reg. Gaveta, Ø60	1	0,8	0,8	
	Te Passagem Direta, Ø60	1	4,6	4,6	
	Te Passagem Lateral, Ø60	1	7,6	7,6	
F - E	Te Passagem Lateral, Ø60	1	7,6	7,6	7,6
E - D	Joelho 90°, Ø32	1	1,5	1,5	6,4
	Reg. Gaveta, Ø32	1	0,2	0,2	
	Curva 90°, Ø32	2	0,6	1,2	
	Curva 45°, Ø32	1	0,4	0,4	
	Te Passagem Lateral, Ø32	1	3,1	3,1	
D - C	Curva 90°, Ø32	2	0,6	1,2	4,3
	Te Passagem Lateral, Ø32	1	3,1	3,1	

C - B	Joelho 90°, Ø25	3	1,2	3,6	6,2
	Reg. Gaveta, Ø25	1	0,2	0,2	
	Te Passagem Lateral, Ø25	1	2,4	2,4	
B - A	Registro Globo, Ø3/4"	1	11,4	11,4	12,6
	Joelho 90°, Ø25	1	1,2	1,2	

Fonte: Autor (2020).

Tabela 05 – Comprimentos equivalentes das conexões no cenário 2.

<i>Trecho</i>	<i>Peça ou Conexão</i>	<i>Quant.</i>	<i>Comprimento Equivalente Unitário (m)</i>	<i>Comprimento Equivalente Total (m)</i>	<i>Comprimento Total no Trecho (m)</i>
G - F	Entrada de Borda, Ø60	1	2,8	2,8	19,7
	Curva 90°, Ø60	3	1,3	3,9	
	Reg. Gaveta, Ø60	1	0,8	0,8	
	Te Passagem Direta, Ø60	1	4,6	4,6	
	Te Passagem Lateral, Ø60	1	7,6	7,6	
F - E	Curva 90°, Ø60	4	1,3	5,2	8,6
	Joelho 90°, Ø60	1	3,4	3,4	
E - D	Joelho 90°, Ø32	1	1,5	1,5	8,8
	Reg. Gaveta, Ø32	1	0,2	0,2	
	Curva 90°, Ø32	6	0,6	3,6	
	Curva 45°, Ø32	1	0,4	0,4	
	Te Passagem Lateral, Ø32	1	3,1	3,1	
D - C	Curva 90°, Ø32	2	0,6	1,2	4,3
	Te Passagem Lateral, Ø32	1	3,1	3,1	
C - B	Joelho 90°, Ø25	3	1,2	3,6	6,2
	Reg. Gaveta, Ø25	1	0,2	0,2	

	Te Passagem Lateral, Ø25	1	2,4	2,4	
B - A	Registro Globo, Ø3/4"	1	11,4	11,4	12,6
	Joelho 90°, Ø25	1	1,2	1,2	

Fonte: Autor (2020).

As pressões disponíveis serão calculadas em cada ponto do trecho, tendo como partida a saída do reservatório elevado cujo líquido está submetido à pressão atmosférica que na escala efetiva é nula.

A pressão residual disponível (pressão a jusante) será calculada com a equação (6):

$$P_j = P_m + D_{geom} - hf_{totais}$$

(6)

Onde: P_j = pressão residual disponível (m.c.a.); P_m = pressão disponível à montante (m.c.a.); D_{geom} = desnível geométrico do trecho (m); hf_{totais} = perdas de carga total no trecho (mc.a.).

Por fim serão verificadas se as pressões disponíveis atendem ao mínimo necessário para o ponto de consumo considerado (Chuveiro), de acordo com a Tabela 06.

Tabela 06 – Pressões dinâmicas e estáticas nos pontos de utilização.

Peças de utilização	Pressão dinâmica		Pressão estática	
	Mín. (m.c.a.)	Máx. (m.c.a.)	Mín. (m.c.a.)	Máx. (m.c.a.)
Aquecedor de alta pressão	0,5	40	1	40
Aquecedor de baixa pressão	0,5	4	1	5
Bebedouro	2,0	30	—	—
Chuveiro de DN 20 mm	2,0	40	—	—
Chuveiro de DN 25 mm	1,0	40	—	—
Torneira	0,5	40	—	—
Torneira de boia para caixa de descarga de DN 20 mm	1,5	40	—	—

Torneira de boia para caixa de descarga de DN 25 mm	0,5	40	—	—
Torneira de boia para reservatórios	0,5	40	—	—
Válvula de descarga de alta pressão	(B)	(B)	(C)	40
Válvula de descarga de baixa pressão	1,2	—	2	(C)

Observações:

(A): 1 mca = 10 kPa.

(B): O fabricante deve especificar a faixa de pressão dinâmica que garanta vazão mínima de 1,7 L/s e máxima de 2,4 L/s nas válvulas de descarga de sua fabricação.

(C): O fabricante deve definir esses valores para a válvula de descarga de sua produção, respeitando as normas específicas.

Fonte: Adaptado de Botelho e Ribeiro Junior (2010).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

O ponto utilizado para o cálculo das pressões dinâmicas foi o chuveiro do banheiro do apartamento duplex da edificação, a Figura 10 apresenta o esquema isométrico da localização do chuveiro.

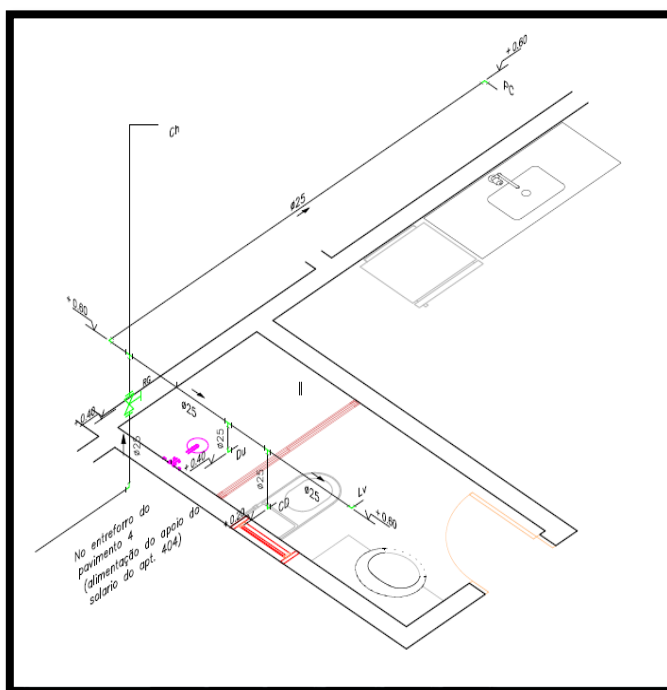


Figura 10 – Esquema isométrico da cobertura do apartamento duplex.

Fonte: Autor (2020).

A planta baixa da cobertura, onde está posicionado o chuveiro mais desfavorável, é apresentada na Figura 11.

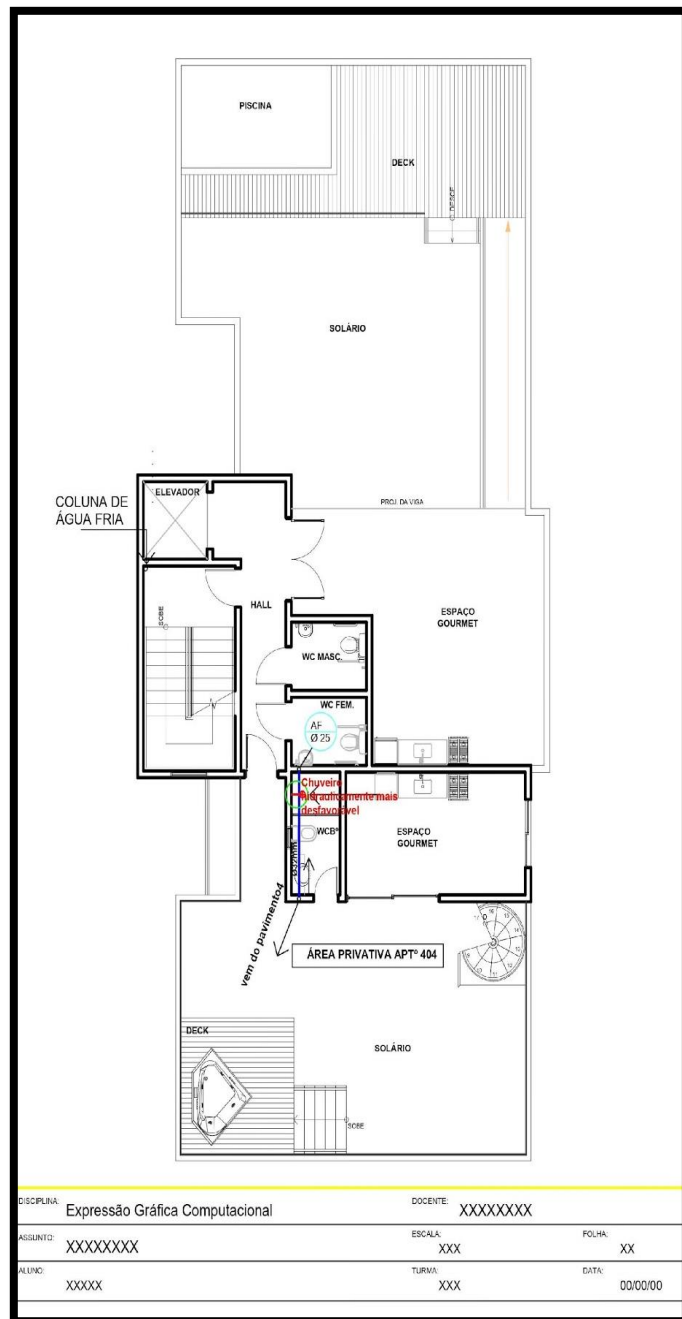


Figura 11 – Planta baixa cobertura do apartamento (sem escala).
Fonte: Autor (2020).

No primeiro cenário o medidor foi posicionado num painel de hidrômetros que está localizado no hall do pavimento 4 da edificação, cuja disposição dos medidores no shaft hidráulico é mostrada na Figura 12.

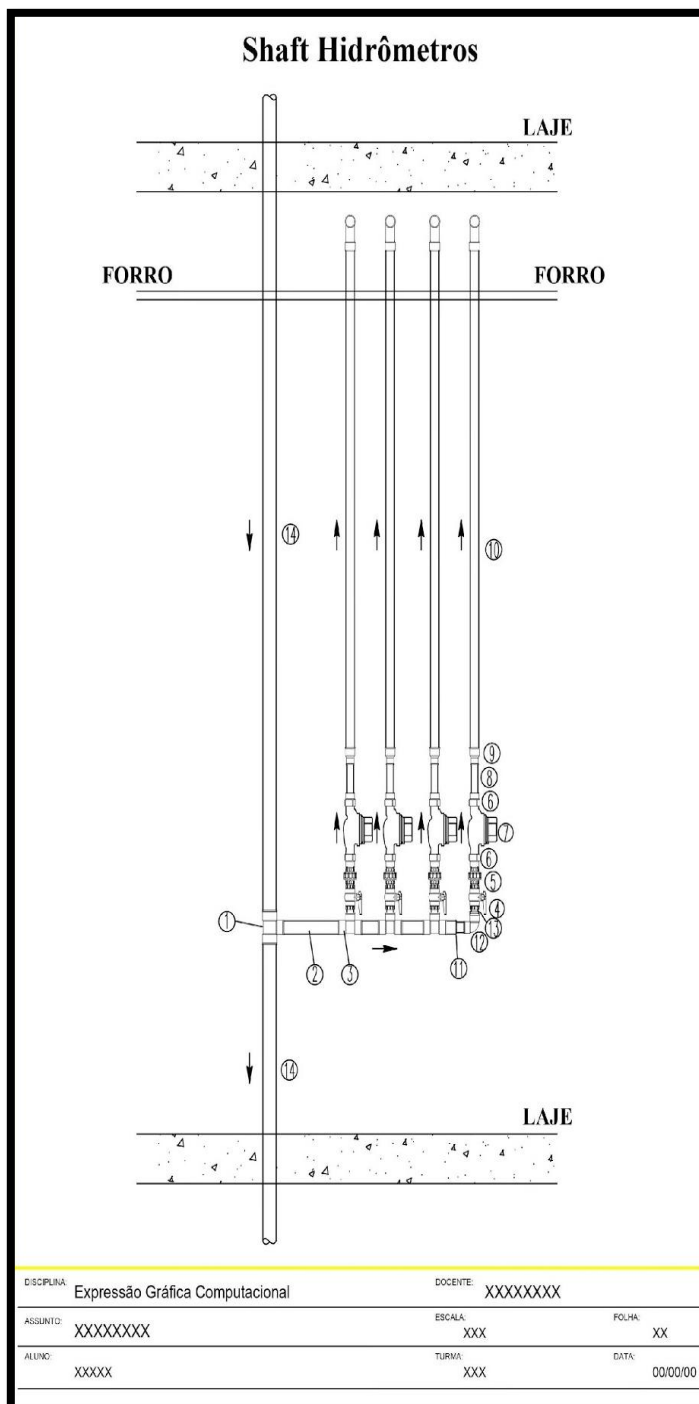


Figura 12 – Painel de hidrômetros no pavimento 4.
Fonte: Autor (2020).

Partindo-se do reservatório elevado onde tem-se pressão atmosférica nula na escala efetiva e aplicando-se sequencialmente a equação da energia ao longo da linha de corrente até o ponto A, no chuveiro, foi possível calcular a pressão nos vários trechos do circuito hidráulico cujos resultados obtidos com auxílio de uma planilha Microsoft Excel™ são apresentados na Tabela 07.

Tabela 07 – Cálculos hidráulicos do Cenário 1.

Trecho	Σp acumulados	Vazao (l/s)	Diâmetro (mm)	D interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento real (m)	Comprimento equivalentes singulares (m)	Comprimento virtual total (m)	Perda de carga (m.c.a.)	Pressao disponível montante (m.c.a.)	Diferença de cota m-j (m)	Pressao disponível residual (m.c.a.)	Pressao requerida (m.c.a.)
G F	75,4	2,605	60	53,4	1,16	0,0289	10,3	19,7	30,0	0,867	0,00	4,48	3,613	1,00
F E	73,1	2,565	60	53,4	1,15	0,0281	4,4	7,6	12,0	0,338	3,61	4,42	7,695	1,00
E D	7,1	0,799	32	27,8	1,32	0,0812	11,4	6,4	17,8	1,442	7,70	-1,53	4,723	1,00
D C	1,7	0,391	32	27,8	0,64	0,0232	6,5	4,3	10,8	0,252	4,72	-2,89	1,581	1,00
C B	1,0	0,300	25	21,6	0,82	0,0485	2,1	6,2	8,3	0,402	1,58	1,96	3,139	1,00
B A	0,4	0,190	25	21,6	0,52	0,0217	1,5	12,6	14,1	0,306	3,14	-1,45	1,383	1,00

Fonte: Autor (2020).

Nesta simulação pode-se observar que o chuveiro da área de lazer do apartamento duplex terá uma pressão dinâmica de 1,38 m.c.a, valor acima do valor mínimo recomendado pela ABNT que é de 1,0 m.c.a apresentado na Tabela 6.

Para o segundo cenário os medidores individuais foram posicionados no muro frontal do pavimento térreo da edificação, conforme ilustra a Figura 13.

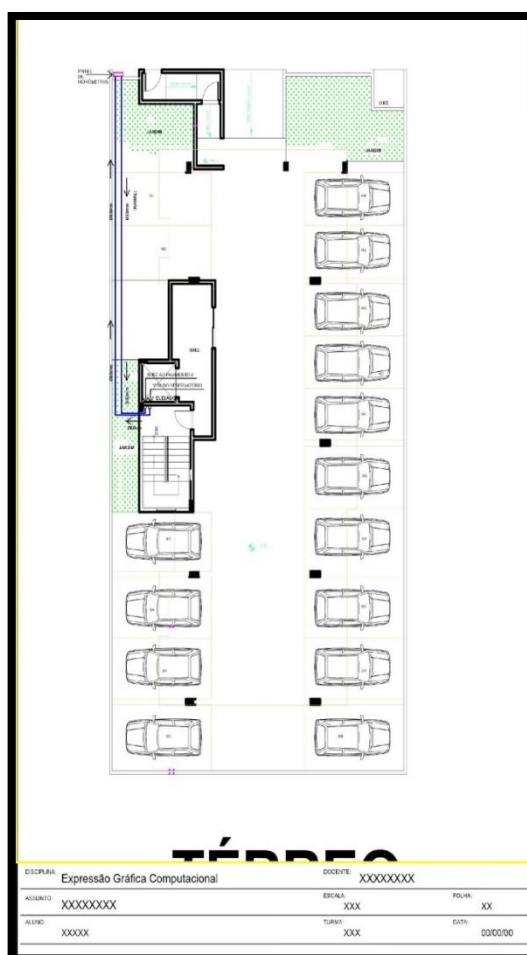


Figura 13 – Painel de hidrômetros posicionado no muro da edificação.

Fonte: Autor (2020).

Para este caso, um esquema da configuração dos medidores individuais é apresentado na Figura 14.

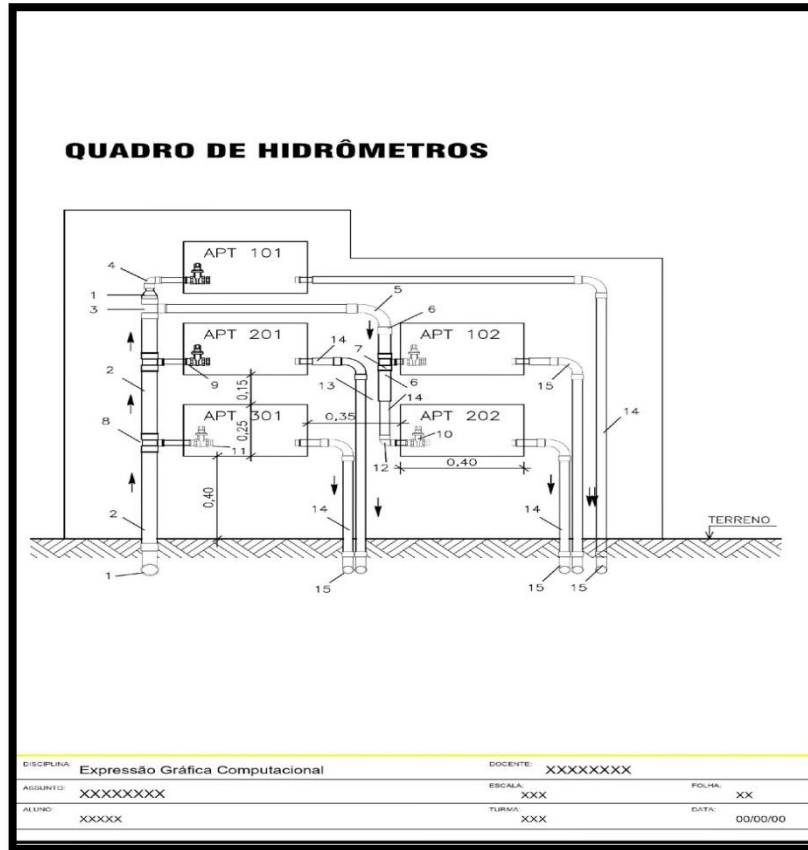


Figura 14 – Modelo do quadro de hidrômetros no muro da edificação.
 Fonte: Autor (2020).

Semelhante ao cenário 1, as pressões dinâmicas nos vários trechos da nova rede hidráulica foram calculadas com auxílio da planilha Excel para se obter o resultado da pressão disponível no chuveiro do apartamento duplex. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Cálculos hidráulicos do Cenário 2.

Trecho	Σp acumulados	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	D interno (mm)	Velocidade (m/s)	Perda de carga unitária (m/m)	Comprimento real (m)	Comprimento equivalentes singulares (m)	Comprimento virtual total (m)	Perda de carga (m.c.a.)	Pressão disponível montante (m.c.a.)	Diferença de cota m-j (m)	Pressão disponível residual (m.c.a.)	Pressão requerida (m.c.a.)
G F	75,4	2,605	60	53,4	1,16	0,0289	10,3	19,7	30,0	0,867	0,00	4,48	3,613	1,00
F E	73,1	2,565	60	53,4	1,15	0,0281	31,4	8,6	40,0	1,125	3,61	13,98	16,468	1,00
E D	7,1	0,799	32	27,8	1,32	0,0812	41,0	8,8	49,8	4,048	16,47	-13,98	-1,560	1,00
D C	1,7	0,391	32	27,8	0,64	0,0232	6,5	4,3	10,8	0,252	-1,56	-2,89	-4,702	1,00
C B	1,0	0,300	25	21,6	0,82	0,0485	2,1	6,2	8,3	0,402	-4,07	1,96	-2,512	1,00
B A	0,4	0,190	25	21,6	0,52	0,0217	1,5	12,6	14,1	0,306	-2,51	-1,45	-4,268	1,00

Fonte: Autor (2020).

