



# Mix Sustentável

ISSN 2447-0899  
ISSNe 2447-3073



UFSC

V6. N3 | 2020

JUNHO

VIRTUHAB | CTC | CCE



## EDITORES

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)  
Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. (UFSC)

## CONSELHO EDITORIAL

Aguinaldo dos Santos, UFPR  
Amilton José Vieira de Arruda, UFPE  
Andrea Jaramillo Benavides, UTE (Equador)  
Carlo Franzato, UNISINOS  
Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL (Portugal)  
José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPL (Portugal)  
Jorge Lino Alves, UP - INEGI (Portugal)  
Lisiane Ilha Librelotto, UFSC  
Miguel Aloysio Sattler, UFRGS  
Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC  
Rachel Faverzani Magnago, UNISUL  
Roberto Bologna, UniFI (Itália)  
Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP  
Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ

## APOIO À EDITORAÇÃO

Luana Toralles Carbonari, MSc. (UFSC)

## DESIGN

Natalia Geraldo (UFSC)

## PERIODICIDADE

Four-monthly publication/Publicação quadrimestral

## CONTATO

lisiane.librelotto@ufsc.br  
ferroli@cce.ufsc.br

## DIREITOS DE PUBLICAÇÃO

Lisiane Ilha Librelotto, Dra. (UFSC)  
Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr. (UFSC)

UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina  
CTC | Centro Tecnológico  
CCE | Centro de Comunicação e Expressão  
VirtuHab  
Campus Reitor João David Ferreira Lima  
Florianópolis - SC | CEP 88040-900  
Fones: (48) 3721-2540  
(48) 3721-4971

## AVALIADORES

Adriane Shibata Santos, UNIVILLE, Adriano Heemann, UFPR, Aguinaldo dos Santos, UFPR, Albertina Pereira Medeiros, UDESC, Alexandre de Avila Lerípio, UNIVALI, Alfredo Jefferson de Oliveira, PUC-Rio, Alice Theresinha Cybis Pereira, UFSC, Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM, Amilton José Vieira de Arruda, UFPE, Ana Karla Freire de Oliveira, UFRJ, Ana Lúcia Papst de Abreu, IFSC, Ana Maria Queiroz de Andrade, UFPE, Ana Thudichum Vasconcelos, ULisboa, Ana Veronica Pazmino, UFSC, Andréa Franco Pereira, UFMG, Arnaldo Debatin Neto, UFSC, Beany Guimarães Monteiro, UFRJ, Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC, Carla Cipolla, UFRJ, Carla Martins Cipolla, UFRJ, Carlo Franzato, Unisinos, Carlo Franzato, UNISINOS, Carlos Humberto Martins, UEM, Celso Salamon, UTFPR, Chiara Del Gaudio, Unisinos, Cinthia Malaguti, USP, Cristiano Alves, UFSP, Cristine do Nascimento Mutti, UFSC, Denise Dantas, FAU - USP, Dijon de Moraes, UEMG, Dulce de Meira Albach, UFPR, Eduardo Rizzatti, UFSM, Elvis Carissimi, UFSM, Fabiano Ostapiv, UTFPR, Fábio Gonçalves Teixeira, UFRGS, Fernanda Hansch Beuren, UDESC, Fernando Antônio Forcellini, UFSC, Fernando José da Silva, UFMG, Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos, UDESC, Germannya D'Garcia Araújo de Silva, UFPE, Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE, Giovani Maria Arrigone, SENAI, Glaucinei Rodrigues Corrêa, UFMG, Graeme Larsen, UNIVERSITY OF READING - UK, Gregório Jean Varvakis Rados, UFSC, Hans da Nóbrega Waechter, UFPE, Ignacio Guillén, UPV, Ione Maria Ghislene Bentz, Unisinos, Issao Minami, USP, Jacqueline Keller, SENAC, João Candido Fernandes, UNESP, Joel Dias da Silva, FURB, Karine Freire, Unisinos, Kátia Andréa Carvalhaes Pêgo, UEMG, Laura de Souza Cota Carvalho, UFMG, Leonardo Augusto Gómez Castillo, UFPE, Lia Buarque de Macedo Guimarães, UFRGS, Liliâne Iten Chaves, UFF, Lisiane Ilha Librelotto, UFSC, Luciana de Figueiredo Lopes Lucena, UFRN, Luis Oliveira, WMG, Luiz Fernando Mahlmann Heineck, UFTCE, Marcelo de Mattos Bezerra, PUC-Rio, Marcelo Gitirana Gomes-Ferreira, UDESC, Marco Antônio Rossi, UNESP, Marco Aurélio Petrelli, UNIVALI, Maria Cecília Loschiavo dos Santos, USP, Maria Luiza Almeida Cunha de Castro, UFMG, Marli Teresinha Everling, UNIVILLE, Michele Tereza Carvalho, UnB, Miguel Aloysio Sattler, UFRGS, Neide Schulte, UDESC, Normando Perazzo Barbosa, UFPB, Paola Egert Ortiz, UNISUL, Paula Schlemper de Oliveira, UnB, Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC, Rachel Faverzani Magnago, UNISUL, Rafael Burlani Neves, UNIVALI, Raquel Gomes Noronha, UFMA, Regiane Trevisan Pupo, UFSC, Rita Engler, UEMG, Roberta Vieira Gonçalves de Souza, UFMG, Roberto de Oliveria, UFSC, Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA, Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP, Silvio Burattino Melhado, USP, Silvio Cezar Carvalho Prizibela, UFSC, Sonia Afonso, UFSC, Suzana Barreto Martins, UEL, Suzana Gueiros Teixeira, UFRJ, Sydney Fernandes de Freitas, UFRJ, Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP, Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ, Virginia Pereira Cavalcanti, UFPE.



# SOBRE O PERIÓDICO MIX SUSTENTÁVEL

---

O Periódico Mix Sustentável nasceu da premissa de que o projeto englobando os preceitos da sustentabilidade é a única solução possível para que ocorra a união entre a filosofia da melhoria contínua com a necessidade cada vez maior de preservação dos recursos naturais e incremento na qualidade de vida do homem. A sustentabilidade carece de uma discussão profunda para difundir pesquisas e ações da comunidade acadêmica, que tem criado tecnologias menos degradantes na dimensão ambiental; mais econômicas e que ajudam a demover injustiças sociais a muito estabelecidas. O periódico Mix Sustentável apresenta como proposta a publicação de resultados de pesquisas e projetos, de forma virtual e impressa, com enfoque no tema sustentabilidade. Buscando a troca de informações entre pesquisadores da área vinculados a programas de pós-graduação, abre espaço, ainda, para a divulgação de profissionais inseridos no mercado de trabalho, além de entrevistas com pesquisadores nacionais e estrangeiros. Além disso publica resumos de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso defendidos, tendo em vista a importância da produção projetual e não apenas textual.

De cunho essencialmente interdisciplinar, a Mix tem como público-alvo pesquisadores e profissionais da Arquitetura e Urbanismo, Design e Engenharias. De acordo com a CAPES (2013), a área Interdisciplinar no contexto da pós-graduação, decorreu da necessidade de solucionar novos problemas que emergem no mundo contemporâneo, de diferentes naturezas e com variados níveis de complexidade, muitas vezes decorrentes do próprio avanço dos conhecimentos científicos e tecnológicos. A natureza complexa de tais problemas requer diálogos não só entre disciplinas próximas, dentro da mesma área do conhecimento, mas entre disciplinas de áreas diferentes, bem como entre saberes disciplinares e não disciplinares. Decorre daí a relevância de novas formas de produção de conhecimento e formação de recursos humanos, que assumam como objeto de investigação fenômenos que se colocam entre fronteiras disciplinares.

Desafios teóricos e metodológicos se apresentam para diferentes campos de saber. Novas formas de produção de conhecimento enriquecem e ampliam o campo das ciências pela exigência da incorporação de uma racionalidade mais ampla, que extrapola o pensamento estritamente disciplinar e sua metodologia de compartimentação e redução de objetos. Se o pensamento disciplinar, por um lado, confere avanços à ciência e tecnologia, por outro, os desdobramentos oriundos dos diversos campos do conhecimento são geradores de diferentes níveis de complexidade e requerem diálogos mais amplos, entre e além das disciplinas.

A Revista Mix Sustentável se insere, portanto, na Área Interdisciplinar (área 45), tendo como áreas do conhecimento secundárias a Arquitetura, Urbanismo e Design (área 29), a Engenharia Civil (área 10) e, ainda, as engenharias em geral.

O periódico está dividido em seções, quais sejam:

- Seção científica – contendo pelo menos 12 artigos científicos para socializar a produção acadêmica, buscando a valorização da pesquisa, do ensino e da extensão.
- Seção graduação, iniciação científica e pós-graduação: divulgação de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso na forma de resumos expandidos e como forma de estimular a divulgação de trabalhos acadêmico-científicos voltados ao projeto para a sustentabilidade.
- Seção mercadológica: espaço para Resenhas e Entrevistas (Espaços de Diálogo). Apresenta entrevistas com profissionais atuantes no mercado, mostrando projetos práticos que tenham aplicações na esfera da sustentabilidade. Deverá ainda disponibilizar conversas com especialistas em sustentabilidade e/ou outros campos do saber.

## CLASSIFICAÇÃO QUALIS

No QUALIS/CAPES 2020 recebeu a indicação de pré-avaliação para a categoria A4.

## MISSÃO

Publicar resultados de pesquisas e projetos, de forma virtual e impressa, com enfoque no tema sustentabilidade, buscando a disseminação do conhecimento e a troca de informações entre acadêmicos, profissionais e pesquisadores da área vinculados a programas de pós-graduação.

## **OBJETIVO**

Disseminar o conhecimento sobre sustentabilidade aplicada à projetos de engenharia, arquitetura e design.

## **POLÍTICAS DE SEÇÃO E SUBMISSÃO**

### **A) Seção Científica**

Contém artigos científicos para socializar a produção acadêmica buscando a valorização da pesquisa, do ensino e da extensão. Reúne 12 artigos científicos que apresentam o inter-relacionamento do tema sustentabilidade em projetos de forma interdisciplinar, englobando as áreas do design, engenharia e arquitetura. As submissões são realizadas em fluxo contínuo em processo de revisão por pares. A revista é indexada em sumários.org e no google acadêmico.

### **B) Seção Resumo de Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação, Iniciação Científica e Pós-graduação**

Tem como objetivo a divulgação de Teses, Dissertações e Trabalhos de Conclusão de Curso na forma de resumos expandidos e como forma de estimular a divulgação de trabalhos acadêmico-científicos voltados ao projeto para a sustentabilidade.

### **C) Seção Mercadológica**

É um espaço para resenhas e entrevistas (espaços de diálogo). Apresenta pelo menos duas entrevistas com profissionais atuantes no mercado ou pesquisadores de renome, mostrando projetos práticos que tenham aplicações na esfera da sustentabilidade. Deverá ainda disponibilizar conversas com especialistas em sustentabilidade e/ou outros campos do saber. Todas os números possuem o Editorial, um espaço reservado para a apresentação das edições e comunicação com os editores.

## **PROCESSO DE AVALIAÇÃO PELOS PARES**

A revista conta com um grupo de avaliadores especialistas no tema da sustentabilidade, doutores em suas áreas de atuação. São 48 revisores, oriundos de 21 instituições de ensino Brasileiras e 3 Instituições Internacionais. Os originais serão submetidos à avaliação e aprovação dos avaliadores (dupla e cega).

Os trabalhos são enviados para avaliação sem identificação de autoria. A avaliação consiste na emissão de pareceres, da seguinte forma:

- aprovado
- aprovado com modificações (a aprovação dependerá da realização das correções solicitadas)
- reprovado

## **PERIODICIDADE**

Publicação quadrimestral com edições especiais. São publicadas três edições regulares ao ano. Conta ainda com pelo menos uma edição especial anual.

## **POLÍTICA DE ACESSO LIVRE**

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

## **ARQUIVAMENTO**

Esta revista utiliza o sistema LOCKSS para criar um sistema de arquivo distribuído entre as bibliotecas participantes e permite às mesmas criar arquivos permanentes da revista para a preservação e restauração.

## **ACESSO**

O Acesso pode ser feito pelos endereços: <http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/> ou diretamente na plataforma SEER/OJS em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/>. É necessário acessar a página de cadastro, fazer o seu cadastro no sistema. Posteriormente o acesso é realizado por meio de login e senha, de forma obrigatória para a submissão de trabalhos, bem como para acompanhamento do processo editorial em curso.

## **DIRETRIZES PARA AUTORES**

O template para submissão está disponível em:

<http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/submissoes/>. Todos os artigos devem ser submetidos sem a identificação dos autores para o processo de revisão.

## **CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO**

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

A contribuição deve ser original e inédita, e não estar sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em “Comentários ao editor”.

O arquivo da submissão deve estar em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF.

As URLs para as referências devem ser informadas nas referências.

O texto deve estar em espaço simples; usar uma fonte de 12 pontos; empregar itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL); as figuras e tabelas devem estar inseridas no texto, não no final do documento na forma de anexos.

Enviar separadamente todas as figuras e imagens em boa resolução.

O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores e na página <http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/submissoes/>.

## **POLÍTICA DE PRIVACIDADE**

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

## **EDITORES, CONSELHO EDITORIAL E EQUIPE DE EDITORAÇÃO**

Os editores são professores doutores da Universidade Federal de Santa Catarina e líderes do Grupo de Pesquisa VirtuHab. Estão ligados ao CTC – Centro Tecnológico, através do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ e ao CCE – Centro de Comunicação e Expressão, através do Departamento de Expressão Gráfica, Curso de Design.

O Conselho Editorial atual é composto por onze pesquisadores, três deles vinculados à UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina e os demais pertencentes a outras oito Instituições à saber: UFPR, UFPE, UNISINOS, SENAI, UDESC, UNISUL, UNESP e UFRJ. Desta forma, oitenta e dois por cento (82%) dos membros pertencem a instituições diferentes que não a editora.

A editoração conta com o apoio de mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PósARQ/ UFSC, membros do Grupo de Pesquisa Virtuhab. Os trabalhos gráficos são realizados por estudantes do curso de design da UFSC.

O corpo de revisores do periódico é composto por sessenta professores doutores cujos saberes estão distribuídos pelas áreas de abrangência do periódico. Destes, oito são professores pesquisadores da UFSC (17%) e o restante, oitenta e três por cento (83 %) pertencem ao quadro de outras 24 instituições Brasileiras e 3 instituições estrangeiras.

## **CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO DA EDIÇÃO**

O conselho editorial definiu um limite máximo de participação para autores pertencentes ao quadro da instituição editora. Esse limite não excederá, para qualquer edição, o percentual de trinta por cento (30%) de autores oriundos da UFSC. Assim, pelo menos setenta por cento dos autores serão externos a entidade editora.





# Mix Sustentável



FLORIANÓPOLIS  
VIRTUHAB | CCE | CTC

ISSN 2447-0899  
ISSNe 2447-3073





---

**COPYRIGHT INFORMATION/INFORMAÇÕES DE DIREITO AUTORAL**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

# SUMÁRIO

---

## ARTIGOS

- 19** SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB | *SUSTAINABLE SOLUTIONS IN THE USE OF UNDERGROUND WATER IN JOÃO PESSOA – PB* | Vanessa Rosales Bezerra, Carlos Antônio Pereira De Lima, Valderi Duarte Leite, Luis Reyes Rosales Montero & Keila Machado De Medeiros
- 27** REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM: DESENVOLVIMENTO DE JOIA COM COMPONENTES ORIUNDOS DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS | *REUSE AND RECYCLING: DEVELOPMENT OF JEWELRY WITH ELECTRONIC WASTE-BASED COMPONENTS* | Lucio Silva Kieling Cintra & Mariana Kuhl Cidade
- 37** SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA EM ESCOLA PÚBLICA | *ENERGY SUSTAINABILITY IN PUBLIC SCHOOL* | Mari Aurora Favero Reis, Paulo Reis Junior & Dirceu Lorivaldo Perin
- 45** SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NOS SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO HOSPITALAR | *ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN HOSPITAL FOODSERVICES* | Bárbara Costa Luduvic, Anaxágora Conceição Souza, Layanne Nascimento Fraga & Izabela Maria Montezano de Carvalho
- 55** NBR 15575, ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO | *NBR 15575, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY AND PERFORMANCE EVALUATION* | Aldo Ribeiro de Carvalho, Vitor Dias Lopes Nunes, Diana Fiori Rubim & Maria Aparecida Steinherz Hippert
- 71** SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS GEODÉSICAS DE BAMBU | *EXPERIMENTAL EVALUATION AND SIMULATION OF GEODESIC STRUCTURES OF BAMBOO* | Fabiano Ostapiv, Gustavo Correa, Joamilton Stahlschmidt & Gabriel Ostapiv
- 83** AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE PAREDES DE MADEIRA LAMINADA COLADA | *STRUCTURAL PERFORMANCE EVALUATION OF GLUED LAMINATED TIMBER WALLS* | Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco, Cynara Fiedler Bremer & Judy Norka Rodo De Mantilla
- 91** SUSTENTABILIDADE, CERTIFICAÇÃO LEED E USUÁRIO: ESTUDO EM RETROFIT DE EDIFÍCIO CORPORATIVO | *SUSTAINABILITY, LEED CERTIFICATION AND USER: CORPORATE BUILDING RETROFIT STUDY* | Isabela Franco Schreiber, Matheus Vanzin Verona, Fernanda Pacheco, Daniel Reis Medeiros & Maria Fernanda de Oliveira
- 107** COMPARATIVO DE IMPACTO AMBIENTAL DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE SUPERSTRUTURAS DE PONTES | *COMPARATIVE OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING SYSTEMS OF BRIDGE SUPERSTRUCTURES* | Taylana Piccinini Scolaro, Luiz Eduardo Pereira & Jairo Trombetta
- 117** COMPÓSITO DE DE SOLO-CIMENTO E RESÍDUOS: PERSPECTIVAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS EM SÃO LUÍS-MA | *SOIL-CEMENT COMPOSITE AND WASTES: PROSPECTS OF SUSTAINABLE MATERIALS* | Julyana Da Silva Lima & Denilson Moreira Santos
- 129** A ARQUITETURA EM ÁREA DE VIVÊNCIA DE CANTEIRO DE OBRAS: FATORES NORMATIVOS ASSOCIADOS À PERCEPÇÃO DO USUÁRIO LOCAL | *THE ARCHITECTURE IN CONSTRUCTION SITES LIVING AREA: NORMATIVE FACTORS ASSOCIATED WITH LOCAL USER PERCEPTION* | Heloisa Nunes e Silva & Juan Antonio Zapatel Pereira De Araújo
- 147** ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DE LOTEAMENTO EM ENCANTADO, BRASIL | *ECONOMIC AND FINANCIAL VIABILITY ANALYSIS FOR LAND DEVELOPMENT IN ENCANTADO, BRAZIL* | Bruno Kümmel Carrer, Marco Aurelio Stumpf Gonzalez & Andrea Parisi Kern

**157** HOW THE DESIGN OF PRODUCT-SERVICE SYSTEMS CAN IMPROVE THE LIFE OF PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENT | Renata de Oliveira Cruz Carlassara, Júlia Lopes Kano, Tomas Queiroz Ferreira Barata, Monica Moura & Iana Uliana Perez

## TCC's

**165** PROPOSTA DE HABITAÇÃO UNIVERSITÁRIA PRÉ-FABRICADA | Fernando da Silva Almeida & Luiz Gomes de Melo Junior

**167** ECOVILA ARUÁS | Roseana Martins Ribeiro & Maria Geni Batista de Moura

**169** PREAPROVEITAMENTO DA CASCA DA CASTANHA-DO-BRASIL NO DESIGN DE EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS | Isabela Matos Passarini & Ugo Leandro Belini

## MONOGRAFIA

**171** LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA COOPERATIVA DE ENERGIA ELÉTRICA DO SUL CATARINENSE | Cleber Marcon Pieri & Rafael Feyh Jappur

## DISSERTAÇÕES

**173** O PROCESSO DE ADAPTAÇÃO DE INTELIGÊNCIAS CONSTRUTIVAS ATRAVÉS DO TEMPO | Luísa Amanda Macêdo Lima & Rubenilson Brazão Teixeira

**175** DESIGN: CONTRIBUIÇÕES PROJETUAIS E CRIATIVAS À PRÁTICA DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL | Leonardo Thomé de Andrade, Luiz Vidal Gomes & Paulo Cesar Machado Ferroli

**179** AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA A DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL NA BACIA DO RIO ITAPOCU/SC | Adilson Gorniack & Maria Paula Casagrande Marimon

**181** ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE MATERIAIS E SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DE UMA EDIFICAÇÃO COM VIÉS SUSTENTÁVEL, EM FASE DE PROJETO | Ingrid Zitto & Miguel Aloysio Sattler

## TESE

**183** BLOCOS DE TERRA COMPACTADA DE SOLOCIMENTO COM RESÍDUO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO: CARACTERIZAÇÃO PARA USO EM EDIFICAÇÕES | Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima & Paulo Castilho Lima

## ENTREVISTA

**185** ENTREVISTA COM ANA VERONICA PAZMINO



# EDITORIAL

---

O ano de 2020 ficará sem dúvida marcado na memória de todos. A pandemia chega em números atuais a quase 8 milhões de infectados; provavelmente esse número estará bastante ultrapassado quando publicarmos essa edição.

Ainda no aguardo do resultado oficial da Capes sobre o novo Qualis, que em sua página oficial continua mostrando apenas o quadriênio 2013-2016, na expectativa da confirmação do A4, temos procurado melhorar em todos os aspectos a MIX Sustentável. Dentre as diversas ações nesse sentido destacamos a inclusão de professores pesquisadores de universidades estrangeiras no conselho editorial, aumentando a visibilidade internacional da revista. Também incrementamos o quadro de avaliadores e com isso o processo de fluxo editorial ficou mais rápido, sendo que o prazo médio de resposta dos artigos enviados é de dois meses após a submissão.

Além da consulta via sistema OJS, os artigos da revista podem também serem consultados no site da UFSC, que oportuniza aos leitores conhecer as demais ações do grupo de pesquisa Virtuhab, responsável pela edição do periódico. Temos ainda uma página no facebook e cadastro em diversas bases científicas, divulgadores e buscadores como Latindex, Base, Redib, etc. As ações de parceria com outras instituições e grupos de pesquisa servem também como vetor de informações e troca de saberes sobre o tema da sustentabilidade em projeto, através de redes de cooperação. Outra forma de acesso aos artigos é através do sistema Issuu - Digital Publishing Platform, dando acesso as nossas edições olheáveis. Estas ações visam ampliar o modo de consulta dos artigos, diversificando o público-alvo.

Os artigos que compõem essa edição são variados. De Campina Grande, uma proposta de soluções sustentáveis no uso de águas subterrâneas na cidade de João Pessoa aborda a problemática atual do incremento nas tecnologias de irrigação, de modo a prover as demandas de uma população em crescimento constante. O artigo é assinado por professores e pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Do departamento de Desenho Industrial da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o segundo artigo da edição aborda o consumo acelerado e a busca desenfreada por novas tecnologias que trazem como consequência natural e imediata o aumento na quantidade de resíduos eletroeletrônicos. Os autores discutem de que modo o designer contemporâneo pode contribuir nesse aspecto, e apresenta propostas projetuais com base no ciclo de vida de produtos.

Passando pelo estado de Santa Catarina, os professores da Universidade do Contestado estudam a possibilidade da tecnologia fotovoltaica garantir melhores índices de sustentabilidade energética e para isso mostram um estudo de caso em estabelecimentos públicos de ensino.

Pesquisadores da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Tiradentes e da Universidade Federal de Viçosa (UFV) assinam o artigo 4 da presente edição, sobre alimentação hospitalar, com o problema da grande quantidade de resíduos que são descartados nesse processo.

O quinto artigo da edição vem da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e se refere a uma leitura técnica na área da sustentabilidade em engenharia civil, especificamente quanto a norma NBR 15575 que entrou em vigor no ano de 2013 e trata da adequação ambiental e avaliação do desempenho de edificações.

Ainda na área de tecnologia dos materiais, o artigo 6 aborda um dos temas de reincidência nas edições da Mix Sustentável: o bambu, material que tem sido alvo de constantes novos estudos. Assinam o artigo um grupo de pesquisadores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

E a norma 15575 é novamente tema no artigo 7, que traz um estudo que visa determinar o desempenho estrutural em paredes de madeira laminada colada. O artigo é assinado por pesquisadores da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Voltando novamente ao Sul do Brasil, proveniente do Vale do Rio dos Sinos, o artigo dos pesquisadores da Unisinos, com a união entre o Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo e o ITT Performance, relaciona três assuntos no estudo em Retrofit em um edifício corporativo: sustentabilidade, certificação LEED e desejos/necessidades dos usuários.

Essa edição apresenta uma quantidade significativa de publicações na área das engenharias, como se pode ver no artigo 9, que apresenta o impacto ambiental analisado através do consumo de energia, emissões atmosféricas e esgotamento de recursos, tendo por base de estudo os sistemas construtivos de superestruturas de pontes. O artigo é resultado de uma parceria de

laboratórios da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Do Programa de Pós-graduação em Design da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) vem o artigo 10, que trata basicamente de buscar alternativas mais sustentáveis aos tradicionais tijolos cerâmicos utilizados na construção civil. O estudo foi realizado na cidade de São Luís do Maranhão.

Oriundo do Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina, o artigo 11 apresenta uma contribuição da arquitetura no preenchimento da lacuna a respeito dos projetos de edificações provisórias em canteiros de obras, que são tradicionalmente construídas sem preocupações ambientais.

Também da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), o artigo 12 foca na sustentabilidade econômica, relacionando-a com os outros dois eixos da sustentabilidade (social e ambiental). A pesquisa foi realizada em um loteamento da cidade de Encantado, RS.

Finalizando a seção dos artigos, o artigo 13 é resultado de uma parceria entre pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e da Universidade de São Paulo (USP) mostrando como o design pode melhorar a vida de pessoas com deficiência visual.

A edição ainda traz em suas outras seções, 1 resumo de tese, 4 resumos de dissertações, 1 resumo de monografia de especialização e 3 resumos de Trabalhos de Conclusão de Curso. Finalizando, a entrevistada da edição é a professora e atual coordenadora do curso de Design de Produto da UFSC, Ana Veronica Pazmino, que conta um pouco de sua trajetória acadêmica e profissional na área da sustentabilidade aplicada no design.

Contando com a tradicional competência da bolsista Natália Geraldo, que coordena a editoração gráfica da revista, e é também autora da capa dessa edição, apresentamos mais uma MIX Sustentável. Nós, os editores, agradecemos a todos que enviaram seus artigos e a todos os avaliadores que nos ajudam a manter um padrão de excelência e desejamos a todos uma excelente leitura.

Resta-nos então, em algum lugar no meio de tudo isto, continuar a vivenciar incrédulos esta dura realidade e fazer a nossa parte na esperança de dias melhores e de que o nosso esforço possa motivar outros.

Que sem dúvida estamos frente a uma mudança de comportamentos e da forma de interagir em comunidade. Assistimos uma crise econômica abalar a todos. Vemos os vulneráveis ainda mais fragilizados, enquanto acompanhamos suas derrocada do alto de nosso conforto, mesmo que tentemos minimizar, de uma forma ou de outra seu sofrimento.

O meio ambiente, por sua vez, se recupera e a fauna reconquista seu espaço nas ruas desertas. As águas tornam-se cristalinas e cheias de vida novamente. Nosso céu se torna mais límpido, talvez para nos renovar. Ou talvez, simplesmente para nos dizer que nossa prosperidade, da forma como estamos conduzindo as coisas, significa a doença da natureza. E que o contrário lhe fornece perspectivas de recuperação. No mínimo é um alerta que nos indica que voltar ao normal talvez não seja mais uma opção.

Nos mostra que podemos viver de uma forma diferente. Que devemos entender nossa insignificância frente ao poder da natureza e sermos menos destrutivos. Que podemos consumir menos. Tudo isso nos mostra que precisamos nos reinventar e sermos capazes de respeitar outras visões, que no todo ajudam a somar.

Para esta edição especial foram selecionados 14 artigos que podem contribuir com esta somatória e nos apresentam perspectivas nos temas: análise comparativa da vegetação urbana e o seu impacto no conforto térmico na escala local; impacto ambiental de sistemas de isolamento verticais externo para edificações; simulação e avaliação experimental de estruturas geodésicas de bambu reforçadas com cabos; reciclagem artesanal de polímeros para aplicação no desenvolvimento de coleção de acessórios; lajes mistas de bambu-concreto sem a presença de aço; avaliação de soluções urbanas sustentáveis a partir de indicadores de densidades, água e esgoto em município de pequeno porte; resistência de compósitos de poliuretano e cimento, com adição de resíduo de vidro ou areia; uso das cores como estratégia no projeto de Edificações de Energia Zero; utilização de tecnologia para orientar o descarte correto e eficiente de resíduo em lixeiras; processo projetual de abrigos temporários para situações de emergência em Minas Gerais; inspeção de manifestações patológicas de fachadas com drone em edifício de elevada altura; resíduos sólidos têxteis e sua destinação em empresas de Santa Catarina; aspectos visuais estéticos para a percepção de produtos com valor ambiental e, por fim, análise de materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. Com estes temas, nós, editores, autores e participantes do ENSUS 2020 indicamos nossa pequena colaboração.

Convidamos à leitura desta edição, assim como, dos anais do evento ENSUS 2020, mostrando as pesquisas que indicam os grãos de areia, as pequenas estrelas que compõe este universo.

---

**LISIANE ILHA LIBRELOTTO E PAULO CESAR MACHADO FERROLI**

EDITORES DA MIX SUSTENTÁVEL





# SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB

*SUSTAINABLE SOLUTIONS IN THE USE OF UNDERGROUND WATER IN JOÃO PESSOA – PB*

**VANESSA ROSALES BEZERRA, M.Sc.** | UEPB

**CARLOS ANTÔNIO PEREIRA DE LIMA, Dr.** | UEPB

**VALDERI DUARTE LEITE, Dr.** | UEPB

**LUIS REYES ROSALES MONTERO, Dr.** | UFCG

**KEILA MACHADO DE MEDEIROS, Dra.** | UFRB

## RESUMO

O aumento crescente da população mundial e as necessidades trazidas com novas tecnologias da indústria e da irrigação tornam cada vez maior a demanda pelos recursos hídricos. Por ser um recurso escasso, a água passa a ser tratada como um bem econômico, sendo assim, passível de valoração. Entretanto, conforme a demanda pelo recurso aumenta, também aumenta seu preço. Soluções alternativas para abastecimento humano podem ser encontradas nas águas subterrâneas. A dificuldade das águas subterrâneas se encontra na captação desta, que necessita da instalação de bombas de água. Esse trabalho aborda as melhores formas de captação de água subterrânea e a viabilidade econômica de captação alternativa de água subterrânea para abastecimento humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** água subterrânea, bombeamento de poços, custo-benefício.

## ABSTRACT

*The growing population of the world and the demands of new industry and irrigation technologies are increasing the demand for water resources. Being a scarce resource, water is now treated as an economic good, and is therefore subject to valuation. However, as demand for the resource increases, so does its price. Alternative solutions for human supply can be found in groundwater. The difficulty of groundwater lies in its capture, which requires the installation of water pumps. This work addresses the best ways to capture groundwater and the economic viability of alternative groundwater abstraction for human supply.*

**KEYWORDS:** groundwater, well pumping, cost-effective



## 1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica, a degradação da qualidade da água e os princípios de utilização dos recursos hídricos vêm sofrendo mudanças, tornando imperativo, alocação correta desses recursos finitos. Para remediar os males causados pela escassez de primeira e segunda ordem, tornam-se necessárias a adoção de medidas técnicas, institucionais e estruturadas economicamente. Para auxiliar a gestão de recursos hídricos no Brasil, foi implantada a Lei nº 9433, de 1997, que apresenta o arcabouço legal da gestão moderna do uso da água.

Em conformidade com as diretrizes globais para o desenvolvimento sustentável, objetivando atingir as Metas de Desenvolvimento do Milênio, é necessária mudança, quanto aos padrões de produção e consumo da sociedade.

Em termos de recursos hídricos, as regiões de grande concentração populacional exercem um agravamento no aumento de consumo e na qualidade dos mananciais. Assim, o crescimento das atividades econômicas e a manutenção das condições de qualidade de vida da população, dependem da conscientização da importância, desse insumo estratégico e do seu uso de forma racional por parte de todos os setores.

Para tal, são necessários investimentos em desenvolvimento tecnológico e na busca de soluções alternativas para a alocação eficiente dos recursos hídricos, como é o caso do reúso da água, bem como, ações eficientes para a gestão da demanda. É de suma importância que essas práticas sejam adotadas, a fim de resguardar a saúde pública e observando os cuidados para com o patrimônio e a natureza.

O estabelecimento de qualquer plano ou programa de desenvolvimento sustentável, a nível municipal, estadual ou nacional, enfrentam dois desafios: a conceituação objetiva de seu significado e abrangência e a identificação de parâmetros capazes de permitir o monitoramento das ações e, sobretudo, a avaliação dos resultados.

Vieira (2002) estabelece a definição que o desenvolvimento sustentável é o processo de melhoramento e ampliação do patrimônio econômico, ambiental e social, realizado de forma contínua e harmônica, com distribuição equânime no tempo e no espaço. O autor trata, ainda, de destacar algumas características inerentes ao desenvolvimento sustentável:

- processo contínuo;
- objetivos econômico, social e ambiental;
- harmonia entre esses objetivos;
- respeito às gerações futuras.

Assim, a adoção de planos de desenvolvimento sustentável deverá utilizar esses princípios e a relação que eles possuem entre si, definindo parâmetros de padrões de qualidade, preservação de valores culturais e a reserva

de oportunidades para as gerações que virão. Entretanto, a definição de indicadores que, sempre que possível, são quantificáveis, é uma tarefa extremamente árdua. Instituições nacionais e internacionais vêm realizando a busca de parâmetros e paradigmas aceitáveis, acima de tudo com uma fácil aplicabilidade.

A água é um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, de forma que a disponibilidade per capita de água doce vem sendo reduzida rapidamente, face ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos usos e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis.

A escassez de água não pode mais ser considerada como atributo exclusivo de regiões áridas e semiáridas. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas, nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição (ANA, 2005).

Alguns autores recomendam que águas subterrâneas e superficiais sejam tratadas com abordagens diferentes, de forma que essa diferença também reflita, no valor a ser cobrado pelo seu uso. De fato, diferenças como custo de extração e exames de qualidade tornam-se mais dispendiosos de um tipo de água para outra, além do que, fatores como topografia acidentada, cobertura vegetal e o tipo de rocha, na qual encontra-se o corpo de água, são importantes para o processo de extração, bem como, para o processo de cobrança. Em alguns locais, o preço da água subterrânea é mais barato que o preço da água superficial, intensificando a demanda, por esse tipo de água (MAHOPATRA; MITCHELL, 2008).

A ONU (2007) estima que, até 2027, 60% da população mundial sofrerá com a escassez dos recursos hídricos. O problema maior na questão da escassez dos recursos ambientais, de forma geral, não está no aumento direto da população, mas sim no aumento desordenado do consumo de tais recursos. A comunidade global tem conhecimentos para lidar com a escassez de água.

Os aquíferos porosos ou sedimentares, são formados por rochas sedimentares ou sedimentos arenosos. Possuem poros desenvolvidos entre grãos de areia, silte e argila, ocorrendo neles à circulação da água. No entanto, os de tipo fissural, que tem sua formação a partir das rochas ígneas (metamórficas ou cristalinas), têm suas águas circulando entre suas fraturas, devido ao movimento tectônico.

Já os cársticos são originados das rochas calcáreas ou carbonáticas, possuem fraturas e descontinuidades, de acordo com o tamanho dessas aberturas, podem surgir rios subterrâneos (SMA, 2003).

Cada aquífero possui sua reserva permanente de água, seja ela ativa ou reguladora, sendo elas sempre abastecidas a partir da infiltração das águas da chuva ou de outras fontes subterrâneas. A região de abastecimento do aquífero, recebe o nome de zona de recarga, podendo ser direta ou indireta.

Temos dois tipos de recarga aquífera, segundo Bertol (2007):

- Recarga direta: Como o próprio nome já diz, é aquela onde as águas de precipitação se infiltram diretamente no aquífero, através de suas áreas de afloramento e fissuras de rochas sobrejacentes. Sua ocorrência é certa nos aquíferos livres, incidindo em toda superfície acima da zona saturada. Já nos aquíferos confinados, sua recarga se dar geralmente em pontos onde a formação aquífera aflora a superfície.
- Recarga indireta: É resultante da drenagem superficial, oriunda dos leitos de curso de água na superfície (lagos atividades de irrigação e urbanização) e do fluxo subterrâneo indireto.

Os maiores índices de recarga, estão nas regiões planas, bem arborizadas, e nos aquíferos livres. Já em áreas de terreno irregular, sem cobertura vegetal, com possíveis utilizações, manejo e ocupação, que favorecem as enxurradas, a recarga ocorre de maneira mais lenta e limitada. (REBOUÇAS et al., 2002).

As áreas de recarga direta destacam-se como áreas de alto índice de poluição dos aquíferos. Atividades de irrigação ou ferti-irrigação, vazamentos nas redes de esgoto e de água pluvial, são alguns dos fatores que contribuem para o aumento da susceptibilidade à poluição.

A vulnerabilidade pode ser entendida, como um conjunto de características do aquífero, que determina a possibilidade de ser afetado pela carga poluidora. O conceito de vulnerabilidade parte de três premissas básicas: 1- toda água subterrânea é vulnerável, em maior ou menor grau, à contaminação; 2- a incerteza é admitida em qualquer avaliação de vulnerabilidade; 3- os sistemas de indexação podem esconder algumas características e sutilezas (NRC, 1993 apud FOSTER et al., 2002).