O resultado desta configuração de tubos, conexões e peças interligadas apresenta-se com um resultado considerado desastroso em termos hidráulicos. A pressão dinâmica no chuveiro mais desfavorável do circuito resultou no valor -4,27 m.c.a inviabilizando o funcionamento do sistema. Esse resultado já poderia ser esperado quando a perda de carga total no ramal que sai do painel de hidrômetro para alimentar o apartamento duplex alcançou o valor 4,05 m (Trecho E-D).

Dessa forma, o estudo mostra que cuidados especiais devem ser tomados quando se pretende posicionar os hidrômetros na frente do prédio deixando a aquisição e leitura mensal de consumo sob a responsabilidade da concessionária. Neste caso, poderiam ser testados cenários diversos como a elevação da cota do reservatório e aumento das bitolas dos condutores formadores da rede hidráulica. Todas essas providências acarretam elevação dos custos da obra. No caso em relevo o a insuficiência de pressão poderia ser contornada com a instalação no barrilete de aparelho pressurizador que seria uma medida paliativa para resolver um problema sério de ausência de pressão no ponto mais desfavorável do sistema.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou avaliar o melhor local para posicionamento dos hidrômetros individuais em uma edificação de múltiplos pavimentos para verificar qual oferece a melhor condição de pressão disponível nos pontos de consumo sem alteração na altura do reservatório superior e conservando-se as bitolas dos condutos durante o estudo.

Comparando-se os dois cenários de posicionamento dos hidrômetros foi possível verificar que o cenário 1, com hidrômetros localizados nos pavimentos da edificação, apresentou os melhores valores para as pressões disponíveis. Nesse cenário a tubulação é traçada de modo que a distribuição de água é dada por uma única coluna de água fria principal, que sai do reservatório e é ramificada para os apartamentos de cada pavimento. Essa situação apresenta menor comprimento das tubulações para chegar aos hidrômetros individuais, com isso o valor das perdas de carga também é reduzido, o que traz resultados aceitáveis dos valores de pressões disponíveis nos pontos de consumo.

Já o cenário 2 apresenta maior comprimento das tubulações, pois terá duas colunas de água fria. Uma coluna sai do reservatório e passa por toda a edificação até chegar ao pavimento térreo, de onde a água é encaminhada para os hidrômetros individuais no muro da edificação. A outra coluna, que seria os ramais, recebe a água que passa pelos hidrômetros e distribui para cada apartamento. Nesse cenário o percurso da água é longo e isso gera maiores perdas de carga, o que reduz a pressão disponível.

Diante do exposto, o melhor local para posicionar os hidrômetros individuais em uma edificação é aquele que vai apresentar valores de pressão nos pontos de consumo que atendam às necessidades de todos os aparelhos sanitários.

Este trabalho permitiu identificar que o local mais viável para posicionar os hidrômetros é nos pavimentos da edificação.

Em um estudo posterior poderia ser estudada a variação da altura do reservatório, bem como do circuito hidráulico e verificar o impacto financeiro dessas medidas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. ABNT, 2020.

BATISTA, Paula Cristina de Souza. **Medição e controle de consumo de água em instalações prediais**. Monografia – Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2013.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JUNIOR, Geraldo de Andrade (ed.). **Instalações hidráulicas prediais: usando tubos de pvc e ppr**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 105 p.

CARVALHO, Weber de Freitas. **Medição individualizada de água em apartamentos**. 2010. 109 f. Monografia (Especialização) - Curso de Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AAKEP>. Acesso em: 06 out. 2020.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos**. Editora Blucher, 2016.

CAVICHIOLO, Natalia Luiza. **ESTUDO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO DE MÚLTIPLAS ECONOMIAS**. 2017. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17194>. Acesso em: 09 nov. 2020.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 2006.

COELHO, Adalberto Cavalcanti. Medição Individual de Água em Apartamentos. **Seminário hispanobrasileiro sobre sistemas de abastecimento de água**, 2002. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/4serea/serea2002/trabalhos/A17_25.pdf> Acesso em: 07 out. 2020.

DO AMARAL, Elbert Reis; DO AMARAL, Tatiane Reis. Análise dos fatores que influenciam nas perdas de carga em tubulações e acessórios hidráulicos. 2016. Disponível em: <<https://www.ifnmg.edu.br/arquivos/2016/proppi/sic/resumos/64ddd471-17b3-4218-8c2f-02b86282f985.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2020.

MACINTYRE, A.J. **Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais**. 4.ed., Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MAGNO, Klaudyo. **Guia Definitivo de Hidráulica e Elétrica**. 2. ed. Brasília: Plus do Meu Escritório, 2020. 152 p.

MEDEIROS, Fabrício Iusuti; DOS SANTOS TRAVELHO, Jerônimo. **MODELO DE ESCOAMENTO EM TUBULAÇÕES COM INTERFACE GRÁFICA**. 2006. Disponível em: <<http://mtc-m16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m16@80/2006/08.11.13.58/doc/Fabr%edcio%20Iusuti%20de%20Medeiros.pdf>> Acesso em: 08 de outubro de 2020.

MORAES, Mário Henrique Spacek. **Estudo de viabilidade técnica e econômica dos métodos de medição do consumo de água em edificações multifamiliares de padrão baixo, normal e alto**. 2018. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6305>. Acesso em: 10 nov. 2020.

NETTO, Azevedo; MARTINIANO, José. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição. Ed. Edgard Blucher, 1998.

NETTO, Azevedo; Y FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. **Manual de hidráulica**. Editora Blucher, 2018.

NEVES, Gabriel Fonseca. **Comparativo econômico de medição individual de água com a utilização de hidrômetros em diferentes posições em um prédio multifamiliar**. 2017. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível

em:

<http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2017/TCC_GABRIEL%20FONSECA%20NEVES.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.

PERES, A. R. B.; OLIVEIRA, L. H. **Avaliação durante operação de sistema de medição individualizada de água em edifícios residenciais**. Florianópolis: 2006.

PORTO, R.M. (2000). **Hidráulica Básica**. Escola de Engenharia de São Carlos: USP, São Carlos-SP, Brasil.

SILVA, Raphael Alvim da et al. Dimensionamento das instalações hidráulicas de água fria e esgoto de uma edificação. 2019. Disponível em:<<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24164>>. Acesso em: 02 out. 2020.

VAZ, Ayrton Fernandes et al. Avaliação da rentabilidade na implantação da medição individualizada em um edifício multifamiliar. 2018. Disponível em: <<http://srv-bdtd:8080/handle/tede/204>>. Acesso em: 01 out. 2020.

VANTAGENS DO SISTEMA ICF EM SUBSTITUIÇÃO À ALVENARIA DE VEDAÇÃO CERÂMICA COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO

Rubens Coutinho Serafim¹
José Leonilo Romeu de F. Lima²

RESUMO

A constante busca por soluções eficientes que gerem lucros às empresas e maior economia aos clientes tem desempenhado a indústria da construção civil progredir a passos largos. Nas últimas décadas as pesquisas científicas contribuíram bastante para a criação e aperfeiçoamento dos métodos construtivos, possibilitando que o índice de industrialização dos processos construtivos obtivesse crescimento substancial. O sistema de Moldes Isolantes para Concreto (Insulating Concrete Forms – ICF) aparece como uma solução frente a alvenaria de vedação cerâmica com estrutura em concreto armado, proporcionando adequado custo benefício, maior conforto termoacústico, redução significativa do tempo de construção e redução dos desperdícios de materiais. O conceito de sustentabilidade está diretamente ligado ao sistema ICF. Garante diversos selos de qualidade como: Referencial Casa GBC, LEED, PROCEL Edifica, CAIXA Selo Azul e AQUA. Este sistema atende a norma de desempenho NBR 15.575 e faz parte da (filosofia Lean Construction) contemplando um sistema enxuto e com baixo índices de resíduos.

Palavras-chave: ICF, Sustentabilidade, Industrialização, Concreto Armado.

ABSTRACT

The constant search for efficient solutions that generate profits for companies and greater savings to customers has made the construction industry progress in great strides. In recent decades, scientific research has contributed greatly to the creation and improvement of construction methods, enabling the industrialization index of construction processes to obtain substantial growth. The Insulating Concrete Forms (ICF) system appears as a solution against ceramic sealing masonry with reinforced concrete structure, providing adequate cost benefit, greater thermoacoustic comfort, significant reduction of construction time and reduction of waste of materials. The concept of sustainability is directly linked to the ICF system. It guarantees several quality seals such as: Casa GBC, LEED, PROCEL Edifica, CAIXA Selo Azul and AQUA. This system meets the performance standard NBR 15,575 and is part of the (Lean Construction philosophy) contemplating a lean system with low residue indexes.

Keywords: ICF, Sustainability, Industrialization, Reinforced Concrete.

1 INTRODUÇÃO

As ações humanas influenciam implicitamente no meio ambiente. Podem resultar em degradação, poluição e mudanças climáticas no planeta. Dentre as

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: 20192076007@iesp.edu.br

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: jose.figueiredo@iesp.edu.br

atividades que mais impactam o meio ambiente, está a indústria da construção civil, alvo de inúmeras metas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2003).

De acordo com Barbieri (1990), o termo “inovação tecnológica” significa toda alteração em uma dada tecnologia. Além disso, é através da inovação que todo produto ou processo se introduz no mercado efetivamente mediante a criação de um novo processo de produção ou do aperfeiçoamento dos processos existentes.

O mercado da construção civil está cada vez mais competitivo, onde cada empresa busca diferenciais para seus clientes, assim como também maximizar seus lucros. A necessidade de investigar novas tecnologias para aumento da produtividade e redução de mão-de-obra. Um dos diferenciais atualmente mais importante é a preservação ambiental, as empresas procuram construir gerando menor impacto ambiental possível (NOGUEIRA; SOARES, 2011).

O EPS (Poliestireno expandido), foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz. No Brasil, chamado de ISOPOR®, uma marca registrada da Knauf Isopor Ltda. Na indústria da construção civil é considerado um produto que possui ótimo desempenho de isolamento termoacústico aliado à durabilidade, leveza e boa reciclabilidade (SOARES, 2014). Produzido através da polimerização do estireno em água, que resulta em um plástico celular rígido, essencialmente branco e não poluente. Quimicamente o EPS é um derivado do petróleo, o agente expensor é o Pentano (C₅H₁₂), gerando um material com 98% de ar e apenas 2% de Poliestireno (ABRAPEX, 2000).

Diariamente são veiculadas notícias sobre aquecimento global, mudanças climáticas decorrentes de queimadas e desmatamentos, isso gera consequências em todo o planeta, desde a degradação da fauna e flora, até a destruição na camada de ozônio provocando o aumento do efeito estufa. Os projetistas devem explorar métodos para aumento da durabilidade das construções, reduzindo a quantidade de matéria prima e o tempo, preservando assim o meio ambiente (LUEBLE, 2004).

A décadas na Europa se disseminou um método construtivo revolucionário que tinha como base fôrmas de EPS (Poliestireno Expandido) como substituição da alvenaria convencional. A ideia foi criar um produto de baixo custo, sustentável, seguro, com aumento de produtividade e que proporcionasse conforto termoacústico a edificação (ICF BUILDER MAGAZINE, 2011). De acordo com Hass e Martins

(2011), a cultura brasileira ainda possui muitos preconceitos a respeito de novos métodos construtivos, principalmente para sistemas construtivos semi-industrializados, tendo muito a desenvolver, fornecendo margem para investimentos em novos métodos construtivos com aumento da qualidade e vida útil nas edificações, utilizando princípios sustentáveis e proporcionando segurança.

O conceito de sustentabilidade por trás do método ICF (Isulated Concrete Forms) demonstra-se eficaz tanto no quesito ambiental, onde há a redução do desperdício de materiais, quanto no quesito financeiro. Ocorre uma redução no prazo de entrega da obra, otimização da mão de obra, redução de patologias construtivas, além de possuir característica de isolamento termoacústico, impermeabilidade e resistência ao fogo (LUEBLE, 2004).

A constante busca por sustentabilidade tem como principal objetivo diminuir o consumo de matérias-primas virgens, e preferência em matéria prima com características recicláveis e renováveis, focando em uma produção limpa que evite resíduos e que aperfeiçoe a utilização de produtos naturais (TESSARI, 2006).

O fator financeiro é um dos mais importantes de toda a construção, em uma compatibilização completa de uma obra utilizando o sistema ICF economiza-se até 98% com a retirada de entulhos, o desperdício é praticamente nulo se comparado com uma construção convencional que chega a desperdiçar entre 35 a 40% do material da obra (LUEBLE, 2004). Usado na construção civil como um modelo monolítico, confere uma estabilidade para a edificação capaz de suportar terremotos e furacões. Por ser um sistema autoportante onde as próprias paredes suportam toda a carga da edificação transferindo-as para a base, dispensa o uso de vigas e pilares. Atende as normas técnicas de desempenho térmico, estrutural e de impermeabilidade (OLIVEIRA, 2013).

Todos os componentes de uma estrutura são responsáveis por garantir o conforto térmico da residência, porém as paredes tem um papel fundamental na absorção do calor existente no interior perdendo apenas para o telhado (FROTA; SCHIFFER, 1995). O conforto pode ser definido como sendo um estado mental que profere a satisfação e o bem estar do homem com o meio ambiente térmico que o acerca (LAMBERTS; NARANJO, 2011).

O termo Alvenaria pode ser compreendido como o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface por uma argamassa específica formando um

elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso tem como característica vedar espaços, resistir a cargas, garantir a segurança, proteger contra impactos, ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os 7 ambientes, além de contribuir para a manutenção do conforto térmico, assim como também impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes (TAUIL; NESE, 2010).

O objetivo do trabalho em questão é destacar uma técnica construtiva que está em fase de crescimento no Brasil, onde ocorre utilização de paredes autoportantes e monolíticas com fôrmas de EPS (Poliestireno expandido) visando à economia em insumos para a obra, destinando celeridade com sistema inovador.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil o sistema construtivo mais utilizado é o sistema tradicional em concreto armado. Este sistema engloba desde obras de pequeno porte a grandes empreendimentos. Normalmente este sistema está atrelado a uma alvenaria de vedação que utiliza blocos cerâmicos (CASSAR, 2018).

Culturalmente os mitos perpetuam entre as gerações e existe premissa que este tipo de sistema construtivo possui maior durabilidade. Porém com o avanço da tecnologia e estudos essa afirmação vem sendo contestada. Assim como todos os outros métodos, este modelo construtivo tem suas vantagens, que neste caso é o custo, porém por outro lado, não apresenta um bom isolamento termoacústico e também o índice de desperdício é elevado (BORTOLOTTI, 2015).

O concreto tem como característica principal a resistência à compressão, porém quando se trata de tração resiste em média a 10% da carga de compressão, se faz necessário junção de concreto e ferro para resistir aos esforços de tração, formando união perfeita de dois materiais que se completam e possuem coeficientes de dilatação térmica semelhantes (RODRIGUES, 2000).

No método construtivo convencional, a distribuição dos esforços provenientes da estrutura é descarregada sequencialmente nas lajes, vigas, pilares e fundação. As paredes, não possuem características estruturais, servem apenas como alvenaria de vedação e separação de ambientes (NIEHUES; TOMIM, 2018).

As desvantagens deste sistema construtivo se dão pela baixa produtividade, um alto índice de desperdício de material, esforços repetitivos dos operários,

processo construtivo lento, tempo de cura elevado, caracterizado por ser in loco onde a chance de falha humana aumenta consideravelmente e dificulta o controle de qualidade (BAUERMANN, 2002).

Processo construtivo considerado econômico, a matéria prima possui valor abaixo quando se compara com o sistema Insulated Concrete Forms (EPS) e o Light Steel Framing 8 (LSF). Os colaboradores desse sistema de uma forma geral não são especializados, processos construtivos são arcaicos e acabam gerando falhas que acarretam possíveis futuras patologias (BORTOLOTTI, 2015).

O conceito de sustentabilidade se aplica pouco nos sistemas construtivos convencionais, oferecem limitações no reaproveitamento de certos tipos de matérias primas como de blocos cerâmicos e outros materiais pouco recicláveis (CARVALHO, 2017).

Além disso, a produção destes materiais é feita através da retirada da argila que provoca mudanças nos ecossistemas, pois altera habitats e na sua produção é feito a queima de madeira que causa desmatamento e poluição por gases tóxicos que interferem na camada de ozônio (GONÇALVES, 2013).

Com a chegada da indústria 4.0 os materiais e as formas construtivas necessitam de uma modernização para acompanhar a evolução do mercado. Logo, materiais que apresentem pouca impermeabilização, não possuem um isolamento térmico adequado, que geram patologias, quando substituídos por matéria prima industrializada diminui o fator de perca assim como também reduz o fator de erros construtivos (ESTULANO, 2004).

2.1 HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO MODULAR

Desde os primórdios das civilizações o conceito de construção modular está presente na sociedade, porém nas últimas décadas seu uso tem se tornado mais frequente e já passou por diversas evoluções instituindo que fique acessível social e economicamente (GONÇALVES, 2013).

Desde o início do século XVIII com o início da industrialização, os processos construtivos passaram por diversas modificações e modernizações. As construções eram construídas através de técnicas manuais e sem conhecimento científico, de forma imprecisa e arcaica. Com o desenvolvimento de novos materiais como o aço, vidro, concreto armado, ferro e EPS, foram unindo-se com os materiais já existentes

como a madeira, o tijolo maciço cerâmico e a pedra (BRUNA, 1976). Segundo Gonçalves (2013) o sistema modular quando comparado ao sistema convencional, apresenta várias vantagens:

- Como as peças são pré-fabricadas, o tempo de obra reduz consideravelmente, reduzindo assim o custo com a mão de obra;
- Possui uma melhor eficiência energética provocando uma economia de energia;
- As peças passam por um controle de qualidade maior, reduzindo assim a falha humana que pode gerar futuras patologias.
- Sistema construtivo com baixo índice de problemas e incompatibilidades, atendendo todas as normas regulamentadoras.
- Índice de desperdício insignificante. Todo sistema construtivo, possui suas desvantagens, por exemplo:
 - Em alguns casos o financiamento da obra pode não ser aprovado;
 - Como as peças normalmente são feitas em fôrmas padrão, a criatividade do projeto fica limitada;
 - Dificuldade com o transporte das peças dependendo da localização da obra, fazendo com que o tempo de entrega e o frete venham a pesar no orçamento.
 - Resistência da sociedade em aceitar o método novo.

O conforto é um dos fatores mais preponderantes na aquisição de imóveis. Existem vários pontos importantes a serem observados como o isolamento térmico, acústico, a sustentabilidade e a eficiência energética. O que antes era considerado fator de luxo, hoje é necessidade ao se comprar um empreendimento, pois, como este é um bem durável se faz necessário pensar a longo prazo (LAWSON, 2007).

De acordo com Gonçalves (2013), a construção civil está em constante evolução, permite que sistemas construtivos sejam aprimorados e se diversifiquem com um único objetivo, ser melhor que os sistemas convencionais, de formas que permita crescimento na produtividade e forneça benefícios a curto e longo prazo.

Atualmente os sistemas construtivos modulares mais conhecidos são:

- Light Steel Framing (LSF) – construção em aço;
- Structural Insulated Panels (SIP's) – EPS isolado em painéis de madeira, aço, argamassa projetada, painéis de OSB ou de MgO (Óxido de Magnésio);
- STEKO – Bloco de madeira maciça fabricados industrialmente;

- Insulated Concrete Forms (ICF's) – concreto isolado em fôrmas ou blocos de EPS.

2.2 INSULATED CONCRETE FORMS (ICF)

O ICF é um modelo construtivo que consiste em fôrmas de EPS (poliestireno expandido) e possui dois painéis que são preenchidos com concreto e possui função isolante, tanto térmico quanto acústico. Basicamente, é formado por painéis de EPS que por natureza já possui uma baixa densidade e conseqüentemente ótimas características de isolamento, baixo custo, que possua características autoportantes e recicláveis.

Atualmente tem ganhado espaço no mercado imobiliário da América do Sul, Estados Unidos da América e Reino Unido (ICF BUILDER MAGAZINE, 2011).

A fôrma O sistema Insulated Concrete Forms (ICF) é constituída por painéis de EPS que possuem suportes estruturais que podem ser de aço ou de polipropileno de alta densidade. O bloco mede 122,0 centímetros de comprimento por 40,60 centímetros de altura. O concreto utilizado deve ser o auto adensável ou usinado e ficam entre 10,20 centímetros e 30,5 centímetros (SATHLER; SANTOS, 2017).

O IFC (Insulated Concrete Forms) possui origem europeia, utilizada inicialmente como solução econômica e durável para reconstruir as edificações danificadas pela guerra. O sistema se mostrou uma boa alternativa para regiões sujeitas a terremotos, furações e temperaturas amenas. Foi patenteada por August Schnell e Alex Bosshard na Suíça onde eram o material utilizado era a madeira e o cimento. Posteriormente em meados de 1960 o EPS surgiu e Werner Gregor patenteou o sistema, agora com o EPS (poliestireno expandido), o bloco tinha as especificações: 40 centímetros de altura e 1,20 metros de comprimento, possuía ranhuras internas, e núcleo estilo waffle com laços de aço (ICF BUILDER MAGAZINE, 2011).

Após a instalação da Isocret no Brasil em 1998 o sistema construtivo de fato passou a ser usado no país, porém para isso precisou passar por diversos testes para garantir sua qualidade e segurança. O IPT-SP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – SP) e a Universidade de Campinas (Unicamp) foram os responsáveis pela realização dos testes.

Quando comparado com os sistemas convencionais, possui um baixo índice de resíduos o que faz com que otimize o tempo da obra e reduza os gastos com a retirada de entulhos. Dependendo do porte da obra, com a redução da carga total, a fundação se torna mais econômica. Possui excelente eficiência energética com um coeficiente de transmissão térmica (U) com valores que variam entre 0,30 w/m²C e 0,11 w/m²C (GONÇALVES, 2013).

De acordo com a ICF Construtora Inteligente (2020), e ISOCRET do Brasil, baseada nos dados obtidos pelo IPT-SP e a UNICAMP-SP, mostraram os seguintes resultados:

- Atende as normas: NBR 6.118:2004 – Estruturas de Concreto Armado, NBR 16.055:2012 – Parede de Concreto e supera integralmente a NBR 15.575:2013 - Desempenho das edificações habitacionais;
- Redução de 35°C externos para 15°C internos;
- Redução de até 2,40C/w/m² (Graus Celsius por watt por metro quadrado);
- Absorção de impacto para densidade 30Kg/m³ e de ;
- Índice de redução sonora ponderada (Rw) é de 35dB;
- Possui índice de resistência à compressão da argamassa em (MPa – Mega Pascal) de 28dd = 9,2;
- As cargas de ruptura para ensaios de compressão excêntrica de paredes é de 314,9 KN/m;
- A composição do EPS utilizado nas formas é de classe F, além de anti-chamas, é 100% reciclável e não contém CFC;
- Parede estrutural e estrutura de vedação simultâneos;
- Alívio de cargas de pilares e vigas;
- Compatível com todos sistemas de construção convencionais;
- Redução de cargas estruturais;
- Redução de uso de madeira para moldagem;
- Agilidade e rapidez na execução da obra;
- Economia de custos energéticos durante toda vida útil da edificação;
- Redução de consumo de energia com sistemas de refrigeração artificial (ar condicionado);
- Isolante térmico e acústico;

- Sem necessidade de mão de obra especializada, pois já é padronizado de fábrica;
- Racionalização de custos totais de obra (precisão para orçamentos);
- Comprovação de informações em testes realizados junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT);
- Contribui com maior eficiência e certificação de construções ecologicamente corretas, incluindo: Referencial Casa GBC, LEED, PROCEL Edifica, CAIXA Selo Azul, AQUA;
- Redução significativa de produção de entulho, desperdícios de matérias primas (mais de 80%) e retrabalho;
- Material Hidrófugo – Resistente a: mofo, bolor, umidade de parede, cupim e infestação de insetos.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho possui metodologia de pesquisa da revisão da literatura. De acordo com Mercadante (2011, p. 77) a revisão de literatura é definida como: “Uma coletânea crítica das literaturas especializadas mais importantes publicadas a respeito de um tópico específico; uma avaliação crítica da literatura. Uma das etapas do processo de pesquisa”.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi realizada análise técnica e financeira pontuando os benefícios do sistema de alvenaria com blocos de EPS frente ao sistema de alvenaria de vedação cerâmica. O comparativo utilizando os seguintes aspectos: Isolamento térmico, isolamento acústico, mão de obra, racionalização dos materiais, economia e sustentabilidade.

O estudo demonstra novas formas construtivas que já se consolidaram em outros países e que se mostra bastante eficaz, segura, econômica e apresenta grande sustentabilidade.

Os seguintes dados foram retirados de fontes como: artigos, livros, normas, monografias, teses, revistas, entre outros.

Os resultados orçamentários foram baseados nas pesquisas de Bastos Junior (2018), onde é possível analisar o orçamento comparativo entre os métodos analisados. As características do EPS foram obtidas pelo IPT-SP e a UNICAMP-SP e divulgados pela ICF Construtora Inteligente (2020), e ISOCRET do Brasil.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os métodos construtivos presentes nesse material são distintos nas suas classificações, porém a comparação se torna válida, com a evolução dos métodos, se faz necessário quebrar os paradigmas do preconceito com as novidades do mercado e também investigar alternativas mais sustentáveis, com menor tempo de execução que sejam confortáveis e duradouras (BASTOS JUNIOR, 2018).

Segundo Bastos Junior (2018), ambos os métodos são constatados (Alvenaria de vedação cerâmica com estrutura em concreto armado e método construtivo ICF) possuem cargas pontuais, entretanto o sistema convencional possui uma maior carga, sendo necessário uma fundação mais vigorosa representando em torno de 10% a 15% do valor da obra, pode inclusive ocorrer aumento em caso de terrenos acidentados. Não acontece no Sistema ICF, os valores da fundação resultam na margem de 5% a 7% do orçamento da obra, através do alívio de cargas na fundação por ele gerado, não incide margem de custo a mais para terrenos acidentados. Os tipos de fundações mais utilizados no Sistema ICF é do tipo Radier e Viga Baldrame.

O sistema convencional é composto por pórticos de vigas e pilares, apoiados sobre fundações rasas (sapatas, radier, blocos) e fundações profundas (estacas), onde as paredes servem apenas como vedação externa e divisão dos vãos internos. O controle de qualidade deste método mantém-se por conta do fator humano, assim como também sofre influência de fatores climáticos e da própria matéria-prima (BASTOS JUNIOR, 2018).

O sistema ICF é composto por paredes autoportantes, que são moldadas “in loco”, é considerado um sistema monolítico no qual confere ótima resistência mecânica capaz de suportar abalos sísmicos e furações. Suas paredes são compostas por materiais isolantes que conferem um excelente conforto térmico e acústico atendendo os requisitos das normas de desempenho e eficiência energética (BASTOS JUNIOR, 2018).

Em todo sistema construtivo deve ser feito estudos dos fluxos físicos dos processos de produção para dar celeridade a obra, reduzir o percentual de desperdício de materiais, otimizando o sistema e identificando os possíveis

problemas nas perdas por transporte e logística de canteiro de obra (ROTHER; SHOOK, 1999). Atualmente grandes empresas procuram implantar o sistema LEAN CONSTRUCTION (construção enxuta), os fluxos físicos são necessários para aperfeiçoar o fluxo de materiais e de trabalho. O modelo construtivo ICF é contemplo. O sistema LEAN é um modelo construtivo racionalizado com índice de percas baixo e com possibilidade de ser reciclável (ISATTO, 2000).

4.1 DESEMPENHO TÉRMICO

A NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) regulamenta os critérios de transmitância térmica (U) da alvenaria de vedação levando em consideração as zonas bioclimáticas do Brasil. Baseado na Tabela 1, ambos os métodos atenderam os quesitos técnicos da norma. Não faz necessário a análise em softwares. Entretanto, o sistema ICF apresentou o melhor resultado de isolamento térmico em relação à alvenaria cerâmica.

Tabela 1: Comparativo de isolamento térmico conforme NBR 15.575-4 (ABNT, 2013)

Sistema Construtivo	U (W/m ² . K)	Z1, Z2 (U ≤ 2,5)	Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 ($\alpha \leq 0,6$, U ≤ 3,7)	Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 ($\alpha > 0,6$, U ≤ 2,5)
Parede de Tijolo Cerâmico 6 furos 9x14x19, e=14 cm	2,48 ^b	Atende	Atende	Atende
Parede de Fôrmas ICF 120x30x14, e=18 cm	0,42 ^c	Atende	Atende	Atende

a α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede. b Dados fornecidos pela ABNT NBR 15.220-2 (2005);
c Dados fornecidos por Leão (2015).

Fonte: Jesus *et al.* (2018)

O cálculo da transmitância térmica, estima-se a espessura do material isolante, a parede do sistema ICF apesar de ser mais esbelta, o coeficiente de condutividade térmica do isopor ($\lambda = 0,04$ W/m.K) consegue se sobressair ao tijolo cerâmico. Logo é possível confirmar os benefícios energéticos proporcionando conforto térmico e economia de energia da residência.

Na comparação de custos entre o sistema construtivo convencional e o sistema ICF, utilizou-se um projeto padrão de uma residência unifamiliar de padrão popular utilizado pela Companhia de Habitação de Santa Catarina (COHAB-SC). A casa possui sala, três quartos, banheiro, cozinha e área de serviço, possui 48 m² e

com pé direito de 2,4 m. No orçamento do sistema de alvenaria de vedação com estrutura de concreto armado foi utilizado o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), na modalidade não desonerada, referente ao mês de dezembro de 2017 em Mato Grosso, Tabela 2.

Tabela 2: Memorial descritivo para alvenaria convencional

Sistemas	Materiais	
Estrutura	Pilares e vigas	Dimensões 15x30cm, moldadas em fôrmas de madeira, armadas com barras de aço de bitola Ø10mm, com taxa de armadura de 80kg/m ³ de concreto, com concreto usinado bombeável, fck=20 MPa.
	Vergas e contravergas	Pré-moldadas, com transpasse de 30 cm para cada lado dovão sobre o qual está sendo executada.
Vedação	Alvenaria	Tijolos cerâmicos de 8 furos 9x14x19 cm, assentados com argamassa de revestimento com espessura de 25 mm, interno e externo, feita em betoneira, traço 1:2:8 de cimento, cal e areia.
Revestimentos	Revestimento externo	Chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e em estruturas de concreto de fachada, com rolo para textura acrílica. Argamassa industrializada com preparo manual. Emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25mm.
	Revestimento interno	Chapisco aplicado em alvenaria e em estruturas de concreto internas, com rolo para textura acrílica. Argamassa industrializada com preparo manual. Massa única para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm e execução de taliscas.

O orçamento do sistema ICF, os dados foram disponibilizados pela empresa ICF construtora (2015) e ARXX Inc (s. d.), Tabela 3. Entretanto, os serviços que são comuns a ambos não foram quantificados, possuem o mesmo custo, não alterando o valor final da obra, sendo considerados apenas os serviços de superestrutura que divergem entre os sistemas construtivos.

Tabela 3: Memorial descritivo para o Sistema ICF

Sistema	Materiais
Estrutura/Vedação	Fôrmas de EPS de 120x30x14cm, preenchidas com concreto usinado bombeado fck=20 MPa barras de aço Ø6,3mm para colocação nas posições vertical e horizontal e presilhas plásticas para a amarração dos aços em formato de uma grelha. Deve-se também colocar uma tela de poliestireno sobre as fôrmas para







	recebimento do revestimento.
Revestimentos externos e internos	Chapisco aplicado em fôrmas de EPS, com argamassa mista de cimento, areia média lavada e aditivo. Massa única aplicada em fôrmas de EPS, com argamassa mista de cimento, areia média lavada, aditivo para argamassas, vedalite aditivo plastificante e microfibras.




Fonte: Jesus *et al.* (2018)

Observou-se nas Tabelas 2 e 3, que o sistema de alvenaria de vedação cerâmica com estrutura de concreto armado obteve os maiores custos total quando comparado com o sistema ICF. Silva (2018), Nunes e Junges (2008) obtiveram resultados semelhantes.

O sistema ICF apresentou valor final de 12,84%, inferior ao sistema construtivo convencional, possivelmente devido ao fato de possuir dois sistemas complementares, contribuindo no aumento final conforme (Tabela 4).

Tabela 06: Classificação de desempenho dos sistemas estudados

Sistemas	Desempenho térmico	Fluxo de atividades	Custo
Alvenaria convencional			
Sistema ICF			

Legenda:  Sistema com pior desempenho
 Sistema com desempenho satisfatório
 Sistema com excelente desempenho

Fonte: Jesus *et al.* (2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fomentar o desenvolvimento da Engenharia Civil, estimular a pesquisa científica, quebrar paradigmas frente a novos modelos construtivos para que a indústria da construção civil possa ampliar o mercado, atrair celeridade aos empreendimentos aquecendo a economia, gerando lucros e impostos, incentivando o setor imobiliário.

Os dados de desempenho térmico confirmaram que os moldes isolantes de concreto (Insulating Concrete Forms – ICF), possuem baixa transmitância e condutibilidade térmica possivelmente devido ao EPS (*Poliestireno expandido*) que torna o ambiente confortável e reduz gasto energético, atendendo a norma de

desempenho NBR 15.575-4.

O ICF demonstrou-se mais viável que o sistema de Alvenaria de vedação cerâmica com estrutura em concreto armado, é 12,84% mais econômico, a mão de obra, tempo de execução e redução do desperdício superaram o menor preço da matéria prima cerâmica.

A sustentabilidade proporcionada pelo EPS garante ao sistema diversos selos de qualidade: Referencial Casa GBC, LEED, PROCEL Edifica, CAIXA Selo Azul, AQUA;

A construção civil brasileira encontra-se no nível das melhores do mundo. Porém se faz necessário um desenvolvimento de técnicas construtivas, explorando materiais e métodos eficientes, que gere mais produtividade, economia, conforto e durabilidade dos empreendimentos, agregando valores, dilatando a garantia e confiança do consumidor final.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX (Associação Brasileira do Poliestireno Expandido). **O EPS na Construção Civil**: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações. São Paulo, set. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575/2013**: Desempenho de Edificações Habitacionais. São Paulo. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.055**: Paredes de concreto armado. Rio de Janeiro. ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.118** - Estruturas de concreto armado. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.

BARBIERI, J. C. **Produção e Transferência de Tecnologia**. São Paulo: Atica Editora, 1990. 184 p.

BASTOS JUNIOR, A. P. **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS PARA CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES**. 2018. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

BAUERMANN, Maristela. **UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE O PROCESSO DE PROJETO EM EDIFÍCIOS DE ANDARES MÚLTIPLOS EM AÇO**. 2002. 269 f.

Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Ouro Preto, 2002.

BOOK (PRESCRIPTIVE METHOD FOR INSULATING CONCRETE FORMS IN RESIDENTIAL CONTRUCTION) – SECOND EDITION. PATH (Partnership for Advancing Technology in Housing). Disponível em: <https://www.huduser.gov/Publications/PDF/icf_2ed.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2020.

BOOK (COSTS AND BENEFITS OF ICF FOR RESIDENTIAL CONSTRUCTION) – SECOND EDITION. PATH (Partnership for Advancing Technology in Housing). Disponível em: <<https://www.huduser.gov/portal/Publications/PDF/icfbenefit.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2020.

BRUNA, P. J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. 2.ed. São Paulo: Editora Perspectiva e Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 307p.

CARVALHO, L. R. **PROPOSTA DE ESTUDO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS INDUSTRIALIZADOS DO PONTO DE VISTA AMBIENTAL**. 2017. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

CASSAR, B. C. **ANÁLISE COMPARATIVA DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS PARA EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS: ALVENARIA CONVENCIONAL X LIGHT STEEL FRAME**. 2018. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Construindo com ICF. Disponível em: <<http://www.fasthouse.eco.br/construindo-sua-casa-com-icf.html>>. Acesso em 10 de outubro de 2020.

ESTULANO, G. A. **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/MT - avaliação pós-ocupação**. 2004. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

FASE. **O Sistema ICF**. Disponível em: <http://faseicf.com.br>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.

FROTA, A.F.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

GONÇALVES, Carlos Jorge Pereira (2013): **Construção Modular – Análise Comparativa de Diversas Soluções**. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro. Aveiro, 2013. Disponível em: < <https://ria.ua.pt/handle/10773/11666> >. Acesso em 02 out. 2020.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema**

construtivo Steel Frama como método construtivo para habitações sociais.

2011. 76f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia de Produção Civil) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Acesso em: 30 out. 2020.

ICF BUILDER – **THE INSULATING CONCRETE FORMS MAGAZINE**. History of ICF's. Disponível em: <<https://www.icfmag.com/2011/02/history-of-icfs/>>. Acesso em: 25 out. 2020.

ICF CONSTRUTORA. **Conheça o sistema construtivo ICF**. Disponível em: <http://www.icfconstrutora.com.br/sistema-construtivo-icf/conheca-o-sistema>. Acesso em 15 out. 2020.

ISATTO, E. L. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Sebrae. Porto Alegre, 2000. 177 p.

ISOCRET do Brasil. **Sistema Construtivo Ecosustentável – Custo Reduzido – Construção rápida**. Disponível em: <<https://isocret.com.br/>>. Acesso em 14 out. 2020.

JESUS, A. T. C. de *et al.* **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. 2018. 16 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, Boa Esperança, 2018.

LAMBERTS, R.; NARANJO, A. **Desempenho térmico de edificações**. 2011. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

LAWSON, Mark (2007). **Building Design Using Modulates**. NSC, 28-29. Disponível em: <https://www.steelconstruction.info/File:SCI_P348.pdf?internal_link>. Acesso em 14 set. 2020.

LUEBLE, A. R. C. P. (2004) – UNERJ – Centro Universitário de Jaraguá do Sul: **Construções de Habitações com Painéis de EPS e Argamassa Armada**. I Conferência Latino – Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18-21 junho 2004, São Paulo, SP.

Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0354d.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2020.

MERCADANTE, M. T. Revisão de literatura. **TRABALHO CIENTÍFICO**, p. 77, 2011.

NIEHUES, S. H. O.; TOMIM, K. C. **ALVENARIAS ESTRUTURAIS X ALVENARIAS CONVENCIONAIS UMA ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA**. 2018. 30 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Paranaense, Toledo, 2018.

NOGUEIRA, Í. C. S.; SOARES, K. J. C. A. **A ética e o desenvolvimento sustentável sob a ótica das organizações**. 2011. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Faculdade Nossa Senhora Aparecida /go, Luziânia, 2011.

OLIVEIRA, E. V. **Tecnologia em construções, isolante térmico: painéis em EPS.** 2013. Tese (Doutorado) - Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2013.

RODRIGUES, F. C. **Steel Framing:** engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2000. 127p. (Série Manual de Construção em Aço).

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SATHLER, J. E. V.; SANTOS, L. M. **COMPARATIVO DO CONCRETO CONVENCIONAL COM O CONCRETO AUTOADENSÁVEL.** 2017. 38f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – Ufvjm, Minas Gerais, 2017.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** 2003. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural:** metodologia do projeto, detalhes, mão de obra, normas e ensaios. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2010. 188 p.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88811>>. Acesso em: 09 out. 2020.

ANÁLISE CRÍTICA DAS PATOLOGIAS DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO DO BINÁRIO DA RODOVIA AVENIDA BRASIL, MUNICÍPIO DE BAYEUX-PB

Ismael do Nascimento Lima¹
Rafael Brucy Silva de Lucena²
Williams da Silva Guimarães de Lima³

RESUMO

A presente pesquisa busca compreender as causas mais comuns de patologia em rodovias de pavimento flexível, geralmente associada a processo construtivo mal executado, em decorrência basicamente por erros na elaboração de projetos comprometendo sua execução. As rodovias são o meio mais utilizado para transporte de cargas e passageiros, tornando modelo essencial do país que é o caso do Brasil e na atualidade é responsável pela circulação de insumos que movimenta a economia. O objetivo principal do trabalho é identificar as patologias encontradas na rodovia de pavimento flexível da Av. Brasil, município de Bayeux, Região Metropolitana de João Pessoa, Capital da Paraíba, onde foi possível quantificar os tipos de patologias e ocorrências. Como método de pesquisa para a elaboração do relatório final, consultou-se bibliografias especializadas na área, produtos iconográficos e realização de trabalho de campo, para tratamento em gabinete. Identificou-se *in loco*, patologias dos tipos; desgaste, fissuras, trincas, afundamento e escorregamento do revestimento, em sua maioria encontradas na área objeto de estudo foi do tipo afundamento. As causas principais estão relacionadas às falhas de projeto e falta de manutenção adequada colocando em risco a integridade física dos usuários e prejuízos socioeconômicos voltados para o município e áreas adjacentes. Constatasse que devido à falta de reparo na rodovia área objeto de estudo manifestou-se novas patologias, por conta dos métodos construtivos adotados para esse tipo de obra de engenharia civil.

Palavras-chave: Patologia. Pavimentação. Pavimento Flexível.