O mapeamento da vulnerabilidade, serve como ferramenta para a gestão dos recursos hídricos, e para a gestão do uso do solo, pois fornece estrutura para o planejamento e controle das atividades antrópicas na superfície do terreno, evitando que algum contaminante despejado no solo possa vir a atingir o aquífero.

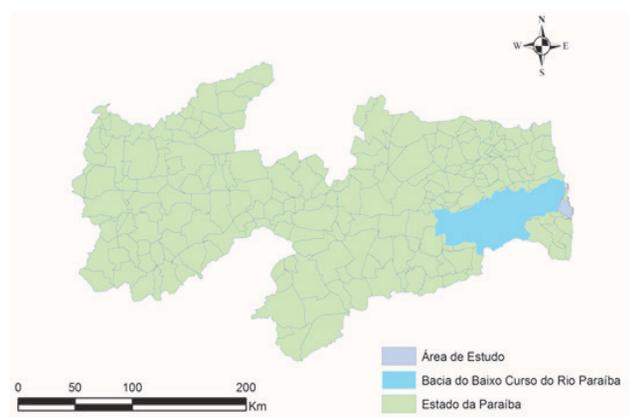
Existem diversas metodologias para a determinação da vulnerabilidade, porém para um resultado satisfatório recomenda-se utilizar mais de uma metodologia, para poder compará-las e atingir ao resultado consciencioso. Expõem-se, a seguir, resumidamente, as características dos principais métodos usados na determinação do grau de vulnerabilidade de um aquífero.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área selecionada para realização do estudo é o município de João Pessoa, localizado no extremo Leste do Estado da Paraíba (longitude Oeste 34°47'30" e latitude Sul 7°09'28), abrangendo uma área total de aproximadamente 211km<sup>2</sup> e população de 800.323 habitantes (IBGE, 2017).

Em termos hidrológicos, o município de João Pessoa localiza-se na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, correspondente, à parte da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba, a qual possui área com cerca de 1.129,35 km<sup>2</sup>, abrangendo 10 municípios, entre os quais, a capital João Pessoa (Medeiros et al., 2011), conforme indicado na Figura 1.



**Figura 1** - Bacia hidrográfica do rio Paraíba, com destaque para a Região do Baixo Curso e o município de João Pessoa (área de estudo).

Fonte: ASUB, (2012)

Na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, a pluviometria média é aproximadamente 1.500 mm/ano, com desvio padrão de 400 mm/ano, a temperatura média anual é de 25°C, podendo chegar a 31°C, há intensa cobertura

vegetal com presença de Mata Atlântica (COSTA et al., 2002). A potencialidade hídrica subterrânea da Região está estimada em 145,03 x 106 m<sup>3</sup>/ano. Desse valor, 82,7% já estão ativados através de 862 poços perfurados na região (AES A, 2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de João Pessoa possui, atualmente, 127 usuários de água subterrânea, com outorga de captação concedida pela AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Destes 127 usuários, 54 possuem outorga para uso de abastecimento humano predial, 35 para uso comercial, 36 para uso industrial e 2 para irrigação, cujos respectivos volumes outorgados são mostrados na Tabela 1 (não consideradas as outorgas concedidas à CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, para exploração de água subterrânea para fins de abastecimento público). No entanto, ressalta-se que os cadastros de Usuários e de Outorgas da AESA encontram-se bastante desatualizados, ou seja, é muito maior o número de poços perfurados (principalmente em condomínios residenciais) comparado ao número de outorgas (ASUB, 2011).

Tipo de Uso	Usuários Outorgados	Volume Outorgado (m <sup>3</sup> /ano)
Abastecimento Humano Predial	54	21.700.921,40
Abastecimento Comercial	35	529.475,20
Industrial	36	7.062.252,10
Irrigação	2	10.028.800,00
Total	127	39.321.448,70

**Tabela 1** - Outorgas de água subterrânea, concedidas pela AESA, para a cidade de João Pessoa (PB)  
**Fonte:** AESA (2012).

#### 3.1 A vulnerabilidade da contaminação das águas subterrâneas na cidade de João Pessoa.

As atividades de captação e exploração das águas subterrâneas dependem de mecanismos legais e institucionais que regulem, controlem e fiscalizem o seu uso. A falta destes instrumentos, coloca em risco a qualidade dos aquíferos que, uma vez poluídos ou contaminados, sua recuperação é de longa duração, tecnicamente difícil e muitas vezes inviável (COELHO; DUARTE, 2003). Salienta-se que a melhor maneira para garantir a boa qualidade da água subterrânea é através da sua proteção e prevenção.

A proteção das águas subterrâneas quanto aos componentes poluentes passa pelo uso e à ocupação do solo e, conseqüentemente, pelo planejamento dos recursos

hídricos. De acordo com Santos et al., (2006) os índices de vulnerabilidade de aquíferos constituem ferramenta útil e garantem a qualidade das águas subterrâneas, dadas as limitações técnicas e principalmente econômicas para remediar um aquífero já poluído.

De acordo com Foster e Hirata (1998), o termo vulnerabilidade expressa as características intrínsecas naturais que determinam a sensibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga poluente antrópica imposta. A vulnerabilidade da água subterrânea normalmente descreve a suscetibilidade, de um aquífero (freático, semi-confinado ou confinado) ou de um poço, ser afetado por contaminantes que podem reduzir a qualidade das suas águas (LIGGETT; TALWAR, 2009).

Segundo a AESA (2012), aproximadamente 25% de toda a água outorgada para fins de abastecimento urbano, na cidade de João Pessoa, provém de poços de água subterrânea. Essa porcentagem é incidente, em sua maioria, sobre condomínios prediais, onde geralmente cada um explora um ou mais poços. Os condomínios são ligados à rede pública de abastecimento (CAGEPA), mas pagam apenas a tarifa mínima, visto que as suas necessidades são atendidas pela água dos poços; além da não haver racionalidade do uso, levando à super exploração em alguns casos, existem problemas relativos à qualidade da água subterrânea, a qual as vezes não atende aos parâmetros de potabilidade (MEDEIROS, 2012). O uso e ocupação do solo, a extrapolação de vazão, além da perfuração de poços clandestinos, são fatores que têm diminuído, consideravelmente, a qualidade das águas subterrâneas na área de estudo, uma vez que não há fiscalização efetiva desses pontos de captação, como também, não tem limite de quantidade de vazão que possa ser (legalmente) aplicado, a tendência será a qualidade da água subterrânea diminua na área estudada.

#### 3.2 Custo da Captação de Água Subterrânea em João Pessoa - PB

Souza (2010) definiu o custo de um poço para abastecimento humano na cidade de João Pessoa, conforme a Tabela 2.

POÇO DE BAIXA PROFUNDIDADE	
<b>Custos</b>	
Locação do Geólogo	R\$ 90,00 por metro linear
Perfuração (até 50 m)	
Teste de Bombeamento	
Análise Físico-química	
Profundidade do poço (m)	50
<b>Total</b>	<b>4.500,00</b>

<b>Valor da Bomba</b>	1.076,00
<b>Custo Total (R\$/poço)</b>	5.576,00

**Tabela 2** - Cálculo do custo de um poço para abastecimento humano  
 Fonte: Souza, (2010)

O custo total do poço foi o investimento inicial, considerando-se uma taxa de juros de 10% a.a. e uma vida útil de 15 anos para o poço, o preço da água no poço foi definido a partir do benefício anual, conforme calculado pela Equação 1:

$$BA = Inv.Inicial * \left\{ \left[ (1+i)^n * i \right] / \left[ (1+i)^n - 1 \right] \right\} \quad (1)$$

Onde: BA é o Benefício Anual (R\$/ano); Inv. Inicial é o valor do custo total do poço; i é a taxa de juros ao ano; n é o tempo de vida útil do poço.

Considerando que o uso humano de água subterrânea, presente nas cidades de João Pessoa e Cabedelo, em sua maior parte, ocorre em condomínios prediais, posto isso, considerou-se uma média de 26 (vinte e seis) apartamentos por prédio, e um poço por prédio, possuindo, cada apartamento, uma demanda mensal de 40 m<sup>3</sup> (valor fixado com base em entrevistas informais com moradores da área). Assim, a demanda anual por poço totalizou 12.480 m<sup>3</sup>/ano/poço.

A seguir, são apresentados os valores obtidos para o Benefício Anual (R\$ 733,09/ano/poço) e para o preço do metro cúbico de água, por poço, para abastecimento humano (R\$ 1,52/m<sup>3</sup>/poço).

PREÇO DA ÁGUA DE POÇO - BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA			
Benefício anual = (Investimento inicial) * [(1+i) <sup>n</sup> * i] / [(1+i) <sup>n</sup> - 1] Obs.: En = elevado a n			
i=10% a.a. n=15 ano: Inv.Inicial=R\$5.576,00 (perfuração do poço + bomba)			
(i + 1)E15	4,1772482	(i+1)E15 - 1	3,17725
(i + 1)E15 * i	0,4177248	(i+1)E15 * i / [(i+1)E15 - 1]	0,13147
Benefício anual	0,131474 * Investimento inicial		
R\$	733,09902		
Demanda:	480 m <sup>3</sup> /ano		
		Considerando uma residência individual com consumo estimado em 40 m <sup>3</sup> /mês	
		480 m <sup>3</sup> /ano	
		Considerando uma média de 26 apartamentos por prédio a demanda por poço	
		m <sup>3</sup> /ano 12480	
Preço do m <sup>3</sup> (R\$/m <sup>3</sup> ):	1,52729		
Obs.: Para o caso do poço em prédio residencial, o valor do benefício deve ser dividido pela demanda do prédio, o que dá um valor bem menor para o m <sup>3</sup> (em torno de 3 centavos de real)			

**Figura 2** - Preço da água de poço - baixo curso do Rio Paraíba  
 Fonte: Souza, (2010)

A Tabela 3, mostra os preços cobrados pela CAGEPA para o consumo de água:

Volume Consumido	Valor Cobrado (R\$)	Valor Médio (R\$/m <sup>3</sup> )
Até 10m <sup>3</sup>	20,93	2,093
De 11 a 20 m <sup>3</sup>	27,90	2,790
De 21 a 30 m <sup>3</sup>	35,70	3,570
Acima de 30 m <sup>3</sup>	33,88	3,388

**Tabela 3** - Preços unitários para uso de água superficial para abastecimento humano  
 Fonte: Autores

Em comparação ao valor obtido para a perfuração do poço (R\$1,52/m<sup>3</sup>), percebe-se que o uso da água subterrânea mostra-se muito viável, quando comparado ao uso de água da concessionária (CAGEPA).

#### 4. CONCLUSÕES

O uso de água subterrânea para abastecimento humano torna-se viável, quando comparado ao uso de água superficial, especialmente pelo fator econômico. A variedade de bombas hidráulicas existentes no mercado, permite a obtenção de poços com preços variados, salienta-se que, de acordo com a necessidade de demanda do usuário, o preço do poço pode vir a diminuir. Ressalta-se que a NDU 003, recomenda o uso de inversor ou partida suave, para bombas acima de 5CV.

Recomenda-se o uso racional da água subterrânea, uma vez que, a água contaminada, a recuperação de potabilidade pode demorar décadas. O problema do uso irracional desse recurso, reside não apenas no bom senso de seus usuários, mas também de falhas administrativas do órgão, que sanciona a outorga de direito de uso dos recursos hídricos subterrâneos (no caso de João Pessoa, esse órgão é a AESA – Agência Executiva de Gestão de

Águas do Estado da Paraíba). Uma das maiores falhas encontradas no sistema de outorga, é que a grande maioria dos poços outorgados, não possuem hidrômetro ou nenhum tipo de fiscalização por parte da AESA.

## REFERÊNCIAS

ACSAD. "Technical Cooperation project, Management, Protection and Sustainable use of Groundwater and soil Resources in the Arab Region" Vol. 4 - Guideline for Groundwater Vulnerability Mapping and Risk Assessment for the Susceptibility of Groundwater Resources to Contamination. Damascus. 2003

SAUTCHUK, Carla et al. Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, p. 53-57, 2005.

CASTRO, J. B. F.; SOUZA, J. C. S. Água subterrânea e automação no saneamento. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2002.

CNRH, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 48, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Execução de Testes de Bombeamento em Poços Tubulares. Rio de Janeiro, 2008.

COELHO, Virginia MT; DUARTE, Uriel. perímetros de proteção para fontes naturais. Águas Subterrâneas, v. 17, n. 1, 2003.

ELETROSUL. Casa Eficiente. Acesso em: mês de abril/2019. < <http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=8>>.

FREIRE, C. C. ; AMORIM, E. L. C. de ; PIMENTEL, I. M. C. ; LINS, R. C. ; HERNANDEZ, A. O. ; BREDAS, P. C. . Valoração Da Água Subterrânea Para Efeito Da Cobrança. Anais. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, disponível em CD-ROM. ABRH, 2003.

FOSTER, S.;HIRATA, R.; GOMES, D.;D'ELIA, M.; PARIS, M.(2002). "Proteção da Qualidade da Água Subterrânea" Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda, São Paulo, 105p.

RIBEIRO, J. N. et al. Projeto e execução de casa ecoeficiente em Campina Grande–PB. In: congresso de pesquisa e inovação da rede norte/nordeste de educação tecnológica. 2006.

LIGGETT, E. J. e talwar, s. (2009).Groundwater Vulnerability Assessments and Integrated Water Resource Management". Streamline Watershed Management Bulletin (18-29), Vol. 13, nº 1.

MATTA, M.A.S; Bandeira, I.C.N; Cavalcante, I.N; Prado,

J.B; Craveiro, G.S; Rodrigues, R.C.S.Vulnerabilidade e risco de contaminação do sistema aquífero superior da região de Barcaena/PA. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007PROJETO ASUB (2009). Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas. Relatório Técnico

REBOUÇAS, A. C. (1999) Águas subterrâneas. In REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (org.).Águas doces do Brasil. Editora Escrituras, São Paulo: 117-150.

SANTOS, m. m. dos; chang, m. r. c.; kiang, c. h.e celligio a. (2006). Avaliação da vulnerabilidade natural à poluição utilizando o índice drastic em área selecionada na cidade de Londrina (PR). Revista Águas subterrâneas (29-46), nº 20.

SILVEIRA, B.Q. Reuso da água pluvial em edificações residenciais. TCC (Engenharia Civil). UFMG. 2008

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar, 2003.

VIEIRA, V.P.P.B. Sustentabilidade do Semi-Árido Brasileiro: Desafios e perspectivas. RBRH, v.7, n.4, p.105-112, out/dez. 2010.

VIEIRA, Z.M.C.L. Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão de demanda de água. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). UFCG. CampinaGrande, 2008.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7920-4107>

**VANESSA ROSALES BEZERRA, M.Sc.** | Universidade Estadual da Paraíba | PPGCTA – Doutorado Engenharia Ambiental| Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Juvêncio Arruda, S/N - CEP: 58429-600 - Campus Universitário, Bodocongó - Campina Grande - PB | E-mail: rosalesuepb@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1301-6066>

**CARLOS ANTÔNIO PEREIRA DE LIMA, Dr.** | Universidade Estadual Da Paraíba | PPGCTA – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental | Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Juvêncio Arruda, S/N - CEP: 58429-600 – Campus Universitário, Bodocongó – Campina Grande - PB | E-mail: caplima@uepb.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000.0001.5861.7407>

**VALDERI DUARTE LEITE, Dr.** | Universidade Estadual da Paraíba | PPGCTA – Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental | Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Juvêncio Arruda, S/N - CEP: 58429-600 – Campus Universitário, Bodocongó - Campina Grande - PB | E-mail: mangabeiraleite@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1462-5963>

**LUIS REYES ROSALES MONTERO, Dr.** | Universidade Federal de Campina Grande | DEE – Departamento de Engenharia Elétrica | Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Aprígio Veloso, 882 - Bairro Universitário - Campina Grande – PB - CEP 58429-900 | E-mail: professor-luisreyes@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9250-1432>

**KEILA MACHADO DE MEDEIROS, Dra.** | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB | Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade-CETENS | Avenida Centenário, 697, Bairro SIM ,CEP:44085-132, Feira de Santana-BA | E-mail: keilamedeiros@ufrb.edu.br

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

BEZERRA, Vanessa Rosales; LIMA, Carlos Antônio Pereira de; LEITE, Valderi Duarte; MONTERO, Luis Reyes Rosales; MEDEIROS, Keila Machado de. Soluções Sustentáveis no Uso de Águas Subterrâneas na Cidade de João Pessoa - PB. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 19-26, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.19-26>.

**DATA DE ENVIO:** 21/08/2019

**DATA DE ACEITE:** 20/03/2020



# REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM: DESENVOLVIMENTO DE JOIA COM COMPONENTES ORIUNDOS DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

*REUSE AND RECYCLING: DEVELOPMENT OF JEWELRY WITH ELECTRONIC WASTE-BASED COMPONENTS*

LUCIO SILVA KIELING CINTRA | UFSM

MARIANA KUHL CIDADE, Dra. | UFSM

## RESUMO

Na sociedade contemporânea, o consumo acelerado gera o investimento cada vez maior em tecnologias, e como consequência, o aumento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Em diversas situações o descarte desses resíduos não é feito de forma totalmente eficaz. Como papel do designer atualmente engloba todo o ciclo de vida do produto, e não somente a produção e consumo, o presente artigo tem como objetivo apresentar uma proposta para a reutilização e reciclagem de REEE através da produção de uma peça joalheira contemporânea. O projeto consiste em uma revisão de literatura a respeito de resíduos eletroeletrônicos, desmonte de celulares para averiguação de possíveis alternativas de utilização dos componentes em joalheria e a produção da peça final. A pesquisa permitiu constatar a quantidade e variedade de recursos que podem ser reutilizados a partir de resíduos eletroeletrônicos. Porém, também se percebe a dificuldade de reutilização destes recursos, devido à grande variedade e complexidade dos materiais envolvidos, assim como o uso excessivo de materiais em alguns casos.

**PALAVRAS CHAVE:** Reutilização; reciclagem; resíduos eletroeletrônicos; joalheria contemporânea; sustentabilidade.

## ABSTRACT

*In contemporary society, accelerated consumption generates increasing investment in technologies, and consequently, the increase of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). In many situations the disposal of such waste is not completely effective. Since the role of the designer currently encompasses the entire life cycle of the product, not just production and consumption, this article aims to present proposals for the reuse and recycling of WEEE through the production of a contemporary jewelry. The project consists of a literature review about electro-electronic waste, disassembly of cell phones to investigate possible alternatives for using the components in jewelry and production of the final piece. The research showed the amount and variety of resources that can be reused from electrical and electronic waste. However, it is also perceived the difficulty of reusing these resources, due to the great variety and complexity of the materials involved, as well as the excessive use of materials in some cases.*

**KEYWORDS:** Reuse; recycling; electro-electronic waste; contemporary jewelry; sustainability



## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento na frequência de uso de novas tecnologias, produtos com diferentes funcionalidades despertam a atenção do consumidor, o qual muitas vezes não pensa duas vezes antes de adquirir a novidade. Esse contexto de aumento do consumo está diretamente ligado com questões de sustentabilidade (ASHBY, 2013). Ao consumir em uma velocidade mais rápida do que o processo de recuperação de recursos naturais, o processo torna-se insustentável, o que é evidenciado pela pegada ecológica de Wackernagel e Rees (1996). A média de consumo de recursos naturais por cada habitante do planeta Terra deveria girar em torno de 2,2 hectares, segundo os autores. Entretanto, por exemplo, a média Europeia gira em torno de 4,8 hectares e a Americana atinge incríveis 9,6 hectares (DOUGHERTY, 2011). Evidencia-se assim o descompasso entre consumo e recuperação de recursos naturais. Com a velocidade de consumo aumentando, a questão do pós-consumo torna-se mais pertinente ao ciclo de vida dos produtos industriais, em particular os com maior complexidade, como os eletroeletrônicos. Desta forma, a gestão de resíduos, aqui nomeados, de acordo com Xavier e Carvalho (2014), resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), tem sido motivada, no Brasil, por questões de ordem legal, social e ambiental.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regida pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), define que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, e consumidores de resíduos diversos, como baterias e componentes eletroeletrônicos, detém o encargo de implementar e operacionalizar um sistema de logística reversa, aplicando procedimentos de reinserção ao sistema produtivo de produtos ou embalagens usadas, através de processos como reciclagem e reutilização. Reciclagem define-se como o processo que altera características físicas, químicas ou biológicas dos componentes, enquanto reutilização é o processo que não altera essas características dos resíduos (BRASIL, 2010).

Diante desta situação, fabricantes de aparelhos celulares, como Samsung® (2018), LG® (2018), e Motorola® (2018), já apresentam programas de gestão de resíduos eletroeletrônicos em território brasileiro, alertando o consumidor sobre o descarte correto de seus produtos e indicando pontos de coleta. Porém, não é de tarefa apenas do setor empresarial a gestão de resíduos. De acordo com a PNRS (BRASIL, 2010), políticas públicas devem ser motivadas pelo setor público, assim como adequada destinação de resíduos deve também ser implementada pelo consumidor. Em grande parte das regiões urbanas, surge,

então, a instalação de centros de triagem, os quais caracterizam-se por locais total ou parcialmente subsidiados por prefeituras para realizar a separação e comercialização de resíduos sólidos urbanos (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017). A Prefeitura da cidade de Santa Maria, na região central do estado do Rio Grande do Sul, apresenta uma relação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) que recebem aparelhos eletroeletrônicos do município, entre outros materiais (PMSM, 2018). Estes resíduos são destinados a associações de reciclagem cadastradas junto ao município da cidade, onde são triados e destinados corretamente (PMSM, 2018). Entretanto, muitas vezes a falta de informação ou divulgação da existência destes PEVs ou de empresas recolhedoras de seus resíduos, acabam gerando uma destinação incorreta, por parte dos usuários, descartando estes em seus lixos domésticos ou muitas vezes misturando-os com o lixo orgânico (MORENO; CIDADE, 2019). Com o aumento do descarte destes equipamentos, percebe-se a importância de o designer atuar também como um agente de transformação, sendo seu papel não exclusivo apenas à efetivação do produto, mas englobando todo o ciclo de vida deste.

Apesar de iniciativas de fabricantes de telefonia móvel e de investimentos em políticas públicas, cenários como o Brasil ainda apresentam particularidades de mercado que carecem da atuação mais específica na gestão de resíduos eletroeletrônicos (XAVIER; CARVALHO, 2014). De acordo com a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2012), em 2011 o número de celulares já ultrapassava o número de habitantes no Brasil, como uma teledensidade de 123,87 acessos por telefonia móvel a cada 100 habitantes. Conforme Kasper *et al.* (2011), a obsolescência dos aparelhos celulares faz com que os usuários mantenham o aparelho em atividade de 9 a 18 meses. Estes dados sinalizam um tipo específico de produto que merece atenção quanto à efemeridade de seu ciclo de vida e, conseqüentemente, ao seu potencial crescimento como resíduo. Em eletrônicos desse tipo, uma variedade de componentes, definidos por materiais, processos de fabricação e elementos de junção diversos, formam um tipo de resíduo com grande complexidade em ser reutilizado ou reciclado. Por outro lado, a presença de materiais de grande interesse comercial, como o cobre, também pode representar um incentivo para seu reprocessamento (CÂNDIDO; KINDLEIN JÚNIOR; PALOMBINI, 2015).

A variedade de materiais que compõem os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é grande. Conforme Xavier e Carvalho (2014) e Widmer (2005), pode-se destacar a presença em termos de peso em REEE de ferro e

ação (48%), polímeros sem (15,3%) e com (5,3%) retardante de chama; cobre (7%); vidro (5,4%); alumínio (4,7%); placas de circuito impresso (3,1%); cerâmicos (2%); entre outros. Conforme Moraes, Espinosa e Lucena (2014) e Ashby (2013), destaca-se a importância de variados métodos de recuperação destes por duas razões principais: a toxicidade, visto que muitos componentes apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente, os quais são potencializados quando há desconhecimento de como administrá-los, bem como com relação ao consumo energético dos equipamentos ao longo da vida útil. A exemplo, é possível citar alguns componentes e seus elementos potencialmente perigosos, tais como as baterias, com a presença de chumbo (Pb) e mercúrio (Hg); placas de circuito impresso, com antimônio (Sb) em ligas de cádmio (Cd) em contatos e interruptores; visor de cristal líquido (LCD) com cerca de 20 substâncias distintas; entre outros (SEPA, 2011; ANDRADE-LIMA, 2012).

Uma parte importante dos aparelhos celulares, e rica em diversos elementos na sua composição, é a placa de circuito impresso (PCB – Printed Circuit Board) (KASPER *et al.*, 2011). Segundo Huabo *et al.* (2010), a PCB é uma placa que comporta diversos componentes eletrônicos, e está presente em diversos aparelhos. No caso de aparelhos celulares, um terço da composição das placas é definida por metais, como o cobre, por exemplo (TAKANORI *et al.*, 2009). Este se apresenta como o metal de maior concentração das placas, sendo usado na condução de energia do circuito. Destaca-se também a presença de metais nobres, como o ouro, prata e paládio, sendo usados como materiais de contato ou camadas de revestimento devido às suas propriedades de alta condutividade e estabilidade química (HUABO *et al.*, 2010). Para a recuperação dos metais presente nas placas de circuito impresso dos aparelhos celulares existem alguns métodos específicos, como a pirometalurgia e a hidrometalurgia (YAN *et al.*, 2016).

Nas últimas décadas tem crescido um movimento de utilização de materiais não convencionais para a fabricação de joias, sendo conhecida como joalheria contemporânea (CIDADE *et al.*, 2016). A utilização de outros materiais, além de ajudar a reduzir o impacto ambiental, também amplia as oportunidades e a sustentabilidade dentro do mercado joalheiro (MALESKI *et al.*, 2017). De modo geral, além de materiais inusitados, o estilo caracteriza-se pela busca de novas formas de apresentar joias com o emprego de processos e métodos diferenciados, resultando em peças valorizadas e com alto nível de acabamento (CIDADE, 2017). Desse modo, o presente artigo apresenta uma proposta para a recuperação de resíduos sólidos oriundos

de aparelhos celulares e carregadores descartados, utilizando-os para a criação de uma nova peça aplicada à joalheria contemporânea. Primeiramente, são apresentados conceitos e exemplos de joalheria e em seguida o desenvolvimento do projeto, com uma gama de aparelhos selecionados, juntamente com seus carregadores fora de uso e/ou danificados, sendo desmontados e incluídos em uma peça por meio de reutilização e reciclagem.

## 2. JOALHERIA

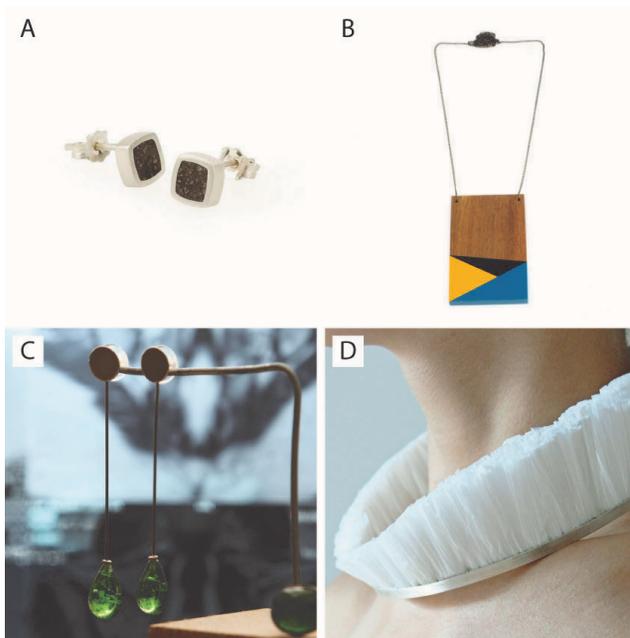
Segundo Gola (2013), os sentidos carregados pela palavra joia se fazem presentes em “prazer”, “objeto de amor” e “alegria”. Já de acordo com Bueno (2000) denotativamente joia é uma espécie de artefato de matéria preciosa, contendo metais nobres e gemas. Em um sentido figurativo, a palavra expande-se para conceitos de pessoa ou coisa de grande valor, sendo algo apreciado e estimado (BUENO, 2000). Desse modo, este lado do conceito de joia dialoga com a ideia da peça como objeto de adorno.

No decorrer dos tempos, a joia assume valores distantes dos seus primórdios de significação, aparentando ser algo inconsistente e supérfluo (GOLA, 2013). Porém, sendo estudada a importância da joia como adorno para a manutenção da espécie e contexto sociocultural (GOLA, 2013), percebe-se a limitação do pensamento anterior. Adornar está relacionado com “ornamento” e “ornamentação”. Conforme as definições do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais (IBGM, 2012), adornos são objetos presentes na sociedade deste a pré-história, com a função de ornamentar o corpo de alguma forma. Sendo essas palavras oriundas do latim *ornare*, que significa “adornar” e inclusive “equipar”, a joia como adorno vai além de um simples ato de adicionar algo, mas expande-se para melhoria e acréscimo de qualidade (GOLA, 2013). Assim, pode-se considerar a joia como importante objeto de estudo de significação.

A semiótica, área do conhecimento que estuda como os artefatos são capazes de transmitir conhecimento, apresenta o conceito de signo. Niemeyer (2013) caracteriza o signo como elemento capaz de ser percebido e assim transmitir significado referente a algum outro contexto ou objeto. Destaca-se assim, a joia como elemento de signo simbólico, sendo capaz de ser portador de diferentes concepções e sentimentos, atraindo-se para si caráter religioso, cultural e inclusive supérfluo (GOLA, 2013), como citado anteriormente. Além de ser elemento de estudo cultural, carregando junto de si concepções históricas, a joia também é capaz de transmitir uma afirmação pessoal do ser humano perante seus semelhantes (CORBETTA, 2007).

Atualmente, a joia, dentro do contexto de joalheria, carrega junto de si variados significados, como na área da sustentabilidade. Segundo Gola (2013), a joalheria começa a ganhar outros rumos a partir da década de 50, quando o design de joias ganha formas inovadoras conectadas às novas tendências de movimentos e liberdades trazidas pela moda, destacando o uso de outros metais nobres, como a prata, e materiais pouco convencionais até então, como resinas, polímeros, ossos, madeiras, entre outros. Antes desse período, a prata, mesmo sendo um metal nobre, não era amplamente utilizada na confecção das peças (CIDADE *et al.*, 2016), sendo vista como um material de pouco valor intrínseco. Diante da diversificação de materiais, a joalheria na contemporaneidade, de acordo com Cadore (2015), abre espaço para aliar o design sustentável na confecção de novas joias e adornos.

Além de materiais inusitados, a joalheria contemporânea mescla-se com a tendência atual do slow fashion. Segundo Cadore (2015), o slow fashion está relacionado com o consumo consciente e de acordo com as novas práticas sustentáveis. Nesse setor (Figura 01), pode-se elencar a o trabalho da joalheira Ashley Heather (Figura 01 A), da África do Sul, com a criação de brincos em prata coletada a partir de resíduos de placas de circuitos de eletroeletrônicos e a inserção de cimento para representar uma gema.



**Figura 01** – Joias Sustentáveis: (A) brinco de prata recuperada de placas de circuito e cimento de Ashley Heather; (B) colar de madeira reutilizada, pintura com tinta acrílica e finalização com verniz da Crua Design; (C) joias de prata e vidro reciclado de Valéria de Sá e (D) adorno de sacolas plásticas de Malgosia Kalinska.

**Fonte:** Heather (2018), Crua Design (2018), Sá (2017) e Vogue (2010).

No cenário brasileiro, destaca-se as joias com resíduos de madeira da Crua Design (Figura 01 B), e as peças de prata extraída de placas de raio X e vidro reciclado da designer Valéria Sá (Figura 01 C). A designer Malgosia Kalinska, atualmente vivendo na Polônia, utiliza sacolas plásticas em suas criações, dando a cada peça um volume único (Figura 01 D).

Buscando o novo e a diferenciação, a joalheria contemporânea alia técnicas convencionais com novos processos, muitas vezes não só exclusivos a joalheria. Produz peças que conversam e representam novas tendências da atual sociedade, servindo como base para novas discussões e reflexões diante dos novos e múltiplos padrões do mundo contemporâneo.

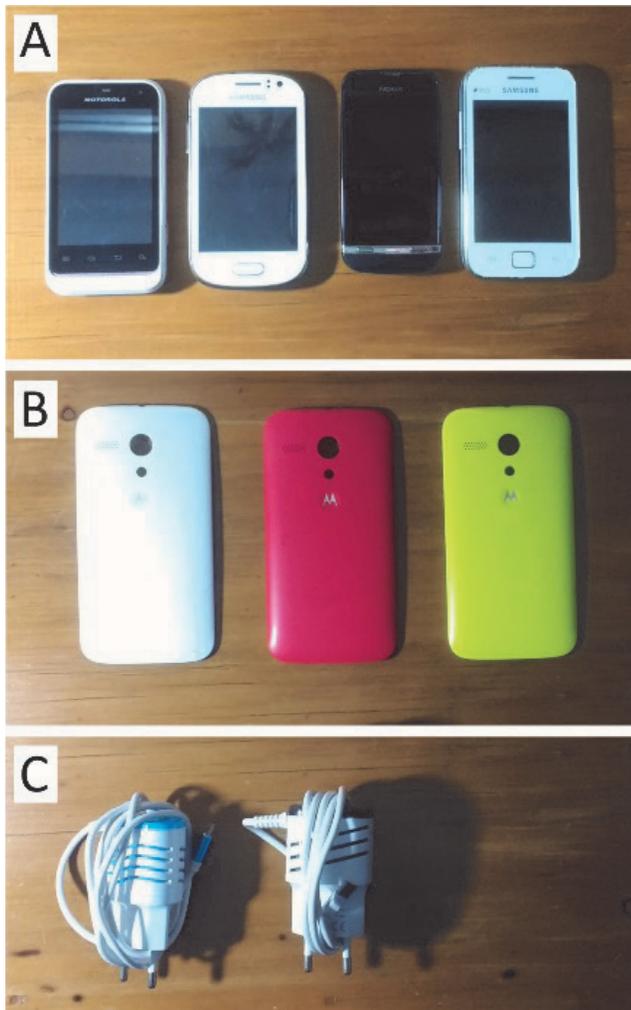
### 3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Diante do grande número de aparelhos celulares no Brasil, e consequentemente de REEE, o presente artigo tem como proposta apresentar um uso para este material através da joalheria, agregando componentes de celulares descartados à metais nobres, no caso a prata (Ag 950). Após a coleta de informações pertinentes ao projeto, na parte introdutória e na fundamentação teórica, como a respeito dos resíduos eletroeletrônicos, partiu-se para a parte prática.

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizou-se a metodologia de Löbach (2001) de forma adaptada, visto que para a criação de joias não existem metodologias especializadas. Com isso, o processo criativo foi delimitado por quatro etapas, sendo elas as fases de preparação, geração, avaliação e realização (LÖBACH, 2001). Na fase de preparação, foi analisado o problema, tendo o conhecimento do mesmo, onde se obteve informações sobre os resíduos e a sua desmontagem. Já para a geração de alternativas, a fase deu-se através do processo projetual, onde precisou-se ter em mente a junção da prata com as peças escolhidas após o desmanche dos celulares e carregadores. Após, foram avaliadas todas as alternativas para a escolha da peça joalheria, levando em consideração os objetivos e o problema, e iniciando a fase de realização, com a fabricação da joia. Todos os aparelhos celulares e carregadores deste artigo foram recolhidos de lixos domésticos e do descarte dos próprios autores.

#### 3.1. Desmonte das peças

Para o desenvolvimento do projeto, foram coletados (Figura 02) 4 aparelhos celulares, 3 capas protetoras e 2 carregadores, visualizados respectivamente na Figura 02 A, B e C.



**Figura 02** – Resíduos coletados: (A) celulares, (B) tampas e (C) carregadores.  
**Fonte:** Autores

Para o desmonte dos resíduos, devido aos seus componentes serem muitas vezes tóxicos e perigosos, utilizou-se luvas para efetuar o processo e optou-se pela reutilização dos componentes dos aparelhos celulares. O único material que passou pelo processo de reciclagem foi o cobre, por não apresentar perigo à saúde. Este foi fundido posteriormente com a prata, como elemento de liga. Para o manuseio de um metal nobre, tanto a prata como o ouro, são necessários adicionar elementos para a formação de uma liga metálica. Esta adição visa a melhorar suas propriedades físicas para posterior utilização.

Todos os produtos foram desmanchados (Figura 03) com a utilização de ferramentas manuais e sempre observando cuidadosamente os componentes potencialmente perigosos. Para estes componentes, como por exemplo, baterias e placas de circuito impresso, foi redobrada a atenção para que as ferramentas utilizadas não entrassem em contato com este tipo de material. Por esta razão, estes não foram serrados ou perfurados.



**Figura 03** – Peças desmontadas  
**Fonte:** Autores

Após a desmontagem dos materiais, realizou-se a seleção das partes que poderiam ser utilizadas na joia, como os elementos contidos nos aparelhos celulares, tais como os módulos da câmera fotográfica, componentes USB, placas tanto metálicas como poliméricas, cabos, alto-falantes, suportes, plugs, entre outros. Além disso 4,8 gramas de cobre foram obtidos com o desmanche dos carregadores dos celulares, para ser reciclado como liga na prata.