ABSTRACT

The present research seeks to understand the most common causes of pathology on flexible pavement roads, usually associated with a poorly executed construction process, due basically to errors in the design of projects compromising their execution. Highways are the most widely used means of transporting cargo and passengers, making it an essential model of the country, which is the case in Brazil and currently responsible for the circulation of inputs that drives the economy. The main objective of the work is to identify the pathologies found on the flexible pavement highway of Av. Brasil, Bayeux municipality, Metropolitan Region of João Pessoa, Capital of Paraíba, where it was possible to quantify the types of pathologies and occurrences. As a research method for the preparation of the final report, bibliographies specialized in the area, iconographic products and field work were consulted for treatment in the office. Pathologies of the types were identified *in loco*; wear, cracks,

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: ismaellima4@gmail.com

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: brucy.engenharia@gmail.com

³ Centro Universitário UNIESP. E-mail: williams.lima@iesp.edu.br

cracks, sinking and slipping of the coating, mostly found in the area under study was sinking. The main causes are related to project failures and lack of proper maintenance, putting users' physical integrity at risk and socioeconomic losses facing the municipality and adjacent areas. It should be noted that due to the lack of repair on the highway in the area under study, new pathologies were manifested, due to the construction methods adopted for this type of civil engineering work.

Keywords: Pathology. Paving. Flexible Floor

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é o meio mais utilizado para transporte de cargas e passageiros, tornando-se essencial para a economia do país e qualidade de vida dos brasileiros, sendo que na atualidade do país, este modal é responsável por 61,1% da movimentação anual. Partindo desse pressuposto, é importante assegurar a qualidade das rodovias no país, o que torna essencial a conservação e manutenção da malha rodoviária (ARAÚJO *et. al.*, 2016; CNT, 2018).

Atualmente, com o desenvolvimento industrial e urbano, o modal rodoviário é o principal e mais importante meio de transporte de cargas e pessoas, sendo fundamental para a distribuição da produção, facilitando o escoamento de mercadorias e acesso dos cidadãos brasileiros a alguns dos principais direitos constitucionais. Portanto as rodovias são muito importantes para o desenvolvimento social e econômico do país (CASTRO *et. al.*, 2016; RIBEIRO, 2017).

Diante desta importância, as estradas devem atender a itens de conforto e segurança na trafegabilidade dos veículos, mantendo-se com um bom estado de conservação, para que não prejudique o deslocamento de pessoas e cargas. Entretanto, são inúmeros os defeitos encontrados nas rodovias, o que afeta diretamente os aspectos de conforto e segurança do usuário, acarretando em riscos de acidentes e prejuízos financeiros, ao usuário e ao Município (ROCHA, 2009; SCHIAVON, 2017).

As atividades de manutenção nos pavimentos, como a conservação rotineira, conservação preventiva, restauração e reconstrução, devem ser consideradas como processos contínuos e fazem parte da vida normal do pavimento, de forma a manter e prolongar seu período de vida (DNER, 1998). Segundo o Manual de Pavimentação do DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, o pavimento rodoviário é definido como “a superestrutura construída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre um semiespaço considerado

teoricamente como infinito a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito” (DNIT, 2006).

Grande parte dos pavimentos em áreas urbanas utiliza-se como revestimento uma mistura de agregados minerais de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, e ligantes asfálticos, que executados com parâmetros técnicos adequados, garantem aos serviços os requisitos de impermeabilização, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local (BERNUCCI *et al.*, 2010).

As causas para o surgimento das patologias em pavimentos asfálticos podem ser a má execução do projeto, problemas construtivos, falha na seleção dos materiais, inadequações nas alternativas de conservação e manutenção, assim como as solicitações do tráfego e ações climáticas, também influenciam na deterioração do pavimento (ROCHA, 2009). Neste contexto, nos pavimentos flexíveis podem ocorrer defeitos como: deformações de superfície; defeitos de superfície; panela ou buraco; escorregamento do revestimento betuminoso; fendas; e remendos (DNIT, 2003; SILVA, 2008).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo geral analisar de forma crítica as principais patologias na superfície rodoviária da Avenida Brasil trecho leste entre o trecho inicial se dar na lateral da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Engenheiro José Davila Lins, com o seu término, situado na Praça do Bairro do SESI, localizado no município de Bayeux-PB, região metropolitana de João Pessoa Capital paraibana. Os objetivos específicos se deram em identificar as patologias encontradas no pavimento flexível. Assim expondo os danos ocasionados aquele trecho, podendo assim opinar pra uma melhora na sua estrutura, visto que a alameda Avenida Brasil e de suma importância para o município de Bayeux-PB e áreas adjacentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PAVIMENTAÇÃO: DEFINIÇÕES E CONCEITOS

O pavimento pode ser compreendido como uma estrutura construída sobre um terreno de fundação, com a obrigação de conter a resistência suficiente para

suportar as ações das cargas de roda dos veículos e as ações do tempo, variação térmica e higrométrica (SILVA, 2008). Segundo Senço (2001), pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem e destinada econômica, técnica e simultaneamente a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança; resistir ao desgaste. A estrutura do pavimento que se constrói pode variar quanto a espessura, aos materiais utilizados e também com a própria função que a via poderá exercer.

Para Balbo (2007), o pavimento é como uma estrutura não perene constituída por camadas sobrepostas de materiais compactados a partir do subleito do corpo estradal, apropriado para atender estruturalmente e operacionalmente ao tráfego intenso de veículos, de forma duradoura e ao mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação obrigatórios.

Pavimentos são camadas geológicas com vários tipos de espessuras construídas sobre uma superfície de terraplanagem, que resiste aos esforços de circulação de veículos, melhora as condições de rolamento, além de progredir e ofertar um melhor conforto, segurança e economia aos usuários (BERNUCCI, 2010). De acordo com Bernucci *et. al.* (2008) os pavimentos são classificados tradicionalmente em três tipos, sendo eles: rígidos, semirrígido e flexíveis.

Segundo o DNIT (2006), estas camadas possuem tamanhos finitos apoiados sobre um semiespaço no qual é considerado infinito o terreno de fundação que é apontado o subleito. De acordo com Balbo (2007), as funções dos pavimentos são: apresentar uma superfície mais regular, onde haja melhor conforto para passagem do veículo, uma superfície mais aderente, com mais segurança para pista úmida ou molhada e uma superfície menos ruidosa, com menor desgaste ambiental nas vias urbanas e rurais.

Conforme Danieleski (2004), o pavimento possui quatro objetivos principais: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e conforto visual, sendo este último ligado à sua estética. Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície de rolamento esteja apropriada, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável.

2.1.1 Caracterização dos pavimentos flexíveis

Os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto de uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. É composto por camadas de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito (se necessário) e subleito, como pode ser visualizado na Figura 2. O revestimento pode ser composto pela camada de rolamento (diretamente ligada aos pneus dos veículos) e camadas intermediárias. Conforme o dimensionamento, o tráfego e os materiais disponíveis na região pode-se excluir algumas das camadas citadas (SENÇO, 1997).

Conforme Senço (2001), o revestimento flexível ou também chamado de não rígido é aquele que as deformidades não geram rompimento da via. Nestes revestimentos flexíveis, utiliza-se o betume, seja na forma de asfalto ou alcatrão, recebendo assim o nome de revestimento betuminoso. Atualmente esse tipo de revestimento tem sido a preferência dos projetistas e construtores.

Medina (1997), afirma que o pavimento flexível é definido por ser constituído por um revestimento a base de betume⁴ sobre a base granular ou de solo estabilizado granulometricamente. Segundo Pinto (2010), pavimento flexível é aquele em que suas camadas sofrem uma deformação elástica de forma considerável, de acordo com carregamento em que é submetido, repartindo suas cargas em parcelas proporcionais entre suas camadas, pode-se conferir seu corte na Figura 1.

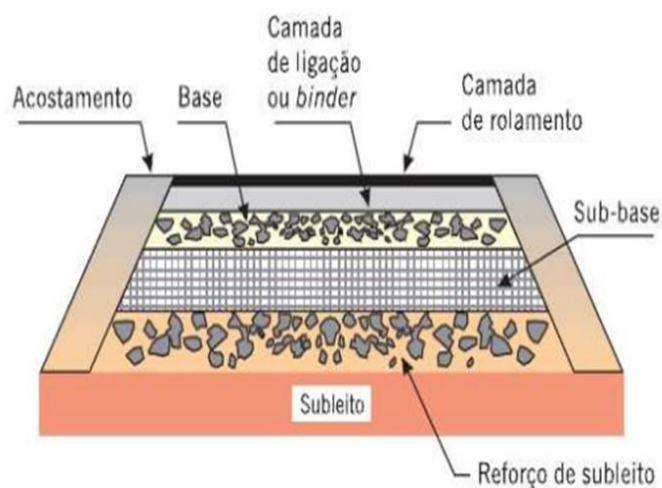


Figura 1 –Corte transversal de um Pavimento Flexível e suas camadas subjacentes.
Fonte: Bernucci *et al.* (2008)

⁴ É um dos componentes do asfalto que apresenta propriedades ligantes, promovendo a aglutinação entre os componentes da mistura.

O tipo de nomenclatura usada nos pavimentos flexíveis pode ser denominado de pavimentos asfálticos, pois suas deformações até um certo momento não se rompem. O dimensionamento é por tração e flexão, devido aos esforços que os veículos provocam, levando a deformações permanentes. O material usado neste tipo de pavimento é basicamente composto por concreto asfáltico usinado a quente - CAUQ (BERNUCCI, 2010).

2.2 CARACTERIZAÇÃO PATOLÓGICA

Segundo Nazário e Zancan (2011), o termo Patologia, tem origem grega páthos = doença, e logos = estudo, e, portanto, pode ser entendido como o estudo da doença, é muito utilizado nas áreas da ciência. Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. A patologia se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos dos problemas encontrados em uma edificação, elaborando seu diagnóstico e correção. Um diagnóstico adequado de uma manifestação patológica deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno que desencadeou o problema, podendo constar as possíveis correções para o (s) problema (s) assim como medidas de profilaxia que servem tanto para evitar o seu aparecimento quanto a sua propagação.

As patologias podem ser definidas, segundo o dicionário Aurélio, como o estudo das enfermidades em seus mais amplos e variados sentidos; como estado anormal de causa conhecida ou desconhecida; como na definição são decorrentes de situações que vão desde a escolha do material até a execução de manutenções preventivas e corretivas (SILVA; GOULART, 2018).

Os defeitos de superfície são os danos que aparecem no pavimento flexível como defeitos de superfícies, degradações superficiais ou deformações que podem ser vistos a olho nu e classificados segundo a norma brasileira (DNIT, 2003). Segundo Bernucci *et al.* (2010), a avaliação dos defeitos ocorrentes na superfície é a informação mais importante para a definição da condição de um pavimento, podendo aparecer precocemente, devido a erros ou inadequações, ou a médio ou ainda em longo prazo, devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries.

Capello *et al.* (2010), afirma que a origem das patologias pode estar associada a projetos mal feitos, da má qualidade dos materiais empregados na construção, da falta de controle tecnológico, principalmente relacionado ao concreto, da falha na etapa de construção, equipe sem preparação para execução de projetos mais elaborados, falta de fiscalização por parte dos gestores ou responsáveis pela execução do empreendimento, edificações sendo utilizadas para outros propósitos do que o inicial (de projeto) ou mesmo pelo seu uso inadequado e a falta de manutenção.

2.2.1 Patologias nos Pavimentos Rodoviários

São considerados dois grupos de fatores que influenciam a degradação dos pavimentos: os fatores passivos e os fatores ativos. Os primeiros dependem do pavimento, nomeadamente das espessuras, do material e da qualidade de construção. Já os fatores ativos dependem das ações do tráfego e do clima e são os principais responsáveis pelas degradações dos pavimentos (PEREIRA & MIRANDA, 1999).

As causas para o surgimento das patologias em pavimentos asfálticos podem ser a má execução do projeto, problemas construtivos, falha na seleção dos materiais, inadequações nas alternativas de conservação e manutenção, assim como as solicitações do tráfego e ações climáticas, também influenciam na deterioração do pavimento (ROCHA, 2009). Segundo Silva (2008), as patologias que podem ocorrer nesse tipo de pavimento são de deformações de corrugação e afundamento, desgaste do asfalto, deslizamento do betume, trincas e fissuras causadas por retração térmica.

Buscando melhor compreender os tipos de patologias em um sistema rodoviário observa-se de acordo com (DNIT, 2006), as mais comuns encontradas em rodovias brasileiras, onde as que mais se destacam são:

- Painelas, popularmente conhecidas como buracos e as prováveis causas das ocorrências estão diretamente associadas ao excesso de carga por eixo dos veículos pesados, deficiência de projeto, deficiências construtivas e ação da água devido à infiltração.

- Trincas Longitudinais, apresenta direção predominante paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa, seus aparecimentos vêm em decorrência da má execução de sua junta, contração e dilatação do revestimento em decorrência do envelhecimento do asfalto.

- Escorregamento, vem a apresentar deslocamento em relação ao pavimento, por sua camada subjacente(base), do pavimento, com aparecimento de fendas se configuras em meia-lua, seu surgimento se apresenta por ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual está apoiada, deficiência na imprimação ou pintura de ligação, limite de inercia do revestimento asfáltico devido á pequena espessura, compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base e fluência plástica do revestimento na ocorrência de altas temperaturas.

- Remendo, revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material similar ou diferente, os remendos existentes são em geral considerados falhas, já que refletem o mau comportamento original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal, visto que suas aparições vêm de acordo com o tráfego intenso e matérias de má qualidade, agressividade climáticas e problemas construtivos.

- Afundamento, depressão do revestimento que se forma na região onde se dá á passagem das cargas, ou seja, nas trilhas de rodas, em sua fase inicial esta falha só é perceptível após a ocorrência de chuva, pois os sulcos ficam preenchidos por água, seu aparecimento é em decorrência da compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção, mistura asfáltica inadequada com baixa estabilidade e enfraquecimento de uma ou mais camadas devindo a infiltração de água.

O pavimento flexível é o mais utilizado em nosso país, com isso essas patologias são as mais encontradas nas estradas e rodovias brasileiras, eles são revestidos basicamente com uma mistura de agregados e ligantes asfálticos, geralmente necessita de manutenção e reparos ao longo do tempo.

2.3 ASPECTOS GEOLÓGICOS/GEOMORFOLÓGICO

Segundo a CPRM (2005), o município de Bayeux-PB, está localizado na bacia hidrográfica do rio Paraíba, mais precisamente na região do baixo Paraíba, tendo como principais rios; o rio do Meio, rio Sanhauá, rio Paroeiras entre outros. Os principais corpos de acumulação são os açudes: santo Amaro e Marés. Todos os cursos d'água no município de Bayeux-PB, tem regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítica (rede hidrográfica semelhante a galhos de árvores). Segundo este órgão, o município está inserido na unidade geomorfológica dos tabuleiros costeiros, cortados por rios que formam vales e várzeas em toda a extensão do seu território. Os solos de uma maneira geral são profundos e de baixa fertilidade.

A unidade litoestratigráfica basal da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba é denominada de Formação Beberibe. Essa unidade é representada por um espesso pacote de arenitos com granulação variável e com espessuras médias de 230 a 280 m, e máxima de 360 m (LEAL e SÁ, 1998). Recobrimo de forma discordante o embasamento cristalino pré-cambriano e as rochas sedimentares do Grupo Paraíba da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba, encontram-se os sedimentos areno-argilosos mal consolidados da Formação Barreiras (FURRIER, ARAÚJO e MENESES, 2006).

2.3.1 Considerações das características físicas da área de estudo.

O substrato geológico paraibano é formado predominantemente por rochas Pré-Cambrianas, as quais ocupam mais de 80% do seu território, sendo complementado por bacias sedimentares, rochas vulcânicas cretáceas, coberturas plataformas paleógenas/neógenas e formações superficiais quaternárias (BRASIL, 2002). Segundo CPRM (2014), a área de estudo está assentada em Planície flúvio-marinha é a zona de intermarés, nas quais são desenvolvidos os Manguezais onde os mesmos são compostos principalmente por sedimentos argilosos escuros, com bastante matéria orgânica e conchas.

Tem uma área aproximada de 32 km² representando 0,0563% do total da área do estado da Paraíba, 0.002% da Região Nordeste e em escala nacional representa apenas 0.0004%. A sede do município está assentada numa altitude

aproximada de 11 metros, acima do nível do mar e afastada 7,6889 Km da Capital do estado paraibano que é principal sendo acessada a partir do município de João Pessoa-PB, através da rodovia federal BR 230 (CPRM, 2005).

Sua principal artéria urbana era a Avenida Liberdade, cujo nome também remete a libertação da referida cidade francesa do poder nazista. O binário da cidade de Bayeux, uma das mais importantes obras de mobilidade urbana da Região Metropolitana de João Pessoa Capital do Estado. A obra, que veio beneficiar diretamente 250 mil moradores das cidades de Bayeux-PB, Santa Rita-PB, Espírito Santo-PB e Sapé-PB, é era esperada há décadas pela população (SILVA, 2014).

3 METODOLOGIA

A primeira etapa da pesquisa, foi realizado o levantamento de dados bibliográficos acerca do tema principal e afins, buscando compreender melhor sobre pavimento flexível, destacando principalmente os tipos de manifestações patológicas, suas terminologias e características, além das atividades de manutenção e reabilitação. Para desenvolver uma análise crítica descritiva e qualitativa, do tema principal, foram consultados durante o desenvolvimento da pesquisa bibliografias especializadas na área, tais como, livros, artigos de periódicos, normas do DNIT⁵ e ABNT⁶, manuais e pesquisas na internet, através do *Google Acadêmico*.

A segunda etapa consiste na definição do método a ser utilizado, considerando os dados já obtidos sobre a avaliação de patologias em pavimento asfáltico, no qual foi aplicado a identificação das patologias com base nas normas DNIT 007/2003 – PRO e DNIT 009/2003-PRO que consiste em estabelecer condições cabíveis para a avaliação direta em superfície de pavimentos rodoviários, dos tipos flexíveis, por meio de contagem e classificação de acontecimentos aparentes e da medida das deformações duráveis nas trilhas de rodagens. De acordo com Bernucci et al. (2006), Silva (2008) e o DNIT (2006), que fomenta o método exploratório utilizado nessa pesquisa, seguiremos com a intenção de colocar em prática a teoria obtida nos materiais bibliográficos.

A terceira etapa consiste na determinação da região a ser analisada, sendo a Avenida Brasil trecho leste entre o início da lateral da Escola Estadual de Ensino

⁵ DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte.

⁶ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Fundamental e Médio Engenheiro José Davila Lins e a Praça do bairro do SESI, logradouro do município de Bayeux, região metropolitana de João Pessoa Capital paraibana.

A quarta etapa consiste na aplicação do método descrito no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. A partir da identificação visual do pavimento, foi elencado o trecho a ser analisado, onde a amostragem é de 63,29% da área pavimentada. No entanto, em cada área demarcada foi registrada a presença patologias no pavimento, de acordo com a norma DNIT 007/2003 – PRO e DNIT-009/2003-PRO.

O aparelho utilizado foi uma trena calibrada padrão com 5 metros de comprimento, e os materiais para auxiliar na localização e demarcação das estações de avaliação nas pistas pavimentadas, como régua, dentre outros. Por fim, a avaliação obteve 4 estações inventariadas, onde puderam ser verificados em cada estação quais os tipos de patologias, suas classificações e seu estado de conservação.

A quinta etapa consistiu na junção dos dados da avaliação, onde baseia-se na análise crítica das patologias encontradas na área do objeto de estudo por meio de identificação destas existentes no pavimento, buscando informações necessárias e suficientes para o entendimento dos fenômenos causadores de patologias nos pavimentos rodoviários, registrado por fotografias, medições e averiguações, buscando determinar o diagnóstico, e definir suas possíveis necessidades de manutenção e restauração.

Por fim, a sexta etapa que consiste na finalização do trabalho de pesquisa, concomitantemente com todas as outras etapas realizadas, onde os dados trabalhados e analisados têm suas respectivas considerações e sugestões finais.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na mesorregião da Zona da Mata Paraibana e Microrregião da Paraíba, região metropolitana de João Pessoa, Capital do Estado, onde limita-se na porção oeste com o município de Santa Rita-PB e a leste e com João Pessoa Capital do Estado. Ao se referir à antiga regionalização da Região

Nordeste do Brasil, observa-se que esse município de Bayeux-PB, faz parte da tradicional e conhecida Zona - Fisiográfica⁷ - da Mata Nordestina.

Identifica-se, então, que o município de Bayeux-PB (Figura 2) faz parte da Microrregião Geográfica de João Pessoa-PB, assim como também da Mesorregião Mata Paraibana. Observa-se, assim, que Bayeux-PB é um município do estado da Paraíba, que se encontra na região do Nordeste, do Brasil (FÉLIX, 2014).

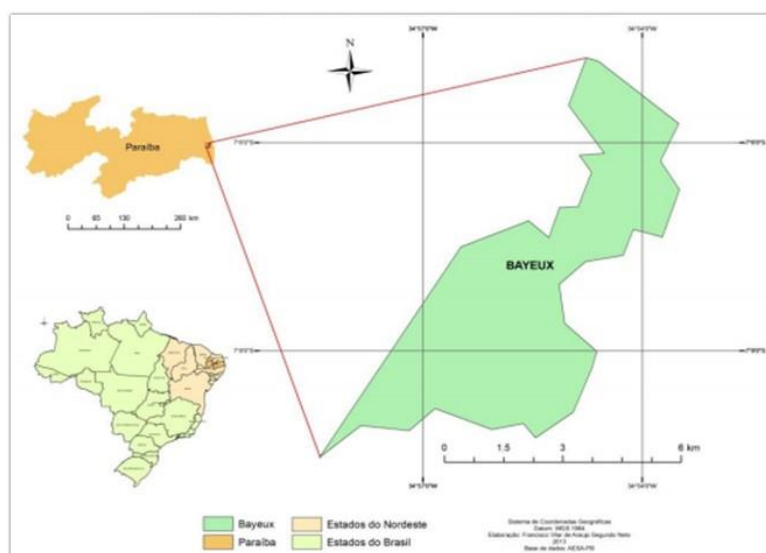


Figura 2 – Mapa de localização do município de Bayeux-PB, representado em relação ao estado da Paraíba, em relação à região nordeste, e ainda em relação ao Brasil.

Fonte: Segundo Neto, 2013.

A Ilha do Eixo, ainda parcialmente coberta de manguezais, é parte integrante de seu território e se situa no estuário do Rio Paraíba. O município de Bayeux-PB, está inserido na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, com vegetação predominante de Floresta *Subperenifólia*⁸, com partes de Floresta *Subcaducifólia*⁹ e transição Cerrado/Floresta (SILVA, 2014).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir da análise preliminar através de visita *in loco*, foram possíveis identificar algumas patologias, considerando suas possíveis causas, além da necessidade de manutenção e/ou reparo. Todos os procedimentos especificados pela norma 007/2003 e 009/2003 do DNIT, foram aplicados no trecho escolhido, área

⁷ Condições da natureza ou paisagem natural da Terra.

⁸ Tipo de vegetação constituída por árvores verdes, com folhas largas e troncos delgados.

⁹ Tipo de vegetação caracterizado pela dupla estacionalidade climática: uma tropical e uma subtropical

objeto de estudo, onde foi realizada uma avaliação que foram divididas por estações com distanciamento aproximadamente 500 metros, uma da outra, objetivando processar os dados obtidos em campo para o desenvolvimento da pesquisa, descrevendo os tipos de patologias existentes em cada estação.

A obra executada pelo governo do estado da Paraíba e, finalizada em 27 de setembro de 2013, caracteriza-se como uma malha rodoviária nova, considerada uma das mais importantes para região Metropolitana de João Pessoa Capital do Estado. O pavimento utilizado na alameda, da Avenida Brasil, localizada no município de Bayeux-PB, possui rodovia simples em todo seu percurso, com revestimento asfáltico flexível.

Após os levantamentos dos dados obtidos em campo, tais como, registro fotográficos, trena e régua para medir o tamanho das patologias existentes na rodovia de pavimento flexível da Avenida Brasil, com extensão aproximada de três (03) quilômetros, destacadas na Figura 3. Tomou-se como ponto de partida para registrar e identificar as patologias, possivelmente ocasionadas pelo fluxo de veículos, os trechos a partir da lateral da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Engenheiro José Davila Lins até Praça do bairro do SESI, com extensão aproximada de dois (02) quilômetros.

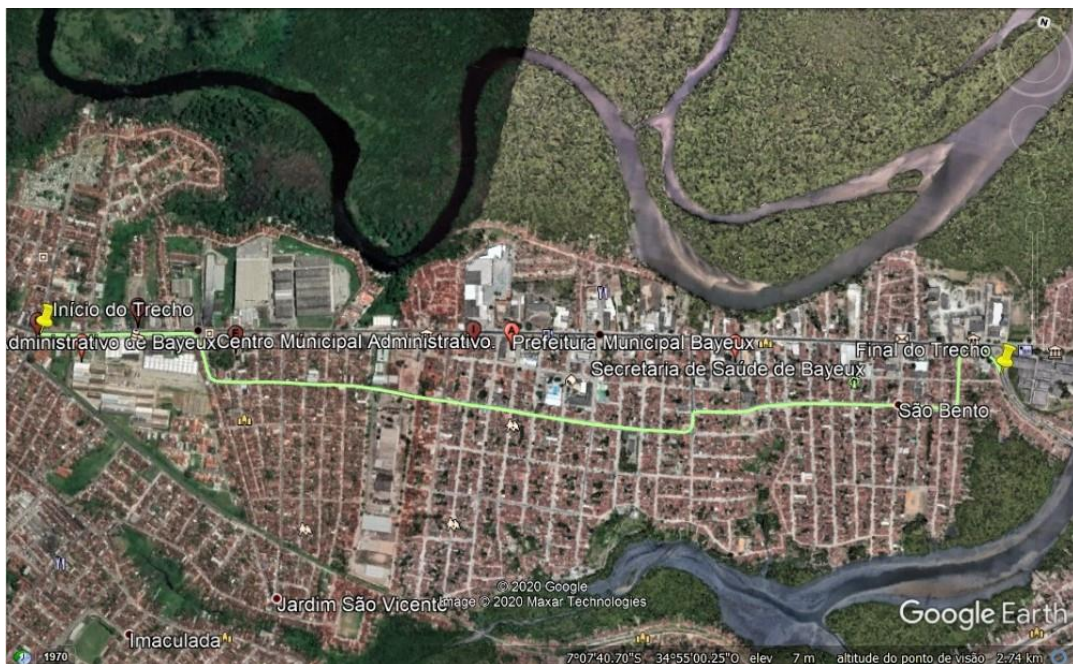


Figura 3 – Tomada aérea da Avenida Brasil, área objeto de estudo localizada no Município de Bayeux-PB, destacando o trecho estudado.

Fonte: Google Earth, 2018.

Ao longo dos trechos foram observadas patologias do tipo trinca em toda sua extensão. Todavia, as patologias que foram possíveis analisar, são aqueles consideradas mais proeminentes e serão melhores detalhadas por estação, considerando os dados coletados *in loco*, destacando as patologias do tipo trincas e fissuras que são as mais comuns nesse tipo de revestimento, além de afundamento, desgastes e escorrimento da massa asfáltica.

4.1 DEFORMAÇÃO DE SUPERFÍCIE

4.1.1 Afundamento/Deformação permanente

De acordo com a literatura consultada, esse tipo de patologia é identificado como afundamento plástico pontual, associado ao intenso tráfego de veículos, excesso de carga e altas temperaturas, bem como, pelo excesso de ligante asfáltico. Sendo assim, considera-se que o surgimento dessa patologia não é devido a um único fator, mas por diversos fatores que acabam afetando a conservação da pista, conforme apresentados anteriormente. Na figura 4, foram encontradas patologias do tipo afundamento plástico pontual. Nas duas primeiras estações, denominadas de Estação 01 e Estação 02, as dimensões são semelhantes, ou seja, basicamente apresentaram 5 cm de profundidade por 40 cm de largura em média.

Estas possivelmente surgiram por excesso de circulação dos veículos de modo geral, danificando o pavimento e causando depressões longitudinais, sendo assim, gera desgaste na rodovia, ocasionando deformidade, caracterizada por fluência plástica, ou seja, aonde o trecho estar sujeito a cargas e tensões constantes. Essas deformações estão associadas a ação repetitiva da passagem dos automóveis e caminhões que circulam diariamente nesses trechos.

Essa ação exerce cargas compactantes e endurecedoras da camada asfáltica causando o enfraquecimento do revestimento devido à infiltração de água, no caso de afundamentos plásticos, deformando uma ou mais camadas do pavimento ou do seu subleito ocasionando elevações de ambos os lados.



Figura 4 – Patologia do tipo afundamento plástico pontual, com 5cm de profundidade por 40 cm de largura em média e com dimensões aproximada de 950 metros, encontrada no trecho inicial da rodovia, Avenida Brasil, município de Bayeux-PB.

Fonte: Autores/2020.

4.1.2 Desgaste

Foi identificada nas camadas superficiais do pavimento flexível na Estação 03, com cerca de 1.500 metros, desde o início da alameda da Avenida Brasil, o arrancamento do agregado ou da argamassa fina do revestimento da rodovia, provavelmente sujeito a esforços tangenciais, causados pelo intenso tráfego de veículos. Vale ressaltar que foi identificada essa patologia em praticamente todo trecho da rodovia sentido leste (Bayeux/João Pessoa).

Essa situação se dá em consequência dos esforços tangenciais provocados pelos veículos em movimento, salientando que o desgaste não está associado apenas a ação do tráfego, mas também ao intemperismo e, provavelmente a má execução ou a utilização de materiais não adequados para construção da rodovia, segundo literatura consultada pela pesquisa. Dentre outras causas, o desgaste ocorre pela diminuição da ligação e perda da adesividade entre o agregado e o ligante, possivelmente durante a execução da obra, que pode ter sido realizada em condições climáticas inadequadas, ou até mesmo pela presença de água no interior do revestimento, observado na figura 5.



Figura 5 – Patologia do tipo desgaste localizada a 1.500 metros desde o trecho inicial da rodovia Avenida Brasil, município de Bayeux-PB.
Fonte: Próprio Autores, 2020.

Conforme observado na literatura, o grau de severidade do desgaste é baixo pois está apenas com perdas de agregado miúdo e médio além de conter textura superficial áspera. A manutenção do pavimento para esse tipo de patologia, se dá por meio da realização do recapeamento ou fresagem,¹⁰ que consiste na construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o revestimento já existente ou a realização de um corte do revestimento, onde a aplicação da lama asfáltica é a mais utilizada para este tipo de recuperação.

4.1.3 Fissuras, trincas e pelada

Conforme análise literária, e visita *in loco*, as fissuras localizadas na alameda Avenida Brasil, pode ter sido causada pela má dosagem do asfalto, como também o excesso de finos, por ser um material mais poroso apresentando menor resistência mecânica e sendo menos denso. Esses fatores podem contribuir cada vez mais para a degradação do pavimento asfáltico, quando não há restauração de forma adequada, ou seja, as fissuras ou trincas são provenientes de compactações em excesso que possivelmente deve ter sido mal executada, durante sua construção,

¹⁰ É uma técnica de desbaste da camada asfáltica utilizada na restauração e reabilitação de pavimentos.

surgindo reflexão de trincas, assentamento da fundação e retração do revestimento de asfalto no estágio inicial de fadiga.

Para traçar o perfil da patologia do tipo fissura adotou-se dois critérios, seguindo as sugestões da literatura levanta pela pesquisa. A primeira são consideradas fissuras longitudinais longas com comprimento maior que 1 metro. A segunda geralmente é de valor inferior a 1 metro e são consideradas de longitudinais curtas. No caso encontrado na Estação 3, sugere-se que são as patologias do tipo trincas longitudinais curtas. Vale ressaltar que essa situação patológica foi encontrada em praticamente toda a extensão da rodovia, conforme destacado na Figura 5.

Em se tratando de patologia do tipo pelada ocorre por conta do desgaste asfáltico, deixando amostra as camadas inferiores, ou seja, deficiência típica entre a ligação da camada com o betume. Para sua manutenção e/ou restauração é aplicado selante que evita a infiltração d'água e, conseqüentemente o enfraquecimento estrutural. Entender a causa é fundamental, objetivando adotar o reparo mais adequado, pois as trincas paralelas podem eventualmente se formar a partir de uma fissura inicial.



Figura 5 – Patologia do tipo Fissura/Trinca com a presença de patologia do tipo pelada encontrada numa distância aproximada de 1.850 metros a partir do ponto inicial da rodovia área objeto de trabalho.

Fonte: Próprio Autores, 2020.

O grau de severidade das trincas é medido a partir de sua espessura, se considerada menor que 5 mm ou com o material selante em boas condições o grau

é baixo. Se a espessura for entre 5 mm e 20 mm o grau é médio, caso superior a 20 mm de espessura o grau de severidade é alto. Os fatores que ocasionam essa patologia não estão relacionados diretamente com as tensões geradas pelas cargas exercidas no pavimento, ou seja, a circulação severa de veículos. No entanto, à ação do tráfego e infiltração da água no revestimento contribuem para maior degradação em um período de tempo menor que o previsto.

4.1.4 Escorregamento do revestimento

Considerado o escorregamento como patologia, consiste no deslocamento do revestimento em relação à base, surgindo fendas em forma de meia-lua e, nesse caso é devido à falta de aderência, limpeza entre a camada de revestimento e a camada subjacente, além da baixa resistência de massa asfáltica. Os locais de maior ocorrência são nas áreas de frenagem e de interseções, onde o veículo provoca o deslizamento da massa asfáltica, baixando a aderência e a resistência.

Com o passar do tempo a capa asfáltica/revestimento irá escorregar, deixando as camadas inferiores do pavimento expostas. São mais frequentes em: “Rampas acentuadas (aclives ou declives), curvas horizontais de raio pequeno, interseções e próximo a paras de ônibus ou obstáculos (lombadas ou sonorizadores)” e foi identificado esse tipo de patologia na Estação 1, conforme observado na figura 5.



Figura 5 – Patologia do tipo Escorregamento localizada acerca de 100 metros a partir do ponto inicial da via, área objeto de estudo.
Fonte: Próprio Autores, 2020.

Pode ser observado deslocamento do material utilizado para instalação do pavimento flexível. Nos casos em que a espessura da camada asfáltica esteja muito reduzida, pode ocasionar uma inércia limitada do revestimento e em temperaturas elevadas podem ocorrer deformações plásticas permanentes. Todavia, outra causa é a baixa aderência que resulta em deslizamento e a baixa resistência da massa que resulta em deformação. O escorregamento é constantemente encontrado em trechos com grande índice de aceleração e frenagem de veículos, como nas rampas acentuadas, curvas horizontais de raio pequeno, interseções e próximo às paradas de ônibus ou lombadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, observar-se que grande parte das patologias existentes no revestimento asfáltico principalmente em pavimento flexível é por conta da ausência de sua manutenção adequada, que ocasiona os mais variados tipos de manifestação patológicas. O presente trabalho trata-se de uma análise crítica e técnica destacando o trecho da Avenida Brasil entre a Escola Engenheiro José Davila Lins até a Praça do Bairro do Sesi, localizado no Município de Bayeux- PB que compreende a Região Metropolitana de João Pessoa-PB. Através de levantamento de dados de campo e pesquisas bibliográficas foi possível identificar um cenário parcial da área de estudo, buscando entender os tipos de patologias que se manifestam nesta rodovia.

No trecho entre a Escola Engenheiro José Davila Lins até o Posto de combustível ALE, que compreende a Estação 1, foram identificadas patologias principalmente do tipo escorregamento. Já no trecho entre o Posto de combustível ALE a Rua São Sebastião, denominada Estação 2, foram observadas patologias do tipo afundamentos plástico. No trecho entre a Rua São Sebastião e Rua José Lira, estabelecida de Estação 3 as patologias encontradas são similares as mesmas da Estação 1 e 2, ou seja, patológicas do tipo escorregamento, afundamento plástico, fissuras e trincas. Por fim, entre o Trecho da Rua José Lira até Praça do Bairro do Sesi, considerada Estação 4 as patologias observadas foram do tipo fissuras e trincas com a presença de patologias do tipo pelada.

Em se tratando dessas manifestações patológicas encontradas nas Estações acima mencionadas sugere-se, conforme consultada nas literaturas voltadas para

pesquisas, está associada a um forte indicio de má execução da preparação de pavimento flexível inserido nestes trechos. Observou-se nas Estações 1 e 2 patologias do tipo escorregamento, afundamento plástico, com a presença de fissuras e trincas, possivelmente associada a geologia da área que compreende uma bacia sedimentar, onde os solos em alguns casos não se apresenta bem compactados para obra. Caso semelhante acontece nas Estações 3 e 4, onde são identificados os mesmos tipos de solo.

Estudo de caso mostrou patologias decorrentes das falhas de execução e projetos, acabamento deficiente e falta de manutenção adequada. Entendesse por manutenção adequada aquelas já consagradas e estabelecidas pelas normativas do DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE.

As principais patologias encontradas nos pavimentos flexíveis da área objeto de estudo, pode-se destacar trincas, fissuras, afundamento plástico e escorregamento, todas consideradas perigosas para os usuários, causando acidentes e depreciando veículos automotores. Estas patologias normalmente são ocasionadas pelas desintegrações da superfície dos pavimentos, deficiência na compactação e umidade excessiva nas camadas de solos. Essas considerações estão fundamentadas na base bibliográfica que amparou a pesquisa.

Partindo desses pressupostos considera-se que uma rodovia com pavimento flexível necessita de manutenção constante e, que sejam realizadas de forma adequada, para que sua vida útil dure o tempo estimado pelas normativas vigentes que são de aproximadamente dez (10) anos, pois não adianta reparo nas camadas superficiais se muitas dessas manifestações patológicas apresentam como prováveis causas conforme dito anteriormente, falhas de projetos e execuções nas demais camadas.

Com a realização deste estudo, foi possível identificar e analisar as patologias existentes na Estações anteriormente mencionadas, onde os processos de manutenção objetivando restauração da rodovia teria uma grande importância para a malha rodoviária do local estudado. Portanto, as causas das patologias não só têm a ver com a qualidade de mão de obra, mas também com o grande fluxo de veículos de transporte de cargas pesadas.

A partir dessas análises, sugere-se a recuperação da rodovia, possibilitando a implantação do plano de recuperação e manutenção da malha rodoviária da região

de modo que possa favorecer não somente a sociedade e os veículos, assim como, o município de Bayeux-PB e adjacências.

Por fim, é importante salientar que o conhecimento técnico é de extrema relevância para reconhecer os defeitos de um pavimento flexível e, assim propor, medidas corretivas adequadas para cada caso, permitindo o pavimento uma maior vida útil, que deverá proporcionar benefícios aos usuários. Propõe-se que se desenvolva um trabalho mais detalhado, ampliando os trechos estudados por considerar que as patologias se manifestem em toda Avenida, área objeto de estudo, buscando viabilidade de uso de outras técnicas e materiais que ofereçam uma maior demanda de dados e informações para uma pesquisa mais detalhada.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. A.; SANTOS, M. J. P.; PINHEIRO, H. P.; CRUZ, Z. V. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ano 1. v. 10, p. 187-196. nov. 2016.
- BALBO, JOSÉ TADEU. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BERNUCCI, LIEDI BARIANI et al. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.
- BERNUCCI, LIEDI BARIANI; MOTTA, LAURA MARIA GORETTI; CERATTI, JORGE AUGUSTO PEREIRA; SOARES, JORGE BARBOSA. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. Petrobras: abeda, Rio de Janeiro, 2010.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife: CPRM, 2002.
- CAPELLO, A. et al. **Patologia das fundações**. 2010. 115f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera de Jundiaí, Jundiaí, 2010.
- CASTRO, H. A.; MONTEIRO, P. O.; RAMOS, R. G.; SOUZA, J. A.; SANTOS, A. A. **Inferência quanto à aplicação de pavimentação asfáltica na rodovia BA-120, trecho da BR-415, Barro Preto-BA**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ano 1. v. 9, p. 23-37. set. 2016.
- CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim Estatístico**, agosto. Brasília: DF, 2018.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea.** Diagnóstico do município de Bayeux, estado da Paraíba. Recife, CPRM/PRODEEM, 2005.

DANIELESKI, MARIA L. **Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de porto alegre.** 2004. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos.** MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES 1998.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos.** Publicação IPR-720. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES **Manual de restauração de pavimentos asfálticos,** 2006, 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de conservação rodoviária.** Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. NORMA 005/2003 – TER: **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

DNIT- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos– Terminologia.** Rio de Janeiro, 2003.

FÉLIX, GISELE DE SOUZA. **Bayeux-PB: uma cidade dormitório, analisada a partir do processo de migração pendular.** Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN. - João Pessoa, 2014.

FURRIER, MAX; ARAÚJO, MAGNO ERASTO DE; MENESES, LEONARDO FIGUEIREDO DE. **Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba.** Revista do Instituto de Geociências - USP Disponível on-line no endereço www.igc.usp.br/geologiausp - 61 - Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, outubro 2006.

LEAL E SÁ, L. T. **Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB.** 1998. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 1998.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos.** 1ª edição, 380 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 1997.

NAZARIO, DANIEL; ZANCAN, EVELISE C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. 2011. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2011.

PEREIRA, P., & MIRANDA, V. **Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários**. Universidade do Minho. Braga, 1999.

PINTO, S; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: Synergia IBP, 2010.

RIBEIRO, T. P. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, ano 2. v. 1, p. 733-754. set. 2017.

ROCHA, R. S. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações - Estudo de Caso da Avenida Pinto de Aguiar**. 2009. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Salvador: Bahia, 2009.

SEGUNDO NETO, FRANCISCO VILAR DE ARAÚJO SEGUNDO. **A partir dos Dados de Base da AESA/PB, via Sistema de Coordenadas Geográficas de 1984**. João Pessoa/PB.2013.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997.