### 3.2. Processo Criativo

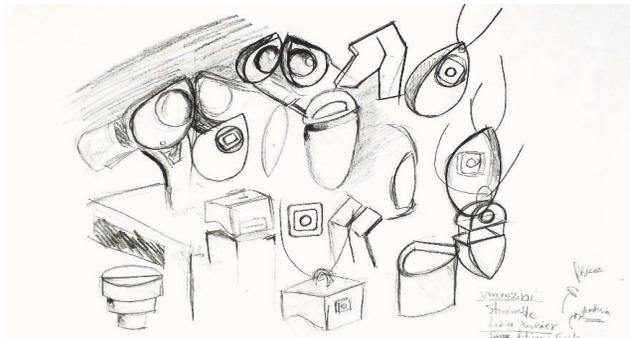
Para o desenvolvimento do processo criativo, na fase de geração de alternativas, elaborou-se um painel semântico baseado em imagens da animação WALL-E® da Disney Pixar®, visualizado na Figura 04. O filme traz como plano de fundo um futuro distópico em que a sociedade, devido ao grande acúmulo de resíduos, incluindo REEE, foi obrigada a abandonar a Terra.



**Figura 04** – Painel semântico  
**Fonte:** Autores

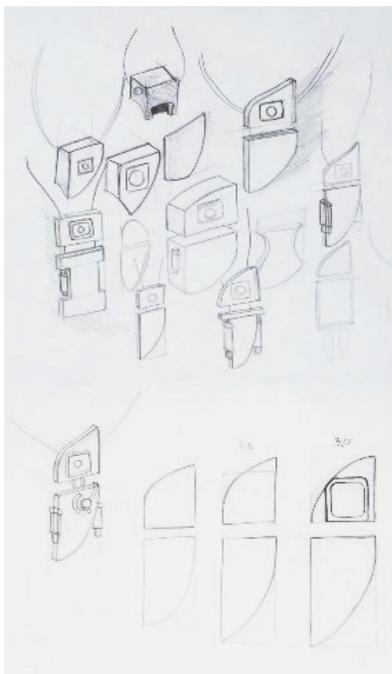
Observando o tema, as formas do painel e as peças desmontadas dos celulares, foram realizados variados desenhos (Figura 05), buscando a conexão de todos os componentes. Para isso, utilizou-se de formatos mais simples,

como círculos, retângulos, gotas, entre outros, para a base de metal em prata, adicionando os elementos do desmonte das peças, como partes das câmeras fotográficas, engate USB, lentes, alto-falantes e fios.



**Figura 05** – Geração de alternativas  
**Fonte:** Autores

Com as inúmeras possibilidades de desenhos gerados, foi preciso seguir com a etapa de refinamento das alternativas. Desta forma, as alternativas foram sendo apuradas (Figura 06), para a posterior fabricação da peça. Entretanto, avaliou-se que a joia a ser desenvolvida neste projeto seria um pingente, devido ao formato e à quantidade de elementos que se obteve no desmonte dos aparelhos celulares. As formas e dimensões dos elementos retirados dos celulares propiciaram nesta escolha, e dado o fato de que nem todos os elementos foram reutilizados, devido ao nível de toxicidade que continham em possíveis partes dos resíduos.

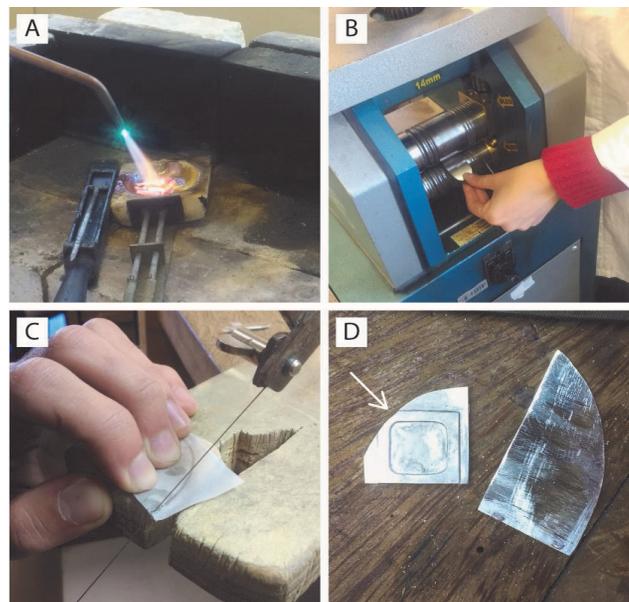


**Figura 06** – Fase de avaliação e delimitação da peça  
**Fonte:** Autores

Por fim, para a realização da fabricação, delimitou-se as dimensões totais do pingente escolhido e onde e como os elementos dos REEE iriam ser acoplados.

### 3.3. Processo de fabricação do pingente

Para concepção do pingente, utilizou-se métodos da joalheria artesanal, desenvolvendo a maior parte do projeto em bancada (Figura 07). Para a parte metálica delimitou-se a utilização da prata 950 que, conforme Kliauga e Ferrante (2009), apresenta uma liga de 95 % de prata pura em sua composição, sendo o restante de cobre. O primeiro passo para a fabricação do pingente é a fundição da prata (Figura 07 A), onde o cobre utilizado foi retirado dos próprios resíduos, tanto dos celulares como dos carregadores. Como o desenho da peça compõe-se basicamente em formato de chapa, utilizou-se um laminador elétrico para conformar a prata permitindo, posteriormente, seu corte por meio de arco de serra (Figura 07 B e C). Ainda, duas partes do pingente possuem reforços de chapas de prata, como caixas para a cravação de gemas. Estes reforços irão acoplar os resíduos das partes da câmera fotográfica e do alto falante dos celulares desmontados. Na Figura 07 D, é possível visualizar um destes reforços já soldado à chapa metálica, indicado com uma seta branca. Para a junção dos resíduos escolhidos à prata, foi preciso uma união que não envolvesse perfurações e nem soldas a estes materiais. Esta escolha foi devido a possíveis materiais perigosos que poderiam estar alocados dentro destes componentes. Por esta razão, os componentes foram fixados com auxílio de cola adesiva.



**Figura 07** – Processo de produção do pingente: (A) fundição da prata e do cobre; (B) laminação da prata fundida em formato de chapa; (C) corte em bancada da chapa conforme a alternativa escolhida e (D) detalhe do reforço de prata soldado à chapa com indicação de seta branca.

**Fonte:** Autores

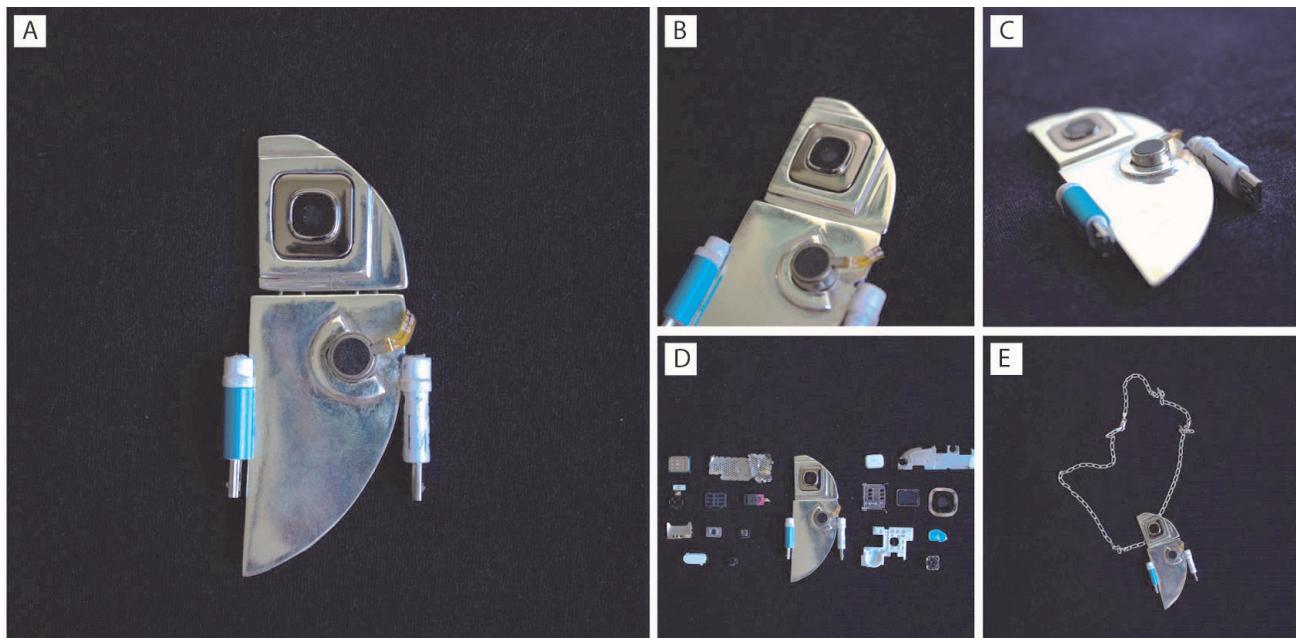
## 4. RESULTADO

O resultado alcançado com a utilização de elementos oriundos do descarte de aparelhos celulares e carregadores foi a materialização de uma peça joalheira contemporânea.

Durante o desenvolvimento do projeto, percebeu-se a dificuldade de reutilização e reciclagem do material em determinados momentos, pois alguns componentes dos aparelhos celulares não possibilitaram o desmonte. Algumas partes exigiam ferramentas muito específicas, o que pode ser visto com um entrave para o conserto ou troca de alguma parte dos celulares ainda em sua vida útil. Dessa forma, esse processo dificultou a retirada de alguns componentes e determinadas partes não puderam ser reutilizadas na peça final.

Diante dos componentes que poderiam ser reutilizados, escolheu-se aqueles que se adequavam à proposta da alternativa final. Além disso, o desenho da forma da

peça também foi adaptado para o encaixe dos componentes com a prata. A peça é composta por duas grandes partes, uma como a cabeça do robô e a outra como o corpo. Para a união das duas, utilizou-se argolas de prata. A solução final (Figura 08) aproxima-se, assim, da figura de um robô baseando-se nos personagens da animação, como o tema deste projeto. Na Figura 08 A, B e C é apresentado o pingente finalizado, evidenciando os detalhes da peça. A Figura 08 D é apresentada uma ambientação da peça final em meio à vários componentes que foram desmontados, enfatizando a quantidade de resíduos encontrados em apenas 4 celulares. Já na Figura 08 E, é exemplificado o pingente com uma corrente de prata para sua utilização. O resultado final apresenta-se como uma peça pertencente à joalheira contemporânea, utilizando materiais considerados pouco convencionais em harmonia com a prata, metal nobre clássico utilizado na joalheira.



**Figura 08** – Pingente desenvolvido: (A) peça finalizada; (B) e (C) detalhe da peça, (D) peça com componentes retirados para criação e (E) peça ambientada com corrente de prata.  
**Fonte:** Autores

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desmonte dos REEE, nesse caso celulares e seus carregadores, foi possível perceber algumas questões. Certas partes não possibilitaram o total desmonte ou desencaixe, pois precisavam de ferramentas especializadas, assim como alguns componentes apresentavam formas muito específicas, dificultando inclusive sua troca em caso de defeito do aparelho. Além disso, notou-se o uso demasiado de determinados materiais e componentes sem necessidade, como por exemplo, um excesso de elementos de fixação que, além de dificultar a desmontagem,

contaminam os materiais para sua reciclagem. Por outro lado, a extração de cobre dos resíduos, principalmente dos fios, possibilitou a obtenção de uma quantidade razoável de material para utilização como elemento de liga na prata, favorecendo o processo de fabricação da joia. Mesmo com estas questões levantadas, os objetivos propostos por este artigo foram atingidos, pois foi possível desenvolver uma joia aliada aos princípios da sustentabilidade, de modo a aumentar a vida útil de determinados componentes, utilizando-os em um novo produto.

Por fim, em uma sociedade mais diversificada, onde o consumo torna-se cada vez mais acelerado e ingênuo perante as questões sustentáveis, o designer surge como um agente capaz de projetar produtos alinhando diversos fatores, como sociais, ambientais e econômicos. Dessa forma, aliando técnicas tradicionais da ourivesaria com conceitos da joalheria contemporânea e materiais de descarte, o presente artigo destaca o designer como um profissional que projeta para uma sociedade de consumo, mas que também entende seus pontos não produtivos assim como as oportunidades, administrando não apenas questões de produção, mas como de pós-consumo e descarte.

## REFERÊNCIAS

ASHBY, M. F. **Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice**. 2nd. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.

ANATEL. **Brasil fecha 2011 com recorde de habilitações na telefonia móvel**. 16 de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalPaginaEspecialPesquisa.do?acao=&tipoConteudoHtml=1&codNoticia=24506>. Acesso em 26 de novembro de 2018.

ANDRADE-LIMA, H. **Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE)**. Monografia (graduação), Centro de Ciências Biológicas, UFPE, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm). Acesso em 5 de novembro de 2018.

CADORE, E. **Joalheria contemporânea e sustentabilidade: recuperação de metais e lapidação de vidros a partir de resíduos**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Arquitetura, curso superior de Design de Produto, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

CÂNDIDO, L. H. A.; KINDLEIN JÚNIOR, W.; PALOMBINI, F. L. **Indicators for the feasibility of WEEE processing plants in Brazil: a relationship between virgin mineral copper ore and the recycling of consumer electronic products**. Design & Tecnologia, n. 09, p. 59–65, 2015.

CARVALHO, T.; XAVIER, L. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CARVALHO, T.; XAVIER, L. **Introdução à gestão de**

**Resíduos de Equipamentos eletroeletrônicos**. In: Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier, p. 17-34, 2014.

CHEN, M. *et al.* **Electronic Waste Disassembly with Industrial Waste Heat**. Environ. Sci. Technol, 47, 21, p. 12409-12416, 2013.

CIDADE, M. K. **Design e tecnologia para a joalheria: microtomografia da gravação a laser CO2 em ágata e implicações para projetos com desenhos vetoriais**. 2017. 106 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L.; LIMA, N. F. F.; DUARTE, L. C. **Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea**. Design e Tecnologia, Porto Alegre, v. 6, n. 12, p. 54-64, 2016.

CORBETTA, G. **Joalheria de Arte**. Porto Alegre: AGE, 2007.

DOUGHERTY, B. **Design Gráfico Sustentável**. 1. ed. São Paulo: Rosari, 2011.

GOLA, E. **A joia: história e design**. São Paulo: Senac São Paulo, 2013.

HEATHER, A. **Produtos**. Disponível em: <https://ashleyheather.co.za/products/concrete-studs>. Acesso em 26 de setembro de 2018.

HUABO, D. *et al.* **Examining the technology acceptance for dismantling of waste printed circuit boards in light of recycling and environmental concerns**. Journal of Environmental Management, v. 92, i. 3, p. 392 – 399, 2011.

IBGM - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEMAS E METAIS PRECIOSOS. **O setor em grandes números: situação atual e perspectivas do mercado interno e externo**. Brasília: IBGM, 2012.

KASPER, A. C. *et al.* **Printed wiring boards for mobile phones: Characterization and recycling of cooper**. Waste Management, v. 31, i. 12, p. 2536-2545, 2011.

KLIAUGA, A. M.; FERRANTE, M. **Metalurgia básica para ourives e designers: do metal à joia**. São Paulo: Blücher, 2009.

LG. **Coleta Inteligente**. Disponível em <https://www.lg.com.br/suporte/coleta-seletiva>. Acesso em 5 de novembro de 2018.

LÓPES, G. **Crua Design Produtos**. Disponível em: <http://www.cruadesign.iluria.com/pd-4e0880-colar-geometria-n-5.html?ct=37473&p=2&s=1>. Acesso em 26 de setembro de 2018.

MALESKI, F. *et al.* **Reutilização de madeira de lei no processo de fabricação de joias**. Mix Sustentável,

Florianópolis, v.3, n. 3, p. 76 - 86, out./mar. 2017.

MORAES, V.; ESPINOSA, D.; LUCENA, L. **Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. In: *Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos*. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier, p. 17-34, 2014.

MORENO, S. N. S.; CIDADE, M. K. **Sustentabilidade e Joalheria: Reciclagem de Eps para Aplicação em Joias**. *MIX Sustentável*, [S.l.], v. 5, n. 4, p. 27-39, nov. 2019.

MOTOROLA. **Programa Logística Reversa**. Disponível em [https://www.motorolasolutions.com/pt\\_xl/about/reverse-logistics-program.html](https://www.motorolasolutions.com/pt_xl/about/reverse-logistics-program.html). Acesso em 5 de novembro de 2018.

NIEMEYER, L. **Elementos da semiótica aplicados ao design**. Rio de Janeiro: 2AB Editora Ltda, 2003.

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K.; DE JACQUES, J. J. **How sustainable is organic packaging? A design method for recyclability assessment via a social perspective: A case study of Porto Alegre city (Brazil)**. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 2593-2605, jan. 2017.

PREFEITURA DE SANTA MARIA. **Pontos de Entrega Voluntária (PEV)**. Disponível em <https://www.santa-maria.rs.gov.br/noticias/15233-conheca-a-relacao-de-empresas-e-entidades-que-recebem-residuos-solidos-em-santa-maria>. Acesso em 5 de novembro de 2018.

SÁ, V. **Designer de joias gaúcha cria peças com prata extraída de raio-x usado**. Disponível em [https://www.jornaldocomercio.com/\\_conteudo/2017/02/ge/noticias/547573-designer-de-joias-gaucha-cria-peças-com-prata-extraída-de-raio-x-usado.html](https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/2017/02/ge/noticias/547573-designer-de-joias-gaucha-cria-peças-com-prata-extraída-de-raio-x-usado.html). Acesso em 26 de setembro de 2018.

SAMSUNG. **Programa de Reciclagem Samsung**. Disponível em <https://www.samsung.com/br/support/planet-first/>. Acesso em 5 de novembro de 2018.

SEPA- SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Recycling and disposal of electronic waste-REPORT 6417**. Bromma, Sweden March 2011. Acesso em 25 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6417-4.pdf>

SILVEIRA, B. **Minidicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Editora FTD S.A., 2000.

TAKANORI, H. *et al.* **Techniques to separate metal from waste printed circuit boards from discarded personal computers**. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 11, p. 42 - 54, 2009.

VOGUE. **Malgosia Kalinska**. Disponível em: <https://www.vogue.it/en/vogue-gioiello/designer/2014/06/malgosia-kalinska#ad-image>. Acesso em 26 de setembro de 2018.

WIDMER, R.; OSWALD KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BONI, H. **Global perspectives on e-waste. Environmental Impact Assessment Review**, p. 436-458, 2005.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint**. Canadá: New Society Publishers, 1996.

YAN, L. *et al.* **Precious metals recovery from waste printed circuit boards: A review for current status and perspective**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 113, p. 29 - 19, 2016.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9411-2756>

**LÚCIO SILVA KIELING CINTRA** | Universidade Federal de Santa Maria - UFSM | Desenho Industrial | Santa Maria-RS, Brasil  
| Correspondência para: Av. Roraima, 1000, prédio 40, sala 1136 | Email: [lucioskcintra@gmail.com](mailto:lucioskcintra@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5893-383X>

**MARIANA KUHL CIDADE, Dra.** | Universidade Federal de Santa Maria - UFSM | Departamento de Desenho Industrial | Santa Maria-RS, Brasil | Correspondência para: Av. Roraima, 1000, prédio 40, sala 1136 | Email: [mariana.cidade@ufsm.br](mailto:mariana.cidade@ufsm.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CINTRA, Lúcio Silva Kieling; CIDADE, Mariana Kuhl. Reutilização e Reciclagem: Desenvolvimento de Joia com Componentes Oriundos de Resíduos Eletroeletrônicos. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 27-36, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.27-36>.

**DATA DE ENVIO:** 15/09/2019

**DATA DE ACEITE:** 22/04/2020

# SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA EM ESCOLA PÚBLICA

*ENERGY SUSTAINABILITY IN PUBLIC SCHOOL*

---

**MARI AURORA FAVERO REIS, Dra.** | UnC

**PAULO REIS JUNIOR, M.Sc.** | UnC

**DIRCEU LORIVALDO PERIN** | UnC

## RESUMO

Estabelecimentos de ensino públicos e privados apresentam-se como cenários oportunos para a busca de sustentabilidade energética. No Brasil, a tecnologia fotovoltaica se destaca devido aos índices elevados de radiação e a possibilidade de integrar com a rede elétrica tradicional. Uma pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a instalação de painéis solares fotovoltaicos em dois estabelecimentos de ensino em Concórdia (SC). Para os cálculos foram considerados valores orçamentários junto a fornecedor da tecnologia e dados coletados nas edificações em estudo. Foi relacionado consumo de eletricidade nas edificações e condições físicas dos estabelecimentos, como possível posição, disposição dos painéis na cobertura e viabilidade econômica. Os valores de investimentos iniciais apresentados por fornecedor da tecnologia equacionaram resultados semelhantes, para retorno financeiro após quatro anos de instalação, com maior viabilidade na edificação de maior consumo. Com o estudo concluímos que o empreendimento de maior consumo de energia elétrica, com grandes áreas de cobertura, demonstrou ser mais viável para o uso dessa tecnologia.

**PALAVRAS CHAVES:** Fotovoltaica. Sustentabilidade energética. Viabilidade. Escola pública.

## ABSTRACT

*Public and private schools that present opportunities for the pursuit of energy sustainability. In Brazil, photovoltaic technology is reduced due to high pollution rates and the possibility of integrating with the traditional grid. A research was carried out to evaluate the technical and economic feasibility for the installation of photovoltaic solar panels in two educational establishments in Concordia (SC). For the calculations were considered budget values with the technology supplier and the data collected in the buildings under study. It was related to the consumption of electricity in the buildings and physical conditions of the establishments, such as possible positioning, layout of the panels in the coverage and economic viability. The initial investment values presented by the technology provider equated similar results, for financial return after four years of installation, with greater viability in the construction of higher consumption. With the study we conclude that in the undertaking of higher consumption of electricity, with large areas of coverage, proved to be more viable for the use of this technology.*

**KEY WORDS:** Photovoltaic. Energy sustainability. Viability. Public school.



## 1. INTRODUÇÃO

Com o advento das perspectivas econômicas e ambientais vinculadas à economia circular, a energia solar fotovoltaica tem sido considerada fonte promissora na produção de energia, possibilitando a transformação da luz em eletricidade, atraindo os estudantes de Engenharia para o estudo da tecnologia. A justificativa de muitos autores para o uso da energia solar diz respeito ao fato de ser infinita e renovável (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Os autores consideram o fato de que a Terra recebe um fluxo de energia solar infinito e renovável que poderia, em teoria, ser aproveitado e utilizado para o aquecimento de água e produção de corrente, como é comumente realizado por intermédio de tecnologias fotovoltaicas nas células de silício.

Em 2015, ano em que a comunidade científica celebrava o Ano Internacional da Luz (AIL), nas comemorações dos 110 anos do artigo sobre efeito fotoelétrico publicado por Albert Einstein, iniciava-se uma pesquisa bibliográfica para construção de tese de doutorado (REIS, 2019), na qual as pesquisas analisadas na revisão sugeriam o uso da tecnologia fotovoltaica para explorar o quantum de luz (REIS; SERRANO, 2017). O uso da tecnologia como aplicação de contexto para o estudo na transformação da luz junto à Engenharia Civil motivou acadêmicos à exploração do tema em suas pesquisas de Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, como no caso do presente artigo.

O interesse na escolha do ambiente de estudo como aplicação de contexto para pesquisa junto à Engenharia Civil teve origem em 2018, durante uma atividade de extensão universitária. Na ocasião, a Universidade oportunizou uma oficina com o uso de células fotovoltaicas para estudantes finais de Ensino Médio, em escolas públicas de Concórdia, SC. O professor de uma das escolas era professor de Matemática e acadêmico da Engenharia Civil, que identificou nos estudantes o interesse no estudo da temática. A oficina foi realizada com a integração da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). O movimento STEM (do inglês *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) tem foco na educação para o desenvolvimento de competências na liderança global do conhecimento, tendo como aplicação de contexto a tecnologia fotovoltaica (DARK, 2011).

A exploração de energia solar fotovoltaica neste tipo de edificação (escola) poderá motivar os estudantes para atitudes que promovam a sustentabilidade energética, além de contribuir para a disseminação da tecnologia. Para a sustentabilidade energética dos estabelecimentos educacionais, em que a demanda é elevada durante

o período diurno, demonstra ser apropriada a geração fotovoltaica. A efetivação desse cenário requer o desenvolvimento de competências nos métodos de produção de energia fotovoltaica, a fim de suprir a demanda para o futuro com investimentos pelo setor público estadual.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O cenário de oferta futura de energia elétrica para os próximos anos, projeções da demanda apontam para a fragilidade no sistema de energia no Brasil, mesmo considerando que o Brasil possui bom potencial hidrelétrico (SALAMONI; RÜTHER; ZILLES, 2009). Segundo os autores, o Brasil ainda possui um alto déficit em relação ao alcance da distribuição de energia elétrica. Nesse caso, a solução possível e em expansão é a instalação de sistemas de geração de energia a partir da radiação solar, na modalidade on-grid.

Em 2018, no Brasil, houve uma expansão em projetos de engenharia com o uso de energia solar fotovoltaica conectada à matriz elétrica. Ademais, países, como Alemanha, Estados Unidos, Espanha, França, Itália e Japão desenvolveram mecanismos que reduzem a dependência de combustíveis fósseis, introduzindo opções renováveis em seus suprimentos de energia primária e descentralizando a geração de energia eólica e biomassa (CARVALHO; ABREU; CORREIA NETO, 2017).

A Resolução Normativa n. 482/2012, da Aneel, reporta-se a sistemas de mini e microgeração conectados à rede de distribuição elétrica, o que possibilita aos consumidores autogerarem energia elétrica para consumo próprio, mediante mecanismo de compensação (SOUZA; MACHADO, 2016). Essa possibilidade contribuiu para a expansão da matriz elétrica fotovoltaica. Segundo os autores, “o regulamento foi eficaz em reduzir algumas barreiras naturais à entrada de sistemas fotovoltaicos.” (SOUZA; MACHADO, 2016, p. 407).

Uma das principais vantagens na produção de energia elétrica por energia solar no local de consumo, em relação a qualquer outra fonte ecológica e energética, é a viabilidade econômica quanto à redução no consumo de eletricidade da rede de transmissão e distribuição de energia (PAINES; VIGNOCHI; POSSAMAI, 2018). Conforme os autores, os principais desafios não técnicos envolvem questões de conscientização, políticas governamentais e opções de financiamento.

Fator importante para o desempenho do gerador é o ângulo de incidência da luz solar, que depende da localização geográfica da edificação e condições do clima (MELO et al., 2017). A radiação incidente em uma superfície pode ocorrer por dois processos. O primeiro é a

radiação de feixe direto que vem do Sol e pode ser calculado matematicamente. O segundo componente é a radiação difusa, que surge da dispersão da luz na atmosfera em razão da reflexão e absorção por átomos de compostos do ar. Portanto, para o uso da tecnologia fotovoltaica existe a necessidade de avaliação quanto à viabilidade na produção para cada instalação do sistema.

Especialmente na Engenharia Civil, componentes na estrutura física da edificação passam a ser um critério importante para o uso da tecnologia. Com este intuito, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise comparativa entre dois estabelecimentos de ensino públicos estaduais localizados na cidade de Concórdia, relacionados à viabilidade técnica e econômica para a implantação de uma usina de geração de energia elétrica solar fotovoltaica.

Quanto à viabilidade econômica, estudos realizados desde 2015 na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia, com diferentes procedimentos metodológicos, demonstraram viabilidade econômica para a instalação da tecnologia (BIFFI; REIS, 2019). Nas pesquisas, o payback foi obtido com cálculos em planilhas eletrônicas, utilizando modelo também utilizado na Índia (NAYAK et al., 2014). Os resultados no Brasil e na Índia demonstraram viabilidade econômica para o uso da tecnologia nas situações de contexto onde foram aplicadas. Pesquisa realizada em posto de combustível demonstrou que o sistema é economicamente viável, com retorno financeiro em menos de seis anos (BIFFI; REIS, 2019). O que difere nesta pesquisa é o fato de serem edificações públicas, empreendimentos em que o custo da energia possui taxa reduzida em relação ao custo médio local.

A partir das considerações dissertadas, com foco na sustentabilidade e eficiência energética nos empreendimentos e com os dados coletados em dois estabelecimentos públicos, a pesquisa foi realizada com o objetivo de investigar a viabilidade técnica e econômica, a partir de análise comparativa com dados de uma escola urbana e uma rural, a fim de propor a instalação de usina solar fotovoltaica nesses empreendimentos.

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente foram identificadas as escolas que fariam parte da amostra, representando a rede pública de Concórdia. Esses estabelecimentos foram avaliados com dados qualitativos e quantitativos coletados junto à instituição, empresa distribuidora de energia elétrica e empresas fornecedoras da tecnologia, a fim de possibilitar a realização da pesquisa. Em cada uma das escolas públicas selecionadas para o estudo de caso (rural e urbana) foi aplicada a seguinte metodologia:

Avaliação do potencial de consumo: para a realização do estudo, foram coletados dados dos custos mensais e anual no consumo de energia elétrica dos estabelecimentos (escolas), utilizando pesquisa documental (análise das faturas mensais de 2018).

#### 3.1. Avaliação da eficiência energética

Em cada um dos estabelecimentos foi realizado um levantamento sobre os pontos de consumo, como quantidade de lâmpadas, equipamentos de climatização do ambiente, TV e outros equipamentos. Essa etapa foi realizada em atividade de ensino, com a participação de estudantes do 9º ano e Ensino Médio. A participação dos estudantes na avaliação do consumo nas salas de aula e demais dependências das escolas ocorreu sem que houvesse a participação direta dos estudantes nos dados coletados. Por conta disso, o projeto não foi submetido ao Comitê de Ética na Plataforma Brasil. O autor principal desta pesquisa é professor de Matemática nessas duas instituições, critério utilizado na escolha dos estabelecimentos. A avaliação dos pontos de consumos foi importante para relacionar a eficiência e sustentabilidade energética em cada estabelecimento e avaliar o consumo anual.

#### 3.2 Avaliação da viabilidade na instalação fotovoltaica

Levantamento de dados com empresa fornecedora da tecnologia fotovoltaica, a qual realizou uma simulação para estudo da viabilidade econômica e orçamentária para cada um dos estabelecimentos. A simulação foi realizada para avaliar a viabilidade de instalação de sistema de geração fotovoltaica, produção de energia e a viabilidade econômica para a futura instalação do sistema fotovoltaico.

Para a realização dos cálculos do tempo de retorno do investimento – Payback e Rentabilidade, como realizado em estudos anteriores (NAYAK et al., 2014), foram utilizadas as seguintes equações:

$$\text{PAYBACK (meses)} = \left[ \frac{(\text{investimento R\$})}{\left( \text{Energia Gerada}_{\text{mes}}^{\text{kw}} \times \text{valor da tarifa (R\$)} \right)} \right] \quad (1)$$

$$\text{Rentabilidade} = \left[ \frac{e}{\left( \frac{\text{Economia}}{\text{Investimento}} \right)} \right] \quad (2)$$

#### 3.3 Avaliação de estrutura física para instalação fotovoltaica

Foi realizada a avaliação da edificação quanto às condições físicas, localização geográfica e condições meteorológicas (como a incidência e curva solar), a fim de avaliar

as características do local, bem como o ambiente mais adequado às instalações. Com os dados dos itens anteriores, foi realizado o comparativo entre os dois sistemas propostos, identificando o mais favorável. Os resultados encontrados para cada projeto foram comparados entre os dois estabelecimentos e com os dados coletados em outras etapas da pesquisa.

## 4. RESULTADOS DA PESQUISA

### 4.1. Perfil dos empreendimentos

#### 4.1.1. Estabelecimento A

O estabelecimento A é uma escola da rede pública localizada no centro de Concórdia, nas coordenadas geográficas na Latitude: 27° 13' 59, Longitude: 52° 2' 3 e Azimute: 321.23 (Figura 1). A edificação é de alvenaria, com telha asbesto-cimento ou fibrocimento, em bom estado de conservação. Quanto ao posicionamento dos telhados, possui áreas para o norte, proporcionando condições de insolação para instalação da tecnologia. A avaliação da estrutura física do empreendimento contempla 12 salas de aula e 10 salas de apoio que abrigam outros setores da escola, para atender, em média, de 690 a 704 alunos, em três turnos (matutino, vespertino e noturno).



**Figura 1** – Localização geográfica e curva solar na Escola A  
**Fonte:** autores, a partir de imagens fornecidas pelo software SunEarthTools.com.

#### 4.1.2. Estabelecimento B

O estabelecimento B também é uma escola da rede pública, localizada em distrito (interior do município) de Concórdia, com as coordenadas de Latitude: 27° 18' 14, Longitude: 51° 59' 43 e Azimute 321.22. Com um total de 12 salas, atende um total de 227 alunos, em dois turnos (matutino e vespertino). Como no empreendimento anterior, a edificação é de alvenaria, com telha asbesto-cimento ou

fibrocimento, em bom estado de conservação. Também possui áreas para o norte, proporcionando condições de insolação para a instalação da tecnologia.



**Figura 2** – Localização geográfica e curva solar na Escola B  
**Fonte:** autores, a partir de imagens fornecidas pelo software SunEarthTools.com.

### 4.2. Avaliação comparativa para o potencial de consumo

Os dados coletados sobre o consumo de energia demonstraram diferenças significativas entre os dois estabelecimentos. O estabelecimento B apresentou valores de consumo (em kWh), em média, 50% menor que o estabelecimento A, ao longo do período analisado (Figura 3). A diferença se justifica em razão do menor número de salas e de estudantes.



**Figura 3** – Comparativo entre os consumos para os estabelecimentos A e B  
**Fonte:** autores.

Quanto ao valor médio por kWh consumido (em reais), no período de janeiro a dezembro de 2018, foi de aproximadamente R\$ 0,57, para ambos os estabelecimentos estudados. Em relação ao consumo médio mensal no estabelecimento A foi de 5364,80 kW/mês e no estabelecimento B foi de 2798,90 kW/mês (Tabela 1).

	Estabelecimento A		Estabelecimento B	
<b>Tipo de Conexão</b>	Trifásico		Trifásico	
<b>Disjuntor</b>	50	Ampères	50	Ampères

<b>Média de consumo</b>	5364,8	kWh/mês	2798,9	kWh/mês
<b>Demanda/ano</b>	64377	kWh/anual	33586	kWh/ano
<b>Custo da tarifa por Wh</b>	0,57	reais	0,57	reais
<b>Sistema necessário</b>	45,09	kWp	23,53	kWp
<b>Consumo a atender</b>	5364,8	kWh/mês	2798,9	kWh/mês
<b>Sistema orçado</b>	45,9	kWp	25,5	kWp
<b>Número de Módulos</b>	135	unidades	75	unidades
<b>Área de Instalação</b>	270	m <sup>2</sup>	150	m <sup>2</sup>
<b>Estimativa de Geração Ano</b>	65545,2	kW/ano	36414	kW/ano
<b>Estimativa de Geração Mês</b>	5462,1	kW/mês	3034,5	kW/mês

**Tabela 1** – Dados de dimensionamento - empreendimentos A e B  
**Fonte:** autores, a partir das informações da empresa fornecedora da tecnologia.

Ao simular os dados para atender à demanda de 45,09 kW de potência no empreendimento A, são necessários 135 painéis de 340 Watts, sendo necessária uma superfície com aproximadamente 270 m<sup>2</sup> de área. Para atender à demanda de 23,53 kW de potência, o empreendimento B necessitará de 75 painéis de 340 Watts, em uma superfície de aproximadamente 150 m<sup>2</sup> de área.

### 4.3. Sustentabilidade no consumo de energia elétrica nas edificações

A fim de avaliar a sustentabilidade no uso da eletricidade em cada um dos estabelecimentos, em uma atividade de aula, com a participação dos estudantes de ensino básico (9º ano e ensino médio), foram realizadas avaliações da potência consumida. Desse modo, foi verificada a quantidade de lâmpadas e equipamentos (computacionais, de climatização e outros), bem como as potências, tempo de uso e consumo médio mensal. Essa atividade foi desenvolvida nas aulas de Ciências e Matemática, com a intenção de integrar Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, como sugere o movimento STEM. A participação dos estudantes nessa etapa teve como propósito construir junto com eles as concepções de sustentabilidade energética.

Os dados coletados e registrados em tabelas por estudantes foram computados e apresentados na Tabela 2, a seguir. Os resultados demonstram que os equipamentos consomem parcela significativa da demanda, o que justifica a variação na produção de energia durante o período analisado, em razão da necessidade de uso nos equipamentos.

	Empreendimento A		Empreendimento B	
	kW/mês	Custo	kW/mês	Custo
Iluminação das salas	2330,9	1319,71	1382,4	782,64
Iluminação do ginásio	10,4	942,12	12	543,53
Demais consumos	3023,7	1711,95	1404,83	795,39

**Tabela 2** – Resultado da avaliação de consumo em cada escola  
**Fonte:** os autores.

### 4.4. Características do sistema fotovoltaico proposto

O sistema fotovoltaico é composto por geradores, inversor de corrente e acessórios (cabos, conectores, suporte e *String Box*). A seguir são apresentadas as características do material proposto para cada um dos estabelecimentos.

**Gerador fotovoltaico:** Módulos fotovoltaicos são compostos por células de silício policristalino, responsáveis pela transformação da luz do Sol em eletricidade, com eficiência de 18,1% na transformação da radiação solar em eletricidade. Para que o sistema atinja a capacidade de 45,9 kWp são necessários 135 módulos fotovoltaicos de 340 Watts no empreendimento A. E para 25,5 kWp são necessários 75 módulos fotovoltaicos de 340 Watts no empreendimento B. Os módulos possuem garantia de 10 anos contra defeito de fabricação e garantem produção por um período de 25 anos, com no mínimo 80% de eficiência.



**Figura 4** – Especificações do gerador  
**Fonte:** os autores, a partir do relatório do orçamento realizado junto à empresa fornecedora da tecnologia.

**Inversor de corrente:** Responsável por transformar a corrente contínua (CC) gerada no painel em corrente alternada (AC), para ser compartilhada com a rede elétrica convencional e uso na edificação. Para o projeto do empreendimento A, a opção da empresa foi o inversor marca A de 36 kW (Figura 5a), para tensão máxima de 1100 V, com alta velocidade, precisão no monitoramento e captação de energia. Com eficiência de 98%, é proporcionado 5 anos de garantia do fabricante.



**Figura 5** – Inversores de corrente contínua para corrente alternada.  
**Fonte:** os autores, a partir das informações da empresa fornecedora da tecnologia. Na figura a) o inversor proposto no estabelecimento A e na figura b) o inversor proposto no estabelecimento B

Para o projeto do estabelecimento B a opção da empresa foi um inversor marca B (Figura 5b), com características, eficiência e garantia, como no inversor do projeto anterior, porém com potência nominal de 20 kW, tensão de entrada de 320V e de saída 320V – 480V. A diferenciação pelo inversor ocorreu em razão da necessidade de potência instalada e viabilidade econômica, sugerindo marcas diferentes.

**Acessório para instalações:** Ambos os projetos sugerem cabos de 6 mm, específicos para ligar os painéis aos inversores, suporte para fixação dos módulos, sendo barras de alumínio ultra light, parafusos, terminais intermediários e finais.

#### 4.5. Tempo de retorno dos investimentos: payback e rentabilidade

O tempo de retorno do investimento em energia solar (payback) representa o tempo necessário para que ocorra o retorno dos investimentos iniciais. Foram considerados os custos de instalação do sistema e a economia mensalmente proporcionada com a energia gerada na usina solar fotovoltaica. Desse modo, o payback e rentabilidade do empreendimento A foi obtido considerando um investimento inicial de R\$ 142.655,42 e produção energética de 5462,10 kW/mês, aplicando o seguinte cálculo (Eq. 03 e 04):

$$\text{PAYBACK A (meses)} = \left[ \frac{(\text{R\$ } 142.655,42)}{\left(5462,10 \frac{\text{kW}}{\text{mês}} \times \text{R\$ } 0,57\right)} \right] \quad (3)$$

$$\text{e}$$

$$\text{Rentabilidade} = \left[ \frac{(\text{R\$ } 27.110,38)}{(\text{R\$ } 142.655,42)} \right] = 26\% \quad (4)$$

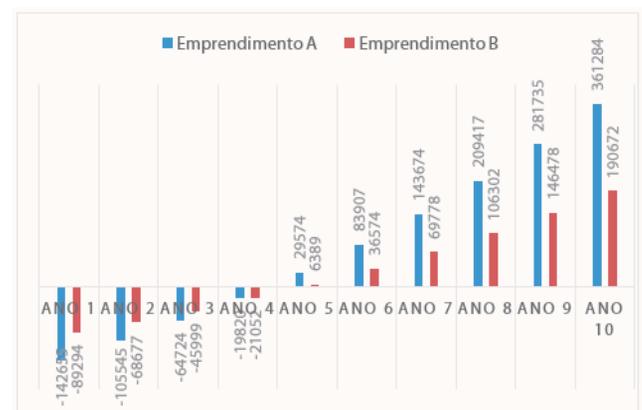
Desse modo a rentabilidade do sistema proposto no empreendimento A foi de 26%. E para o investimento B, onde o investimento inicial ficou em R\$ 89.293,98, para um sistema que gera 3034,50 kW/mês, o payback e rentabilidade do empreendimento também foi aplicado o mesmo cálculo (Eq. 05 e 06).

$$\text{PAYBACK B (meses)} = \left[ \frac{(\text{R\$ } 89.293,98)}{\left(3034,50 \frac{\text{kW}}{\text{mês}} \times \text{R\$ } 0,57\right)} \right] \quad (5)$$

$$\text{e}$$

$$\text{Rentabilidade} = \left[ \frac{\text{R\$ } 20.616,88}{(\text{R\$ } 89.293,98)} \right] = 23\% \quad (6)$$

Portanto, o investimento inicial do projeto A é significativamente maior que para o projeto B, porém durante o período de 4 anos ocorre o retorno do investimento para ambos os projetos. O gráfico (Figura 6) para o tempo de retorno demonstra que no quarto ano os projetos apresentam valores semelhantes a serem resgatados desde o investimento inicial. A tendência de recuperação maior do investimento do projeto A indica que tal projeto apresenta eficiência superior ao projeto B.



**Figura 6** – Tempo de retorno do capital investido no projeto  
**Fonte:** os autores.

No decorrer do período analisado essa tendência de eficiência demonstra ser significativamente maior no projeto A em relação ao projeto B. Cabe ressaltar que os valores utilizados para a obtenção do gráfico se referem ao retorno dos valores financeiros (em reais), para cada ano após a instalação do projeto, com base nos orçamentos e tarifas para junho de 2019. O tempo de retorno poderá obter variações, a partir de mudanças no custo dos equipamentos, mudanças nos valores tributários e demais encargos financeiros. Devido ao fato que a tecnologia utilizada nesse sistema ser importada e seus custos apresentados em moeda internacional (\$), é possível que haja oscilações ao longo do tempo.

## 5. CONCLUSÕES

Edificações para uso em hospitais, supermercados, prédios públicos e empreendimentos comerciais geralmente possuem grandes áreas de cobertura e alto consumo de energia elétrica, fatores que interferem significativamente na viabilidade de projetos fotovoltaicos. O estudo

objetivou analisar a viabilidade econômica do uso da energia solar fotovoltaica como alternativa de redução de custos nas faturas de energia elétrica em dois estabelecimentos públicos (escolas) localizados no município de Concórdia, Santa Catarina.

Nesse sentido, a pesquisa surge com a opção do uso da energia elétrica produzida por intermédio de fontes renováveis e infinitas, como a solar, a fim de contribuir para a sustentabilidade energética e econômica para os empreendimentos públicos (escolas). Essa possibilidade permite, ainda, promover junto aos estudantes de educação básica o uso sustentável de energia elétrica. Ações educacionais como essa podem oportunizar o desenvolvimento econômico de modo não linear, como sugere a economia circular.

Quanto ao estudo de caso nos empreendimentos contemplados na pesquisa, a análise de viabilidade econômica demonstrou ser viável à implantação da tecnologia, tanto no empreendimento A quanto no B. Cabe destacar que ao se tratar de instituição pública a energia é fornecida a valores subsidiados, ainda assim os resultados demonstraram que a instalação do sistema proposto pela empresa é viável. Para os cenários analisados, o tempo de retorno dos investimentos iniciais é inferior a cinco anos, somente considerando o custo da energia.

Por fim, conclui-se que a escolha da energia solar como fonte de energia elétrica pode diminuir os custos com o consumo de energia elétrica junto à concessionária e aumentar a sustentabilidade para os empreendimentos escolares, tornando-se uma opção para órgãos públicos. Ações desse tipo acabam proporcionando, em pouco tempo, economia em energia elétrica nos estabelecimentos educacionais e, conseqüentemente, ganhos para os cofres públicos e para uma educação em prol da sustentabilidade e preservação de recursos ambientais.

## REFERÊNCIAS

BIFFI, E.; REIS, M. A. F. **Estudo de viabilidade de usina solar fotovoltaica em posto de combustível na cidade de Ipumirim**. VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto. **Anais...Florianópolis: UFSC, 2019** Disponível em: <<http://ensu2019.paginas.ufsc.br/anais-ensu-2019/>>. Acesso em: 10 maio. 2019

CARVALHO, F. I. A. DE; ABREU, M. C. S. DE; CORREIA NETO, J. F. Financial Alternatives to Enable Distributed Microgeneration Projects With Photovoltaic Solar Power. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 18, n. 1, p. 120–147, fev. 2017.

DARK, M. L. A photovoltaics module for incoming science, technology, engineering and mathematics

undergraduates. **Physics Education**, v. 46, n. 3, p. 303–308, maio 2011.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, v. 143, n. January, p. 37–46, 2018.

MELO, A. G. et al. Development of a closed and open loop solar tracker technology. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 39, n. 2, p. 177, 15 maio 2017.

NAYAK, S. et al. Energy matrices analysis of hybrid PVT greenhouse dryer by considering various silicon and non-silicon PV modules. **International Journal of Sustainable Energy**, v. 33, n. 2, p. 336–348, 2014.

PAINES, P. DE A.; VIGNOCHI, L.; POSSAMAI, O. Simulação de sistema fotovoltaico para o setor comercial. **Exacta**, v. 16, n. 3, p. 17–30, 27 set. 2018.

REIS, M. A. F. **Efeito fotoelétrico na produção e transformação da luz: investigação do uso de uma proposta didática para o ensino de física em cursos de Engenharia**. Canoas: ULBRA, 2019.

REIS, M. A. F.; SERRANO, A. Pesquisa bibliográfica em historicidade, conceitos e contextos na produção e transformação da luz com a teoria quântica. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 3, p. 493–516, 2017.

SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R.; ZILLES, R. Uma oportunidade para o desenvolvimento da indústria fotovoltaica no Brasil: eletricidade solar para os telhados. **Parcerias Estratégicas (CGEE)**, v. 14, n. 28, p. 219–243, 2009.

SOUZA, A. C. G. DE; MACHADO, B. G. DE F. Sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração distribuídas: mecanismos de incentivos e perspectivas de expansão à luz da Resolução Normativa no 482 / 2012 da Aneel. **Caderno de Finanças Públicas**, v. 1, n. 16, p. 387–410, 2016.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5319-138X>

**MARI AURORA FAVERO REIS, Dra.** | Professora na Universidade do Contestado | Engenharia Civil | Concórdia, SC | Brasil | Correspondência para: R. Beira Rio, 48 – Bairro Jardim Tarumã, Xanxerê – SC, 89820-000 | E-mail: mariaurorafavero@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8153-5549>

**PAULO REIS JUNIOR, M.Sc.** | Engenharia de Produção Faculdades (2014) | Mestrado Profissional em Engenharia Civil, Sanitária e Ambiental (PMPECSA - UnC) | Professor na Universidade do Contestado | Engenharia Civil | Concórdia, SC | Brasil | Correspondência para: R. Beira Rio, 48 – Bairro Jardim Tarumã, Xanxerê – SC, 89820-000 | E-mail: sr.reis.paulo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4082-893X>

**DIRCEU LORIVALDO PERIN** | Graduação em Engenharia Civil na Universidade do Contestado. Licenciatura em Matemática, com pós-graduação em Educação Matemática (UnC). Professor de Matemática na Educação básica. | Correspondência para: dl-perin@bol.com.br

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

REIS, Mari Aurora Favero; REIS JUNIOR, Paulo; PERIN, Dirceu Lorivaldo. Sustentabilidade Energética em Escola Pública. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 37-44, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.37-44>.

**DATA DE ENVIO:** 10/10/2019

**DATA DE ACEITE:** 21/04/2020

# SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NOS SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO HOSPITALAR

*ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN HOSPITAL FOODSERVICES*

**BÁRBARA COSTA LUDUVICE** | UFS

**ANAXÁGORA CONCEIÇÃO SOUZA** | UFS

**LAYANNE NASCIMENTO FRAGA, M.Sc.** | USP

**IZABELA MARIA MONTEZANO DE CARVALHO, Dra.** | UFS

## RESUMO

No âmbito das Unidades de Alimentação e Nutrição Hospitalares (UANs) há produção de resíduos que são descartados durante a produção de refeições. Foi realizado um estudo transversal para levantamento das práticas de sustentabilidade de quatorze UANs hospitalares capital brasileira situadas na região Nordeste do País. Para tanto foi aplicado um questionário digital aos nutricionistas responsáveis pelas UANs, que abordou aspectos sobre gestão, controle no consumo de água, energia, prática de coleta seletiva de resíduos, descarte de óleos e gorduras, oferta de alimentos regionais com aquisição proveniente da agricultura familiar. Foi realizada análise estatística descritiva e calculadas as frequências simples e relativas, com auxílio do software Microsoft Excel, versão 2013. As unidades adotam algumas práticas sustentáveis, em relação ao planejamento e elaboração do cardápio respeitando a sazonalidade dos alimentos, assim como a utilização de alimentos regionais. Contudo outras questões consideradas relevantes como as constantes capacitações dos funcionários, coleta seletiva, entre outras ainda não são realizadas nestas unidades. Diante da avaliação, observou-se que as unidades apresentam aspectos favoráveis à sustentabilidade ambiental., nNo entanto, também foram identificadas práticas inadequadas à manutenção do ambiente, assim torna-se imprescindível a reformulação das condutas nesses locais, visando à minimização dos impactos ambientais.

**PALAVRAS CHAVE:** Desenvolvimento sustentável; Alimentação coletiva; Gestão ambiental; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

*With in the Hospital Food and Nutrition Units (UANs) there is waste production that is discarded during the production of meals. A cross-sectional study was conducted to survey the sustainability practices of fourteen Brazilian capital hospital UANs located in the Northeast. To this end, a digital questionnaire was applied to the nutritionists responsible for the UANs, which addressed aspects of management, control of water consumption, energy, the practice of selective waste collection, disposal of oils and fats, supply of regional food with purchase from family farmers. . Descriptive statistical analysis was performed and simple and relative frequencies were calculated, with the aid of Microsoft Excel software, version 2013. The units adopt some sustainable practices in relation to the planning and elaboration of the menu respecting the seasonality of foods, as well as the use of foods. regional However, other issues considered relevant such as the constant training of employees, selective collection, among others are not yet carried out in these units. Given the evaluation, it was observed that the units have favorable aspects for environmental sustainability, however, practices that were inappropriate to maintain the environment were also identified, so it is essential to reformulate the conducts in these places to minimize environmental impacts.*

**KEY WORDS:** Sustainable development; Collective feeding; Environmental management; Sustainability.



## 1. INTRODUÇÃO

A produção de resíduos e o consumo inconsciente e insustentável de produtos foram debatidos e começaram a sensibilizar várias áreas da sociedade. Nesse cenário, a Lei nº 12.305, de 2010, instituiu no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que inclui um conjunto de princípios, instrumentos, diretrizes, metas e ações que visam o gerenciamento e gerenciamento adequados dos resíduos (BRASIL, 2010; PORTO, 2017; CASTRO et al., 2015). A Organização das Nações Unidas (ONU) define o termo sustentabilidade como "desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades" (BARTHICHOTO; SPINELLI, 2013; VEIROS; PROENÇA, 2017; ONU, 2017).

Nesse contexto, a sustentabilidade surge como um conceito que deve ser inserido em todas as esferas que sofrem ações da atividade humana, pois em qualquer atividade, para o desenvolvimento de um produto ou serviço, podem ser gerados impactos ambientais (STRASBURG; JAHNO, 2017; SILVA et al., 2014).

Dentro destas esferas se encontra o setor de prestação de serviços de saúde, que inclui atendimento hospitalar. O número de instituições que prestam serviços de saúde vem se expandindo junto com o crescimento da população e, como outros setores de prestação de serviços, configuram-se como potenciais geradores de resíduos para o meio ambiente. Durante os cuidados hospitalares, são gerados vários tipos de resíduos, que incluem, entre outros, restos de comida e sobras produzidas durante a preparação e distribuição dos alimentos. Assim, as Unidades de Alimentação e Nutrição (UANs) localizadas nos hospitais aparecem como um elemento adicional à produção de resíduos no ambiente hospitalar (STRASBURG; JAHNO, 2017; SILVA et al., 2014; SOARES et al., 2016).

A produção de alimentos envolve uma série de etapas, desde o plantio até o preparo do produto final, envolvendo o uso de recursos ambientais para a elaboração desses processos e, conseqüentemente, a produção de resíduos (ONU, 2017; CASTRO et al., 2014). Mesmo após o ciclo concluído do preparo dos alimentos, ainda pode haver impactos ambientais devido ao descarte das sobras, bem como as embalagens e as substâncias utilizadas para higienização dos utensílios, equipamentos e instalações. Quando descartados incorretamente, resíduos diferentes podem causar danos ao meio ambiente (RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017; SANTOS, STRASBURG, 2016).

As UANs são grandes produtoras de diversos tipos de resíduos, mas os efeitos de sua liberação no meio ambiente podem ser estimulados por meio de práticas de

sustentabilidade ambiental. Assim, o nutricionista responsável por uma UAN, ao gerenciar, deve observar todos os processos realizados em cada etapa da produção de alimentos, como planejamento de cardápio, aquisição de matéria-prima, armazenamento, pré-preparo e preparo, buscando estratégias para reduzir uso de recursos naturais e produção de resíduos, de forma a preservar o meio ambiente, envolvendo também treinamento de funcionários e conscientização dos usuários (ONU, 2017; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017; ABREU; SPINELLI; PINTO, 2012; MAGRINI; BASSO, 2016; POSPISCHEK, SPINELLI; MATIAS, 2014; DIAS; OLIVEIRA, 2016).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as práticas de sustentabilidade ambiental realizadas em UANs hospitalares em uma capital da região Nordeste do Brasil, analisando todo o processo envolvido na produção de alimentos, desde a escolha de fornecedores para a aquisição de insumos, até a disposição das sobras do consumidor final.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal, com base em um levantamento inicial de todas as Unidades de Alimentação e Nutrição Hospitalar da cidade de Aracaju / SE e região metropolitana, que totalizam aproximadamente 1 milhão de habitantes. Uma vez acordada a participação na pesquisa, foi aplicado um questionário digital aos nutricionistas responsáveis pelas UANs, adaptado de Martins (2017), composto por 60 perguntas para as práticas de sustentabilidade. As perguntas são divididas em 4 sessões, de acordo com os detalhes abaixo:

- a) Características gerais dos restaurantes coletivos: dados sobre a operação do restaurante (modelo de gestão adotado, número de funcionários, dias de operação, número de alimentos servidos por dia e forma de distribuição dos alimentos);
- b) Características dos equipamentos e instalações dos restaurantes coletivos: tipos de equipamentos, realização de manutenção preventiva e modelos das torneiras e lâmpadas predominantes no restaurante;
- c) Práticas de sustentabilidade ambiental de restaurantes coletivos: presença de programas ou certificação ambiental, realização de programas contra resíduos, realização de coleta seletiva, destinação final de resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e óleo de fritura;
- d) Características específicas da sustentabilidade ambiental no processo de produção de alimentos: planejamento de cardápio, uso de alimentos regionais, alimentos sazonais, critérios para aquisição de alimentos, procedimentos para recepção e condicionamento

de carnes, frutas e legumes, acompanhamento de quantidades per capita, procedimento de degelo, métodos de cozimento, controle do restante e sobras.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (nº 2.412.742 / 2017).

As coletas ocorreram no período de agosto a dezembro de 2017 e os dados foram organizados com auxílio do software Microsoft Office Excel, versão 2013. Foram realizadas análises estatísticas descritivas e calculadas as frequências relativa e absoluta. Os serviços de alimentação foram agrupados de acordo com o sistema de gestão (autogestão ou terceirização) e as ações de sustentabilidade foram analisadas de acordo com esse parâmetro, com a ajuda do teste exato de Fisher. Foi utilizado o software Sigma Plot (versão 12.0), adotando-se o valor de  $p < 0,05$  para significância estatística.

### 3. RESULTADOS

Inicialmente, foram verificadas 16 instituições, enquanto a amostra final foi composta por 14 instituições hospitalares. As UANs dessas instituições são classificadas como de pequeno, médio e grande porte (SANT'ANA, 2012; HARMON; GERALD, 2007), operando diariamente por 24 horas. A tabela 1 mostra os dados do sistema de gestão, número de funcionários e alimentos produzidos nas unidades.

Caracterização das unidades	n	%
<b>Sistema de gerenciamento</b>		
<i>Autogestão</i>	8	57,1
<i>Terceirizada</i>	6	42,9
<b>Nº de refeições servidas por dia</b>		
<i>1 - 500 refeições (pequeno porte)</i>	7	50,0
<i>501 - 1000 refeições (médio porte)</i>	5	35,71
<i>1001 - 4000 refeições (grande porte)</i>	1	7,1
<b>Número de funcionários</b>		
<i>1 - 40 funcionários</i>	10	71,4
<i>41 - 80 funcionários</i>	3	21,4
<i>81 - 160 funcionários</i>	1	7,1
<b>Forma de distribuição</b>		
<i>Porcionado por funcionario</i>	10	71,4
<i>Misto (self service e porcionado por funcionário)</i>	4	28,6

**Tabela 1** - Caracterização das unidades quanto, ao sistema de gerenciamento, porte, número de funcionários e refeições produzidas por dia, Aracaju/SE, 2018.

Fonte: Autores

As práticas de sustentabilidade relacionadas aos equipamentos e instalações das unidades avaliadas estão descritas na Tabela 2.

Quando os nutricionistas foram questionados por qual motivo a manutenção preventiva do equipamento não foi realizada, foram relatados problemas em relação aos equipamentos de manutenção, como o déficit de pessoal específico para esse serviço e a manutenção apenas para fins de conserto.

Equipamentos e instalações	N	%
<b>Número de equipamentos</b>		
<i>1 - 10 equipamentos</i>	2	14,3
<i>11 - 20 equipamentos</i>	8	57,1
<i>21 - 30 equipamentos</i>	4	28,6
<b>Manutenção preventiva dos equipamentos</b>		
<i>Sim</i>	9	65,3
<i>Não</i>	5	35,7
<b>Torneiras</b>		
<i>Acionamento mecânico (pedal)</i>	1	7,1
<i>Temporizador (botão)</i>	1	7,1
<i>Manual</i>	12	85,7
<b>Iluminação</b>		
<i>Fluorescente</i>	13	92,9
<i>Halogênio com refletor</i>	1	7,1
<b>Ar condicionado na produção</b>		
<i>Sim</i>	1	7,1
<i>Não</i>	13	92,9

**Tabela 2** - Caracterização geral dos equipamentos e instalações das Unidades de Alimentação e Nutrição hospitalares de Aracaju/SE, 2018.

Fonte: Autores

As práticas gerais de sustentabilidade foram organizadas de acordo com o modelo de gestão de serviços de alimentação (autogestão ou terceirização) e são apresentadas na Tabela 3. Foram analisadas questões relacionadas a certificados, treinamento, coleta seletiva e descarte de óleo. Na presente amostra, o modelo de gestão não mostrou relação com a adoção ou não de práticas gerais para a sustentabilidade ( $p > 0,05$ ).

Uma única UAN relaciona algum tipo de certificação ambiental, mas não informada. Dois nutricionistas qualificados em relação à sustentabilidade, as questões mais citadas foram o uso integral de alimentos, controle de resíduos, consumo consciente de água e energia, destino adequado de óleos e gorduras e coleta seletiva. As fontes alternativas de energia citadas foram a luz natural e o gerador de energia. As unidades que afirmaram

desenvolver algum tipo de programa sobre desperdício de água e energia reportarão que ocorreram por meio de treinamento, orientação e alertas em locais específicos. Entre as unidades onde não havia tipo de programa, a justificativa era que a iniciativa nunca foi tomada; nunca houve cobrança pela parte administrativa; ou porque outras demandas são priorizadas.

Das instituições que relataram não realizar a coleta seletiva, foi perguntado o motivo, e foi relatado que o número restrito de funcionários dificulta a realização da coleta seletiva, bem como a falta de treinamento do equipamento para essa função. A difícil relação entre a alta administração e o nutricionista também é um fator que não contribui para a coleta, uma vez que, em alguns locais, os resíduos são separados, mas, por pertencerem a instituições maiores, não têm controle sobre destino final dos seus resíduos.

Em relação às características do cardápio, aquisição e armazenamento de matérias-primas, a Tabela 4 mostra os resultados encontrados.

Entre as instituições avaliadas, todas reportarão respeito à sazonalidade dos alimentos, bem como ao uso de alimentos regionais, durante o planejamento do cardápio. Os nutricionistas que afirmam não usar a ficha técnica de preparação relatarão que o processo de implementação estava em andamento, reivindicando a alta rotatividade no cargo como um fator limitante para a implementação deste instrumento de controle.

Práticas de sustentabilidade ambiental em UANs hospitalares	Gerenciamento		p*
	Autogestão	Terceirizada	
	8(57,14%)	6(42,86%)	
<b>Certificação ambiental</b> (a unidade possui algum programa ou certificação ambiental)	Sim 12,50%	Sim 0,00%	1,00
<b>Treinamento sobre sustentabilidade/ responsável</b> (o responsável recebeu algum treinamento em sustentabilidade ambiental direcionado a produção de refeições)	Sim 50,00%	Sim 16,66%	1,00
<b>Treinamento sobre sustentabilidade/ funcionários</b> (funcionários da unidade receberam treinamento em sustentabilidade ambiental direcionado a produção de refeições)	Sim 12,50%	Sim 16,66%	1,00
<b>Fonte alternativa de energia</b>	Sim 12,50%	Sim 16,66%	1,00
<b>Programa Contra desperdício</b> (a unidade possui algum programa sobre o desperdício de água e energia)	Sim 62,50%	Sim 33,33%	1,00
<b>Coleta seletiva</b>	Sim 62,50%	Sim 16,66%	1,00

<b>Destino de resíduos orgânicos</b> (são separados e transportados adequadamente)	Sim 50,00%	Sim 33,33%	1,00
<b>Destino de recicláveis</b> (são separados e transportados adequadamente)	Sim 50,00%	Sim 66,66%	1,00
<b>Óleo para frituras</b> (é realizado descarte adequado)	Sim 75,00%	Sim 66,66%	1,00

\*Teste exato de Fisher

**Tabela 3** - Associação Tabela 3. Associação entre práticas de sustentabilidade ambiental e o tipo de gerenciamento UANs hospitalares do estado de Sergipe.

Fonte: Autores

Durante a aquisição de alimentos, as unidades que declararem não adquirir alimentos da agricultura familiar declararão que o processo de aquisição de insumos ocorre por meio de licitações, que têm o menor preço prioritário ou que o processo de compra é realizado pela empresa-mãe e não pelo nutricionista. Em relação à alta quantitativa da não aquisição de gêneros orgânicos e agroecológicos, justificou-se que o alto valor desses produtos dificulta o processo de compra.

O recebimento dos suprimentos ocorre em 78,6% das unidades, com a realização de uma conferência do recibo de compra, inspeção das condições de entrega e do veículo, padronização da temperatura e características dos produtos, como integridade da embalagem, data de validade e selo de inspeção.

Em todas as instalações, a recepção de frutas e verduras ocorre em sua forma natural, sendo que em 78,6% dos casos esses gêneros são armazenados sob refrigeração e o restante dos alimentos armazenados em temperatura ambiente. As carnes são armazenadas sob congelamento em todas as unidades. O acompanhamento dos resíduos pelos clientes, da quantidade per capita de alimentos e do fator de correção alimentar, quando não realizado, foi justificado por fatores como a falta de iniciativa por parte dos nutricionistas, devido à falta de funcionários ou porque o processo estava em processo de implementação.

Práticas	n	%
<b>Planejamento de cardápios</b>		
<b>Nutricionista</b>	13	92,9
<b>Empresa</b>	1	7,1
<b>Utilização de ficha técnica de preparação</b>		
<b>Sim</b>	11	78,6
<b>Não</b>	3	21,4
<b>Aquisição de alimentos orgânicos</b>		
<b>Sim</b>	4	28,6
<b>Não</b>	10	71,4

Aquisição proveniente da agricultura familiar		
<i>Sim</i>	3	21,4
<i>Não</i>	11	78,6
Monitoramento per capita e fator de correção		
<i>Sim</i>	10	71,4
<i>Não</i>	4	28,6
Recebimento de carnes		
<i>Congeladas</i>	11	78,6
<i>Refrigeradas</i>	3	21,4
Frequência de recebimento de carnes		
<i>Diária</i>	1	7,1
<i>Semanal</i>	13	92,9
Recebimento de frutas e verduras		
<i>Diária</i>	1	7,1
<i>2x/semana</i>	4	28,6
<i>3x/semana</i>	9	65,3
Descongelamento de alimentos		
<i>Temperatura ambiente</i>	4	28,6
<i>Refrigeração</i>	9	65,3
<i>Temperatura controlada (hotbox)</i>	1	7,1
Monitoramento desperdício		
<i>Sim</i>	7	50,0
<i>Não</i>	7	50,0
Reutilização de sobras		
<i>Sim</i>	8	57,1
<i>Não</i>	6	42,9

**Tabela 4** - Características específicas de sustentabilidade no processo de produção das refeições em Unidades de Alimentação e Nutrição hospitalares de Aracaju/SE, 2018.  
**Fonte:** Autores

#### 4. DISCUSSÃO

As UANs avaliadas adotam pelo menos algum tipo de prática sustentável, pois foi possível observar em relação ao planejamento e elaboração dos cardápios, que respeite a sazonalidade dos gêneros, bem como o uso de alimentos regionais nesse processo. No entanto, práticas de sustentabilidade de considerável relevância, como o treinamento rotineiro dos funcionários e a coleta seletiva, ainda não são realizadas na maioria das unidades.

Grande parte das instituições avaliadas relatou realizar a manutenção preventiva do equipamento periodicamente. Esse é um fator de extrema importância para a redução dos impactos ambientais, uma vez que a manutenção adequada pode levar a uma redução de 25 a 60% no consumo de energia dos equipamentos (VEIROS; PROENÇA, 2010; HARMON; GERALD, 2007; FLÔRES; KINASZ, 2015).

As instalações das unidades avaliadas são em sua maioria torneiras de uso manual, mais suscetíveis a vazamentos

e vazamentos de água e, portanto, devem conter redutores de vazão com a intenção de reduzir o consumo de água (HARMON; GERALD, 2007; FLÔRES; KINASZ, 2015).

O estudo mostra que uma torneira vazando pode desperdiçar até 46 litros de água por dia, o que no final de um mês resulta em 1.380 litros de água desperdiçada, demonstrando a importância de manter as instalações hidráulicas dos estabelecimentos (SABESP, 2018). Por outro lado, a iluminação da maioria das UANs é feita por meio de lâmpadas fluorescentes, que são eficientes, não produzem calor e permitem a distribuição adequada da luz no ambiente. Apesar disso, recomenda-se o uso máximo da iluminação natural, prática que nem sempre foi observada nas instalações investigadas (( DDIAS; OLIVEIRA, 2016; FLÔRES; KINASZ, 2015).

Entre as unidades avaliadas, 71,4% não apresentaram nenhum tipo de certificação ambiental e, quando afirmaram possuir, não foi identificado qual era o tipo de certificação. Este documento é uma forma de garantir ao consumidor a existência de práticas sustentáveis em um determinado estabelecimento. Certificações ambientais são fornecidas a empresas ou instituições que, durante o desempenho de suas atividades, respeitam os requisitos legais de produção sustentável (ONU, 2017; SEBRAE, 2015). Essas certificações regulam e garantem que o produto ou serviço foi preparado cuidando do equilíbrio e proteção ambiental, prevenindo a poluição e as consequências que esses processos podem gerar sobre o meio ambiente (SEBRAE, 2015; ALONSO-ALMEIDA, 2012).

Embora quase metade das UANs (42,9%) pratique práticas de coleta seletiva, na maioria dos casos os resíduos separados não são alocados adequadamente de acordo com o tipo de material. Os resíduos gerados por uma UAN são em geral papel, papelão, metais, vidro, equipamentos e resíduos de alimentos, sendo estes últimos gerados em maior quantidade. Sabe-se que o lixo orgânico é uma das principais fontes de impactos ambientais, uma vez que o rejeito da decomposição carrega grande quantidade de matéria orgânica, microorganismos, metais pesados e outras substâncias nocivas ao meio ambiente a curto, médio e longo prazo (CASTRO et al., 2015; SANTOS; STRASBURG, 2016). Entre as estratégias para minimizar os efeitos desses resíduos estão a redução da fonte geradora, reciclagem e compostagem e o depósito em instalações de combustível e saneamento. Entretanto, para que esses processos sejam realizados de forma eficaz, é necessário que o processo de coleta seletiva seja gerado corretamente e completamente (HARMON; GERALD, 2007; FLÔRES; KINASZ, 2015). Barthichoto et al. (2013) relataram que, em um total de 32 restaurantes comerciais, apenas 25% realizaram qualquer procedimento para separação de resíduos.

Mesmo na geração de resíduos orgânicos, o óleo de cozinha é um dos elementos de maior preocupação ambiental, visto que, quando despejados inadequadamente em pias ou esgotos, podem entupir os canos, causando sérios problemas. Além disso, estudos indicam que, ao final do processo de esgotamento, quando no tratado, apenas um litro de óleo de cozinha que chega ao corpo d'água é capaz de contaminar cerca de um milhão de litros de água, prejudicando significativamente a vida marinha e fluvial, está configurada como fonte de desequilíbrio ambiental. Na maioria das unidades avaliadas, os óleos e gorduras são descartados corretamente, ou seja, coletados e destinados à produção de sabão, geralmente em associação com empresas da região, o que contribui para a economia local. (SOARES et al., 2016; CASTRO et al., 2014; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017; ALONSO-ALMEIDA, 2012; MARQUES; MARQUES, 2017).

Em relação às práticas de sustentabilidade inerentes às atribuições do nutricionista, o Conselho Federal de Nutricionistas (CFN, 2005) define que, para ser considerado sustentável, o planejamento de cardápios deve cuidar da aquisição de alimentos originários da agricultura familiar, além do uso comida regional e respeito à sazonalidade dos gêneros. Tais práticas, além de proporcionar o uso de alimentos de melhor qualidade nutricional, contribuem para promover sistemas de produção mais sustentáveis e também incentivam a redistribuição de renda aos agricultores familiares (ONU, 2017; DIAS; OLIVEIRA, 2016; FLÔRES; KINASZ; MOTA et al., 2017; FERIGOLLO et al., 2017; ALAMAR et al., 2018).

Entre as UANs investigadas, a maioria (78,6%) afirmou que não compra alimentos da agricultura familiar, uma preocupação preocupante, não um incentivo atual para a prática dessa prática. nos processos de planejamento e execução dos menus. Apesar de ter sido a maioria, ainda existe uma porcentagem considerável de locais onde essa ferramenta não é utilizada, dado que chama a atenção, uma vez que o FTP é um recurso que ajuda o nutricionista a manter o padrão, a qualidade e a qualidade. características das preparações do menu.

Além disso, esse instrumento de gestão colabora com a estimativa dos insumos quantitativos para a lista de compras e a previsão do desempenho dos preparativos. Estima-se que cerca de um terço de todos os alimentos produzidos no mundo sejam perdidos ou desperdiçados, e as ações e o controle das quantidades per capita e da gordura de correção (informações contidas no FTP) aumentam a precisão da produção cardápios diários e evitar a superestimação da quantidade produzida e, conseqüentemente, as sobras geradas (ABREU; SPINELLI; PINTO, 2012; SOUZA; MARSI, 2016; FRANKLIN et al., 2016; SABINO; BRASILEIRO; SOUZA, 2016).

Em relação às práticas de degelo, a maioria das unidades relatou realizar esse processo sob refrigeração, sendo considerada uma prática que, quando executada corretamente, combina sustentabilidade e segurança nutricional e microbiológica, uma vez que não envolve o uso de água corrente. A literatura apresenta diferentes práticas de degelo seguro, como o uso de câmaras ou refrigeradores a 4 °C; o uso de forno de convecção ou microondas; imersão em água com temperatura abaixo de 21°C por quatro horas e manutenção subsequente à temperatura ambiente, controlada localmente e livre de contaminação até a superfície atingir 3°C; entre outros (BARTHICHOTO; MATIAS; SPINELLI, 2013; ONU, 2017).

No caso da sustentabilidade, é essencial que o nutricionista conheça seu papel no meio ambiente, participando como peça fundamental para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Em pesquisa realizada com 193 nutricionistas, Naves e Recine (2014) identificou que as principais dificuldades na realização de práticas sustentáveis na produção de alimentos seriam falta de tempo, recursos financeiros e falta de conhecimento sobre o assunto. Esses fatores podem refletir um possível fracasso na formação profissional, bem como a escassez de especializações e cursos que abordam a sustentabilidade. Dessa forma, os nutricionistas devem procurar qualificação em relação ao assunto, e aqueles que recebem esse treinamento devem revisá-los para equipes de trabalho na forma de treinamento e treinamento constantes (MAGRINI; BASSO, 2016; FERIGOLLO et al., 2017; NAVES; RECINE, 2014).

O nutricionista é o profissional que representa o elo entre a sociedade e o sistema alimentar, uma vez que conhece as necessidades e demandas do consumidor de alimentos e todo o percurso desses alimentos em seu sistema. Assim, cabe ao nutricionista exercer apoio constante e definir estratégias para a redução da geração de resíduos, energia elétrica e água. Tais atitudes invariavelmente envolvem o treinamento das equipes envolvidas na produção de alimentos e a conscientização dos usuários dos serviços de alimentação (BARTHICHOTO; MATIAS; SPINELLI, 2013; NAVES; RECINE, 2014; REIS; FLÁVIO; GUIMARÃES, 2015).