SENÇO, WLASTERMILER DE. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SHIAVON, G. S. **Avaliação Objetiva e Subjetiva em superfície de pavimento flexível em trecho urbano – Análise da distância entre estações de avaliação em subtrechos homogêneos**. Revista Científica Eletrônica Estácio, Ribeirão Preto, v. 10, n. 10, p.01-23. Jul/dez. 2017.

SILVA, ABRAÃO DE LIMA. **O processo de ocupação e as questões sociais no Bairro do Mario Andreazza em Bayeux-PB**. UFPB/CCEN - João Pessoa, 2014.

SILVA, CRISTIANO DE ARAUJO; GOULART, CRISTIANO. **Estudo de caso de patologias em pavimento flexível em Rodovia do oeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Paranaense, 2018.ed. São Paulo:Pini, 2018.

SILVA, PAULO FERNANDO A. S. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2ª edição, Editora PINI. São Paulo, 2008.

ANÁLISE DO MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO DE TUBULAÇÃO SUBTERRÂNEA DE UM EMISSÁRIO DE RECALQUE NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB

Bruno Vieira da Silva¹
Lucivânia Rangel de Araújo Medeiros²

RESUMO

O método não destrutivo surgiu como opção ao método convencional de abertura de valas nas obras de saneamento, na busca por um método mais eficiente e que cause menos transtornos à população. O método não destrutivo por perfuração horizontal direcional, é um método que possui a vantagem de ser um método executado com mais eficiência. O estudo tem o objetivo de mostrar na prática as vantagens e desvantagens da utilização do método não destrutivo para implantação de tubulação subterrânea de um emissário de recalque, localizado no bairro do Cabo Branco, em João Pessoa – PB, por uma tubulação em polietileno de alta densidade.

Palavras-chave: Método não destrutivo. Emissário de recalque. Perfuração horizontal direcional.

ABSTRACT

The non-destructive method emerged as an option to the conventional method of trenching in sanitation works, in the search for a more efficient method that causes less disturbance to the population. The nondestructive method by directional horizontal drilling is a method that has the advantage of being a method executed fairly quickly. The study aims to show in practice the advantages and disadvantages of using the “non-destructive method” for the implantation of an underground pipe of a settlement outfall, located in the Cabo Branco neighborhood, in João Pessoa - PB, for a pipe in high density polyethylene.

Keywords: Non-destructive method. Settlement outfall. Horizontal directional drilling.

1 INTRODUÇÃO

A rápida e desordenada urbanização verificada no país a partir da 2ª metade do século XX levou boa parte da população brasileira do campo para a cidade, adensando especialmente as áreas metropolitanas das capitais. Nesse mesmo período, os investimentos em saneamento básico no Brasil ocorreram de forma heterogênea e concentrados em alguns períodos específicos. Destacam-se as décadas de 1970 e 1980, quando havia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: bruno031284@gmail.com

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: prof1590@iesp.edu.br

desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (SOARES, BERNARDES E CORDEIRO NETTO, 2002).

Em função desse crescimento e da necessidade de expansão da infraestrutura nas cidades, redes de sistemas de saneamento foram sendo implantadas para atendimento da demanda. Assim, as tubulações de água, esgoto e drenagem dividem o subsolo crescentemente congestionado das cidades com as redes de infraestrutura de outras companhias/concessionárias nos segmentos de gás, eletricidade, telefonia, TV a cabo e internet (RODRIGUES, MOTTA e OBRACZKA, 2017).

Os custos sociais dos métodos tradicionais com abertura de vala são significativamente maiores, pois obras de instalação, manutenção e substituição de tubulações, em áreas urbanas, através de métodos não-destrutivos, apresentam menor duração e causam menor interferência no tráfego de veículos (DEZOTTI, 2008).

De acordo com Dezzoti (2008), o método tradicional de abertura de valas, entre os custos sociais podem ser mencionados aqueles relativos a: (1) Interrupção ao tráfego veicular; (2) Danos à rodovia e pavimento; (3) Danos às utilidades adjacentes; (4) Danos às estruturas adjacentes; (5) Barulho e vibração; (6) Segurança dos pedestres; (7) Perdas para negócios e comércios; (8) Danos às estradas utilizadas com desvios; (9) Segurança local e pública; (10) Insatisfação dos cidadãos e (11) Impactos ambientais.

Conforme Righi (2015, p. 62), o método destrutivo quando comparado com outros apresenta um menor custo de execução, tendo como ponto negativo os transtornos que ele causa, principalmente nos centros urbanos, inviabilizando o seu uso em detrimento dos métodos não destrutivos”.

Segundo a ABRATT (2006, p.3):“o Método Não Destrutivo (MND) é a ciência referente à instalação, reparação e reforma de tubos, dutos e cabos subterrâneos utilizando técnicas que minimizam ou eliminam a necessidade de escavações.”

De acordo com Dezotti (2008), esse método MND pode ser dividido em três categorias: maxi -HDD, midi-HDD e mini-HDD (Horizontal Directional Drilling)”. No procedimento de execução do método, não há diferença entre os três tipos, o que os diferencia é o tamanho do equipamento, e conseqüentemente, o diâmetro das tubulações e comprimento que cada um atinge.

O trabalho em questão propõe uma análise da implantação da tubulação implantada pelo método MND, utilizando o método de perfuração horizontal direcional com perfuratriz rotativa. Desta forma, o estudo tem por objetivo demonstrar na prática as vantagens e desvantagens da utilização do “método não destrutivo” (MND) para implantação de tubulação subterrânea de um emissário de recalque, localizado no bairro do Cabo Branco, em João Pessoa – PB.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE PESQUISA

De acordo com a classificação de pesquisa científica sugerida por Gil (2010), o estudo se enquadra no tipo de pesquisa quantitativo, qualitativo assim como descritivo analítico, propiciando ao autor metodologias padronizado para coleta de dados, exibindo resultados e novas ideias sobre o tema abordado.

O estudo é caracterizado como descritivo analítico por descrever as características do método utilizados através de coleta de dados conforme sugerido por Gil (2010). A pesquisa classifica-se como quantitativa e qualitativa, onde pesquisador é levado a desenvolver ideias a partir de padrões encontrados nas pesquisas.

2.2 CAMPO DE PESQUISA

O Município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, localiza-se na Região Nordeste do Brasil e na porção oriental da Paraíba, com limites entre os paralelos 08°07' de latitude sul e 41°52' de longitude oeste. Abrange uma área total de 210,45 km², em que 160,76 km² estão distribuídos em área bruta e 49,69 km² em preservação ambiental. Limita-se ao Norte com o município de Cabedelo, ao Sul com o Conde, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita (Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2004).

A área em estudo desta pesquisa é o bairro do Cabo Branco localizado na cidade de João Pessoa- PB (Figura 01), a qual faz parte do centro urbano,

especificamente na sua orla, na Avenida Cabo Branco, onde se localiza a maior parte de seu comércio.

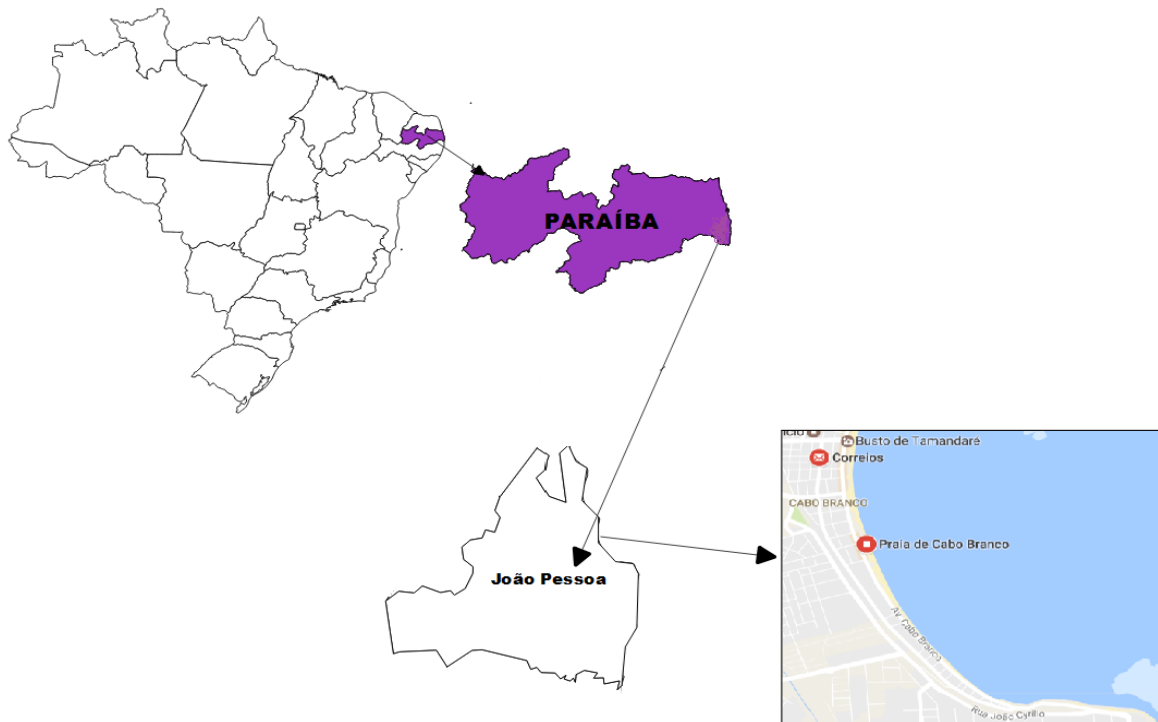


Figura 01: Caracterização da área de estudo.
Fonte: Adaptado de Martins, 2017.

Ainda de acordo com a Prefeitura Municipal de João Pessoa (2004) a capital paraibana apresenta um clima do tipo mediterrâneo ou nordestino seco e no Litoral Paraibano sua temperatura anual é em média 28°C, apresenta uma média da umidade relativa do ar de 80%, correspondente ao período entre os anos de 1961 a 1990.

O bairro foi escolhido por que nele estava havendo uma obra de saneamento, da Companhia de água e esgotos da Paraíba – CAGEPA.

2.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada junto a Subgerência de Obras do Litoral, da Companhia de água e esgotos da Paraíba – CAGEPA.

O objeto de estudo trata-se de uma obra de saneamento para execução de instalação de 1.635 (Hum mil seiscentos e tria e cinco) metros de tubulação de PEAD PE100 DE 280 mm através do método não destrutivo (MND) utilizando

perfuração horizontal direcionada (HDD), para implantação do novo emissário de recalque da estação elevatória de esgoto. O valor inicial estimado da obra foi de R\$1.290.554,55 (Hum milhão, duzentos e noventa mil e quinhentos e cinquenta e quatro reais e cinquenta e cinco centavos), com início previsto para 26//08/2019 e o prazo de execução em 60 (sessenta) dias.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 MÉTODO DE INSTALAÇÃO

De acordo com o documento do Termo de Referência da Obra, disponibilizado pela Companhia de águas e esgotos da Paraíba, o método de instalação utilizado foi o HDD, sendo este um dos métodos de instalação não destrutivos mais comum capaz de instalar tubulações subterrâneas através de uma perfuratriz montada na superfície.

O método se divide em duas fases. A primeira fase é composta da perfuração de um furo piloto de pequeno diâmetro ao longo da linha de centro desejada do perfil proposto (Figura 02).

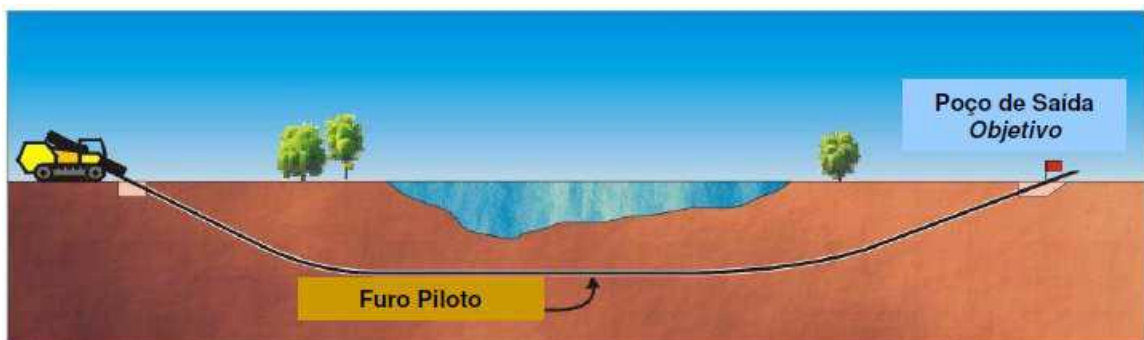


Figura 02: Execução do método de perfuração horizontal direcional: execução do furo piloto.
Fonte: ABRATT (2006).

A segunda fase (Figura 03) consiste em alargar o furo piloto com o uso de um alargador até o diâmetro de desejado para acomodar o tubo de serviço.

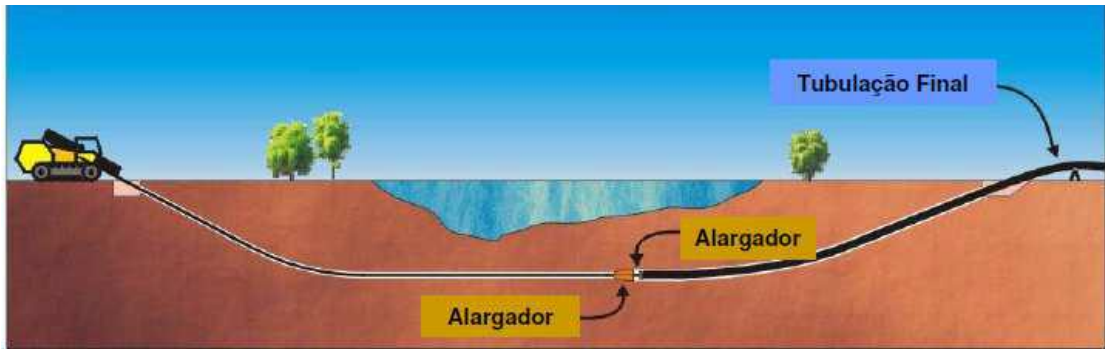


Figura 03: Execução do método de perfuração horizontal direcional: alargador e tubulação final.
Fonte: ABRATT (2006).

O serviço de perfuração direcionada horizontal do solo foi executado utilizando uma perfuratriz rotativa (Figura 04) que, por meio de sistema direcional, executa o furo guia com uma broca em forma de pá com inclinação de 10° a 30° , que escava o solo através de jato de lama betonítica em alta pressão. Ou seja, a perfuração se processa por jateamento onde o fluido de perfuração é bombeado pelo interior das hastes, atravessando os jatos situados na ferramenta de perfuração e erodindo as formações.



Figura 04: Máquina de perfuratriz rotativa.
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

O monitoramento da perfuração foi realizado por meio de um transmissor em frequência modulada instalado dentro da broca de perfuração (Figura 05), que transmite informações da cravação a um receptor na superfície, e este por sua vez transmite ao controle remoto instalado no painel do equipamento.



Figura 05: Broca de perfuração.
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

A pá de perfuração permitiu o direcionamento do furo em eventuais correções no percurso, caso ocorram obstáculos ou interferências.

As hastes foram introduzidas durante a operação de furação onde foram constantemente observadas nos manômetros de pressão instalados na própria máquina, os quais mostram uma elevação súbita de pressão provocada por alguma interferência não cadastrada ou alguma rocha.

Anterior à execução do furo direcional, considerou as informações contidas nas plantas cadastrais como primeira informação, que é confirmada e compatibilizada quanto ao traçado, e a real existência de interferências subterrâneas, efetiva localização, profundidade, bitola estado de conservação, e deve-se realizar todas as pesquisas junto as concessionárias cabíveis. Também anterior ao furo é elaborado um plano de furo, que deve conter:

- Informações de planta e corte da rede a ser implantada;
- Todos os dados e as interferências subterrâneas mapeadas;
- Cotas de profundidade do perfil das tubulações e distâncias horizontais entre as cotas;
- Distâncias e afastamentos descritos no mapeamento de campo e projeto elaborado;
- Amarração do trecho a ser furado com a EEE47 existente e o PV final de lançamento.

Durante esta etapa utiliza-se de um alargador (Figura 06) para a operação de alargamento do furo, onde também é efetuada a inserção da tubulação através do seu puxamento (Figura 07).



Figura 06: Alargador.
Fonte: Acervo Pessoal (2019).



Figura 7: Inserção da tubulação.
Fonte: Acervo Pessoal (2019).

4.2 ANÁLISES

O método não destrutivo utilizado na implantação do novo emissário, quando comparado ao método convencional é mais simples e exige menos etapas, o que reduziu significativamente os transtornos causados durante a obra de implantação do novo emissário e dá agilidade aos serviços executados.

Comparando o método tradicional ao método não destrutivo por perfuração horizontal direcional que foi o método utilizado na obra em estudo, pode-se observar na Tabela 01 as seguintes etapas que compõem cada método e se ter ideia de como foi rápida a execução pelo método escolhido.

Tabela 01: Etapas do método convencional e do método não destrutivo por perfuração horizontal direcional

Método convencional	Método não destrutivo por perfuração horizontal direcional.
<ul style="list-style-type: none"> • Sinalização; • Retirada de pavimento; • Escavação; • Escoramento; • Regularização de fundo de vala; • Assentamento de tubulação; • Reaterro e compactação; • Reposição de pavimentação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinalização; • Furo piloto; • Alargador; • Tubulação final;

Fonte: Elaboração Própria

Além das vantagens visíveis de se usar o método não destrutivo, houve também as vantagens indiretas, por exemplo: os comerciantes da região não tiveram seu faturamento reduzido durante a execução da obra pelo método não destrutivo, o que pelo método convencional, provavelmente ocorreria devido a interdições das ruas.

Observou-se outra grande vantagem do uso do método não destrutivo utilizado referente a redução de resíduos sólidos gerados na execução da obra. Para o trecho executado, o método não destrutivo gerou apenas os resíduos, que foram os dos furos de entrada e saída das tubulações e do fluido de perfuração.

No que diz respeito à segurança, o método não destrutivo se mostrou em grande vantagem, pois oferece risco mínimo ao trabalhador, visto que ele não precisa trabalhar dentro da vala escavada. Já no método convencional, quanto maior a profundidade do trecho, maior o risco de o trabalhador sofrer algum tipo de acidente, por isso a execução de redes em grandes profundidades necessita de atenção especial.

Outro fator positivo é o tempo de execução da obra que é reduzido devido a forma de dinâmica das etapas executivas.

Também foi analisado que a principal desvantagem do método não destrutivo é o valor da sua execução, embora tenha um número pequeno de funcionários, a mão-de-obra é especializada e os equipamentos são de custo elevado. Outra análise importante foi que se o operador da máquina de perfuração direcional, não tiver condições de trabalho a obra fica paralisada, pois é difícil arranjar substituto especializado para operar a máquina. Outro fator que aumenta o custo da obra

executada pelo MND é que não há muitas empresas que ofertam esse serviço e sem haver concorrência o custo não diminui.

A Tabela 02 mostra de forma objetiva e clara as principais vantagens e desvantagens de utilizar o método não destrutivo por perfuração horizontal.

Tabela 02: Vantagens e desvantagens de se utilizar o método não destrutivo por perfuração horizontal direcional.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não interdição das vias; • Redução de resíduos sólidos; • Baixo risco de acidente ao trabalhador; • Rapidez na execução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor elevado de execução; • Mão de obra especializada; • Reduzido número de empresas que ofertam o serviço.

Fonte: Elaboração Própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo de caso e dos aspectos analisados nesse trabalho, é possível concluir que:

- O maior empecilho para execução das obras utilizando o método não destrutivo por perfuração horizontal direcional é a falta de conhecimento da técnica usada, o que ocasiona uma baixa oferta de empresas especializadas e como consequência um custo elevado da obra.

- A utilização do método não destrutivo por perfuração horizontal direcional é uma ótima opção para a execução de substituição/implantação de emissário de recalque, principalmente em vias movimentadas e onde se tem atividades comerciais, pois não é preciso interromper totalmente o trânsito no local, sendo assim não diminui o movimento nos estabelecimentos comerciais.

- Executando a obra pelo método não destrutivo é quase zero a produção de resíduos sólidos, o que é um grande benefício para o meio ambiente. O que não ocorre se a obra for feita pelo método convencional.

- Com agilidade e rapidez na execução, proporcionada pelo método não destrutivo por perfuração horizontal direcional, houve a diminuição considerável dos transtornos ocasionados para a população.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA NÃO DESTRUTIVA (ABRATT). Diretrizes dos métodos não destrutivos. São Paulo, 2006.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA), Termo de Referência, Obra do Novo Emissário de recalque da Estação Elevatória de esgoto 47.

DEZOTTI, Mateus Caetano. Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas. 2008. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2008.

GIL, A.C. Como Elaborar projetos de pesquisas. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, L.M.M. **Avaliação das Condições de Balneabilidade nas praias dos Municípios de João Pessoa e Cabedelo -PB**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNIPE.2017.