## 5. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que as instituições avaliadas realizam algum tipo de prática sustentável, destacando-se: uso de alimentos produzidos na região e adaptação à sazonalidade de cada alimento, uso de iluminação eficiente, descarte adequado de óleo de cozinha, utilização de dados técnicos de preparação, acompanhamento dos restos

mortais pelos clientes e degelo de alimentos sem o uso de água corrente. Enquanto isso, com a adoção dessas práticas pela maioria das UANs, existem muitos outros comportamentos que são extremamente importantes para a sustentabilidade e devem ser implementados nessas instituições. Para tanto, é necessário que os nutricionistas responsáveis, juntamente com os gestores das instituições, busquem mais treinamentos que abordem esse tema, uma vez que ainda é pouco explorado, apesar da importância para o meio ambiente e para as gerações futuras. É necessário que a adoção dessas práticas nas unidades se torne algo rotineira e fácil de aplicar, tanto na experiência do nutricionista quanto dos colaboradores.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, E.S.; SPINELLI, N.G.N.; PINTO, A.M.P. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição**: um modo de fazer. 2. ed. São Paulo: Metha, 2012.
- ALAMAR, M.C. et al. Minimising food waste: a call for multidisciplinary research. **Journal Science Food Agriculture**, v. 98, n.1, p. 8-11. 2018.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28963720>.
- ALONSO-ALMEIDA, M.M. et al. Reasos for implementing certified quality systems and impact on performance: na analysis of the hotel indutry. **The Service Industries Journal**, v.32, p.919-936.2012.[https://www.researchgate.net/publication/254266294\\_Reasons\\_for\\_implementing\\_certified\\_quality\\_systems\\_and\\_impact\\_on\\_performance\\_An\\_analysis\\_of\\_the\\_hotel\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/254266294_Reasons_for_implementing_certified_quality_systems_and_impact_on_performance_An_analysis_of_the_hotel_industry)
- BARTHICHOTO, M.; MATIAS, A.C.G.; SPINELLI, M.G.N. Responsabilidade ambiental: perfil das práticas de sustentabilidade desenvolvidas em unidades produtoras de refeições do bairro de Higienópolis. **Revista eletrônica**, v.14, n.1, p.1-12. 2013.<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1680>
- BRASIL. Presidência da República. Casa Cível. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2010.
- BRASIL. CFN- Conselho Federal de Nutricionistas (BR). Resolução CFN nº 380/2005. **Dispõe sobre a definição das áreas de atuação do nutricionista e suas atribuições, estabelece parâmetros numéricos de referência, por área de atuação, e dá outras providências**. 2005.
- CASTRO, R.R. et al. Management of heathcare waste in a small hospital. **Revista Rene**, v. 15, p. 860-868. 2014.[https://www.researchgate.net/publication/287705035\\_Management\\_of\\_healthcare\\_waste\\_in\\_a\\_small\\_hospital](https://www.researchgate.net/publication/287705035_Management_of_healthcare_waste_in_a_small_hospital)
- CASTRO, S.; SILVA, K.G.; SPINELLI, M.G.N.; MATIAS, A.C.G. Sustentabilidade ambiental em unidades produtoras de refeições da região central do município de São Paulo. **Revista Simbio-Logias**, v.8, p. 1-13. 2015.
- DIAS, N.A.; OLIVEIRA, A.L. Sustentabilidade nas unidades de alimentação e nutrição: desafio para o nutricionista do século XXI. **Revista de Higiene Alimentar**, v.30,p. 254-255. 2016.
- FERIGOLLO, D. et al. Products purchased from family farming for school meals in the cities of Rio Grande do Sul. **Revista de Saúde Pública**, v.51, n.6, p. 1-15. 2017. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102017000100205](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102017000100205)
- FLÔRES, T.M.; KINASZ, T.R. **Cartilha para o desenvolvimento de práticas de sustentabilidade em restaurantes comerciais**. Brasília. 2015.
- FRANKLIN, T. et al. Segurança alimentar, nutricional e sustentabilidade no restaurante universitário. **Saúde. Com**,v.12, n.1, p. 482-487. 2016.<http://periodicos2.uesb.br/index.php/rsc/article/view/396>
- HARMON, A.H.; GERALD, B.L. Position of the American Dietetic Association: food and nutrition professionals can implement practices to conserve natural resources and support ecological sustainability. **Journal of the American Dietetic Association**, v.107, p. 1033-1043.2007.<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17571455>
- MAGRINI, L.N.; BASSO, C. Práticas Sustentáveis em Serviço de Alimentação Hospitalar. **Ciências da Saúde**, v.17, n.2, p.257-265. 2016.<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/2034>
- MARQUES, E.C.; MARQUES, R.C. Roteiro para sustentabilidade na produção de refeições. **Higiene alimentar**, v.31, n.266, p.140-144.2017.<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-833501>
- MARTINS, A.M. **Sustentabilidade ambiental em Unidades de Alimentação e Nutrição coletivas de Santa Catarina**. 2017. 161f. (Dissertação de Mestrado em Nutrição). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- MOTA, E.B. et al. Metodologia de avaliação de cardápio sustentável para serviços de alimentação. **Hollos**, v.4, p. 1-14. 2017.<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5428>
- ONU- Organização das Nações Unidas. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. **Development**

**and International Cooperation:** Environment. 2017.

NAVES, C.C.D.; RECINE, E. Atuação profissional do nutricionista no contexto da sustentabilidade. **Demetra**, v.9, n.1. p. 121-136. 2014.<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/view/6246>

PORTO, P.F. **A sustentabilidade ambiental nos serviços de alimentação:** o caso aplicado ao Restaurante da Universidade Federal do Maranhão. 2017. 81 p. Dissertação (Mestrado em Energia e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís.

POSPISCHEK, V.S.; SPINELLI, M.G.N.; MATIAS, A.C.G. Avaliação de ações de sustentabilidade ambiental em restaurantes comerciais localizados no município de São Paulo. **Demetra**, v.9, n.2, p. 595-611. 2014.<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/view/8822>

REIS, H.F.; FLÁVIO, E.F.; GUIMARÃES, R.S.P. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de uma unidade de alimentação e nutrição hospitalar de Montes Claros, MG. **Revista Unimontes Científica**, v.17, n.2, p.1-14. 2015.<http://www.ruc.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/369>

RIBEIRO, H.; JAIME, P.C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p.185-198. 2017.[scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142017000100185](http://scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100185)

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.** Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura da Sabesp. 2018.

SABINO, J.B.; BRASILEIRO, N.P.M.; SOUZA, L.T. Pesquisa de resto-ingesta em uma unidade de alimentação e nutrição hospitalar de Teófilo Otoni – MG. **Higiene Alimentar**, v.30, p.260-261. 2016.

SANT'ANA, H.M.P. **Planejamento físico-funcional de unidades de alimentação e nutrição.** (1º ed). Editora Rubio. 2012.

SANTOS, A.V.; STRASBURG, V.J. Caracterização e análise dos resíduos de embalagem gerados na produção de refeições de um hospital público de Porto Alegre, RS. **Estudo e Debate em Gestão e Planejamento**, v. 23, p. 296-310. 2016.<http://univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/1154>

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Certificação ambiental.** 2015.

SILVA, R.C. et al. Coleta e destinação final dos resíduos dos serviços de saúde hospitalar no estado do Paraná. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.7, n.3, p.644-658. 2014. <https://www.uninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/>

[view/424](#)

SOARES, S.G.A. et al. Responsabilidade socioambiental no contexto hospitalar: Revisão integrativa. **Revista de Enfermagem**, 2016; 10(11):4118-4125. 2016.<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaenfermagem/article/view/11499/13366>

SOUZA, L.V.; MARSINI, T.C.O. Importance of technical in UANs: production and costs preparations/meals. **Health Science Institute**, v.33, n. 3, p. 248-53. 2016. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-2288>

STRASBURG, V.J.; JAHNO, V.D. Paradigmas das práticas de gestão ambiental no segmento de produção de refeições no Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.2, p. 3-12. 2017.[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522017000100003&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S141341522017000100003&script=sci_abstract&lng=pt)

VEIROS, M.B.; PROENÇA, R.P.C. Princípios de sustentabilidade na produção de refeições. **Nutrição e ecologia**, p. 2-6. 2010.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0234-374X>

**BARBARA COSTA LUDUVICÉ** | Universidade Federal de Sergipe, Graduada em Nutrição, São Cristóvão, SE - Brasil | Endereço: Rua Dr. Osório de Araújo Ramos, 300, cond. Solar da Praia, ap. 304 - bairro 13 de Julho, Aracaju-SE, 49020700 | e-mail: [barbaraluduvicé26@gmail.com](mailto:barbaraluduvicé26@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5247-1635>

**ANAXÁGORA CONCEIÇÃO DE SOUZA** | Pós-graduada em nutrição Clínica e Esportiva. Universidade Tiradentes. Nutrição. Aracaju, SE - Brasil. | Endereço: Rua Existente, 189 - Santa Lúcia, Aracaju-SE, 49096-261. | e-mail: [naghy.nutri@hotmail.com](mailto:naghy.nutri@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3208-5048>

**LAYANNE NASCIMENTO FRAGA, M.Sc.** | Universidade Federal de Sergipe, Mestre em Ciência da Nutrição, São Cristóvão, SE - Brasil | Endereço: Avenida Corifeu de Azevedo Marques, 1284, bairro Butantã, São Paulo-SP. CEP:05339-001 | e-mail: [layanne.net@hotmail.com](mailto:layanne.net@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1680-3137>

**IZABELA MARIA MONTEZANO DE CARVALHO, Dra.** | Universidade Federal de Viçosa, Doutora em Bioquímica Agrícola, Viçosa | Endereço: Departamento de Nutrição, Avenida Marechal Rondon, S/N - Rosa Elze, São Cristóvão - SE, 49100-000 | e-mail: [i.montezano.c@gmail.com](mailto:i.montezano.c@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

LUDUVICÉ, Bárbara Costa; SOUZA, Anaxágora Conceição; FRAGA, Layanne Nascimento; CARVALHO, Izabela Maria Montezano de. Sustentabilidade Ambiental nos Serviços de Alimentação Hospitalar. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 45-54, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.45-54>.

**DATA DE ENVIO:** 29/10/2019

**DATA DE ACEITE:** 19/05/2020



# NBR 15575, ADEQUAÇÃO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

*NBR 15575, ENVIRONMENTAL SUITABILITY AND PERFORMANCE EVALUATION*

**ALDO RIBEIRO DE CARVALHO** | UFJF

**VITOR DIAS LOPES NUNES** | UFJF

**DIANA FIORI RUBIM** | UFJF

**MARIA APARECIDA STEINHERZ HIPPERT, Dra.** | UFJF

## RESUMO

A NBR 15575 entrou em vigor em 2013 e pode ser considerada uma oportunidade de melhoria da qualidade das habitações brasileiras, representando um avanço em seus aspectos ambientais, sociais e econômicos. Tendo em vista a relevância da norma para a construção civil e o impacto ambiental dessa indústria, o presente trabalho tem por objetivo identificar e analisar, com base nos estudos que vem sendo realizados sobre a norma de desempenho brasileira, aqueles que relacionam a norma de desempenho à adequação ambiental, bem como a comparação com normas de desempenho de outros países e selos de certificação ambiental, de maneira a identificar a contribuição dos aspectos ambientais da NBR 15575 a serem considerados nas edificações habitacionais, além de fomentar discussões sobre adequação ambiental e a norma de desempenho. Para isso, utilizou-se como metodologia de pesquisa a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) abrangendo o período de 2008 a 2018. Como principais resultados identifica-se, no âmbito da NBR 15575, estudos que tratam do uso de materiais inovadores para redução do impacto ao meio ambiente e aumento o desempenho da edificação, além da identificação das barreiras que dificultam o empreendimento de serem sustentáveis. Além disso, ao comparar a norma brasileira com outros documentos, verificou-se a distinção entre a forma de divulgação e aplicação dos sistemas avaliativos, os critérios e exigências entre os documentos, as dificuldades de aplicação e a existência de fiscalização para o cumprimento dos códigos. Tem-se como contribuição uma maior divulgação da NBR 15575, seus aspectos ambientais, e aumento da discussão e conhecimento sobre o tema.

**PALAVRAS CHAVE:** NBR 15575; Desempenho; Certificação Ambiental; Adequação Ambiental

## ABSTRACT

*NBR 15575 came into force in 2013 and can be considered as an opportunity to improve the quality of Brazilian housing, representing an advance in its environmental, social, economic aspects. Given the relevance of the standard for civil construction and the environmental impact of this industry, this paper aims to identify and analyze, based on studies that are being conducted on the Brazilian performance standard, those that relate the performance standard environmental adequacy, as well as the comparison with performance standards of other countries and environmental certification seals, in order to identify the contribution of the environmental aspects of NBR 15575 to be considered in housing buildings, in addition to fostering discussions about environmental adequacy and the standard of performance. For this, it was used as research methodology the Systematic Literature Review (SLR) covering the time period from 2008 to 2018. The use of keywords and search criteria made it possible to compile the works on NBR 15575 and among them to highlight those related to Environmental Adequacy to the comparative with environmental stamps and codes from other countries. As main results, it is identified, within the scope of NBR 15575, studies that deal with the use of innovative materials to reduce the impact to the environment and increase the performance of the building, in addition to the identification of barriers that hinder the enterprise to be sustainable. In addition, when comparing*



*the Brazilian standard with other documents, a distinction was noticed between the form of disclosure and application of the evaluation systems, the criteria and requirements of the documents, the difficulties of application, and the existence of inspection for compliance codes. The contribution is made of a greater dissemination of NBR 15575, its environmental aspects, and an increase in the discussion and knowledge on the subject.*

**KEY WORDS:** *NBR 15575; Performance; Environmental Certification; Environmental suitability*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil possui relação direta com o desenvolvimento econômico e social das cidades, no entanto, gera impactos ambientais em larga escala. Ela é responsável por aproximadamente 35% dos resíduos sólidos gerados no mundo e o descarte irregular desses materiais é uma prática comum e crescente que gera impactos no meio ambiente e na sociedade, como o uso e ocupação irregular do solo e a poluição de mananciais (DUAN; LI, 2016; WANG *et al*, 2018; MAUÉS *et al*, 2020). A construção civil é responsável ainda por um grande consumo de água, seja na fabricação de insumos utilizados ou no canteiro de obra, além de despende quantidade de energia apreciável (ZHU *et al*, 2019; SOUZA; GHISI, 2020).

A fim de reduzir a degradação ambiental promovida por esse setor produtivo, é necessária a implantação de conceitos de gestão ambiental, através de objetivos bem definidos, os quais devem ser alcançados pelo empreendimento. Como resultado, serão obtidas obras mais racionais, eficientes e edificações com maiores níveis de desempenho (REZENDE; BRITO; FREITAS, 2017).

Nesse contexto, muitas ferramentas de avaliação de desempenho e qualidade ambiental foram desenvolvidas em vários países - Estados Unidos, Canadá, França, Portugal, entre outros - que envolvem a avaliação de cenários alternativos com base em diferentes critérios como, por exemplo, ambientais (consumo de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, desempenho ambiental), econômicos (custos do ciclo de vida, custo de capital, durabilidade) e sociais (custo térmico e acústico, qualidade do ar) (DOAN *et al*, 2017; LÓPEZ *et al*, 2019). Isto resulta em edificações com maior eficiência energética, maior qualidade dos ambientes internos e bem-estar do usuário durante todo ciclo de vida da edificação (PELLIZZETTI, 2017; LEE, 2019).

As ferramentas de certificação ambiental avaliam o empreendimento a partir de Indicadores de desempenho (qualitativos e quantitativos), atribuindo pontuações técnicas em função do comprometimento aos requisitos estabelecidos para a concretização de uma "construção sustentável" (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). Dessa forma, estimulam práticas sustentáveis, lideranças ambientais e promovem a valorização do empreendimento e conscientização do consumidor (LACERDA; CARSALADE; ASSIS, 2018).

O desenvolvimento sustentável, segundo o Relatório de Bundtland (1987), é aquele que "atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades". Para o Brasil, ele é mensurado de acordo com aspectos

ambientais, sociais, econômicos e institucionais (IBGE, 2020). Nesse sentido é importante o papel da legislação e das diretrizes brasileiras, que atuam direta ou indiretamente, tornar os empreendimentos mais sustentáveis. Dentre elas pode-se citar a NBR 15575 - Norma de Desempenho.

A NBR 15575 estabelece o conceito de desempenho por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, objetivando a mensuração clara do seu cumprimento (ABNT, 2013). Cabe ressaltar que apesar de não serem lei, as normas técnicas têm obrigatoriedade de atendimento assegurada pelo Código de Defesa do Consumidor (Lei 8078, de 11.09.1990), enquanto as ferramentas de certificação ambiental como o AQUA e o LEED, têm caráter facultativo.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo levantar e analisar dentre os estudos já realizados sobre a Norma de Desempenho, obtidos através de uma revisão sistemática de literatura (RSL), aqueles que relacionam a NBR 15575 à adequação ambiental, bem como a comparação com normas de desempenho de outros países e selos de certificação ambiental, de maneira a identificar a contribuição dos aspectos ambientais da NBR 15575 a serem considerados nas edificações habitacionais, além de fomentar discussões sobre adequação ambiental e a norma de desempenho brasileira.

## 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1. NBR 15575 e a exigência de Adequação Ambiental

O conceito de desempenho vem sendo estudado desde a década de 60, contudo até o final da década de 80 estava voltado para o desenvolvimento teórico (BORGES; SABBATINI, 2008). Na década de 90, iniciou-se a aplicação do conceito para a concepção e execução de construções. A partir de 1992 países Europeus, como Dinamarca, Holanda, Espanha e Reino Unido, iniciaram ações e programas para avaliar o desempenho do consumo de energia das edificações (BORGES; SABBATINI, 2008; KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014).

Nos Estados Unidos, por exemplo, as questões sobre desempenho de edificações só começaram a ser regulamentadas após a criação da primeira versão do *International Residential Code* (IRC) nos anos 2000, tendo uma segunda versão em 2009, e a mais recente do ano de 2012 (MIRANDA, 2017). Na Espanha, a questão de desempenho foi oficializada em 2006 com a publicação do Código Técnico das Edificações (CTE) (KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014).

No Brasil, o conceito de desempenho começou a evoluir a partir da década de 80, principalmente devido aos trabalhos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para o Banco Nacional da Habitação, e depois para a Caixa Econômica Federal. Nos anos 2000, a Caixa financiou um projeto para a criação de um programa de avaliação de sistemas construtivos inovadores baseado no conceito de desempenho. (KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014). Este projeto resultou na publicação do conjunto de normas ABNT NBR 15575, que publicadas inicialmente em 2008, foram revisadas e passaram a vigorar em 2013. A preocupação com desempenho da edificação ainda se faz presente em âmbitos internacionais em 2019, e ratifica que a mensuração do desempenho de um empreendimento deve ser dada através de parâmetros que reflitam as necessidades dos usuários, tal qual acontece com a NBR 15575, no Brasil (WILDE, 2019).

A NBR 15575 está dividida em seis partes segundo os sistemas que compõe a edificação, sendo elas: Requisitos gerais; Requisitos para os sistemas estruturais; Requisitos para o sistema de piso; Requisito para os sistemas de vedações verticais internas e externas; Requisito para os sistemas de cobertura, Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Cada uma das seis partes da norma é repartida em critérios, tendo por base as exigências dos usuários divididas em segurança, habitabilidade e sustentabilidade (Quadro 1).

A sustentabilidade compreende o atendimento aos critérios de durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental. Quanto à adequação ambiental, a ABNT NBR 15575/2013 aponta que a sua avaliação junto às atividades da indústria da construção ainda são objetos de pesquisa e, com o atual estado-da-arte, não é possível estabelecer critérios e métodos de avaliação para expressar os impactos ambientais. Deste modo, a norma apresenta algumas recomendações gerais para os empreendimentos e infraestrutura, os quais devem ser construídos de maneira a minimizar o impacto no ambiente.

<b>Segurança</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segurança estrutural;</li> <li>• Segurança contra fogo;</li> <li>• Segurança no uso e na operação.</li> </ul>
<b>Habitabilidade</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estanqueidade;</li> <li>• Desempenho térmico;</li> <li>• Desempenho acústico;</li> <li>• Desempenho lumínico;</li> <li>• Saúde, higiene e qualidade do ar;</li> <li>• Funcionalidade e acessibilidade;</li> <li>• Conforto tátil e antropodinâmico.</li> </ul>

<b>Sustentabilidade</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durabilidade;</li> <li>• Manutenibilidade;</li> <li>• Adequação ambiental.</li> </ul>

**Quadro 1** – Exigências dos usuários  
 Fonte: Adaptado de ABNT (2013)

Um resumo das recomendações proposto pela Norma de Desempenho para atendimento à exigência de adequação ambiental é apresentado no Quadro 02.

Aspectos considerados	Recomendações
Projeto e implantação de empreendimentos	Deve ser considerado quaisquer riscos durante a implantação do empreendimento, tais como: deslizamentos de taludes, enchentes, erosões, assoreamento, dentre outros.
Seleção e consumo de materiais	Os empreendimentos devem ser construídos a partir da exploração e consumo racional dos recursos naturais, visando de toda forma menor impacto ambiental.
Consumo de água e deposição de esgotos no uso e ocupação da habitação	Os sistemas hidrossanitários devem estar de acordo com a ABNT NBR 15097-1 e as águas provenientes dos mesmos devem ser encaminhadas às redes públicas de coleta, e na ausência dessas fazer uso de soluções que evitem contaminação local.
Consumo de energia no uso e ocupação da habitação	Reduzir o consumo de energia através de sistemas eficientes e utilização de energias alternativas.

**Quadro 2** - Recomendações quanto à adequação ambiental  
 Fonte: Adaptado de ABNT (2013)

## 2.2. Certificação ambiental

A certificação ambiental tem o objetivo de estimular as práticas sustentáveis na indústria da construção civil e para isso direciona projetistas, construtores, fornecedores e toda a cadeia produtiva em prol da construção verde (CANAZARO; KERN, 2018). Essas ferramentas de avaliação ambiental devem ser desenvolvidas ou adequadas a realidade local de cada país, visando potencializar o desempenho ambiental do empreendimento avaliado (SILVA, 2003; ZARGHAMI; FATOUREHCI, 2020).

Os sistemas de avaliação possuem estruturas simplificadas, geralmente em forma de lista de requisitos (*check list*). A metodologia é prescritiva, havendo um conjunto de requisitos e critérios estipulados, mas sem a preocupação de se atender a níveis mínimos de desempenho. Assim, conforme os quesitos são contemplados, a edificação acumula pontos que somados possibilitarão o empreendimento obter a certificação ambiental (SILVA, 2007; MATOS, 2014).

As ferramentas de avaliação ambiental em empreendimentos sustentáveis mais utilizados pelos países são: BREEAM, LEED, SBTool, Green Star, CASBEE, AQUA e ISSO 21931-1. AQUA, LEED e ISO 21931-1 (CARGHAM; FATOUREHCI, 2020; COSTA et al., 2015). No Brasil, por sua vez, o AQUA, o LEED, PROCEL e Selo Casa Azul são as ferramentas que mais se destacam.

O selo AQUA, adaptado do francês HQE para o contexto brasileiro, realiza a verificação da alta qualidade ambiental do empreendimento através de auditorias independentes. Dada as dimensões continentais do Brasil e as diversas zonas bioclimáticas, o sistema possui expressiva representatividade e traz grande interesse para o estudo das especificidades regionais dado seus critérios avaliativos (TIBÚRCIO; OLIVEIRA, 2018). A Fundação Vanzolini fornece o selo para os empreendimentos nacionais, que devem possuir controle total do projeto em todas as suas fases: Programa, Concepção (Projeto), Realização (Obra) e Operação (Uso). Assim, é necessária a realização de um sistema de gestão do empreendimento, para que sejam atendidos os critérios de desempenho da Qualidade Ambiental do Edifício (COSTA et al., 2015). Apesar do AQUA ser amplamente utilizado, no Brasil o líder em quantidade de uso é o selo americano LEED – Leadership In Energy and Environmental Design (PROVENZANO; BASTOS, 2017).

O selo LEED foi criado em 1998 pela organização não governamental United States Green Building Council. A edificação recebe a certificação ambiental LEED se cumprir os pré-requisitos e créditos comprovando o uso de práticas de sustentabilidade atreladas ao projeto, as quais percorrem oito categorias: Inovação e Projeto,

Localização e Transporte, Implantação Sustentável, Uso Racional da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna e Práticas Sociais (JALAEI; JALAEI; MOHAHAMMADI, 2019). De maneira geral, a obtenção de certificação ambiental garante ao proprietário que seu investimento foi executado de acordo com o planejado, acarretando na redução de custos, melhoria da eficiência hídrica e energética e aumento da qualidade dos ambientes (PELLIZZETTI, 2017).

No Brasil não há uma certificação oficial para aferição dos critérios de sustentabilidade das edificações. O selo PROCEL Edifica, desenvolvido pela Eletrobrás/Procel, foi a primeira iniciativa desenvolvida para avaliar eficiência energética. Após isso, buscando contemplar de maneira mais abrangente as edificações, surgiu o Selo Casa Azul da CAIXA, destinado apenas para imóveis residenciais (PROVENZANO; BASTOS, 2017).

O PROCEL Edifica foi elaborado em 2003 a fim de construir as bases necessárias para racionalização do consumo de energia nas edificações brasileiras. Teve por base a estrutura do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985, com o objetivo de promover a redução dos impactos ambientais e garantir eficiência energética (PROCEL INFO, 2013).

O Selo Casa Azul foi lançado em 2010 pela Caixa Econômica Federal. Possui caráter voluntário e busca incentivar o uso racional de recursos no setor da construção civil, bem como a redução dos custos de manutenção e despesas mensais dos usuários. Além disso, almeja a promoção da conscientização de empreendedores e moradores acerca dos benefícios de uma construção sustentável. Após realizado o estudo de viabilidade técnica do empreendimento, baseado nos pré-requisitos de atendimento às regras do programa, o selo é emitido (CAIXA, 2010).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi a Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Ela é pautada em um rigor metodológico, aliado a um fluxo de etapas, as quais pretendem produzir uma avaliação crítica sobre dado tema. Este produto é viabilizado por meio de critérios objetivos e reprodutíveis de seleção e qualificação da amostra da pesquisa. A RSL se caracteriza por ser uma investigação focada em uma questão bem definida, em busca de identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes sobre um dado tema (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

Primeiro deve-se estabelecer a questão motivadora. Esta pesquisa se insere em uma mais ampla que procurou responder à seguinte questão: “Qual é o panorama da NBR 15575 dentro da produção científica desde sua divulgação?”.

De posse da questão motivadora, foi definido o termo de busca: “NBR 15575” ou “NBR 15.575”. Essa diferenciação, com ponto e sem ponto, ocorreu pelo fato de ter sido verificados resultados diferentes nas pesquisas realizadas sem o uso das aspas, que retornou uma grande quantidade de arquivos que não diziam respeito à Norma de Desempenho. O recorte temporal utilizado foi de 2008 até 2018, isto é, desde a publicação da sua primeira versão.

Como é uma norma brasileira, esperava-se encontrar conteúdos referentes à mesma em universidades e periódicos brasileiros, sendo então escolhidos os seguintes bancos de dados: Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Centro de Referência e Informação em Habitação (InfoHab), Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o Google Acadêmico.

Após definidas as bases de dados, a próxima etapa compreendeu a coleta dos arquivos. O primeiro critério estabelecido foi o acesso integral aos textos. Caso essa condição não fosse satisfeita, o arquivo seria excluído de imediato. Além disso, somente Teses, Dissertações, Artigos de Periódicos e Artigos de Congresso foram considerados. De posse dos arquivos disponíveis e não repetidos, iniciou-se a análise dos títulos.

A priori, buscou-se no título relação com a Norma de Desempenho ou alguma das necessidades dos usuários. Em seguida, foi realizada a análise de resumos, eliminando-se todos aqueles que não faziam referência à norma. No Quadro 3 estão apresentados os resultados da aplicação dos filtros da RSL. Com a amostra final de 329 trabalhos, foi possível estabelecer um panorama da produção científica brasileira referente à NBR 15575.

Trabalhos	Total
Iniciais	1342
Disponíveis	1176
Remoção Repetidos	1054
Filtro 1 – Títulos	654
Filtro 2 - Resumos	329

**Quadro 3** – Resultado da RSL  
 Fonte: Autores (2020)

Foi realizado uma análise quantitativa dos dados dos trabalhos (análise bibliométrica), que pode ser encontrada em Hippert *et al.* (2020). Iniciou-se então, a etapa de análise qualitativa, a qual avaliava a relação do texto com a norma de desempenho. A leitura integral do corpo dos textos da amostra possibilitou a exclusão dos trabalhos que fossem irrelevantes para esta pesquisa, restando 292 títulos.

A leitura do corpo dos textos permitiu classificar cada trabalho de acordo com os temas referentes às exigências da Norma de Desempenho. Além deles foi criado um grupo, intitulado “Gerais”, que considerou os trabalhos que tratavam da Norma de Desempenho de maneira mais ampla como, por exemplo, a realização de estudos de casos avaliando edificações em relação aos requisitos da norma e o grupo “Comparação com outros documentos” que trata a comparação com normas internacionais e certificações ambientais (Quadro 4).

Vale ressaltar que há trabalhos que abrangem mais de uma exigência da norma e, portanto, foram considerados em todas elas. Por essa razão existe diferença entre o somatório de trabalhos por área e o número total de trabalhos identificados na amostra.

O presente artigo considera os estudos relacionados à exigência de Adequação Ambiental, e os que comparam a NBR 15575 à normas de desempenho de outros países e

selos/certificações ambientais. Dessa forma, RSL detectou 7 trabalhos referente à Adequação Ambiental, e 9 trabalhos que comparavam a norma com outros documentos, como apresentado no Quadro 4.

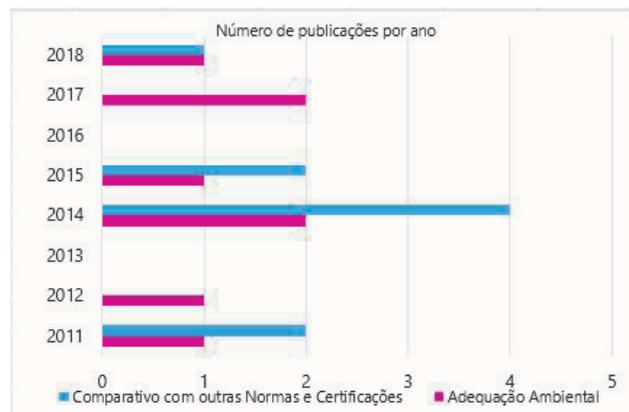
Tempo	Nº de trabalhos	Tema	Nº de trabalhos
Desempenho térmico	107	Segurança estrutural	8
Gerais	60	Adequação ambiental	7
Desempenho acústico	58	Funcionalidade e acessibilidade	4
Durabilidade	18	Estanqueidade	4
Manutenibilidade	14	Segurança contra fogo	3
Desempenho lumínico	11	Conforto tátil e antropodinâmico	1
Comparação com outros documentos	9		

**Quadro 4** - Classificação dos trabalhos por temas  
 Fonte: autores (2020)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é possível verificar que as pesquisas relacionadas à adequação ambiental concentraram suas publicações nos anos de 2014 e 2017. Trabalhos que estabelecem comparações da Norma de Desempenho com outras normas e selos de certificação, por sua vez, foram mais produzidos em 2014. Já entre as nove pesquisas que fazem comparações com a norma, quatro são de 2014.

Para facilitar a discussão, os resultados são apresentados em dois grupos: os trabalhos que tratam da adequação ambiental e aqueles referentes à comparação da NBR 15575 com outras normas/códigos de desempenho e selos de certificação ambiental.



**Figura 1** – Número de publicações x Ano de publicação  
 Fonte: Autores (2020)

#### 4.1. NBR 15575 e adequação ambiental

A primeira parte da leitura das publicações encontradas foi composta por sete artigos que relacionavam a norma de desempenho, NBR 15575, à adequação ambiental (Quadro 5). Foram identificadas diferentes estratégias para abordar a questão: usuários, projeto, materiais e soluções alternativas, desempenho e gestão. Costa (2011) realizou entrevistas em um condomínio e observou que os usuários se sentem satisfeitos com suas habitações, mesmo o edifício carecendo de atendimento a vários dos requisitos da norma de desempenho.

Acompanhando o processo de projeto de uma empresa, Silva et al. (2014) constataram que a inadequação dos fornecedores à NBR 15575 compromete o atendimento das edificações aos requisitos da norma, afetando a relação da edificação com o meio ambiente.

Quanto aos materiais, Benavides (2012) tratou do uso do bambu (recurso natural renovável e abundante na região onde a pesquisa foi realizada) em Habitação de Interesse Social (HIS) e verificou que fatores causadores da deterioração do material podem ser facilmente combatidos. Ainda com relação aos materiais, Franco (2015) sugeriu a aplicação de resíduo sólido industrial de siderurgia como agregado para a fabricação de produtos moldados *in-loco* e pré-fabricados de concreto empregados na construção civil. Segundo o autor, para HIS o uso da escória de aciaria em argamassa não traz prejuízo na durabilidade dos elementos construtivos, nem promove contaminação aos mesmos, podendo ser comparados em nível de desempenho com os elementos construtivos baseados em agregados naturais. Ainda em relação às HIS, Perfeito (2017) verificou a possibilidade da utilização de contêineres marítimos como base para uma construção. As paredes utilizadas no projeto das HIS são de drywall, impactando o meio ambiente. Pode-se ainda utilizar a madeira como alternativa, o que, no entanto, requer mais estudos e algumas adaptações no projeto, já que o drywall também promove o isolamento acústico entre os cômodos.

Gerola (2014) avaliou o desempenho ambiental de HIS considerando o Selo Casa Azul, o RTQ-R e a própria NBR 15575, em um estudo de caso. O modelo de sistema de vedação vertical externo (tijolo cerâmico de seis furos com reboco de 2,5 cm interno e externo e pintura externa na cor clara) e a cobertura (sistema de telha de cerâmica cor laranja com câmara de ar maior que 0,50 m e forro de PVC) possibilitam que a edificação atinja um elevado nível de eficiência energética.

A vida útil do produto se relaciona com os impactos ambientais, uma vez que quanto maior for a durabilidade de um material, menor será a exploração dos recursos naturais, por exemplo.

Assim, Rezende, Brito e Freitas (2017) averiguam a vida útil do produto no contexto do Ecodesign e observam que é possível otimizar o desempenho ambiental respeitando as legislações ambientais, legislações infra-constitucionais e as normas regulamentadoras, como a norma de desempenho.

Referência	Objetivo	Principais resultados
Costa (2011)	Percepção dos usuários quanto à sustentabilidade das edificações	A maior parte dos condôminos não sabe o que é uma edificação sustentável e/ou de baixo impacto ambiental.
Silva et al. (2014)	Características da implantação e adequação ambiental no processo de projeto de uma empresa	Não há adequação dos fornecedores à norma, dificultando o atendimento às condições de adequação ambiental.
Benavides (2012)	Bambu em HIS	O uso do bambu já é uma atitude sustentável e reduz impactos ambientais na construção civil.
Franco (2015)	Redução dos danos ambientais dos setores siderúrgicos e da construção civil	O uso de escória de aciaria junto ao cimento Portland promove o desempenho térmico da edificação se comparado ao uso de agregados naturais.
Perfeito (2017)	Contêineres em HIS	Reciclagem de contêineres reduz os impactos ambientais. Uso de drywall internamente gera menores impactos que construções tradicionais.
Gerola (2014)	Desempenho ambiental de HIS	As edificações não possuem tecnologias suficientes para minimizar impacto ambiental na fase de uso e operação.
Rezende, Brito e Freitas (2017)	Utilização do Ecodesign	Relevante como ferramenta de gestão ambiental com possibilidade de otimizar o desempenho ambiental.

**Quadro 5** - A NBR 15575/2013 e a adequação ambiental  
**Fonte:** Autores (2020)

#### 4.2. NBR 15575 e avaliações de desempenho

A segunda parte da leitura das publicações encontradas foi feita nos artigos que apresentavam uma comparação entre a norma de desempenho brasileira e as de outros países bem como entre a norma brasileira e sistemas de certificação. Os trabalhos que abordam as normas de desempenho estão no Quadro 6. O foco foi verificar as similaridades e diferenças entre as estruturas das normas e formas de implantação das mesmas.

Silva et al. (2011), Silva (2011) e Kern, Silva e Kazmierczak (2014) fazem uma comparação entre a implantação da NBR 15575/2008 e o Código Técnico de Edificação (CTE) espanhol. Os autores analisaram as duas normas e

entrevistaram arquitetos da cidade espanhola de Logroño e engenheiros civis e arquitetos de empresas construtoras das cidades brasileiras de Porto Alegre e São Leopoldo.

Já Reus Netto e Czajkowski (2015) comparam a norma de desempenho brasileira com os códigos do Instituto Argentino de *Normalizacion y Certificacion*, IRAM da Argentina.

A NBR 15575 é também comparada com o código norte-americano, *International Residential Code* (IRC), por Miranda (2017).

Ainda na segunda parte da leitura das publicações encontradas foram considerados aqueles que fazem uma comparação da norma de desempenho com as certificações ambientais (Quadro 7).

Referencias	Comparar com	Principais resultados
Silva et al. (2011), Silva (2011) e Kern, Silva e Kazmierczak (2014)	CTE	Os profissionais entrevistados alegaram falta de clareza no código espanhol quanto à sustentabilidade, e que os usuários, em muitos casos, não exigem estes conceitos em suas edificações por acreditarem que os mesmos oneram o orçamento. Na Espanha, para a construção de um edifício, o projeto deve ser aprovado pelo Colégio de Arquitetos ou Colégio de Engenheiros e ser autorizado por órgãos públicos municipais. É verificado se os projetos contemplam todos os requisitos da norma para então ser liberada a execução. Após concluída a execução é feita uma segunda avaliação, a partir de medições in situ, para verificar a compatibilidade do executado com relação ao projeto e aos requisitos ao código. No Brasil, não há uma fiscalização por órgão oficial, nem na etapa de projeto e execução, nem após o término da construção. O processo de implantação na Espanha foi gradativo, enquanto no Brasil foi integral, sem tempo hábil para os profissionais brasileiros se adequarem à norma. A Espanha realizou palestras e discussões, além do "Programa Líder" para divulgação da norma. No Brasil, não houve tal promoção. Além disto, na Espanha as normas são gratuitas enquanto no Brasil são pagas. Por fim, no Brasil têm-se ainda a dificuldade de se encontrar fornecedores com produtos adequados ao atendimento da norma.
Reus Netto e Czajkowski (2015)	IRAM	Na Argentina a preocupação com desempenho de edificações já existia antes dos anos 2000, enquanto no Brasil a primeira ação que pontua desempenho de maneira ampla ocorreu em 2008. A dificuldade de aplicação da norma na Argentina deve-se à falta de legitimidade do documento, enquanto no Brasil, deve-se à falta de profissionais qualificados. A norma argentina é mais rigorosa que a brasileira quanto ao desempenho térmico, sendo duas vezes mais exigente com transmitância térmica no verão e cerca de 3,5 vezes no período de inverno.
Miranda (2017)	IRC	O IRC deve ser aplicado em reformas, retrofit e edificações temporárias, enquanto a norma brasileira não. Desempenho estrutural, lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar e conforto tátil e antropodinâmico não compõem o IRC em função do tipo de construção americana divergir das brasileiras em vários aspectos.

**Quadro 6** - Comparativo da NBR 15575/2013 com normas de outros países  
**Fonte:** Autores (2020)

Referencias	Comparar com	Principais resultados
Oliveira (2014)	Selo Casa Azul, AQUA, RQT-R	AQUA é o que mais atende aos requisitos da NBR 15575/2013. O Selo Casa Azul apresenta uma estrutura simplificada, atingindo apenas 3% dos parâmetros abordados pela norma. Já o RQT-T é o que menos atende aos critérios exigidos pela norma de desempenho. Esta diferença se justifica em função da norma estar voltada para os sistemas e componentes de edificações enquanto os sistemas de certificação e avaliação são orientados para uma avaliação ambiental.
Oliveira e Hippert (2014)	AQUA	Relativo à implantação do empreendimento, as exigências topográficas e características do solo do terreno são apresentadas de forma prescritiva. O AQUA atende cerca de 16% do total de critérios presentes na NBR 15575/2013. Entre os critérios em comum exigidos pela norma de desempenho, 26% são atendidos pelo AQUA em suas subcategorias.
Costa et al. (2015)	AQUA, LEED e ISO	A ISO 21931/2010 é considerada genérica em quesitos ambientais, visto que não estipula níveis mínimos de desempenho a serem alcançados. Porém, dentre os quatro instrumentos, é o único que considera os aspectos sociais. A vida útil da edificação é considerada no AQUA e na norma de desempenho mantendo coerência com a legislação de acessibilidade existente, com o uso de materiais de fabricantes legais, entre eles os pertencentes no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Já quanto à durabilidade, o LEED não faz referência a mesma. Os selos e as normas estabelecem exigências buscando a redução do consumo, a melhoria do desempenho energético e o emprego de energia renovável. Além disto, buscam a redução do consumo de recursos, reaproveitamento de água das chuvas, de águas cinzas e gestão de águas pluviais.
Pisani e Zein (2014)	Selo Casa Azul, QualiHab	Os três instrumentos indicam parâmetros para desenvolvimento de habitações sociais de qualidade. Porém, o país carece de ferramentas capazes de viabilizar o atendimento de parâmetros de desempenho nessas edificações. Além disso, falta desejo em atender os parâmetros da NBR 15575 por parte dos setores envolvidos na produção de habitações sociais no Brasil.

**Quadro 7** - Comparativo da NBR 15575 com certificações ambientais  
**Fonte:** Autores (2020)

Oliveira (2014) realizou um comparativo entre a certificação AQUA, a NBR 15575, o Selo Casa Azul da Caixa e o RQT-R. Como o AQUA é o que mais atende aos requisitos da norma, Oliveira e Hippert (2014) fizeram uma comparação entre os dois: AQUA e NBR 15575. As autoras reorganizaram a estrutura do referencial AQUA e da norma de desempenho, estabelecendo uma compatibilização de termos e nomenclaturas sem alteração do conteúdo e das informações de cada uma das referências averiguadas. Na estrutura elaborada “categoria” define as etapas do processo: Projeto, Conforto e Gestão enquanto as “subcategorias” correspondem as principais preocupações associadas a cada desafio ambiental (Quadro 8).

Categoria/Subcategoria	AQUA	NBR 15575
<b>PROJETO</b>		
Implantação do empreendimento	Sim	Sim
Escolha dos sistemas e processos construtivos	Sim	Sim
Qualidade sanitária dos ambientes	Sim	Sim
Qualidade sanitária do ar	Parcial	Sim
Qualidade sanitária da água	Parcial	Sim
Funcionalidade e acessibilidade	Parcial	Sim
Desempenho estrutural	Não	Sim
Segurança no uso e ocupação	Parcial	Sim
Segurança contra incêndio	Não	Sim
Estanqueidade	Parcial	Sim
Durabilidade	Parcial	Sim
<b>CONFORTO TÉRMICO</b>		
Eficiência da envoltória	Sim	Sim
Ventilação natural	Sim	Sim
Desempenho no verão	Não	Sim
Desempenho no inverno	Sim	Sim
<b>CONFORTO LUMÍNICO</b>		
Iluminação natural	Sim	Sim
Iluminação artificial	Sim	Sim
<b>CONFORTO ACÚSTICO</b>		
Ruídos de impacto	Sim	Sim
Isolamento dos ruídos entre UH's	Sim	Sim
Isolamento acústico de vedações	Sim	Sim
Ruídos em equipamentos prediais	Não	Sim
<b>CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO</b>		
Conforto tátil e adaptação ergonômica	Não	Sim
Adequação antropodinâmica	Não	Sim
Homogeneidade e planeza dos acabamentos	Não	Sim
Conforto na operação dos sistemas prediais	Não	Sim
<b>GESTÃO DA ENERGIA</b>		
Dispositivos economizadores	Sim	Sim

<b>GESTÃO DA ÁGUA</b>		
Dispositivos economizadores	Parcial	Sim
<b>GESTÃO DA MANUTENÇÃO</b>		
Manutenibilidade do edifício e seus sistemas	Sim	Sim
Resistência ao desgaste em uso	Não	Sim
<b>GESTÃO DOS RESÍDUOS</b>		
Gerenciamento de resíduos	Sim	Sim

**Quadro 8** - Comparativo entre as categorias e subcategorias do referencial AQUA e da NBR 15575  
**Fonte:** Adaptado de Oliveira e Hippert (2014)

No Quadro 8, “Sim” significa atendimento às exigências presentes na norma de desempenho; “Parcial” quando o sistema de certificação apresentar o mesmo tema de subcategoria, mas não apresentar critérios semelhantes aos exigidos pela NBR 15575; e, finalmente, “Não” para quando os critérios estabelecidos pela norma não são atendidos. É importante salientar que as subcategorias do AQUA são classificadas conforme o potencial de atendimentos aos critérios e indicadores exigidos pela norma de desempenho.

Costa *et al.* (2015) também analisaram a NBR 15575/2013 junto ao AQUA, além do LEED e da norma ISO 21931/2010. Já Pisani e Zein (2014) utilizaram a norma de desempenho junto ao Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal e o Programa de Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo (Qualihab) para avaliar a qualidade do projeto e da construção de unidades habitacionais contratadas e entregues pelo Programa Minha Casa Minha Vida 1 e 2.

### 4.3 Discussão

A construção civil é um setor responsável pela geração de grandes impactos ambientais, desde a fase de construção, passando pela fase de uso e operação, até na demolição da edificação. A publicação da NBR 15575/2013, estabeleceu um desempenho mínimo a ser atendido, inclusive, visando uma redução no impacto ambiental durante a implantação da edificação e economias durante o seu uso, beneficiando o usuário. Entretanto, cabe ressaltar que a NBR 15575 passou a ser compulsória para os projetos protocolados nas prefeituras a partir de julho de 2013. Todos os projetos protocolados anteriormente, independentemente do momento de sua entrega, não são obrigados a cumprir a NBR 15575.

Nas edificações estudadas por Costa (2011) e Gerola (2014) os sistemas não foram pensados para garantir o desempenho ambiental da edificação. Entretanto, a utilização de tecnologia, muitas vezes simples, pode gerar grandes economias de água e energia, além de diminuir o

impacto no meio ambiente. Gerola (2014) observou que as falhas ocorrem desde a fase de concepção do projeto, passando pela implantação e gerenciamento dos empreendimentos. Os sistemas devem ser pensados na fase de projeto para atender os requisitos de desempenho; a implantação deve buscar a redução da exploração e o consumo racional dos recursos naturais, e durante a vida útil da edificação deve-se garantir o funcionamento dos sistemas. Garantindo, assim, uma edificação mais sustentável.

A implantação e aplicação dos requisitos exigidos pela norma de desempenho e pelas certificações ambientais aumenta a complexidade do projeto. Os projetistas precisam especificar materiais e sistemas, e cabe aos fornecedores a adaptação de materiais e componentes às exigências de especificações técnicas, especialmente a disponibilização das informações sobre o desempenho (SILVA, *et al.*, 2014). Assim, para a adoção da abordagem ambiental e a aplicação do conceito do desempenho, é necessária uma visão sistêmica do processo do produto edifício, envolvendo, muitas vezes, a requalificação dos profissionais, desde a cadeia de fornecedores de materiais e componentes até os projetistas e gestores da edificação.

Além disso, há uma dificuldade em relação à percepção da qualidade da edificação pelos usuários, gerada pela falta de conhecimento, não refletindo o real desempenho ambiental da edificação. O leigo não tem condições de avaliar nem de verificar o desempenho da edificação. Os entrevistados por Costa (2011), por exemplo, não sabem identificar o que torna uma edificação sustentável ou de baixo impacto ambiental.

Por outro lado, a publicação da norma de desempenho incentivou novas pesquisas para estudo de materiais, sistemas e soluções construtivas mais inovadoras. Dentre essas novas pesquisas, tem a utilização de Bambu na construção (BENAVIDES, 2012), HIS em contêineres (PERFEITO, 2017) e da escória de aciaria junto ao cimento Portland (FRANCO, 2015), que além de reduzir os resíduos siderúrgicos, aumenta o desempenho da edificação. Ademais, a aplicação do conceito de ecodesign e a gestão ambiental busca o equilíbrio entre os processos produtivos, os produtos e a sustentabilidade, que permite atingir uma maior qualidade ambiental da edificação, além de atender os requisitos presentes na Norma de Desempenho (REZENDE; BRITO; FREITAS, 2017).

Ao comparar a NBR 15575 com selos de certificação e/ou códigos técnicos de outros países, os principais pontos abordados foram: a forma de divulgação e aplicação dos sistemas avaliativos; os critérios e exigências entre os documentos; as dificuldades de aplicação; a preocupação para qual fim se destinam e a existência de fiscalização para o cumprimento dos códigos.

Os trabalhos abordaram códigos de outros países, sendo eles o CTE da Espanha (SILVA *et al.*, 2011; SILVA, 2011; KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014), o IRAM da Argentina (REUS NETTO; CZAJKOWSKI, 2015) e o IRC dos Estados Unidos (MIRANDA, 2017). A implantação gradativa do CTE na Espanha parece ter sido mais assertiva do que a implantação integral da NBR 15575/2013 no Brasil. Além disso, a ampla discussão e projetos de divulgação do CTE permitiram maior acompanhamento e facilitaram a adaptação dos projetistas, construtoras, incorporadoras e demais agentes envolvidos, enquanto no Brasil as estratégias de divulgação e ensino da norma de desempenho não atenderam plenamente aos resultados esperados, prejudicando a adequação aos conceitos da norma. É possível verificar ainda que o fato de na Espanha existirem sistemas de verificação do atendimento ao CTE garante que os empreendimentos atendam aos níveis de desempenho esperados. Essa fiscalização ocorre na fase de projeto, através de órgãos públicos e do Colégio de Arquitetos ou Colégio de Engenheiros, e após a execução da obra com uma segunda verificação por órgãos públicos (SILVA *et al.*, 2011; SILVA, 2011; KERN; SILVA; KAZMIERCZAK, 2014). No Brasil, a fiscalização do poder público possui pouca perícia, levando muitas edificações a deixarem de ser auditadas. Isto abre margem para que algumas empresas deixem de cumprir várias exigências normativas.

A preocupação com desempenho das edificações já era uma temática discutida na Argentina desde 2000 através do IRAM. No entanto, as discussões da temática não influenciaram na consolidação de edificações com maior desempenho. Isto se deve pelo código argentino não ter a legitimidade de uma lei, como ocorre com a norma de desempenho no Brasil. Nesse caso, é encontrada dificuldade implementação eficaz de ambas as normativas, em que, no geral é cumprida apenas parcialmente (REUS NETTO; CZAJKOWSKI, 2015). A recomendação é que as verificações dos requisitos sejam avaliadas a nível municipal, para isso, seriam realizadas verificações dos requisitos antes da liberação da “licença para construção”, e a comprovação do atendimento seria necessária para a liberação do “auto de conclusão de obra” (Habite-se). O fato do IRAM ser mais restritivo em relação ao desempenho térmico, se deve às características climáticas do território argentino, que apresenta variações térmicas mais altas e invernos mais rigorosos que no Brasil.

Já nos Estados Unidos, uma das grandes dificuldades encontradas na implantação do IRC é grande diversidade climática e geográfica presente no país, a solução encontrada para esse problema consiste em cada estado

complementar a norma com as suas regionalidades. O código americano também contempla um maior número de casos, uma vez que considera retrofits e edificações temporárias, e abordam temas como planejamento da construção, manutenção e segurança à vida com maior eficácia, demonstrando ser um código mais completo e abrangente que a NBR 15575. Além disso, o cumprimento do IRC é fiscalizado através de um profissional específico, que verifica o projeto antes de sua aprovação, e a cada etapa da execução há inspeções para concessão de autorização para a execução de uma nova etapa da obra, que aumenta a garantia do atendimento ao código (MIRANDA, 2017).

Quanto aos sistemas de certificação AQUA, Selo Casa Azul e o RQT-R verificou-se que nenhum atende toda a norma desempenho brasileira, isso porque as certificações têm por finalidade, em sua maioria, apenas aspectos ambientais, enquanto a NBR 15575 é mais abrangente. No entanto, os selos apresentam semelhanças com a norma e é possível perceber que as certificações ambientais e energéticas já se preocupam com o desempenho dos empreendimentos, adquirindo em suas metodologias de avaliação exigências semelhantes às recomendadas pela NBR 15575/2013.

A norma NBR 15575 apresenta no total cento e cinquenta e seis critérios distribuídos nas seis partes. O selo AQUA atende cerca de 16% de todos os requisitos na norma, o Selo Casa Azul atende a apenas 3% (OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA; HIPPERT, 2014). O AQUA, apesar de ser internacional, foi adaptado a realidade brasileira, atendendo uma maior quantidade de requisitos da Norma de Desempenho, tornando-se, portanto, uma ferramenta de avaliação de desempenho ambiental mais eficiente. (OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA; HIPPERT, 2014).

O LEED, por sua vez, também é um selo internacional e que não foi desenvolvido para as especificidades do território brasileiro, mas distingue-se do AQUA devido ao fato de não contemplar nenhuma adaptação para o contexto nacional. Apesar disso, o sistema LEED ainda apresenta vários aspectos importantes e que são viáveis de serem aplicados no Brasil quando se busca uma edificação sustentável, como consumo e reuso de materiais, água e energia (COSTA et al. (2015).

O Selo Casa Azul apresenta uma estrutura mais simplificada, tanto na metodologia para atendimento aos critérios, quanto na quantidade de critérios exigidos. Além disso, dos 53 critérios presentes na certificação, o atendimento de apenas 19 já garante o selo bronze. O RTQ-R aborda apenas aspectos relacionados ao desempenho energético, sendo muito específico quando comparado à norma de desempenho (OLIVEIRA, 2014).

No contexto geral, os sistemas de certificação e avaliação ambiental já utilizam em suas metodologias o conceito de desempenho, mesmo não atendendo a todos os requisitos exigidos na norma brasileira de desempenho. Além disso, as empresas que já buscavam certificações de seus projetos e edificações tendem a ter maior facilidade para se adaptar à NBR 15575/2013.

O atendimento aos requisitos da norma de desempenho garante uma edificação mais sustentável e com baixo impacto ambiental. Diferente das certificações que são facultativas, a norma tem caráter obrigatório, mas ambos incentivam um ambiente construído de qualidade e que satisfaça as necessidades do usuário.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método utilizado, a RSL, se mostrou eficaz uma vez que permitiu o estabelecimento de um caminho consistente de um universo geral a resultados específicos. A classificação dos resultados em grupos relacionados às exigências dos usuários permitiu traçar um panorama geral das pesquisas realizadas sobre a NBR 15575 e que se relacionam com Adequação Ambiental, com normas/códigos de desempenho, bem como selos de certificação ambiental. A partir deste panorama foi possível identificar a contribuição dos aspectos ambientais da NBR 15575 a serem considerados nas edificações habitacionais e também estabelecer uma discussão acerca da adequação ambiental e da norma de desempenho, cumprindo, portanto, o objetivo deste estudo.

Os principais erros que potencializam danos ambientais ocorrem na fase de concepção do projeto, seguida da implantação e gerenciamento do empreendimento. Isso se agrava no momento que os profissionais envolvidos não atuam de acordo com as diretrizes da NBR 15575 e que os usuários das edificações não reivindicam ao setor da Construção Civil e aos órgãos públicos competentes, fiscalizações que garantem empreendimento com elevados índices de desempenho. A pouca manifestação dos usuários diante do desempenho das edificações se sustenta no fato de não compreenderem a amplitude do tema e seu impacto nos diversos sistemas de uma edificação.

Entretanto, o uso de tecnologias visando a melhor adequação ambiental do empreendimento gera uma redução significativa de recursos naturais, diminuindo, portanto, impacto ambiental do empreendimento. Novas pesquisas foram incentivadas a partir da NBR 15575, como o uso de Bambu na construção, o reaproveitamento de contêineres e o acréscimo de escória de aciaria ao cimento Portland.

Entre os resultados da pesquisa, um tema muito abordado foram as habitações de interesse social no Brasil. Os trabalhos apontam que as partes envolvidas em HIS precisam estar interessadas em realizar uma edificação com qualidade para o usuário, atendendo a critérios mínimos de desempenho. Desde 2017, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) incorporou a NBR 15575 ao regimento do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC). Isso reforça o atendimento aos requisitos da norma de desempenho, uma vez que o atendimento ao programa é necessário para obtenção de financiamentos em instituições de créditos públicas (como Caixa e Banco do Brasil) e privadas e a participação no programa Minha Casa Minha Vida. Entretanto, ainda não existe uma fiscalização adequada do cumprimento dos requisitos da norma. Caberia avaliar, conforme proposto por Gerola (2014) se as prefeituras, a Caixa Econômica Federal e demais órgãos envolvidos em financiamentos pudessem fiscalizar o cumprimento da norma. Para a Caixa Econômica Federal, é interessante que no mínimo as edificações de interesse social atendam ao Selo Casa Azul, uma vez que este é o selo criado pela própria entidade financiadora estabelecendo alguns critérios a serem atendidos, sobretudo no quesito ambiental.

Relativo à comparação da NBR 15575 com selos e certificações e/ou códigos técnicos de outros países, notou-se distinção entre a forma de divulgação e aplicação dos sistemas avaliativos, os critérios e exigências entre os documentos, as dificuldades de aplicação, a preocupação para qual fim se destinam e a existência de fiscalização para o cumprimento dos códigos. Entre os códigos técnicos, o CTE foi o que teve maior sucesso em sua política de implantação, o que se contrapõe à norma de desempenho, uma vez que as diretrizes adotadas para essa finalidade, embora tenham sido aplicadas, apresentaram resultados diferentes dos alcançados pelo código espanhol. Os selos e ferramentas de avaliação ambiental demonstram preocupação com o desempenho da edificação e já incorpora alguns critérios abordados pela NBR 15575.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575**: Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013
- BENAVIDES, Andrea Salomé Jaramillo. **Proposta de sistema construtivo para habitação de interesse social com bambu guadua**: um estudo de caso no equador. 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- BORGES, Carlos A. de Moraes; SABBATINI, Fernando H. **O Conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 2008.
- BRASIL. Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília; 169º da Independência e 102º da República. 11 de setembro de 1990. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8078.htm). Acesso em: 29 de maio de 2019
- BRUNDTLAND, Gro Harlem. Report of the World Commission on Environment and Development: **Our Common Future**. United Nations. Oslo, 1987.
- CAIXA. Boas Práticas para Habitação mais Sustentável. São Paulo: Ed. Páginas & Letras, 2010.
- CANAZARO, C.C., KERN, A.P. Análise de um Prédio Certificado LEED – Novas Construções na Versão Atual da Certificação de Operação e Manutenção. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 178., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018.
- COSTA, Lia Geovana Sala. **Benefícios da adequação ambiental na etapa de uso de um condomínio residencial**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- COSTA, M. C.; ALMEIDA, M.; CUNHA, R. D. A.; CÉSAR, S. F. Estudo comparativo entre as normas ISO 21931:2010, NBR 15575 e os requisitos das Certificações AQUA e LEED. In: CONNECTING PEOPLE AND IDEAS, PROCEEDINGS OF EURO ELECS 2015, 2., 2015, Guimarães. **Anais [...]**. Guimarães: 2015, p.1261-1270.
- DOAN, D. T; GRAFFARIANHOSEINI, A; NAISMITH, N; ZHANG, T; GRAFFARIANHOSEINI, A.; TOOKEY, J. A critical comparison of green building rating systems. **Building and Environment**, v123, p.243-260, 2017.
- DUAN, H.; LI, J. Construction and demolition waste management: China's lessons. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 5, 2016.
- FRANCO, Luisa Carvalho. **Concretos e argamassas sustentáveis aplicados à habitação de interesse social**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação, Escola de Minas,

- Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n.1, p. 183-184, jan-mar 2014.
- GEROLA, Gleison Mendes. **Avaliação do desempenho ambiental de habitações de interesse social em Sarandi – Maringá - Paiçandu/PR**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.
- HIPPERT, M. A. S.; NUNES, V. D. L.; FARIA, S; CARVALHO, A. R., RUBIM, D. F. Norma Brasileira de Desempenho – NBR 15575: Uma Revisão Sistemática de Literatura. In: HIPPERT, M. A. S. **Ambiente Construído e Seu Desempenho**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2020. (Em publicação)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável** – IDS. 2020. Disponível em: < <https://sistema.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas> > acesso em: 06 maio de 2020.
- JALAEI, F.; JALAEI, F.; MOHAMMADI, S. Na integrated BIM-LEED application to automate sustainable design assessment framework at the conceptual stage of building projects. **Sustainable Cities and Society**, v. 53, 2020.
- KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013). **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, jan./jun. 2014.
- LACERDA, C. S.; CARVALADE, F. L.; ASSIS, E. S. As certificações LEED e AQUA-HQE em edifícios comerciais no Brasil e a agregação de valor. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais[...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018.
- LEE, E. Indoor environmental quality (IEQ) of LEED-certified home: Importance-performance analysis (IPA). **Building and Environment**, v. 149, p.571-581, 2019.
- LÓPEZ, C. D; CARPIO, M; MARTÍN-MORALES, M; ZAMORANO, M; A comparative analysis of sustainable building assessment methods. **Sustainable Cities and Society**, v. 49, 2019.
- MATEUS, R; BRAGANÇA, L; Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H. **Building and Environment**. 2011; 26: 1962 -1971. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.04.023
- MATOS, Bruna Farhat. **Construção sustentável: panorama nacional da certificação ambiental**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.
- MAUÉS, L. M. F; NASCIMENTO, B. M. O.; LU, W.; XUE, F. Estimating construction waste generation in residential buildings: A fuzzy set theory approach in the Brazilian Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 265, 2020.
- MIRANDA, Maria Aparecida de Oliveira. **Sustentabilidade Nas Normas Para Edificações Habitacionais: Uma Análise Comparativa Da ABNT NBR 15575 – Desempenho, Com O International Residential Code (IRC)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável). Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- OLIVEIRA, V. M.; HIPPERT, M. A. S. Desempenho de empreendimentos habitacionais: uma análise comparativa dos critérios contidos na NBR 15575 e no referencial AQUA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC 2014.
- OLIVEIRA, Vivian Moreno de. **Sistemas de Certificação Ambiental e A Norma Brasileira de Desempenho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) - Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.
- PELLIZZETTI, Cristina Shoji. Certificação ambiental de Habitações LEED e as mudanças na gestão da construção civil sustentável na América Latina. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v. 3, n.1, p. 36-43, out-mar 2017.
- PERFEITO, Perivaldo Alves. **Avaliação do ciclo de vida de uma habitação de interesse social construída a partir de contêineres marítimos reciclados**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- PISANI, M. A. J.; ZEIN, L. V. Habitação Social Brasileira no século XXI: quantidade x qualidade. ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 3.,

2014, São Paulo. **Anais [...]. São Paulo: 2014.**  
Procel INFO. **Procel Edifica.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.  
PROVENZANO, Denise de C.; BASTOS, Leopoldo E. G. Avaliação da sustentabilidade de um empreendimento de HIS do PMCMV, através do selo casa azul. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v.3, n. 2, p.14-23, mai 2017.  
REZEND, G. B. M.; BRITO, A. L. C.; FREITAS, L. S. A prática do ecodesign na construção civil e a busca pelo direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. **HOLOS**, Natal, v.4, ano 33, p. 266-281, jul. 2017  
REUS NETTO, G.; CZAJKOWSKI, J. D. Comparación Entre las Normas de Desempeño Térmico Edificio de Argentina y Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 105-122, jan./mar. 2016.  
SILVA, A. T. da; KERN, A. P.; KAZMIERCZAK, C. de S.; GONZÁLEZ, M. A. S.; CASTRO, R. Comparação entre os processos de implantação do Código Técnico das Edificações na Espanha e NBR 15.575/2008 – Desempenho no Brasil. In: Encontro Nacional Edificações e Comunidades Sustentáveis 6.; Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis 4., 2011, Vitória. **Anais [...]** Vitória: 2011.  
SILVA, Adriana Teresinha da. **Comparativo entre os processos de implantação do código técnico das edificações na Espanha e a NBR 15.575/2008 - Desempenho - no Brasil.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.  
SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros:** diretrizes e base metodológica. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.  
SILVA, V. G. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios:** estado atual e discussão metodológica. Finep 2386/04. São Paulo, 2007.  
SLVA, A. T.; KERN, A. P.; PICCOLI, R.; GONZÁLEZ, M. A. S. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e de normas de desempenho na construção. **Arquitetura Revista**, São Leopoldo, v. 10, n. 2, p. 105-114, jul/dez 2014.  
SOUZA, T. D; GHISI, E. Harvesting Rainwater from scaffolding platforms and walls to reduce potable water consumption at buildings construction sites. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020.  
TIBÚRCIO, T. M. S.; OLIVEIRA, M. G.; Análise do Sistema

de Certificação Ambiental Aqua frente às Dimensões da Sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais [...]** Porto Alegre: ANTAC, 2018  
WANG, J.; WU, H.; DUAN, H.; ZILLANTE, G.; ZUO, J.; YUAN, H. Combining life cycle assessment and Building Information Modelling to account for carbon emission of building demolition waste: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3154-3166, 2018.  
WILDE, P.; Ten questions concerning building performance analysis. **Bulding and Environment**, v. 153, p.110-117, 2019.  
ZARGHAMI, E.; FATOUREHCHI, D. Comparative analysis of rating systems in developing and developed countries: A systematic review and a future agenda towards a regionbased sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, 2020.  
ZHU, W.; ZHANG, Z; LI, X.; FENG, W.; LI, J. Assessing the effects of technological progress on energy efficiency in the construction industry: A case of China. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, 2019.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora e à CAPES.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2767-4374>

**ALDO RIBEIRO DE CARVALHO**, | Universidade Federal de Juiz de Fora | Engenharia Civil | Juiz de Fora, MINAS GERAIS (MG) - Brasil | Correspondência para: Rua Rei Alberto, 62, apto 1303 - Centro, Juiz de Fora- MG, 36016-300 | E-mail: aldo.carvalho@engenharia.ufjf.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7825-6848>

**VITOR DIAS LOPES NUNES** | Universidade Federal de Juiz de Fora | Engenharia Civil | Juiz de Fora, MINAS GERAIS (MG) - Brasil | Correspondência para: Rua José Francisco Macêdo, 173 - Guararema, Alegre - ES. | E-mail: dias.vitor36@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6043-9718>

**DIANA FIORI RUBIM** | Universidade Federal de Juiz de Fora | Engenharia Civil | Juiz de Fora, MG - Brasil | Correspondência para: Avenida Presidente Itamar Franco, 728, apto 803 - Centro, Juiz de Fora - MINAS GERAIS (MG), 36010-020 | E-mail: diana.rubim@engenharia.ufjf.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3604-0111>

**MARIA APARECIDA STEINHERZ HIPPERT, Dra.** | Universidade Federal de Juiz de Fora | Engenharia Civil | Juiz de Fora, MINAS GERAIS (MG) - Brasil | Correspondência para: Campus da UFJF, 4a Plataforma do Setor de Tecnologia - Martelos, Juiz de Fora - MG, 36036-330 | aparecida.hippert@ufjf.edu.br

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARVALHO, Aldo Ribeiro de; NUNES, Vitor Dias Lopes; RUBIM, Diana Fiori; HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz. NBR 15575, Adequação Ambiental e Avaliação De Desempenho. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 55-70, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.55-70>.

**DATA DE ENVIO:** 18/12/2019

**DATA DE ACEITE:** 27/05/2020



# SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS GEODÉSICAS DE BAMBU REFORÇADAS COM TIRANTES

*EXPERIMENTAL EVALUATION AND SIMULATION OF GEODESIC STRUCTURES OF BAMBOO REINFORCED WITH TIES*

FABIANO OSTAPIV, Dr. | UTFPR

GUSTAVO CORREA | UTFPR

JOAMILTON STAHLSCMIDT, M.Sc. | UTFPR

GABRIEL OSTAPIV | UTFPR

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento de estruturas geodésicas construídas com barras cilíndricas de bambu reforçadas com cabos de nylon por meio de ensaio de carregamento e simulação computacional. Foram modeladas cúpulas geodésicas com forma de um meio icosaedro truncado, construídas com barras comerciais de bambu *Phyllostachys pubescens*, maciças, com 4 mm de diâmetro e 175 mm de comprimento. Foi usado o software de simulação computacional ANSYS para modelar tridimensionalmente e simular a estrutura da cúpula sob ação de carregamentos verticais, com reforço de cabos e também para simular a ação do vento sobre um sólido geodésico. Com a estrutura reforçada, foram feitos carregamentos, para cada carga foi medido o deslocamento vertical da superfície superior em relação à base. O modelo numérico foi simulado com os mesmos carregamentos e, então, foram feitas comparações entre os resultados numéricos e os experimentais. Os ensaios mostram que a estrutura suportou uma carga de 38 vezes o seu peso próprio, apresentando uma grande deflexão sem se romper. Resistiu comparativamente o dobro de carga vertical final com apenas 40% da deflexão apresentada pela estrutura sem reforço, mostrando a efetividade do uso dos cabos de nylon como reforço amarrado. Tal comportamento havia sido previsto pela simulação numérica. Após realizar os ensaios de carregamento e executar a simulação computacional, foi possível localizar as regiões com as maiores tensões e identificar os possíveis pontos de ruptura da estrutura. Neste trabalho também foi simulado o comportamento da estrutura geodésica revestida por uma casca, sob a ação do vento com diferentes velocidades, mostrando a distribuição da pressão dinâmica exercida pelo escoamento de ar sobre a estrutura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estruturas geodésicas; Barras de bambu; Reforço com cabos; Métodos de Elementos Finitos (MEF)

## ABSTRACT

*The objective of this work is to analyze the behavior of geodesic structures built with cylindrical bamboo bars reinforced with nylon cables by means of loading tests and computer simulation. Geodesic domes were modeled in the shape of a half truncated icosahedron and was built with solid commercial bamboo bars *Phyllostachys pubescens*, with 4 mm in diameter and 175 mm in length. ANSYS computer simulation software was used to model three-dimensionally and to simulate a dome structure under the action of vertical loads, with reinforcement of cables and also to simulate a wind action on a solid geodesic. With a reformed structure, loads were made, for each load was measured or vertical displacement of the upper surface in relation to the base. The numerical model was simulated with the same chargers and, afterwards, comparisons were made between the numerical results and the experiments. The tests show*



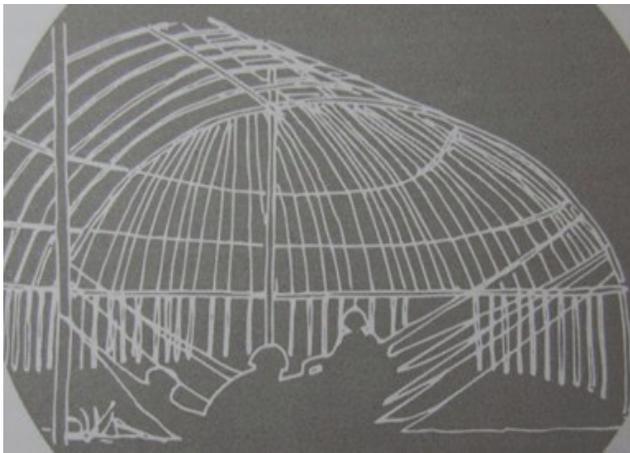
*that the structure supports a load of 38 times its own weight, presenting a great deflection without breaking. Resistant to comparison or double the final vertical load, with only 40% deflection. Published by the structure without reinforcement, showing the effectiveness of using nylon cables as tied reinforcement. Such behavior was predicted by numerical simulation. After carrying out the usage tests and running a computer simulation, it was possible to locate the regions with the highest stresses and to identify the possible break points of the structure. In this work it was also simulated or the behavior of the geodesic structure covered by a shell, under a wind action with different movements, showing the distribution of the pressure exerted by the flow of a structure.*

**KEYWORDS:** *Geodesic structures; Bamboo bars; Cable reinforcement; Finite elements methods (FEM)*

## 1. INTRODUÇÃO

As cúpulas podem ter grande resistência estrutural se forem usados materiais apropriados e construídas adequadamente. Elas podem cobrir grandes espaços abertos sem a necessidade do uso de suportes internos, além disso, as cúpulas podem ser muito estáveis.

As cúpulas são muito usadas desde a antiguidade na construção de habitações, cobrindo grandes espaços. Os povos originários utilizavam diversos tipos de domos e cúpulas, os índios para construir suas ocas e os esquimós seus iglus. Van Lengen (2013) mostra muitas destas construções com cúpulas usando arcos, feitas pelos índios da Amazônia, como mostrada na Figura 1.



**Figura 1** - Desenho mostrando a estrutura de uma habitação indígena em arco.  
**Fonte:** Van Lengen, 2013

Geodésicas são estruturas arquitetônicas formadas por arcos, triângulos ou outras formas geométricas regulares que compõem, como uma rede, de uma ou mais camadas, uma superfície espacial curva, geralmente uma semiesfera. Os domos geodésicos podem ser construídos de diversos tamanhos, desde que o comprimento das barras e a frequência das formas geométricas que compõem a superfície da estrutura sejam calculados corretamente.

Geodésicas estão entre as estruturas mais leves e resistentes já inventadas. É um conjunto reticulado, feito geralmente com apenas uma camada, como a geodésica mostrada na Figura 2. Estas estruturas aliam beleza, resistência, leveza, modularidade construtiva, design sustentável e integridade estrutural. Porém, as geodésicas apresentam desafios nas etapas de projeto, execução e no seu uso final, especialmente se for para habitação. Entre estes desafios estão, por exemplo: a seleção de materiais energeticamente eficientes e sustentáveis, o ciclo de vida da estrutura, a repetitividade construtiva e o custo final da obra.



**Figura 2** - Cúpula geodésica, biosfera de Montreal no Parque Jean - Drapeau.  
**Fonte:** Maia, R.

Colmos de bambus lenhosos podem ser usados na construção de diversos tipos de estruturas de engenharia tais como casas, telhados, pontes, bicicletas, barcos, aviões e também geodésicas. Os colmos de bambu são tubos vegetais segmentados, leves, resistentes e belos. Assim como as madeiras, o bambu é um material lignocelulósico tradicional e confiável que tem baixo peso específico e boa resistência ao carregamento, sendo bastante usado na construção de habitações, principalmente em regiões tropicais onde os bambuzais são abundantes.

O Brasil tem a segunda maior biodiversidade de bambus do mundo, mas apesar de ser facilmente encontrado é uma planta pouco utilizada, devido a vários fatores, tais como: a ausência de políticas públicas de incentivo, o desconhecimento generalizado do seu uso e suas potencialidades, a falta de técnicas e equipamentos para processar este material, a falta de técnicas de construção e preservação adequadas para este tubo vegetal, como relataram Salamon e Ostapiv (2017).

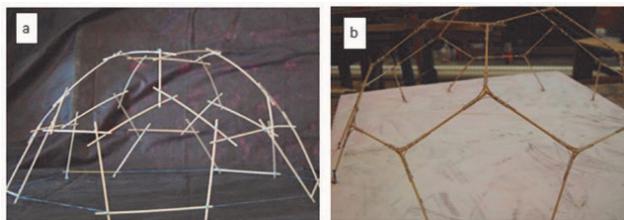
Dependendo da obra, o bambu pode ser processado no local com ferramentas manuais além de possibilitar o envolvimento de trabalhadores locais na construção das habitações. Apesar das dificuldades iniciais em construir com estes tubos vegetais, as construções que usam este material tendem a ser de baixo impacto, baratas, eficientes, rápidas, resistentes e integradas com o meio, conforme apresentaram Librelloto e Ostapiv (2019).