NAJAFI, Mohammad. **Tecnologia não destrutiva: planejamento, equipamentos e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2016.

RIGHI, Rafael Braga Soares. Recuperação e implantação de redes subterrâneas pelo método não destrutivo – perfuração horizontal direcional. 2015. 64f. **Dissertação** (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RODRIGUES, Patricio da Silva; MOTTA, Sandra Lacouth; OBRACZKA, Marcelo. **Comparação de custos de utilização de métodos não destrutivos – MND e de abertura de vala em obras lineares de saneamento**. 2018. Portal saneamento básico. Disponível em: [:https://www.saneamentobasico.com.br/metodos-nao-destrutivos-obras-saneamento](https://www.saneamentobasico.com.br/metodos-nao-destrutivos-obras-saneamento). Acesso em: 28 out. 2020.

SILVA, Sara Rebeca Costa da. **Método não destrutivo em alternativa ao método convencional para a execução de redes coletoras de esgotos**. Trabalho de conclusão de curso. UFRN 2019.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.18, p. 1713-1724, 2002.

ESTUDO DE CASO: LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS E ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO COM O USO DA TECNOLOGIA BIM

Darah Maria Tavares da Costa¹
Thamyres Vieira Lima²
Arnaldo Dias de Almeida Neto³

RESUMO

A *Building Information Modeling* (BIM) é uma ferramenta que está ganhando espaço na construção civil, está presente em todo o ciclo de vida da edificação, especialmente após a execução do projeto. O presente artigo descreve um estudo de caso sobre o levantamento de quantitativos e a elaboração do orçamento sintético de uma escola, localizada no estado da Paraíba, através do uso do Revit e o Orçafascio que são ferramentas que utilizam a metodologia BIM. O seguinte trabalho demonstra os passos realizados para apresentar os resultados de maneira rápida, precisa e simples por meio de tabelas. Diante do cenário competitivo do mercado a metodologia BIM se demonstra uma ferramenta fundamental para alcançar sucesso na construção, principalmente porque possibilita a elaboração de um orçamento mais preciso evitando desperdícios e consequentemente aumentando o lucro.

Palavras-chave: BIM. Orçamento. Revit. Orçafascio.5D.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a tool that is gaining space in civil construction is presente throught the life cycle of the building, especially after its execution of the project. This article describes a case study on the quantitative survey and synthetic budgeting of a school, located in the state of Paraíba, using Revit and Orçafascio, wich are tools that use the BIM methodology. This work demonstrates the steps taken to present the results quickly, accurately and simply through tables. In view of the competitive market scenario, the BIM methodology demonstrates itself as a fundamental tool to achieve success in civil construction, mainly because it allows the formulate of a more accurate budget, avoiding waste and consequently increasing profit.

Keywords: BIM. Budget. Revit. Orçafascio. 5D.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor altamente complexo, pois apresenta diversos *stakeholders* ao longo do seu desenvolvimento. Para garantir o sucesso do projeto e agradar aspartes envolvidas, a comunicação eficiente entre projetistas, construtores, fornecedores e clientes é essencial. Pesquisadores revelam que os métodos tradicionais podem dividir o procedimento produtivo, ocasionando a individualidade

¹ Centro Universitário UNIESP. E-mail: darahmariatavaresec@gmail.com

² Centro Universitário UNIESP. E-mail: thamyres21lvieira@gmail.com

³ Centro Universitário UNIESP. E-mail: arnado.neto@iesp.edu.br

entre os profissionais de partes diferentes do projeto e a falta de coordenação entre os projetistas (NAWI *et al.*,2014).

Na conjuntura atual, novas ferramentas na área da construção surgem recentemente buscando melhorar a comunicação entre as equipes envolvidas, uma das mais relevantes na atualidade é o *Building Information Modeling* (BIM) (RODRIGUES,2019).

O BIM ou Modelagem da Informação da Construção é uma ferramenta que proporciona através de um modelo virtual da edificação um suporte na fabricação, na construção e ao fornecimento de insumos que são necessários para a construção civil (EASTMAN *et al.*, 2014). Os benefícios da utilização do BIM são: detecção de interferências, modelo 3D antecipado do projeto final, retirada de quantitativos, estimativa de custos e visualização das etapas da construção, entre outros (AZHAR, 2011; CBIC, 2016).

Para Alves *et al.* (2012), essa abordagem possibilita a interoperabilidade entre as ferramentas da plataforma, ou seja, todos os profissionais podem acompanhar o andamento de cada etapa do projeto, possibilitando observar as alterações em tempo real. Com isso evita que ocorra interferência na comunicação dos profissionais envolvidos. Takim *et al.* (2013) afirma, que o BIM é uma tecnologia de gerenciamento que traz soluções integradas para a construção civil, assim fornece maior satisfação ao cliente em custo, tempo, qualidade, segurança e funcionalidade dos projetos.

No Brasil, o uso do BIM está cada vez mais consolidado, principalmente, associado ao orçamento de obras. A utilização está ligada à extração de quantitativos, essa extração isolada é um avanço em relação ao método tradicional, pois aumenta a exatidão dos quantitativos obtidos a partir do modelo (EASTMAN *et al.*, 2014).

Para Monteiro e Martins (2013), o BIM possibilita uma associação de entradas à modelagem do projeto e gera informações automáticas e instantâneas, por isso é uma ferramenta eficiente para a automatização.

De acordo com Knolseisen (2003), qualquer empreendimento deve ser estudado para que possua uma viabilidade econômica, pois devido ao mercado competitivo o orçamento que é elaborado deve ser cada vez mais minucioso e necessita ter um rigoroso acompanhamento físico-financeiro do projeto. O processo de orçamento é um sistema de trabalho onde toda a empresa é envolvida, com

objetivo de prever custos e faturamento de cada produto, em um período determinado, avaliando o desempenho da mesma.

Smith (2014) assegura que o uso do BIM no orçamento dos projetos é algo essencial e, que quanto mais uma organização atrasa para utilizar a ferramenta com a retirada automática de quantitativos, outras vão progredir e usar isso como vantagem competitiva.

Para Oliveira, Perez Junior e Silva (2015), o orçamento é um plano apresentado de forma quantitativa pela parte administrativa da empresa, sendo usado para dar apoio na positivação e no controle do projeto sendo o mesmo ligado a todas as etapas de uma organização. Já segundo Limmer (1997), define orçamento como gastos estabelecidos por quantitativos que seriam necessários na realização de projetos, a partir de um plano de execução.

Já de acordo com Coelho (2001), o orçamento para projetos de construção civil apresenta o levantamento da quantidade de cada serviço, seus preços unitários e o preço global do empreendimento. O orçamento deve ser desenvolvido em uma planilha onde consta a descrição de cada serviço com suas respectivas unidades de medidas e quantitativos, deve apresentar as composições dos valores de cada serviço e o valor final de cada item e o valor total do projeto.

De acordo com Mattos (2006), o orçamento engloba três etapas: o estudo das condições de contorno, que é a fase do projeto; composição de custos, identidade e quantidade dos serviços e materiais retirados do projeto, e, por fim, a conclusão do orçamento, onde é incluído o cálculo do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) e a composição de planilhas de custos.

A fonte oficial de parâmetros de preços é o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) a qual define regras e parâmetros que devem ser seguidos na elaboração do plano de orçamento sendo a Caixa Econômica Federal responsável pela parte técnica da construção civil, este Sistema é uma fonte referencial de dados em que seu uso ou não será atribuído ao técnico que elabora o orçamento (SINAPI, 2018).

Os dados encontrados no SINAPI são atualizados frequentemente, eles são separados de acordo com cada estado, pois existe uma variação de preço e até mesmo leis entre eles. No SINAPI são encontradas informações quantitativas de insumos e arranjo de componentes usados na construção civil. A instituição

responsável pela precificação dos insumos é o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o qual usa coeficientes e estatísticas para determinar o valor aproximado final (SINAPI, 2018).

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar quantitativos, retirados de um estudo de caso, demonstrando como a ferramenta BIM pode facilitar o processo de orçamento.

Neste caso, objetiva-se utilizar o processo BIM para os seguintes benefícios:

- Estudo de caso de uma edificação assim como retirada de quantitativos doselementos construtivos para orçamento;
- Observar a facilidade do uso de ferramentas BIM;
- Apresentação de planilhas de custos dos quantitativos;
- Exibição de vantagens resultantes de um bom orçamento.

2 METODOLOGIA

2.1 ESTUDO DE CASO: APRESENTAÇÃO DO PROJETO

O estudo de caso é uma investigação empírica, que compreende um método abrangente, apresenta uma lógica do planejamento, da análise e coleta de dados (YIN, 2001). Já para Goode e Hatt (1979), o estudo de caso é uma maneira de organizar as informações, conservando do objeto estudado o seu caráter unitário.

O projeto, foco deste estudo de caso, é uma escola que será executada no Estado da Paraíba. O processo de modelagem, de projeto estrutural, assim como outros necessários paa a execução da mesma, foi realizado por um escritório de engenharia localizado na cidade de João Pessoa – PB. O escritório utiliza para a realização dos seus projetos a metodologia BIM durante todo o processo.

A escola, objeto desse estudo, apresenta uma área de 966,351 m² e é composta por blocos, sendo eles divididos em: bloco administrativo; bloco cozinha e vestiário e bloco salas de aula, como mostram as Figuras 1, 2 e 3 a seguir, respectivamente.



Figura 1: Planta baixa do bloco administrativo.
 Fonte: Plano Consultoria e Projetos.

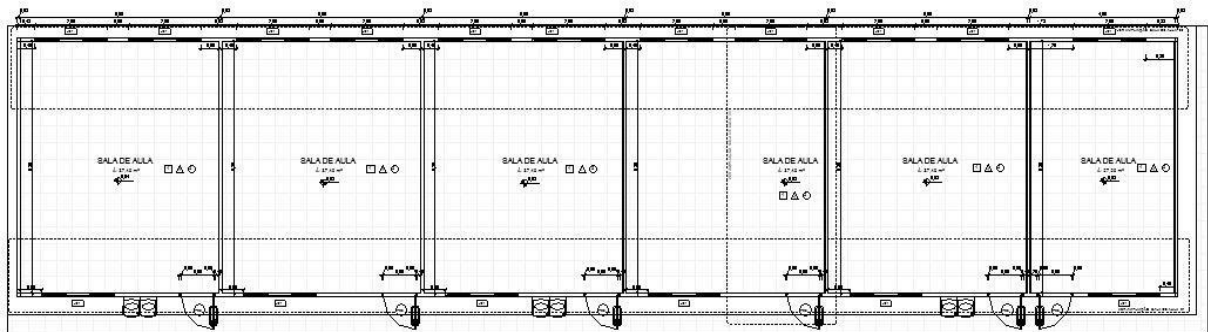


Figura 2: Planta baixa do bloco salas de aula.
 Fonte: Plano Consultoria e Projetos.

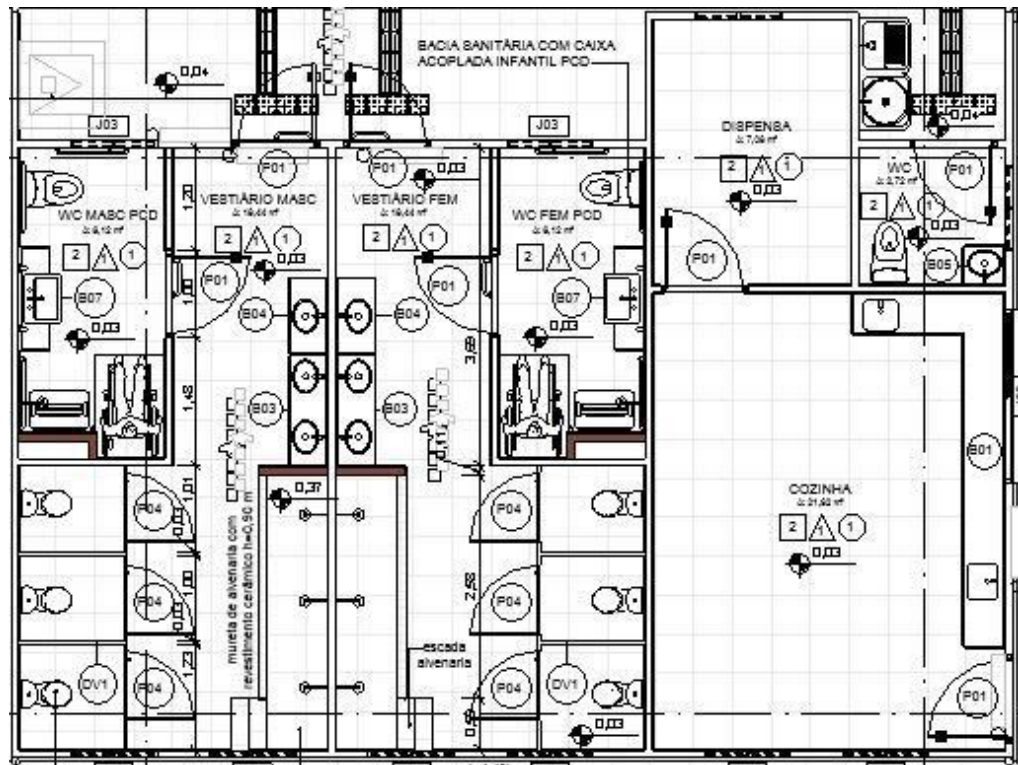


Figura 3: Planta baixa do bloco cozinha e vestiário.
 Fonte: Plano Consultoria e Projetos.

A Figura 4 representa a tipologia da escola demonstrando a disposição dos blocos.

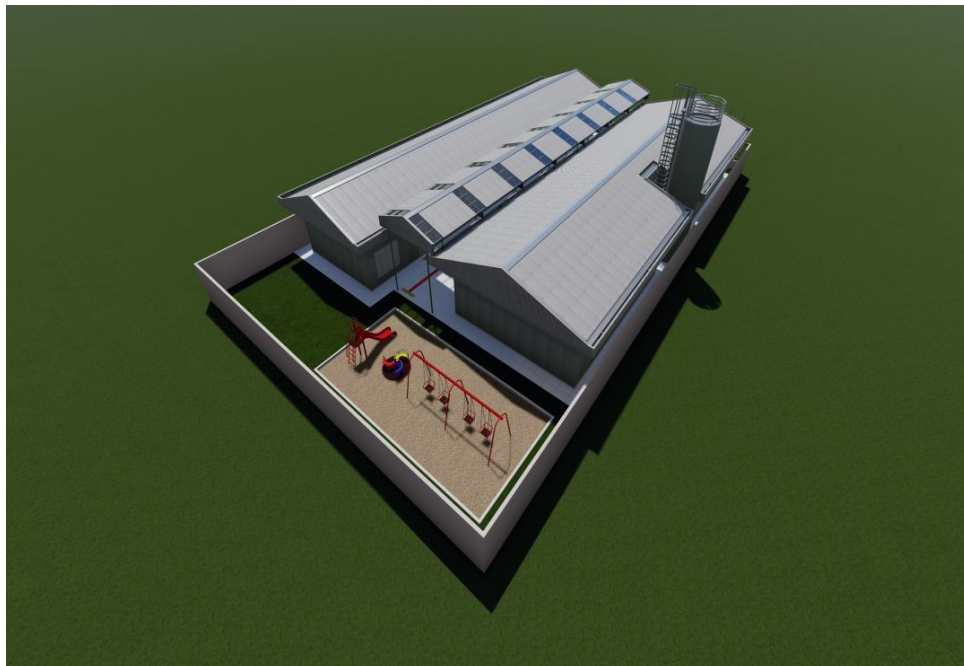


Figura 4: Visualização geral da escola.
 Fonte: Plano Consultoria e Projetos.

A escola em questão foi elaborada utilizando um sistema inovador da

construção civil, deixando um pouco de lado o método convencional. O método construtivo escolhido para a execução do projeto foi o sistema de Concreto e PVC. Este sistema surgiu no Canadá, é composto por painéis de PVC preenchidos com concreto e aço estrutural. É um sistema desenvolvido no intuito de construir de maneira simplificada diversos tipos de edificações, é constituído por um sistema modular de painéis verticais que se encaixam por guias (macho-fêmea), em que o PVC serve de fôrma para o recebimento do concreto, revestindo e ajudando na estruturação do conjunto (SILVA; KAWANO, 2009).

Segundo Royal (2008), o sistema permite que qualquer tipo de pintura ou outro recobrimento possa ser colocado sobre os painéis mesmo depois de anos da montagem inicial. A Figura 5 abaixo apresenta detalhes do sistema de concreto e PVC.



Figura 5: Sistema de PVC e Concreto.
Fonte: Plano Consultoria e Projetos.

2.2 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DO PROJETO

Para levantamento de quantitativos a serem utilizados dos blocos administrativo, salas de aula e cozinha e vestiário, utilizou-se o Revit. Para Pereira e Amorim (2014) o Revit é uma plataforma de tecnologia BIM da Autodesk, é um *Software de desing* para projetos de engenharia e arquitetura.

Através dessa ferramenta é possível tornar automática, simples, rápida e precisa a maneira de levantar os quantitativos de cada sistema construtivo, para este objeto de estudo será realizado levantamento de quantitativo dos materiais para o sistema de concreto e PVC, acabamento e esquadrias.

Para realizar o levantamento de quantitativos no programa deve elaborar tabelas, as quais serão realizadas de maneira automática e fácil. As informações contidas nas tabelas são escolhidas de acordo com a necessidade do orçamentista, pois o programa não só levanta os quantitativos como também detalha as características dos objetos, como por exemplo, o tipo de materiais que os constituem, suas dimensões e localizações. A representação esquemática da Figura 6 apresenta o fluxograma das etapas para elaboração do levantamento dos quantitativos dentro do Revit.

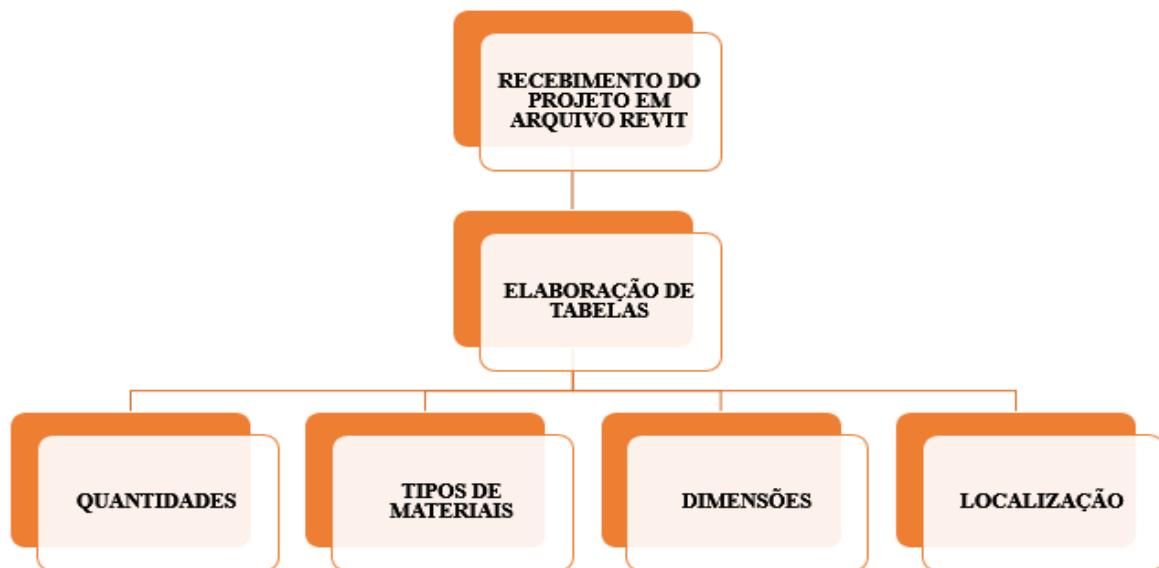


Figura 6: Fluxograma do levantamento de quantitativos.
Fonte: Acervo Próprio.

2.3 ORÇAMENTO: PREÇOS UNITÁRIOS E PREÇO GLOBAL

A partir do levantamento de quantitativos fornecidos pelas tabelas elaboradas pelo programa Revit é possível desenvolver o orçamento sintético do projeto através do *software* OrçaFascio. O OrçaFascio é uma ferramenta de orçamento de obras que integra todos os bancos de custos nacionais e regionais que podem ser acessados sincronicamente. Além disso, o OrçaFascio possibilita ao orçamentista que crie as suas próprias composições.

Foi utilizado para o orçamento deste objeto de estudo o SINAPI da Paraíba

como referência para de insumos e composições. Já para o cálculo dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) foi levantado uma estimativa de custos indiretos para serem acrescidos ao custo direto da obra, como por exemplo, despesas financeiras; seguro(s) e garantia(s); impostos; entre outros.