Segundo Ghavami e Moreira (2002), devido ao comportamento de flexão-compressão apresentado pelos colmos de bambu, este material pode ser usado em diversos tipos de estruturas geométricas, podendo suportar dentro de amplos limites, tanto a carga do vento como carregamentos verticais. Estes autores mostraram que dentro de alguns limites os colmos de bambu podem ser considerados colunas de Euler.

## 2. DOMOS GEODÉSICOS DE BAMBU

Devido ao tempo de construção de uma cúpula geodésica ser muito curto, quando comparado com outras estruturas de dimensões semelhantes, o uso destas estruturas é indicado para abrigos temporários e de emergência. Domos geodésicos feitos com bambu podem ser usados de inúmeras formas tais como: espaços de exposição em feiras e escolas, acampamentos civis e militares, eventos festivos, espaços temporários para atividades rurais, abrigos para trabalhadores, materiais, animais e equipamentos, etc.

O domo geodésico estudado, desenvolvido por Ostapiv *et al* (2018). Figura 3a, é uma estrutura tipo icosaedro truncado ou bola de futebol, composta por hexágonos e pentágonos, assim como a estrutura geodésica construída e ensaiada por Castro (2019). Figura 3. Nestas estruturas as barras de bambu usadas têm todas o mesmo comprimento.



**Figura 3** - Domos geodésicos. (a) com varetas de bambu auto apoiadas e amarradas (b) com varetas de bambu amarradas com lâminas de bambu  
**Fonte:** Ostapiv *et al* (2018), Castro (2019).

Nas estruturas geodésicas, as barras tendem a compartilhar uniformemente as forças de sujeição que são distribuídas de maneira mais ou menos uniforme ao longo de toda a estrutura. Isso faz com que este tipo de estrutura tenha boa resistência a terremotos, por exemplo. Além disso, estruturas com bambu maciço, como a usada na estrutura da Figura 3, têm uma excelente tenacidade, ou seja, uma boa capacidade para absorver impactos.

Domos geodésicos de bambu amarrados podem ser usados também como fôrmas ou estruturas auxiliares na construção de domos de concreto e aço, por exemplo. Podem também servir como andaime para deslocamento dos trabalhadores e como suporte para diversos tipos de materiais como aço, concreto, argila e tijolos, entre outros. Os domos geodésicos de concreto, monolíticos, apresentam uma proteção muito segura contra vendavais, furacões e tornados.

### 2.1 Vantagens e desvantagens do uso de domos geodésicos

Por serem esféricas, habitações ou produtos com esta forma apresentam algumas vantagens e também desvantagens em relação às estruturas retangulares tradicionais.

São estruturas versáteis e facilmente adaptáveis às diferentes necessidades do usuário. Suas principais vantagens:

- São estruturas resistentes e boas absorvedoras de vibrações;
- Possuem design único, sem cantos e colunas internas;
- São estruturas bonitas, interessantes e funcionais;
- Tem elevado valor estético e econômico numa construção, agregando valor aos telhados e a obra como um todo;
- As cúpulas geodésicas fechadas são termicamente muito eficientes.

Como as formas esféricas oferecem área superficial mínima para o volume contido por elas, a transferência de calor com o ar externo é a menor possível, pois estas trocas térmicas são diretamente proporcionais à área superficial.

Um dos principais inconvenientes das formas geodésicas em relação às estruturas retangulares tradicionais é a questão da acomodação de peças, acessórios e compartimentos no seu interior, uma vez que estes são normalmente retangulares. Além disso, existem outras desvantagens dos domos geodésicos quando usados para habitações:

- Janelas e portas curvas são mais caras e difíceis de serem encontradas, muitas vezes precisam ser fabricadas sobre encomenda;
- Profissionais que instalam as redes hidráulicas e elétrica normalmente precisam de mais tempo para fazer o serviço que se torna mais caro;
- Sons, cheiros e luz são facilmente difundidos e experimentados em toda a estrutura o que pode causar problemas de privacidade;
- Por ser uma forma radicalmente diferente da tradicional, habitações com este formato podem ser difíceis de vender e apresentam menor valor de mercado.

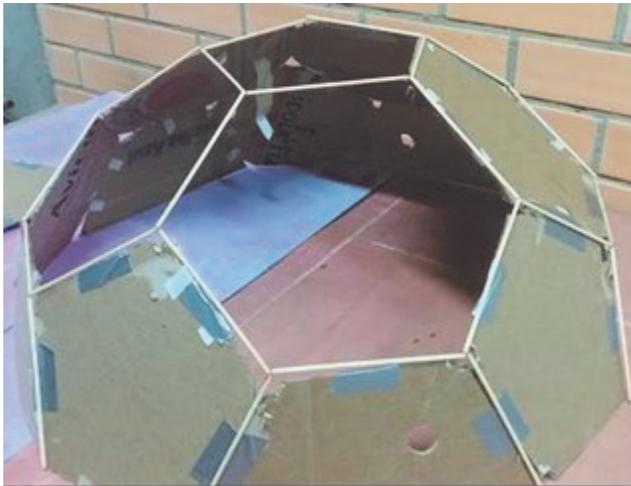
### 2.2 Maquetes de geodésicas

O uso de maquetes estruturais ajuda no processo de análise, ensaio e simulação, somada a várias outras questões técnicas práticas importantes, que podem ser usadas tanto nas fases de projeto como de execução de uma obra ou de um produto final.

Além de ilustrar o passo a passo construtivo possibilitando a análise modular e a melhoria do processo, o uso de maquetes permite a realização de diversos testes mecânicos que servem, entre outros, para ajustar os parâmetros de modelamento computacional. O comportamento das estruturas em escala menor permite prever o comportamento de estruturas maiores.

Castro (2019) e Ostapiv *et al* (2019), construíram e ensaiaram maquetes de geodésicas de bambu usando barras cilíndricas maciças de bambu mossô, unidas com resina catalisada

de poliéster saturada. As barras de bambu foram obtidas a partir de lotes comerciais, de 100 ou 200 unidades, de espetinhos de bambu para churrasco. As barras de bambu utilizadas na maquete têm diâmetro de 4 mm e 175 mm de comprimento. Para fazer a fixação das barras umas com as outras com os ângulos adequados, os autores utilizaram um molde de papelão auxiliar como o mostrado na Figura 4, obtendo uma estrutura cujas características são mostradas na Tabela 1.



**Figura 4** - Molde de papelão na forma de cúpula, usado para construção do domo geodésico de bambu.  
**Fonte:** Autores

DOMO GEODÉSICO - icosaedro truncado	
Comprimento das arestas dos polígonos da malha	175 mm
Diâmetro do domo	800 mm
Altura do domo	370 mm
Área aproximada da superfície do domo	1,5 m <sup>2</sup>
Volume coberto pelo domo	98 l
Massa total da estrutura	142 g

**Tabela 1** - Características do domo geodésico de barras de bambu com aresta de 175 mm.  
**Fonte:** Autores

### 2.3 Ensaios das cúpulas geodésicas de bambu

Após a construção as maquetes foram ensaiadas usando carregamento vertical sobre a estrutura para verificar a resistência e a deflexão das estruturas construídas, similar ao trabalho desenvolvido por Ostapiv *et al* (2018), no qual os autores concluíram que domos geodésicos de bambu amarrados são resistentes, pois, em ensaios a estrutura suportou uma carga de 38 vezes o seu peso próprio, apresentando uma grande deflexão sem se romper.

### 2.4 Simulação computacional - Análise por Elementos Finitos

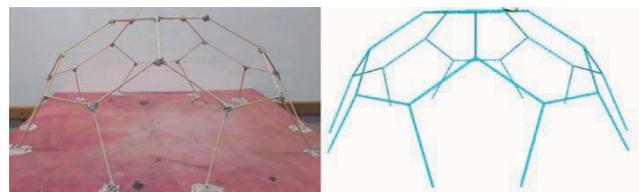
Cada vez mais são utilizados métodos dos elementos finitos (MEF) para análise de problemas estruturais de engenharia.

Na maioria das vezes, é impossível a obtenção de soluções analíticas dos complexos problemas estruturais existentes na engenharia, daí a importância do uso do método.

O MEF é uma ferramenta altamente eficaz para a obtenção dos campos de deformações e tensões permitindo a identificação das regiões mais solicitadas de uma estrutura. A partir dos resultados da análise numérica, é possível obter um entendimento melhor do comportamento das estruturas, propor e avaliar modificações para otimizar estas estruturas. Castro e Ostapiv *et al* (2019) usaram o MEF para simular o comportamento de maquetes construídas com palitos de bambu e diferentes tipos de uniões. Para tal análise, usaram os recursos gráficos do programa ANSYS, mostrado nas Figuras 5,6 e 7. Na resolução numérica obtida pelos autores foram considerados grandes deslocamentos dos nós da malha.

Para obter a solução numérica, apresentadas na Figura 5, Ostapiv *et al* (2019), discretizaram o modelo da geodésica com uma malha de 350 elementos de viga e 695 nós. As condições de contorno usadas no modelamento da geodésica foram: deslocamento e rotação nulos para os nós da base (condição de engaste) e força vertical definida e distribuída nos cinco nós do plano de topo da estrutura. No mesmo trabalho os autores obtiveram valor médio de 12 GPa para o (MOE) módulo de elasticidade das barras de bambu mossô, semelhante ao resultado obtido por Berndsen *et al* (2013). Este valor do MOE foi utilizado no software ANSYS para a simulação computacional.

Na Figura 5 é mostrada a estrutura inicialmente sem o carregamento e na sequência a Figura 6 mostra a mesma estrutura defletida sob a ação de uma força vertical de 34,06 N e os respectivos modelos tridimensionais gerados pelo programa computacional.

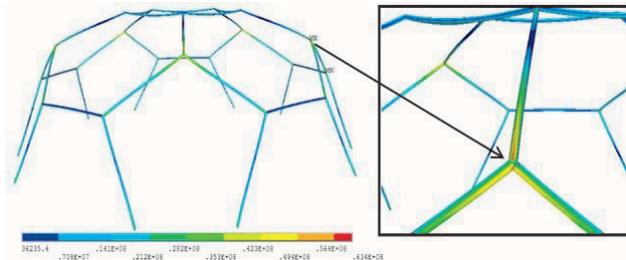


**Figura 5** - Estrutura geodésica de barras de bambu sem carregamento e seu modelo tridimensional.  
**Fonte:** Autores



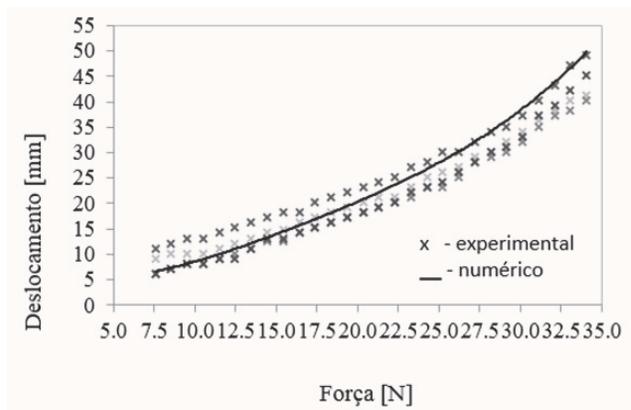
**Figura 6** - Geodésica com carregamento vertical e modelo tridimensional nas mesmas condições.  
**Fonte:** Autores

Ostapiv *et al* (2019) verificaram que as uniões entre os hexágonos da estrutura geodésica são os locais de maior concentração de tensões do conjunto estrutural com o carregamento vertical. A distribuição de tensão equivalente de Von Mises e a tensão máxima de 63,4 MPa são mostradas na Figura 7, no detalhe o ponto de maior tensão na estrutura carregada.



**Figura 7** - Distribuição de tensão equivalente de Von Mises.  
**Fonte:** Autores

O gráfico 1 mostra a intensidade da força [N] colocada sobre a geodésica e o respectivo deslocamento [mm] do plano superior desta estrutura. A curva no gráfico mostra a similaridade dos resultados experimentais com os computacionais, obtida por Ostapiv *et al* (2019). Esta aderência dos resultados é muito importante, pois valida o método computacional e este, entre outras vantagens, permite uma ampla faixa de análises estáticas e dinâmicas da estrutura estudada.



**Gráfico 1** - Comparação entre resultados obtidos experimentalmente e por simulação computacional da geodésica de bambu  
**Fonte:** Ostapiv *et al* (2019).

### 2.5 Módulo de elasticidade dos cabos de nylon

O módulo de elasticidade (MOE) indica a rigidez de um material. É um indicador macroscópico que tem sua origem na energia de ligação molecular do material quando o material é submetido a um esforço mecânico. O módulo de elasticidade do material é dado pela relação entre a tensão

submetida e a deformação ocorrida no material dentro do limite linear-elástico, ou seja, regime no qual o material praticamente não escoa. De um modo geral o nylon, que é o nome comercial para polímeros da família das poliamidas, tem excelente resistência à tração e apresenta MOE entre 1 e 4 GPa. O nylon 6.6 é uma fibra sintética, com a qual são feitos os fios trançados ou enrolados de nylon, estes fios podem apresentar valores para o MOE entre 1 e 3,8 GPa.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Repetindo o procedimento metodológico adotado por Castro (2019) e Ostapiv *et al* (2019), para o ensaio da cúpula geodésica de bambu sem reforço, foram construídas maquetes similares as estudadas pelos autores, usando agora reforços de cabos de nylon.

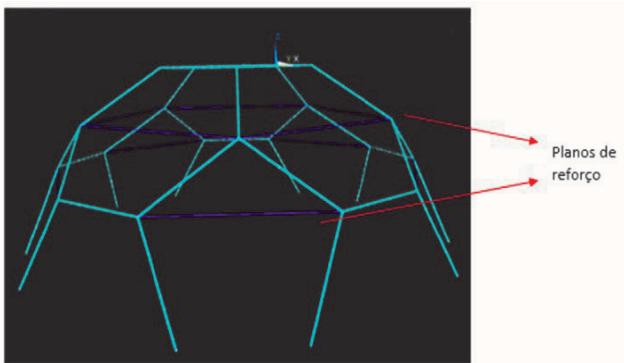
O módulo de elasticidade dos fios de nylon foi obtido a partir do ensaio de tração de 13 corpos de prova, numa máquina universal de ensaios EMIC, no laboratório de materiais da engenharia civil da UTFPR-PB.

Os cabos de nylon usados como reforço foram amarrados em dois planos horizontais distintos da estrutura, ligando os nós (ponto de encontro de 3 barras de bambu) do centro dos hexágonos da estrutura, chamado de plano 1 e logo abaixo na base destes hexágonos, foram amarrados os cabos no plano 2, conforme mostrado na Figura 8 e 9. Estes cabos foram utilizados para atuarem como elementos tracionados e diminuir o esforço sobre esses pontos críticos.



**Figura 8** - Detalhes dos planos de amarração dos cabos de nylon na estrutura geodésica de bambu.  
**Fonte:** Autores

Com os valores do módulo de elasticidade das barras de bambu e do cabo de nylon utilizado, foram feitas simulações de carregamento usando o ANSYS, software de desenho e simulação para engenharia. Na Figura 9 é mostrado o modelo numérico utilizado para a simulação computacional com o plano de amarração dos reforços.



**Figura 9** - Desenho da geodésica reforçada no modelo computacional.  
**Fonte:** Autores

Com a estrutura reforçada, foram feitos carregamentos utilizando massas de valor conhecido. Para cada carga, foi medido o deslocamento vertical da superfície superior em relação à base. O modelo numérico foi simulado com os mesmos carregamentos e, então, foram feitas comparações entre os resultados numéricos e os experimentais.

Foi utilizado o método dos elementos finitos (MEF) para simular a estrutura. Os palitos de bambu foram modelados utilizando elementos de viga e os fios de nylon como elementos de barra. O módulo de elasticidade obtido experimentalmente para o fio de nylon foi de 1,25 GPa. Além disso, o fio de nylon possui um diâmetro de 1 mm. A simulação foi feita considerando que os materiais possuem comportamento linear elástico.

A simulação da ação do vento sobre um sólido com a forma da geodésica também foi realizada para entender inicialmente a distribuição de pressão sobre a superfície da geodésica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Reforço da estrutura usando cabos

Os valores médios de carregamento e deslocamento, do plano superior da estrutura ensaiada, podem ser observados na Tabela 2.

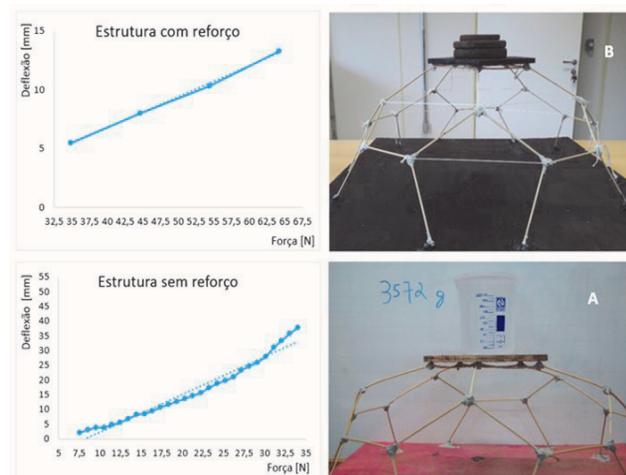
Carga (N)	Deflexão média do plano superior da estrutura (mm)
17,5	1,0
22,5	2,5
27,5	4,0
34,8	5,5
46,6	8,0
54,4	10,3
64,2	13,3

**Tabela 2** - Valores médios da deflexão da estrutura geodésica reforçada com cabos de nylon.  
**Fonte:** Autores

Durante o ensaio de carregamento da estrutura geodésica de bambu com reforço amarrado com cabos de nylon, verificou-se que: diminuíram as tensões nas uniões e nas barras de bambu; diminuíram as deflexões da estrutura; aumentaram significativamente a rigidez e a capacidade da estrutura para suportar carga. Evidenciando a efetividade da solução de reforço adotada.

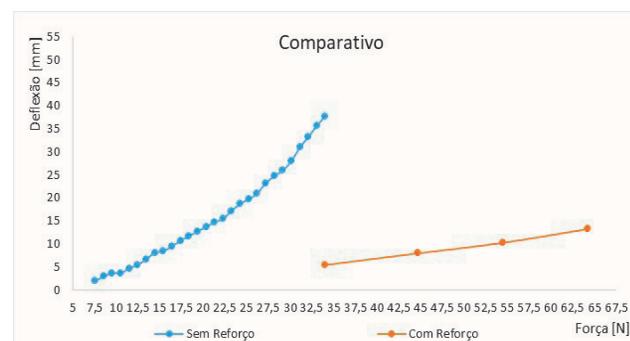
Na Figura 10 são mostrados os gráficos de (carregamento x deflexão) da parte superior da estrutura com e sem reforço de cabos amarrados e as imagens das estruturas geodésicas no momento de máxima carga na situação próxima do colapso da estrutura.

Percebe-se uma maior deflexão do conjunto sem reforço mostrado na Figura 10A, cuja carga máxima foi de 3572g, em relação à estrutura reforçada com cabos mostrada na Figura 10B, cuja carga máxima foi de 6630g.



**Figura 10** - Curvas de carregamento vertical da estrutura. (A) sem reforço, (B) com reforço.  
**Fonte:** Autores

No Gráfico 2 são mostradas as curvas de (carregamento x deflexão) das estruturas com e sem reforço. Comparando estes casos verifica-se que além de resistir ao dobro de carga, a estrutura reforçada defletiu-se muito menos.



**Gráfico 2** - Curvas de carregamento da estrutura geodésica de barras de bambu, unidas com resina, com e sem reforço com cabos de nylon, submetidas a carregamento vertical.  
**Fonte:** Autores

Enquanto a geodésica sem reforço de cabos resistiu uma carga de 23 vezes o seu peso próprio com uma grande deformação vertical do topo da estrutura de 3,2 cm. A geodésica análoga, reforçada com cabos de nylon amarrados, resistiu 4 vezes mais carga para a mesma deflexão da estrutura (1mm) e deformou-se oito vezes menos sob a mesma carga (32,5 N). Nas condições de máximo carregamento a estrutura reforçada resistiu 65 N, ou seja, 42 vezes seu peso próprio, mantendo um comportamento linear de deformação da estrutura como um todo.

#### 4.2 Simulação estática da estrutura geodésica reforçada

Após realizar os ensaios de carregamento e executar a simulação computacional para carregamento vertical, foi possível localizar as regiões com as maiores tensões e identificar os possíveis pontos de ruptura da estrutura. Como previsto no modelo numérico, e observado posteriormente no ensaio destrutivo, o ponto de ruptura foi localizado na conexão entre os palitos de bambu da região superior da estrutura.

A Figura 11 mostra o gráfico dos resultados de deslocamento do plano superior da estrutura causada pela força vertical de sujeição. A dispersão dos resultados experimentais se deve basicamente ao grande incremento de carga a cada etapa de carregamento, porém, o modelo numérico consegue se aproximar bem do comportamento médio dos resultados experimentais.

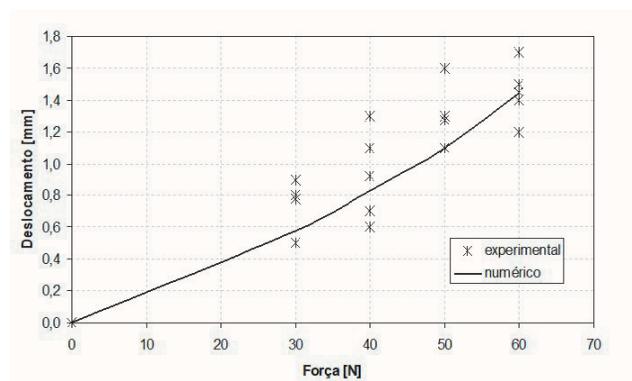


Figura 11 - Deslocamento da estrutura por força de carregamento vertical.  
Fonte: Autores

O ensaio não destrutivo foi realizado com uma carga máxima de 65 N. O modelo foi simulado com carga máxima de 60 N e a distribuição da tensão equivalente de Von Mises está mostrada na Figura 12. É possível observar que a tensão máxima de 24,2 MPa ocorre nos fios de nylon do plano superior da estrutura (linhas em vermelho). Desta forma, foi possível aliviar as tensões existentes nas barras

de bambu e nas conexões, como mostrado no detalhe da Figura 7, transmitindo parte significativa destas tensões para os cabos tracionados.

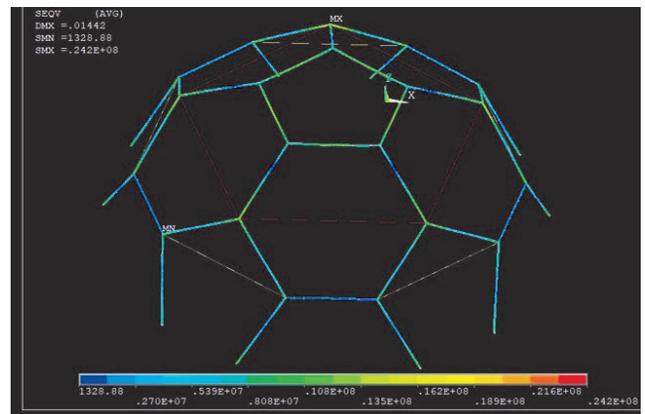


Figura 12 - Distribuição de tensões de von Mises.  
Fonte: Autores

O uso do reforço amarrado, na posição adotada foi considerado efetivo, pois permitiu aumentar a resistência mecânica final da estrutura e diminuir sua deflexão, sem agregar peso significativo para o conjunto.

Com o modelo computacional validado, foi possível ampliar a análise através de novas simulações e deste modo prever o comportamento e a carga máxima suportada pela estrutura. Na Figura 13 é mostrado, através do gráfico de força versus deslocamento, o comportamento da estrutura que foi simulada até o colapso elástico (*snap through*) a 85 N.

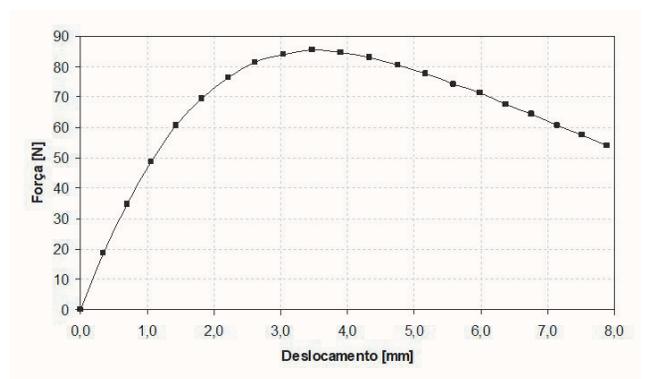
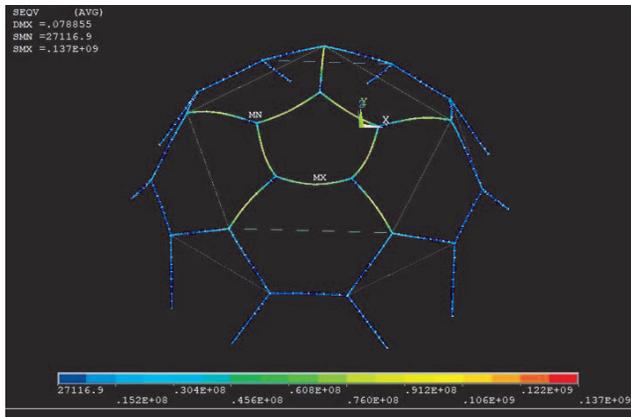


Figura 13 - Força por deslocamento segundo o modelo numérico adotado.  
Fonte: Autores

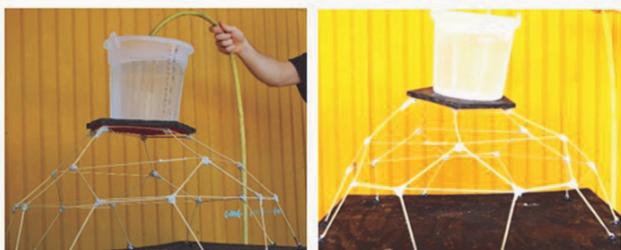
A Figura 14 mostra os resultados de simulação do modelo após o colapso elástico da estrutura. As maiores tensões foram agora obtidas nas barras superiores da estrutura. Essas barras também sofreram uma grande deflexão.



**Figura 14** - Colapso elástico do modelo da geodésica.  
**Fonte:** Autores

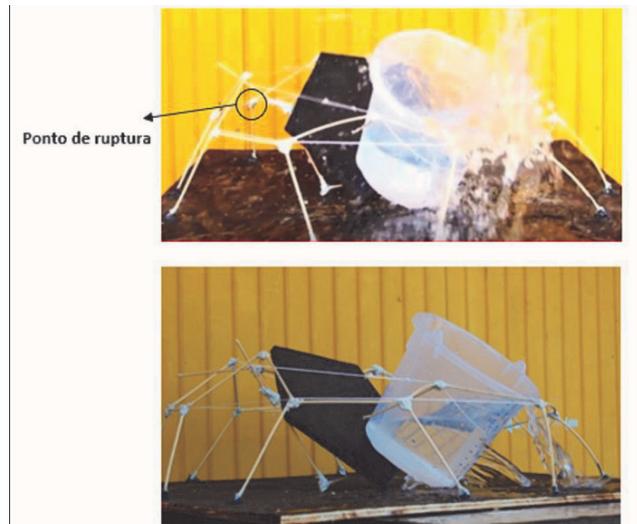
No experimento destrutivo da estrutura geodésica, a carga máxima obtida foi em torno de 72 N. Porém, após atingir a carga máxima, diferentemente do modelo numérico, a estrutura se rompeu na região das conexões entre as barras de bambu.

Na Figura 15 é mostrada a maquete estrutural, instantes antes de ocorrer sua ruptura por carregamento hidráulico. É possível ver as grandes deflexões das barras de bambu que ocorrem especialmente na região superior da estrutura, similares as previstas pelo modelo computacional, mostradas no plano de topo da geodésica da Figura 14.



**Figura 15** - Estruturas geodésicas de bambu com reforço amarrado próximas do momento de colapso.  
**Fonte:** Autores

Devido às condições geradas pelo carregamento na estrutura, a deflexão da mesma não ocorreu de forma simétrica. Finalmente, a ruptura ocorreu simultaneamente em uma conexão entre as barras, mostrado no detalhe da Figura 16 e também em uma barra de bambu de menor densidade. É preciso ressaltar que o modelo numérico não leva em consideração as propriedades da resina usada nas conexões e por isso não é capaz de prever a falha frágil deste material.



**Figura 16** - Colapso elástico da geodésica reforçada no momento do rompimento da estrutura.  
**Fonte:** Autores

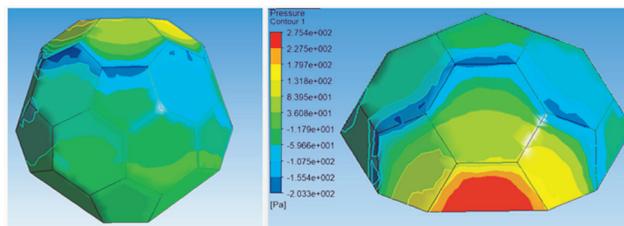
A carga de rompimento foi de, aproximadamente 72 N. A diferença entre o valor previsto de 85 N para ruptura e o valor de 72 N encontrado no ensaio da estrutura pode ser explicada pela seleção inadequada das barras de bambu usadas na construção da estrutura. As mesmas deveriam ter sido classificadas segundo a densidade do material. Algumas destas barras de bambu menos densas têm menor valor de MOE.

Outras fontes de erros podem ser devidas. O desvio do paralelismo do plano superior da estrutura em relação ao plano da base, ocorrida durante o processo de montagem da estrutura. E as diferentes cargas iniciais aplicadas na geodésica no momento de amarração dos reforços, uma vez que o pré-tensionamento dos cabos na amarração foram realizadas manualmente e sem um controle adequado.

Um aspecto importante foi o modo com o qual as estruturas geodésicas com e sem reforço se deformaram. A estrutura sem reforço, a partir do carregamento vertical de 25 N, passou a defletir numa taxa elevada, mostrando que a estrutura se aproxima rapidamente do ponto de colapso (*snap through*). Por outro lado, a estrutura reforçada com cabos amarrados de nylon, mostrou maior rigidez, maior capacidade de carga e um comportamento de deformação estrutural praticamente linear quando carregada, característica desejável para este tipo de estrutura.

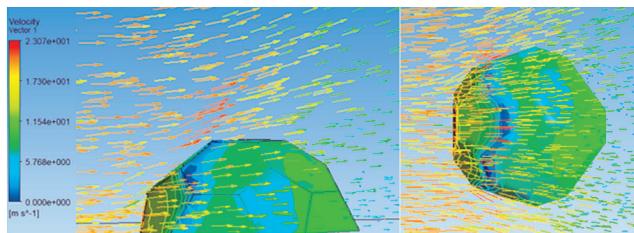
## 4.2 Simulação da ação do vento sobre a geodésica

A simulação de escoamento de ar a 20 m/s sobre a geodésica estudada gerou o gradiente de pressão mostrado na Figura 17. Nesta análise a maior pressão dinâmica, de 275 Pa, ocorre no ponto frontal de incidência do escoamento na estrutura, como é mostrado pelas linhas de fluxo da Figura 18.



**Figura 17** - Distribuição de pressão sobre a superfície geodésica causada pela ação do vento a 20m/s.

**Fonte:** Autores



**Figura 18** - Linhas de fluxo do vento e velocidade do ar sobre a superfície geodésica.

**Fonte:** Autores

Após incidir frontalmente sobre a geodésica a velocidade do ar aumenta, particularmente na região superior da estrutura, produzindo aí uma zona de baixa pressão e uma força ascendente sobre a geodésica, semelhante ao efeito do escoamento de ar sobre uma asa.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram apresentados estudos de simulação numérica computacional de carregamento vertical e escoamento de ar sobre cúpulas geodésicas de bambu reforçadas com amarração. E também ensaios experimentais de carregamento em geodésicas de bambu, construídas em escala reduzida. A união entre as barras de bambu foi feita apenas com resina comercial chamada de “massa plástica”, solução já analisada por Ostapiv *et al* (2019), a partir da solução das uniões das barras, a construção das cúpulas geodésicas se tornou relativamente simples, podendo, no entanto, ser melhorada.

Aplicando o reforço com cabos a geodésica mostrou um comportamento mecânico melhorado. A estrutura resistiu uma carga final cerca de quatro vezes mais elevada e se deformou três vezes menos do que a mesma estrutura sem reforço, aumentando significativamente a rigidez do conjunto. Estes resultados mostraram a importância do reforço e a efetividade da solução adotada que amplia as possibilidades de uso deste tipo de estrutura em telhados, abrigos de emergência e habitações temporárias, por exemplo.

Como discutiram Cook *et al* (1988), o uso de Métodos de Elementos Finitos MEF, permitiu prever o comportamento da estrutura e testar diferentes soluções de

engenharia sobre as mesmas, incluindo aí uma breve análise da ação do vento sobre a geodésica.

No futuro, novas soluções para as geodésicas de bambu podem ser propostas e testadas usando estas importantes ferramentas para a engenharia de estruturas, a simulação computacional e sua validação pelo desenvolvimento e ensaio de modelos físicos em escala reduzida, como os realizados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BERNSEN, R.S., KLITZKE, R.J., BATISTA, D.C., NASCIMENTO, E.M., OSTAPIV, F. “Resistência à flexão estática e à compressão paralela do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*)” Floresta, v.43, n°3, p. 485 – 494, jul./set. 2013 – Curitiba PR.
- CASTRO, G. C. “Ensaio e simulação computacional de estrutura geodésica tipo icosaedro truncado construída com barras de bambu”. 93f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.
- COOK, R.D., MALKUS, D. S. PLESHA. M. E. “Concepts and Applications of Finite Element Analysis” 3ed. Madison: Editora John Wiley and Sons Ltd, 1988.
- GHAVAMI, K., MOREIRA, L.E. “Double-layer bamboo space structures”: Space Structures 4, ed: Thomas Telford Ltd, vol.1, p. 573-581. 1993.
- HIBBELER, R. C. “Resistência dos materiais”. Pearson-Prentice Hall, 5a ed. 670 p., New York, 2010.
- HILL, J.O. “Professional Dome Plans”, 3a ed. 2002.
- VAN LANGDON D. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/796023/classicos-da-arquitetura-biosfera-de-montreal-buckminster-fuller>>. Acesso em 18, Set., 2018.
- LENGEN, J.V. “Arquitetura dos índios da Amazônia” B4 Editores, 119p, São Paulo, 2013.
- LIBRELOTTO, L.I., OSTAPIV, F. (org) “Bambu caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil” 1ª ed. Virtuhab, 204p. Florianópolis, 2019.
- OSTAPIV, F., SALAMON, C., STAHLSCHEMIDT, J., BETT, C. F. “Estudos iniciais para ensaios e construção de cúpulas geodésicas usando colmos de bambu”. MIX Sustentável, v.4, n.1, p. 108-116. UFSC, Florianópolis, 2018.
- OSTAPIV, F., OSTAPIV, G., CASTRO, G.C., STAHLSCHEMIDT, J., “Computational simulation and vertical loading tests in bamboo geodesic domes”. In: 25th International Congress of Mechanical Engineering - ABCM, Uberlândia, MG, out. 2019.

ROZESTRATEN, A. S. "Apuntes acerca del papel de la representación en el proceso del proyecto de arquitectura de Paulo Mendes da Rocha". *Arquiteturarevista* - Vol. 5, nº2: p.111-121. São Paulo, 2009.

SALAMON, C., OSTAPIV, F. Planificação de Colmos de Bambu para Produção de Painéis. *Mix Sustentável* - Edição 05 v.3, n.1. p.73-83. UFSC, Florianópolis, 2017.

SALCIDO, J.C.; RAHEEM, A.A.; RAVI, S. "Comparison of embodied energy and environmental impact of alternative materials used in reticulated dome construction" *Building and Environment* 96: The International Journal of Building Science and its Applications, Elsevier, p. 22-34. 2016.

## AUTORES

ORCID: 0000-0001-5397-1968

**FABIANO OSTAPIV, Dr.** | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Departamento de Mecânica | Pato Branco, PR - Brasil | Correspondência para: Av. Conhecimento Km 1, Bairro Fraron, Pato Branco - PR, 85503-390 | e-mail: fabianoostapiv@utfpr.edu.br

ORCID 0000-0001-5220-461X

**GUSTAVO CORREA** | Rua Itacolomi 620, Apto 704, Centro, Pato Branco, PR, 85501-240

ORCID: 0000-0003-2594-2187

**JOAMÍLTON STAHLSCHEMIDT, MSc.** | UTFPR, Engenharia Mecânica, Pato Branco, Paraná – Brasil | Rua Arnaldo Moreira Douat, Nº 150, Ap. 503, Bloco A, Joinville - SC, 89211-000 | e-mail: joamiltons@utfpr.edu.br

ORCID: 0000-0003-2695-4016

**GABRIEL OSTAPIV** | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Engenharia Mecânica | Pato Branco, PR - Brasil | Correspondência para: R. Pref. Ivo Tomazoni, 140 - La Salle, Pato Branco - PR, 85505-160 | e-mail: gabrielostapiv@gmail.com

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

OSTAPIV, Fabiano; CORREA, Gustavo; STAHLSCHEMIDT, Joamilton; OSTAPIV, Gabriel. Simulação e Avaliação Experimental de Estruturas Geodésicas de Bambu Reforçadas com Tirantes. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 71-82, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.71-82>.