O Orçafascio fornece também o cronograma da obra e o Custeio Baseado em Atividades (ABC). A curva ABC é um instrumento que permite identificar aqueles itens que devem ter mais atenção e tratamento adequado na sua administração, com isso é considerada uma ferramenta importante para o administrador do projeto (LOPRETE *et. al.* 2009).

O esquema a seguir demonstrado na Figura 7 apresenta de forma organizada os passos para elaboração do orçamento importando as informações retiradas do Revit para o Orçafascio.



Figura 7: Fluxograma do orçamento.
Fonte: Acervo Próprio.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam o levantamento de quantitativos para as esquadrias, janelas e portas respectivamente, nelas demonstram informações que são importantes na escolha das esquadrias mais semelhantes à encontradas no projeto, além de estarem separadas por blocos que facilita na hora da execução e na logística no canteiro de obra.

Tabela 1: Quantitativo de janelas.

Bloco	Cód.	Qtd.	Comprimento	Altura	Peitoril	Descrição
Administrativo	J03	3	0,93 m	0,33 m	1,79 m	Janela alta maxin-ar com 2 painéis em alumínio e vidro temperado
Administrativo	J04	1	1,53 m	1,03 m	1,09 m	Janela de correr com 2 painéis em alumínio e vidro temperado
Administrativo	J02	6	1,93 m	1,03 m	1,09 m	Janela de correr com 2 painéis em alumínio e vidro temperado
Salas de aulas	J01	17	1,93 m	1,53 m	0,59 m	Janela de correr com 4 painéis em alumínio e vidro temperado (02 folhas de correr, 02 folhas fixas)
Cozinha e vestiário	J03	8	0,93 m	0,33 m	1,79 m	Janela alta maxin-ar com 2 painéis em alumínio e vidro temperado
Cozinha e vestiário	J02	1	1,93 m	1,03 m	1,09 m	Janela de correr com 2 painéis em alumínio e vidro temperado

Fonte: Acervo Próprio.

Tabela 2: Quantitativo de Portas.

Bloco	Cód.	Tipo	Qtd.	Largura	Altura
Administrativo	P01	Porta de abrir de madeira	8	1,00 m	2,17 m
Administrativo	P02	Porta dupla de abrir de vidro temperado 10 mm	1	1,90 m	2,10 m
Salas de aulas	P03	Porta de abrir de madeira	6	1,00 m	2,17 m
Cozinhas e vestiário	P01	Porta de abrir de madeira	7	1,00 m	2,17 m
Cozinhas e vestiário	P04	Porta 80X80 em compensado de madeira	6	0,80 m	0,80 m

Fonte: Acervo Próprio.

Foram encontrados resultados precisos e detalhados especificados em tabelas no Revit as quais demonstram características essenciais que auxiliaram no desenvolvimento do orçamento através do *Software* Orçafascio. O banco de dados utilizado para determinar o custo de cada serviço foi o SINAPI da Paraíba.

Com os atributos encontrados nas Tabelas 1 e 2 foi possível realizar o orçamento detalhado das esquadrias no Orçafascio, buscando aquelas que mais se adequava as especificadas em projeto. A Tabela 3 apresenta o orçamento sintético das esquadrias apontando a quantidade, o preço unitário por item com e sem BDI e o preço total do item já acrescido com o BDI.

Tabela 3: Orçamento de esquadrias.

Bloco	Cód.	Banco	Descrição	Und	Qtd	Val. Unit.	Val. Unit. com BDI	Total
Administrativo	90844	SINAPI	Porta de madeira 90x210 cm	und	8,00	690,75	863,43	R\$ 3.907,44
	-	Próprio	Porta de vidro 1,90x2,10 m	und	1,00	2098,61	2623,26	R\$ 2.623,26
	94570	SINAPI	Janela de	m ²	14,42	324,73	405,91	R\$

		alumínio				5.853,22	
Salas de aula	90844	SINAPI	Porta de madeira 90x210 cm	und	6,00	690,75	R\$ 5.180,58
	94573	SINAPI	Janela de alumínio	m ²	50,20	373,11	R\$ 3.412,28
Cozinha e Vestiário	90844	SINAPI	Porta de madeira 90x210 cm	und	7,00	690,75	R\$ 5.044,01
	-	Próprio	Porta de madeira de abrir	m ²	3,84	462,43	R\$ 2.219,64
	94570	SINAPI	Janela de alumínio	m ²	4,04	324,73	R\$ 1.639,88
Total						R\$ 3.880,31	

Fonte: Acervo Próprio.

Através deste orçamento sintético apresentado na Tabela 3 é possível verificar o valor de cada esquadria e o valor total de todas as esquadrias dentro do projeto que corresponde a R\$ 53.880,31.

A Tabela 4 apresenta o levantamento dos quantitativos dos materiais que compõem a parte estrutural da escola, o sistema PVC/Concreto. Nela detalha a quantidade de PVC que é necessário para cada bloco, apresentado seu quantitativo em área e o concreto de cada bloco sendo apresentado pelo volume necessário ao sistema.

Tabela 4: Quantitativo de materiais das paredes PVC/Concreto.

Bloco	Tipo	Área	Volume	Descrição
Administrativo	PVC/Concreto	229,17 m ²	18,33 m ³	Parede PVC/concreto Fck 25 MPA, espessura de 8 cm
Sala de aula	PVC/Concreto	317,31 m ²	25,39 m ³	Parede PVC/concreto Fck 25 MPA, espessura de 8 cm
Cozinha e vestiário	PVC/Concreto	232,17 m ²	18,57 m ³	Parede PVC/concreto Fck 25 MPA, espessura de 8 cm

Fonte: Acervo Próprio.

A Tabela 5 apresentada abaixo representa o orçamento sintético do sistema de PVC/Concreto considerando os quantitativos retirados da Tabela 4, acrescido das armaduras que foi obtido o seu quantitativo através de outra ferramenta. O orçamento demonstra o custo correspondente a cada item que constitui o sistema e o preço total que essa etapa exhibe.

Tabela 5: Orçamento do sistema de parede PVC/Concreto.

Bloco	Cód.	Banco	Descrição	Und	Qtd	Val. Unit.	Val. Unit. com BDI	Total
Administrativo	91603	SINAPI	Armação do sistema de paredes	kg	240,46	6,46	8,07	R\$ 1.940,51
	94965	SINAPI	Concreto fck 25 Mpa	m ³	18,33	304,34	380,42	R\$ 6.973,09
	92873	SINAPI	Lançamento com baldes	m ³	18,33	144,49	180,61	R\$ 3.310,58
	-	Próprio	Fornecimento de módulos de PVC	m ²	229,17	358,55	448,18	R\$ 102.709,41
	-	Próprio	Montagem e travamento	m ²	229,17	82,35	102,93	R\$ 23.588,46
Salas de aula	91603	SINAPI	Armação do sistema de paredes	kg	332,28	6,46	8,07	R\$ 2.681,49
	94965	SINAPI	Concreto fck 25 Mpa	m ³	25,39	304,34	380,42	R\$ 9.658,86
	92873	SINAPI	Lançamento com baldes	m ³	25,39	144,49	180,61	R\$ 4.585,68
	-	Próprio	Fornecimento de módulos de PVC	m ²	317,31	358,55	448,18	R\$ 142.211,99
	-	Próprio	Montagem e travamento	m ²	317,31	82,35	102,93	R\$ 32.660,71
Cozinha e Vestiário	91603	SINAPI	Armação do sistema de paredes	kg	244,20	6,46	8,07	R\$ 1.970,69
	94965	SINAPI	Concreto fck 25 Mpa	m ³	18,57	304,34	380,42	R\$ 7.064,39
	92873	SINAPI	Lançamento com baldes	m ³	18,57	144,49	180,61	R\$ 3.353,92
	-	Próprio	Fornecimento de módulos de PVC	m ²	232,17	358,55	448,18	R\$ 104.053,95
	-	Próprio	Montagem e travamento	m ²	232,17	82,35	102,93	R\$ 23.897,25
Total								R\$ 470.661,28

Fonte: Acervo Próprio.

Analisando os dados apresentados na Tabela 5 pode-se observar que o valor gasto para a realização do sistema PVC/Concreto para os blocos é R\$ 470.661,28.

A Tabela 6 apresenta o levantamento do quantitativo do sistema de piso, que apresenta em sua composição os contrapisos, rodapés e o revestimento cerâmico. Os materiais são levantados separados por blocos para facilitar durante a execução do orçamento para que o orçamentista consiga escolher a melhor opção para cada ambiente.

Tabela 6: Quantitativo de sistema de piso.

Bloco	Tipo	Comprimento	Área
Administrativo	Contrapiso 3 cm	-	88,33 m ²
Administrativo	Contrapiso 2 cm	-	6,56 m ²
Administrativo	Rodapé	96,71 m	-
Administrativo	Revestimento cerâmico	-	87,69 m ²
Administrativo	Revestimento cerâmico antiderrapante	-	6,4 m ²
Sala de aula	Contrapiso 3 cm	-	214,68 m ²
Sala de aula	Rodapé	138,64 m	-
Sala de aula	Revestimento cerâmico	-	214,2 m ²
Cozinha e vestiário	Contrapiso 3 cm	-	34,43 m ²
Cozinha e vestiário	Contrapiso 2 cm	-	79,74 m ²

Fonte: Acervo Próprio.

A Tabela 7 a seguir demonstra o orçamento sintético do sistema de piso retirado do Orçafascio detalhando o tipo de material que será utilizado para a execução do piso e o custo que esses materiais apresentam, o orçamento apresenta os valores unitários de cada item.

Tabela 7: Orçamento do sistema de piso.

Bloco	Cód	Banco	Descrição	Und	Qty	Val. Unit.	Val. Unit. com BDI	Total
Administrativo	87630	SINAPI	Contrapiso 3 cm	m ²	88,33	27,21	34,01	R\$ 3.004,10
	87620	SINAPI	Contrapiso 2 cm	m ²	6,56	21,86	27,32	R\$ 179,22
	88649	SINAPI	Rodapé de 7cm	m	96,71	6,08	7,60	R\$ 735,00
	87251	SINAPI	Revestimento cerâmico	m ²	87,69	36,15	45,18	R\$ 3.961,83
	-	Próprio	Revestimento cerâmico antiparrant e	m ²	6,40	36,15	45,18	R\$ 289,15
Salas de aula	87630	SINAPI	Contrapiso 3 cm	m ²	214,68	27,21	34,01	R\$ 7.301,27
	88649	SINAPI	Rodapé de 7 cm	m	138,64	6,08	7,60	R\$ 1.053,66
	87251	SINAPI	Revestimento cerâmico	m ²	214,20	36,15	45,18	R\$ 9.677,56
Cozinha e Vestiário	87630	SINAPI	Contrapiso 3 cm	m ²	34,43	27,21	34,01	R\$ 1.170,96
	87620	SINAPI	Contrapiso 2 cm	m ²	79,74	21,86	27,32	R\$ 2.178,50
	88649	SINAPI	Rodapé de 7 cm	m	71,73	6,08	7,60	R\$ 545,15

-	Próprio	Revestimento cerâmico antiparrante	m ²	82,06	36,15	45,18	R\$ 3.707,47
						Total	R\$ 33.803,87

Fonte: Acervo Próprio.

É possível observar na Tabela 7 o valor total corresponde ao sistema de piso dos blocos, o custo para a realização desse sistema será de R\$ 33.803,87.

Na Tabela 8 abaixo verifica-se as peças sanitárias e seus acessórios complementares sendo possível observar o quantitativo, sua descrição e a sua localização no projeto.

Tabela 8: Quantitativo de louças e acessórios.

Bloco	Descrição	Qtd.
Administrativo	Bacia sanitária	2
Administrativo	Assento convencional	2
Administrativo	Cuba de embutir	2
Administrativo	Torneira	2
Cozinha e vestiário	Bacia sanitária	1
Cozinha e vestiário	Bacia sanitária PCD	2
Cozinha e vestiário	Bacia sanitária infantil	6
Cozinha e vestiário	Assento convencional	1
Cozinha e vestiário	Assento infantil	8
Cozinha e vestiário	Lavatório suspenso	1
Cozinha e vestiário	Cuba de embutir oval	8
Cozinha e vestiário	Cuba de embutir retangular	2
Cozinha e vestiário	Tanque	1
Cozinha e vestiário	Torneira cromada	9
Cozinha e vestiário	Torneira cromada móvel	2
Cozinha e vestiário	Banco articulado	2
Cozinha e vestiário	Chuveiro	8

Fonte: Acervo Próprio.

Na Tabela 9 observa-se o orçamento sintético das peças sanitárias em que este está organizado de maneira objetiva e clara indicando os valores correspondentes a cada peça fornecida em projeto.

Tabela 9: Orçamento de louças e acessórios.

Bloco	Cód.	Banco	Descrição	Und	Qtd	Val. Unit.	Val. Unit. com BDI	Total
Administrativo	86931	SINAPI	Vaso sanitário	und	2,00	360,31	450,38	R\$ 900,76
	100849	SINAPI	Assento sanitário	und	2,00	28,17	35,21	R\$ 70,42
	86900	SINAPI	Cuba de embutir retangular	und	2,00	135,08	168,85	R\$ 337,70
	87251	SINAPI	Torneira cromada	Und	2,00	82,92	103,65	R\$ 207,30
Cozinha e Vestiário	86931	SINAPI	Vaso sanitário	und	1,00	360,31	450,38	R\$ 450,38
	95471	SINAPI	Vaso sanitário PCD	und	2,00	627,42	784,27	R\$ 1.568,54
	-	Próprio	Vaso sanitário infantil	und	6,00	347,05	433,81	R\$ 2.602,86
	100849	SINAPI	Assento sanitário	und	1,00	28,17	35,21	R\$ 35,21
	100851	SINAPI	Assento sanitário infantil	und	8,00	56,26	70,32	R\$ 562,56
	86904	SINAPI	Lavatório suspenso	und	1,00	101,50	126,87	R\$ 126,87
	86937	SINAPI	Cuba de embutir oval	und	8,00	143,71	179,63	R\$ 1.437,04
	86900	SINAPI	Cuba de embutir retangular	und	2,00	135,08	168,85	R\$ 337,70
	86925	SINAPI	Tanque de mármore	und	1,00	270,70	338,37	R\$ 338,37
	86915	SINAPI	Torneira cromada	und	9,00	82,92	103,65	R\$ 932,85
	86909	SINAPI	Torneira cromada tubo móvel	und	2,00	98,34	122,92	R\$ 245,84
	100875	SINAPI	Banco articulado	und	2,00	912,60	1140,75	R\$ 2.281,50
100860	SINAPI	Chuveiro elétrico comum	und	8,00	73,47	91,83	R\$ 734,64	
Total								R\$ 13.170,44

Fonte: Acervo Próprio.

Na Tabela 9 é possível analisar o custo correspondente a todas as louças e acessórios que serão necessárias para o projeto, esse valor é de R\$ 13.170,44.

Os itens encontrados nos orçamentos sintéticos podem ser buscados através de código e por suas descrições, contribuindo ao orçamentista a busca pela composição que mais se assemelha a descrita em projeto.

Após o levantamento de quantitativos dos serviços e o orçamento dos mesmos, a Tabela 10 apresenta o resultado dos custos totais de cada etapa dos blocos citados anteriormente, em que os valores de cada etapa foram retirados do Orçafascio.

Tabela 10: Custo total dos materiais.

Etapa	Valor Total
Esquadrias	R\$ 53.880,31
Sistema de parede PVC/Concreto	R\$ 470.661,28
Sistema de piso	R\$ 53.880,31
Louças e acessórios	R\$ 13.170,44
Total	R\$ 591.592,34

Fonte: Acervo Próprio.

Na Tabela 10 apresenta o preço correspondente ao somatório de todas as etapas do projeto que foi realizado o orçamento totalizando R\$ 591.592,34. O projeto objeto de estudo é intitulado como obra pública.

Segundo Berezowski (2011), de acordo com o Decreto 7.983/2013, as obras elaboradas pela União devem ser definidos pelos custos do SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Por esse motivo o banco de dados escolhido para elaboração do orçamento foi o SINAPI.

Para Romanholo e Jesus (2011), qualquer que seja o tipo de orçamento, a construção presume a existência de critério, onde os parâmetros escolhidos pelo SINAPI são para obras públicas. Para Lima (2017), a utilização do SINAPI como forma de referência em obras privadas não são impedidas.

Conforme Silva (2015), os recursos, em obras públicas, são delimitados, onde os resultados dos orçamentos devem ser mais próximos da realidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo foi possível verificar que o uso da ferramenta BIM não somente facilita no processo de elaboração inicial do projeto, como também simplifica na hora de quantificar os materiais nele existentes, obtendo resultados precisos no levantamento de quantitativo. A precisão da quantidade dos materiais do projeto é

fundamental para que não exista um superfaturamento na hora de realizar o orçamento, e também está relacionado ao fato de não obter desperdícios de materiais. A metodologia BIM retira o quantitativo dos materiais a partir do nível de detalhamento dos projetos, em que essa extração é feita de maneira rápida e eficaz trazendo assim um diferencial para a empresa. Para que o quantitativo e consequentemente o custo do projeto seja o mais próximo do real é importante que o modelo virtual seja coincidente com a execução da obra.

Em relação aos *Softwares* utilizados na realização da pesquisa, pode-se dizer que existem muitas possibilidades dentro deles que proporcionam outras maneiras de produzir uma melhor orçamentação do projeto. Os resultados apresentados pelos *Softwares* utilizados são mostrados de maneira simples que facilita o entendimento do profissional evitando confusões e erros.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. M. F; CARVALHO, F. M. S. T. R; ROQUE, J. M. G. F; TEIXEIRA, J. P. M; PEREIRA, J. P. S; DEVESA, L. F. S (2012) **O que são os BIM?** Universidade do Porto, 24 out. 2012. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC08_03.PDF > Acesso em: 07 set. 2020.
- AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry.** Leadership And Management In Engineering, v. 11, n. 3, p.241-252, 2011.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/Câmara Brasileira da Indústria da Construção.** - Brasília, 2016.
- BEREZOWSKI, M. **Análise dos Custos de Obras Públicas.** 2011.
- COELHO, R. S. **Orçamento de obras prediais.** Editora UEMA, São Luís/MA. 2001.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2014.
- GOODE WJ, Hatt PK. **Métodos em pesquisa social.** 5ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional; 1979:422.
- KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

LIMA, C.B.M (2017). **Como elaborar orçamento utilizando processo BIM.**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, xii, 152 p.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.** Rio de Janeiro: LCT, 1997.

LOPRETE, D.; PARINOS, L.; PACHECO, L. F.; PEREIRA, L. H. B.; VENDRAME, F.. **Gestão de Eoque e a importância da curva ABC.** 2009. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2009/trabalho/aceitos/CC35509178809.pdf>>. Acesso em: 01 out.2020.

MATTOS, A. D., **Como preparar orçamentos de obras.** 1.ed São Paulo: Pini, 2006.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. **A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM- based design. Automation in Construction.** v. 35, p. 238-253. 2013. Disponível em:< <http://www-sciencedirectcom.ez27.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580513000721>>. Acesso em: 09 set.2020.

NAWI, M. N. M; BALUCH, N; BAHAUDDIN, A. Y. (2014) **Impact of Fragmentation Issue in Construction Industry: An Overview.** Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/265376388_Impact_of_Fragmentation_Issue_in_Construction_Industry_An_Overview > Acesso em: 07 set. 2020.

OLIVEIRA, L.M.; PEREZ JUNIOR, J. H.; SILVA, C. A. S. **Controladoria estratégica.** 11. ed. São Paulo:Atlas, 2015.

PEREIRA, S. M. S. A.; AMORIM, S.R. L. **O desenvolvimento de ferramenta para o revit através de apideverificação de requisitos de projeto.**2014.Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Amorim2/publication/301433632_O_de_senvolvimento_de_ferramenta_de_verificacao_de_requisitos_de_projeto_para_o_RevitR_atraves_de_API/links/58c682f792851c0ccbff5bc7/O-desenvolvimento-de-ferramenta-de-verificacao-de-requisitos-de-projeto-para-o-RevitR-atraves-de-API.pdf>. Acesso em: 01 out. 2020.

RODRIGUES, R. G. **Extração de quantitativos utilizando uma ferramenta BIM.** 2019. 157 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

ROMANHOLO, C.; JESUS, M. DE. **Recomendações para elaboração de orçamento de obras de reabilitação de edifícios habitacionais.** *Ambiente Construído*, p. 57–72, 2011.

SILVA, T. E. R. **Estudo comparativo sobre os preços praticados no Município de Formiga – MG, em relação aos valores estabelecidos pelo SETOP e pela SINAPI,** 2015.

SINAPI. 2018. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx> > . Acesso em: 09 set. 2020.

SMITH, P. **BIM e the 5D Project Cost Manager. Procedia- Social and Behavioral Sciences**, v.119, p. 475-484, 2014.

TAKIM, R.; HARRIS, M.; NAWAWI, A. H., ELSEVIER, 2013. **Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. Procedia – Social and Behavioral Sciences.**

YIN R. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.