**DATA DE ENVIO:** 16/12/2019

**DATA DE ACEITE:** 20/03/2020



# AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE PAREDES DE MADEIRA LAMINADA COLADA

*STRUCTURAL PERFORMANCE EVALUATION OF GLUED LAMINATED TIMBER WALLS*

**EDGAR VLADIMIRO MANTILLA CARRASCO, Dr.** | UFMG

**CYNARA FIEDLER BREMER, Dra.** | UFMG

**JUDY NORKA RODO DE MANTILLA, Dra.** | UFMG

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é determinar o desempenho estrutural de paredes de madeira laminada colada utilizando a norma brasileira NBR 15575 (2013). Foram confeccionadas 5 paredes com seção transversal de 9 cm x 140 cm e altura de 260 cm, sendo 3 de *Eucalyptus cloeziana* e 2 de *Eucalyptus grandis*. O adesivo utilizado foi a base de resina resorcinol formaldeído. Antes da realização dos ensaios foi feita uma caracterização física e mecânica da madeira. As paredes foram montadas a partir da união de 5 vigas de madeira laminada colada de 52 cm de comprimento. A união foi feita por meio do sistema macho-fêmea utilizando o adesivo. Foram realizados os ensaios de compressão simples, corpo mole e corpo duro, conforme especificações da NBR 15575 (2013). As condições de contorno adotadas foram: apoios fixos nas duas extremidades. A instrumentação foi constituída de uma célula de carga e três transdutores de deslocamento. A aplicação da carga foi monotônica até atingir carga máxima. Os resultados dos ensaios de compressão simples e dos ensaios de impacto de corpo mole e de corpo duro realizados nas paredes de madeira laminada colada indicam um elevado desempenho estrutural e, portanto, atendem os critérios de desempenho especificados pela NBR 15575 (2013).

**PALAVRAS CHAVE:** Madeira Laminada Colada; Paredes; Avaliação da conformidade

## ABSTRACT

*The objective of this work is to determine the structural performance of glued laminated timber walls using the Brazilian standard NBR 15575 (2013). Five walls with cross-section of 9 cm x 140 cm and height of 260 cm were made, 3 of these walls of *Eucalyptus cloeziana* and 2 of *Eucalyptus grandis*. The adhesive used was resorcinol formaldehyde resin base. A physical and mechanical characterization of the wood was performed before the tests. The walls were assembled from the union of 5 glued laminated timber beams of 52 cm in length. The union was made through the male-female system, using adhesive. Simple compression, soft body and hard body impact tests were performed, according to the specifications of NBR 15575 (2013). The boundary conditions were fixed at both ends. The instrumentation consisted of a load cell and 3 displacement transducers. The load application was monotonic until reaching maximum load. The results of the simple compression tests and the soft body and hard body impact tests indicate high structural performance of the glued laminated timber walls, and, therefore, meeting the specifications of NBR 15575 (2013).*

**KEY WORDS:** *Glued Laminated Timber; Walls; Performance evaluation*



## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento dos painéis de madeira ocorreu com o isolamento da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial, quando o país se viu diante de dificuldades que fomentaram o aparecimento de novas tecnologias. Uma delas foi o desenvolvimento de painéis de madeira aglomerada, na década de 1940, como forma de empregar os resíduos madeireiros disponíveis, em um cenário de escassez de madeira com características compatíveis com a produção dos compensados (Iwakiri, *et al*, 2005, Macedo, *et al*, 2015 e Lima, *et al*, 2020). A partir da década de 1980, as indústrias de base florestal no Brasil passaram por uma grande transformação em termos de matéria-prima, produtos e processos produtivos. A base da matéria-prima madeira, que era quase que totalmente oriunda de florestas nativas, passou a ser substituída por florestas plantadas de rápido crescimento, especialmente a de pinus e eucalipto. (ABIMCI, 2004 e Iwakiri, *et al*, 2007).

O compensado estrutural é classificado como um painel multilaminado, colado com resinas à prova d'água, para uso em condições cíclicas de alta e baixa umidade relativa, eventualmente em ação direta com a água, de uso exterior. A sua aplicação se destina principalmente ao setor de construção civil e para embalagens (Baldwin, 1995 e Iwakiri, *et al*, 2007).

O painel de *Oriented Strand Board* (OSB) é reconstituído de flocos de madeira, parcialmente orientados, com a incorporação de adesivo à prova d'água e consolidados por meio de prensagem a quente. As chapas de OSB são produtos utilizados para aplicações estruturais, como suportes de piso e forro, componentes de vigas, estrutura de móveis e embalagens, competindo com o compensado estrutural. Por ser menos exigente do que o compensado na qualidade da matéria prima, o OSB está substituindo o mesmo em muitas aplicações (Cabral, *et al*, 2006).

Os painéis de madeira laminada colada cruzada (MLCC) denominados também de painéis CLT (*Cross Laminated Timber*), são formados por lâminas de madeira com grandes dimensões arranjadas ortogonalmente e unidas com adesivo estrutural sob alta pressão. O sistema de laminação cruzada possibilita ao CLT trabalhar como um elemento estrutural rígido e autoportante (Amorim, *et al*, 2017, Sikora, *et al*, 2016 e Kolton, *et al*, 2020).

Caso as lâminas sejam dispostas paralelamente umas às outras tem-se a madeira laminada colada (MLC), fabricada a partir de pequenas placas de madeira planas ou lamelas coladas com adesivos estruturais. É capaz de formar peças maiores com propriedades mecânicas que são mais resistentes que as tábuas de madeira originais.

O material pode ter uma disposição homogênea, onde todas as laminações são da mesma classe de resistência, ou combinadas, onde as laminações externas são de uma classe de maior resistência. A MLC pode compor vigas estruturais, colunas, elementos de treliça ou paredes estruturais (Building and Construction Authority, 2018).

A norma brasileira de Desempenho, NBR15575 (2013), nas suas partes 2 e 4, traz os requisitos necessários para os sistemas de vedações internas e externas das edificações habitacionais. Nelas são descritos os níveis de aceitação, conforme os resultados dos ensaios realizados (deslocamentos, fissuras e falhas). São previstos ensaios de compressão, de impacto de corpo mole e também de corpo duro. A modelagem matemática do comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto prevê ensaios destrutivos, com pelo menos dez etapas de carga, com repetição para 3 modelos geométricos idênticos em escala real e com traçado de diagramas carga x deslocamento.

Neste trabalho foram analisadas paredes de MLC, formadas por vigas empilhadas, conectadas entre si por encaixes macho-fêmea, sob as premissas da norma de desempenho. Foram realizados os ensaios de compressão simples, de impacto de corpo mole e também de corpo duro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

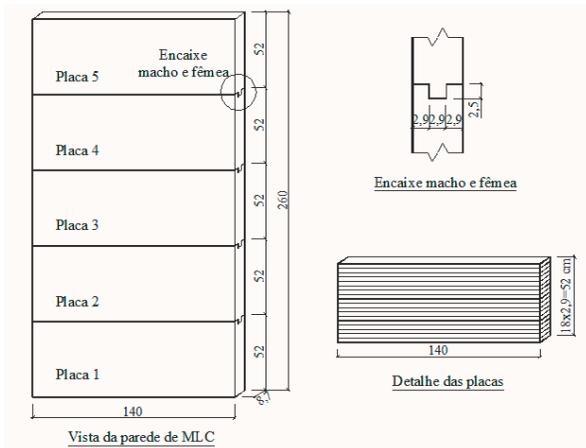
A metodologia utilizada nos ensaios dos elementos estruturais foi orientada por normas brasileiras. Os ensaios dos protótipos foram realizados no LAEES – Laboratório de Análise Experimental de Estruturas. Os ensaios de caracterização mecânica da madeira foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos - LACAM. Os ensaios de caracterização física foram realizados no Laboratório de Caracterização Física - LACAF. Todos estes laboratórios são do Departamento de Engenharia de Estruturas – DEES – da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

### 2.1. Detalhes da fabricação das paredes de MLC

A espessura das lâminas utilizadas na fabricação dos painéis estruturais de MLC variou em torno de 2,9 cm. As emendas longitudinais utilizadas foram do tipo *finger joint*, permitindo aumentar os comprimentos das peças e um maior aproveitamento da madeira por meio da eliminação de defeitos. As dimensões destes entalhes variaram em função da espessura da lâmina adotada na fabricação das peças de MLC. Foi utilizado o adesivo estrutural resistente à umidade à base de resina resorcinol, Cascophen (fabricado pela Borden Química Ltda.), com tempo de pega de aproximadamente 1 hora. Cuidado especial foi dado à preparação da superfície das lâminas antes da

aplicação do adesivo. Para se obter a máxima resistência da linha adesiva, as superfícies das lâminas foram preparadas de forma a se ajustarem com perfeição. Observou-se que madeiras de elevadas densidades requerem menos adesivo que as espécies de baixa densidade ou porosas. As lâminas receberam o adesivo em suas superfícies e depois foram levadas às prensas.

Cada parede de MLC foi constituída por 5 placas, com as dimensões e ligações do tipo macho-fêmea, apresentadas na Figura 1.



**Figura 1** - Parede de MLC  
Fonte: Os autores

## 2.2. Ensaios realizados

### 2.2.1. Caracterização física e mecânica da madeira

Foi feita uma caracterização física e mecânica da madeira, segundo os preceitos da NBR7190 (1997) - Projeto de Estruturas de Madeira, em seu anexo B, nomeadamente: densidade aparente, resistência à compressão, módulo de elasticidade, resistência ao cisalhamento da madeira e do adesivo.

### 2.2.2. Ensaios nas paredes de MLC

A Norma ABNT 15575-4 (2013) traz em seu texto a recomendação de que painéis estruturais pré-fabricados devem ser ensaiados nas mesmas condições do emprego em obra, com altura prevista para o pé-direito e largura mínima de 1,20 m ou de 5 vezes a espessura, para paredes monolíticas. São previstos por esta norma ensaios de compressão simples, de impacto de corpo mole e de corpo duro. O comportamento conjunto para a resistência mínima de projeto prevê ensaios destrutivos, com pelo menos dez etapas de carga, com repetição para 3 modelos geométricos idênticos em escala real e com traçado de diagramas carga x deslocamento.

O objetivo destes ensaios foi reproduzir paredes geralmente empregadas em habitações sociais. Desta forma, foram confeccionadas 5 paredes conforme dimensões apresentadas na Figura 1, sendo 3 paredes de *Eucalyptus cloeziana* e 2 de *Eucalyptus grandis*. Para o atendimento às condições de carregamento foram seguidas as prescrições da NBR7190 (1997). Nos ensaios de impacto de corpo mole, de corpo duro e de compressão simples, as condições de contorno adotadas foram baseadas nas condições verificadas na prática (rotuladas nas extremidades).

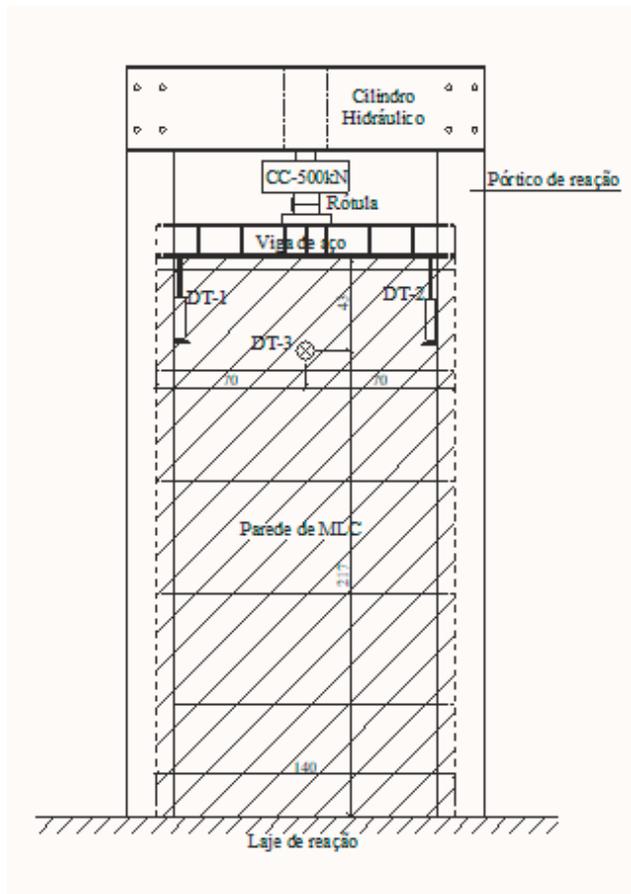
A carga na borda superior das paredes foi aplicada por um cilindro hidráulico e distribuída por meio de uma viga metálica. Nos ensaios de impacto de corpo mole e de corpo duro a carga distribuída ( $q$ ) foi de aproximadamente 7000 N/m, com o intuito de se caracterizar o carregamento típico em uma parede. Os ensaios realizados nos protótipos das paredes estão apresentados na Tabela 1.

Espécie utilizada na fabricação dos elementos	Número de elementos ensaiados	Espécie utilizada na fabricação dos elementos
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	Compressão simples
		Resistência ao impacto de corpo mole
		Resistência ao impacto de corpo duro
<i>Eucalyptus grandis</i>	2	Compressão simples
		Resistência ao impacto de corpo mole
		Resistência ao impacto de corpo duro

**Tabela 1** - Ensaios realizados nas paredes de MLC  
Fonte: Os autores

#### 2.2.2.1. Ensaio de compressão simples

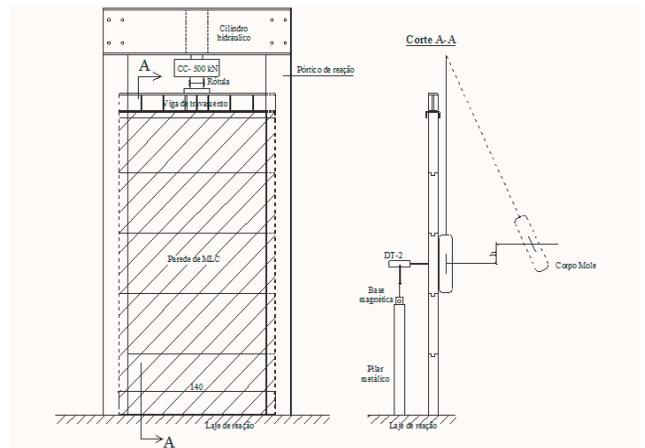
Depois de a parede montada e posicionada no pórtico, prosseguiu-se com a instrumentação. Os ensaios de compressão simples nas paredes foram realizados em um pórtico de reação com capacidade de 1000 kN, equipado com um cilindro hidráulico controlado por uma bomba manual para a aplicação do carregamento medido por uma célula de carga com capacidade de 500 kN. O encurtamento da parede foi monitorado, durante o ensaio, por dois transdutores de deslocamento DT (do termo em inglês *Displacement Transducer*) instalados nas laterais da parede, DT-1 e DT-2, e os deslocamentos horizontais (flechas) foram monitorados por um DT posicionado no meio do terço superior (DT-3), conforme prescrições da NBR15575 (2013), Figura 2.



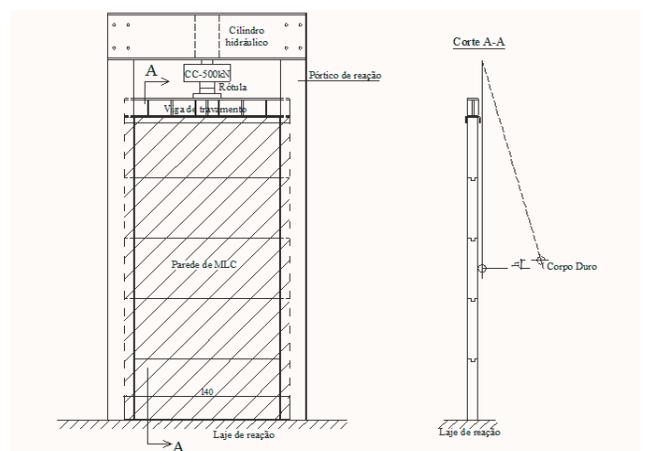
**Figura 2** - Instrumentação do ensaio de compressão simples da parede (dimensões em cm)  
 Fonte: Os autores

### 2.2.2.2. Ensaios de impacto de corpo mole e de corpo duro

Para a realização dos ensaios de impacto de corpo mole, depois de montado e posicionado o protótipo no pórtico de ensaio, conforme a Figura 3, um saco de areia com massa de 40 kg foi posicionado tendo o seu centro tangenciando o centro da parede. O ensaio consistiu em suspender o saco de areia, por diferentes alturas, e abandoná-lo em queda livre na direção à parede. Devido às características construtivas e às condições de vinculação das paredes, que são idênticas tanto para um carregamento aplicado da direita para a esquerda, quanto da esquerda para a direita, fez-se o ensaio em apenas uma direção. Já para a realização dos ensaios de impacto de corpo duro, depois de montado o corpo-de-prova, foram utilizadas duas esferas maciças de aço, uma com massa de 500 g e outra com massa de 1000 g, para a imposição dos impactos na parede. Cada uma das esferas foi suspensa por um fio, tendo sua face tangenciando a parede quando em repouso. O ensaio consistiu em levantar cada esfera por diferentes alturas, e abandoná-la em queda livre na direção da parede, Figura 4.



**Figura 3** - Ensaio de impacto de corpo mole  
 Fonte: Os autores



**Figura 4** - Ensaio de impacto de corpo duro  
 Fonte: Os autores

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização física e mecânica da madeira

Os valores médios das propriedades físicas e mecânicas do *Eucalyptus cloeziana* e *grandis*, encontrados nos ensaios, são apresentados na Tabela 2.

Espécie	$\rho_{ap}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$f_{c0}$ (MPa)	$f_{t0}$ (MPa)	$f_{190}$ (MPa)	$f_v$ (MPa)	$E_{co}$ (MPa)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	893	59,8	94,8	5,1	11,5	13963
<i>Eucalyptus grandis</i>	645	41,3	73,2	2,9	7,9	12813

**Tabela 2** - Valores médios das propriedades do *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis*  
 Fonte: Os autores

### 3.2. Ensaio de compressão simples

Os resultados dos ensaios de compressão simples nas paredes de *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis* são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

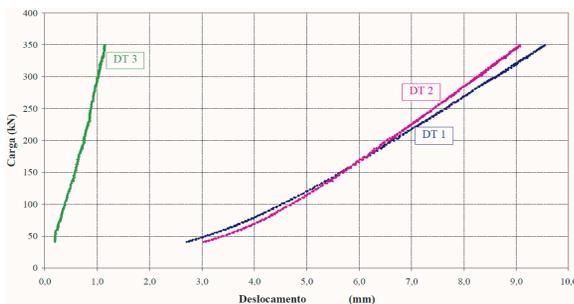
Parede	Carga máxima aplicada (kN)	Flecha (1) máxima (mm)	Deslocamentos vertical (encurtamento) máximo (mm)	Inclinação do gráfico carga x deslocamento (kN/mm)
A	350	0,97	6,88	54,599
B	350	0,95	9,16	54,229
C	350	2,31	10,24	45,788

**Tabela 3** - Resultados dos ensaios de compressão simples nas paredes de *Eucalyptus cloeziana*  
Fonte: Os autores

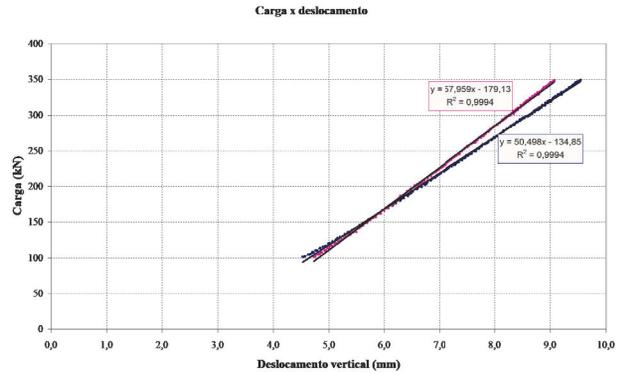
Parede	Carga máxima aplicada (kN)	Flecha (1) máxima (mm)	Deslocamentos vertical (encurtamento) máximo (mm)	Inclinação do gráfico carga x deslocamento (kN/mm)
A	200	0,87	13,22	16,030
B	244	1,30	21,00	16,190

**Tabela 4** - Resultados dos ensaios de compressão simples nas paredes de *Eucalyptus grandis*  
Fonte: Os autores

Analisando as Tabelas 3 e 4 percebe-se que as paredes de *Eucalyptus cloeziana* se comportaram melhor, resistiram a maiores cargas, tiveram menores deslocamentos e, conseqüentemente, apresentaram maiores rigidezes. Na Figura 5 é apresentado um gráfico representativo do comportamento das paredes nos ensaios de compressão simples e na Figura 6 é apresentado um gráfico com as regressões lineares para obter o módulo de elasticidade da parede ( $E_p$ ). A Figura 5 e 6 referem-se à parede de *Eucalyptus cloeziana*.



**Figura 5** - Compressão Parede B, *Eucalyptus cloeziana* – Carga x deslocamento  
Fonte: Os autores



**Figura 6** - Compressão Parede B, *Eucalyptus cloeziana* – Carga x encurtamento, (Ep)  
Fonte: Os autores

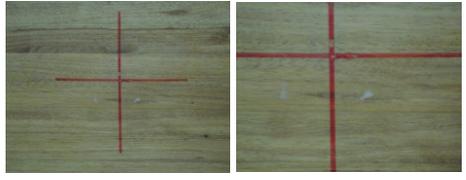
### 3.3. Ensaios de impacto de corpo mole e de corpo duro

Como resultados dos ensaios de impacto de corpo mole são apresentados os seguintes deslocamentos: horizontal instantâneo ( $d_{hi}$ ), obtido pelo DT no momento do impacto; o deslocamento horizontal residual ( $d_{hr}$ ), obtido pelo DT após o impacto e passado o período de estabilização da parede. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

Os resultados dos ensaios de impacto de corpo duro são apresentados na Figura 6. Devido a limitações de altura no laboratório não foram realizados os ensaios com energia de impacto de 720 J, assim este valor não foi apresentado na tabela, apesar de ser previsto na norma NBR 15575 (2013).

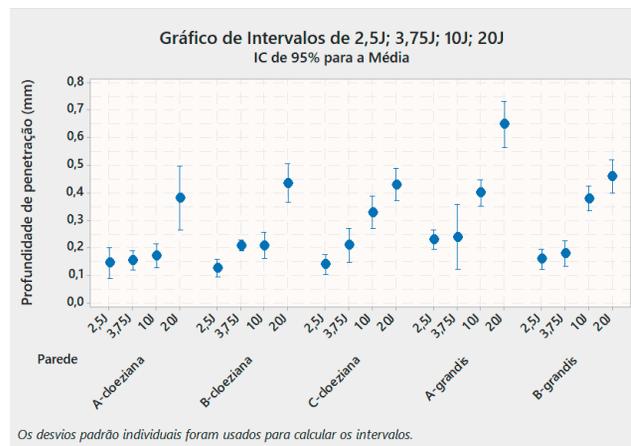
Uma análise dos critérios de desempenho estabelecidos para o ensaio de corpo mole (NBR 15575, 2013) e dos resultados obtidos nas paredes de MLC indicam o excelente desempenho. As paredes de *Eucalyptus cloeziana* se comportaram melhor do que as paredes de *Eucalyptus grandis*. Os deslocamentos máximos obtidos nos ensaios estão dentro dos limites estabelecidos e também não houve grandes danos, apenas leves escamações superficiais nos ensaios com a maior energia de impacto.

Parede	Energia (J)	<i>Eucalyptus cloeziana</i>		<i>Eucalyptus grandis</i>	
		Instantâneo - $d_{hi}$ (mm)	Residual - $d_{hr}$ (mm)	Instantâneo - $d_{hi}$ (mm)	Residual - $d_{hr}$ (mm)
A	60	1,8	0,3	3,1	0,2
	120	4,5	0,6	6,7	0,2
	180	6,3	0,6	8,8	0,2
	240	9,4	0,4	13,9	0,4
	360	13,8	0,2	20,8	0,6
	480	16,9	0,3	23,9	0,6
	600	22,0	0,2	30,3	0,6
B	60	2,0	0,1	2,6	0,3
	120	3,0	0,1	6,5	0,3

B (continuação)	180	4,4	0,1	9,1	0,3
	240	5,5	0,4	8,1	0,3
	360	7,2	0,2	11,2	0,3
	480	9,0	0,2	14,7	0,3
	600	10,0 <sup>(1)</sup>	0,3 <sup>(1)</sup>	19,4	0,3
C	60	1,5	0,3	<sup>(1)</sup> Pequena escamação na região do impacto (ver Figura)	
	120	2,6	0,2		
	180	3,9	0,2		
	240	7,1	0,2		
	360	8,7	0,1		
	480	10,2	0,2		
	600	13,6	0,2		

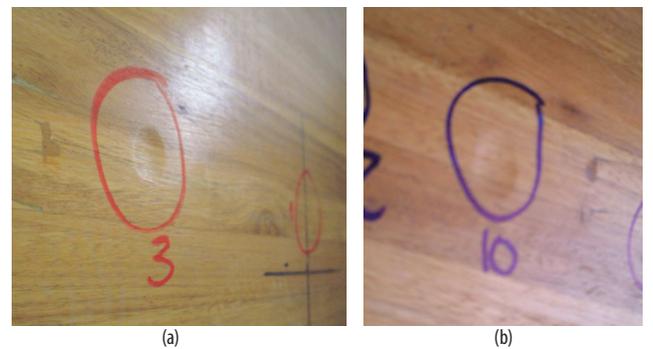
**Tabela 5** - Resultados dos deslocamentos medidos nos ensaios de impacto de corpo mole  
**Fonte:** Os autores

A NBR 15575 (2013) prescreve as alturas de queda (h) e os critérios de desempenho para os ensaios de impacto de corpo duro. Os impactos com energias de 2,5 J e 10 J servem para a avaliação de paredes estruturais na parte interna das habitações e aqueles com energias de 3,75 J e 20 J servem para as partes externas. As profundidades das mossas medidas nos ensaios de corpo duro, para todas as paredes e para todas as energias sendo para cada energia 10 ensaios, são apresentadas na Figura 7.



**Figura 7** - Resultados ensaios corpo duro – Energia de impacto x profundidade de penetração  
**Fonte:** Os autores

Analisando os resultados obtidos, pode-se dizer que as profundidades das mossas medidas nos ensaios foram muito inferiores aos limites estabelecidos pela NBR 15575 (2013). Nos ensaios com a esfera de 1000 g não foram observados fissuras ou traspassamentos em nenhuma das paredes ensaiadas. Exemplos das mossas deixadas nas paredes após os ensaios com esferas de 1000 g são apresentados na Figura 8.



**Figura 8** - Mossa no ensaio com esfera de 1000 g: (a) Altura de queda de 100 cm (b) Altura de queda de 200 cm  
**Fonte:** Os autores

#### 4. CONCLUSÕES

As paredes de *Eucalyptus cloeziana* se comportaram melhor do que as paredes de *Eucalyptus grandis*. Não houve grandes danos, apenas leves escamações superficiais nos ensaios com maior energia de impacto. A partir dos critérios estabelecidos para os ensaios de impacto de corpo mole (condições para dh e dhr) na NBR15575 (2013) pode-se afirmar que o desempenho das paredes de MLC pode ser classificado como Intermediário ou Superior. As profundidades das medidas nos ensaios de impacto de corpo duro foram muito inferiores aos limites estabelecidos pela NBR15575 (2013). Nos ensaios com a esfera de 1000 g não foram observadas fissuras ou traspasses em nenhuma das paredes ensaiadas. Pode-se afirmar quanto às análises dos resultados dos ensaios de impacto de corpo duro que o desempenho das paredes de MLC pode ser classificado como Intermediário ou Superior.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente; **“Estudo setorial 2004, indústria de madeira processada mecanicamente”**. Curitiba, Paraná, 52 p., 2004.

AMORIM, S.T.A.; MANTILLA, J.N.R.; CARRASCO, E.V.M.; **“A madeira laminada cruzada: aspectos tecnológicos, construtivos e de dimensionamento”** Revista Matéria, suplemento, e-11937, p. 1-7, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira, Rio de Janeiro, 1997, 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT, NBR 15575 - Edificações habitacionais, Rio de Janeiro, 2013, 115 p.

BALDWIN, R.F.; **“Plywood and veneer-based products: manufacturing practices”**. San Francisco: M. Freeman, 388 p., 1995.

BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY; **“Design for manufacturing and assembly (DfMA), Mass Engineered Timber (MET)”** version 1.0, Guidebook, 75 p., 2018.

CABRAL C.P.T.; VITAL, B.R.; DELLA LUCIA, R.M.; PIMENTA, A.S.; SOARES, C.P.B.; CARVALHO, A.M.M.L.; **“Propriedades de chapas tipo OSB, fabricadas com partículas acetiladas de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*”** R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.659-668, 2006.

IWAKIRI, S.; KEINERT JUNIOR, S.; PRATA, J.G.; ROSSO, S.; **“Produção de painel compensado estrutural de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*”** FLORESTA, v. 37, n. 3, p. 363-367, 2007.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A.S.; CARDOSO JUNIOR, A.A.; CHIMPANSKI, E.R.; PRATA, J.G.; ADRIAZOLA, M.K.O.; **“Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melaminauréia-formaldeído”** Revista Cerne, v.11, p.323-328, 2005.

LIMA, D.C.; MELO, R.R.; PIMENTA, A.S.; PEDROSA, T.D.; SOUZA, M.J.C.; SOUZA, E.C.; **“Physical-mechanical properties of wood panel composites produced with *Qualea sp.* sawdust and recycled polypropylene”** Environmental Science and Pollution Research, v.

27, p. 4858–4865, 2020.

MACEDO, B.; FERRO, F.S.; VARANDA, L.D.; CAVALHEIRO, R.S.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R.; **“Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno bio-orientado”** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.7, p.674–679, 2015.

MAHR, K.; SINHA, A.; BARBOSA, A.R.; **“Experimental Investigation and Modeling of Thermal Effects on a Typical Cross-Laminated Timber Bracket Shear Connection”** J. Mater. Civ. Eng., v. 32, n. 6, p. 04020111, 2020.

SIKORA, K.S.; MCPOLIN, D.O.; HARTE, A.M.; **“Effects of the thickness of cross-laminated timber (CLT) panels made from Irish Sitka spruce on mechanical performance in bending and shear”** Construction and Building Materials, v. 116, p. 141–150, 2016.

## AUTORES

ORCID: 0000-0001-7870-0283

**EDGAR VLADIMIRO MANTILLA CARRASCO, Dr.** | Universidade de São Paulo, Campus São Carlos | Doutorado em Estruturas | São Carlos, SP - Brasil | Correspondência para: R. Ouro Preto 1240/1201 – Santo Agostinho, Belo Horizonte – MG, 30170-048 | E-mail: mantilla.carrasco@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9510-2859

**CYNARA FIEDLER BREMER, Dra.** | Universidade Federal de Minas Gerais | Doutorado em Engenharia de Estruturas | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: R. Paraíba, 697 – Funcionários, Belo Horizonte – MG, 30130-141 | E-mail: cynarafiedlerbremer@ufmg.br

ORCID: 0000-0001-7426-0970

**JUDY NORKA RODO DE MANTILLA, Dra.** | Universidade de São Paulo, Campus São Carlos | Doutorado em Engenharia Civil - Geotecnia | São Carlos, SP - Brasil | Correspondência para: R. Ouro Preto 1240/1201 – Santo Agostinho, Belo Horizonte – MG, 30170-048 | E-mail: judynorka@gmail.com

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARRASCO, Edgar Vladmiro Mantilla; BREMER, Cynara Fiedler; MANTILLA, Judy Norka Rodo de. Avaliação do Desempenho Estrutural de Paredes de Madeira Laminada Colada. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 83-90, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.83-90>.

**DATA DE ENVIO:** 04/04/2020

**DATA DE ACEITE:** 19/05/2020

# SUSTENTABILIDADE, CERTIFICAÇÃO LEED E USUÁRIO: ESTUDO EM RETROFIT DE EDIFÍCIO CORPORATIVO

*SUSTAINABILITY, LEED CERTIFICATION AND USER: CORPORATE BUILDING RETROFIT STUDY*

ISABELA FRANCO SCHREIBER, M.Sc. | UNISINOS

MATHEUS VANZIN VERONA | UNISINOS

FERNANDA PACHECO, M.Sc. | UNISINOS

DANIEL REIS MEDEIROS, Dr. | UNISINOS

MARIA FERNANDA DE OLIVEIRA, Dra. | UNISINOS

## RESUMO

O retrofit amplia o desempenho e a vida útil da edificação, possibilitando aliar questões de sustentabilidade ambiental, social e econômica, com estética e funcionalidade. O presente estudo de caso avaliou diretrizes projetuais, visando aliar soluções sustentáveis e economicamente viáveis ao projeto e execução de um retrofit de edificação comercial, em São Leopoldo, RS, utilizando elementos estéticos atuais e corporativos, almejando a satisfação dos usuários. O estudo iniciou com levantamentos, incluindo visitas na edificação existente e aplicação de um questionário de avaliação pós-ocupação (APO), identificando elementos passíveis de modificação e sem alterações estruturais significativas, para definição das diretrizes projetuais, conforme as exigências da certificação LEED para grandes reformas e interiores comerciais. Apresentam-se os projetos da proposta desenvolvida e o acompanhamento de sua execução. Após, aplicou-se novo APO, para avaliar as soluções de projeto. O comparativo entre os questionários demonstra o aumento dos níveis de satisfação dos usuários, em relação ao conforto e bem-estar e evidencia a importância de uma APO para algumas definições do retrofit da edificação.

**PALAVRAS CHAVE:** Retrofit; Arquitetura Corporativa; Qualidade no trabalho; Avaliação Pós-Ocupação; Satisfação do usuário

## ABSTRACT

*Retrofit enhances the performance and expands the lifetime of a building as well as enables the combination of environmental, social and economic sustainability issues with its aesthetical and functional aspects. Therefore, this case study aimed to assess the adopted strategies in a commercial building located in the city of São Leopoldo Rio Grande do Sul, Brazil, by joining sustainable and economically feasible solutions to the project and applying retrofit by using current aesthetical and corporate elements to improve user satisfaction. Initially, data were collected through on-site visits in order to assess the existing building and apply a post-occupation evaluation (POE) questionnaire. These visits were also intended to identify elements associated with the characteristics of the existing building that could be modified. Subsequently, the design guidelines were defined according to the LEED certification for New Construction & Major Renovation and for Commercial Interiors. This paper presents the designs of the new proposal developed as well as the images of the construction process until its conclusion, when a new POE questionnaire was applied to verify the design solutions. The comparison between the questionnaires demonstrates an increase in user satisfaction levels after the application of retrofit and the importance of POE for building retrofit design definitions.*

**KEY WORDS:** Retrofit; Corporate Architecture; Quality in the workplace; Post-occupation evaluation; User satisfaction.



## 1. INTRODUÇÃO

Oferecer espaços agradáveis nas instituições estimula o comprometimento do funcionário, bem como resulta em aumento na produtividade (FONSECA, 2004). Para desenvolver um projeto arquitetônico corporativo, em que forma e função atendam aos objetivos da empresa de modo eficiente, agradável e que promova o bem-estar, é indispensável conhecer o organograma da empresa, dos elementos e recursos que estão ou não adequados e das necessidades básicas, além de obter informações dos usuários. Faz-se assim, da arquitetura uma ferramenta gerencial (GURGEL, 2014; PIQUETTI, 2012).

Além disso, para aliar questões de sustentabilidade ambiental, social e econômica, com aspectos estéticos, funcionais, qualidade, saúde e segurança do ambiente, em edificações consolidadas que necessitam alterar seu uso, uma abordagem que vem ganhando espaço no Brasil é o Retrofit, pois colabora para uma melhora no desempenho e pode aumentar a vida útil da edificação. (VALE, 2006).

Retrofit é entendido com a requalificação de uma edificação, que muitas vezes pode envolver a troca de usos, com amplas oportunidades de qualificação do seu desempenho energético, sendo um dos aspectos indicados para a promoção da construção sustentável (PNUMA, 2014). Nesse sentido, um retrofit planejado de forma adequada oferece possibilidades de atualização construtiva, tanto em aspectos das tecnologias construtivas, quanto em relação à concepção original do projeto arquitetônico.

Segundo Silva e Pardini (2011), pode-se indicar uma dicotomia nos assuntos relacionados à sustentabilidade na construção civil. Se por um lado a mensuração dos seus benefícios ainda apresenta complexidade, por outro, não há como refutar o reconhecimento e ganhos em termos mercadológicos com fortalecimento da imagem da marca. As autoras também citam que existe uma percepção no país de que as edificações sustentáveis têm um custo inicial maior, mas que ainda falta a percepção de que, uma parcela importante desses custos é resultado de dificuldades relacionadas à mudança de procedimentos e abordagens correntes para se obter resultados de alguma maneira superiores. Agopyan e Jonh (2012) indicam ainda que, além de envolver um conceito a longo prazo, a sustentabilidade requer uma visão sistêmica, para que a sua viabilidade seja definida a partir de indicadores compatíveis com o tempo de vida útil das edificações.

Este estudo de caso foi realizado em uma edificação de dois pavimentos, localizada em São Leopoldo, que abriga a sede administrativa de empresa de suprimentos corporativos, com diferentes aspectos de sustentabilidade em

seus valores. Ao longo dos anos, a edificação analisada, passou por diversas intervenções e ampliações, passando de uso misto para uso somente comercial. A troca entre usuários da edificação conduziu a uma divisão equivocada dos departamentos, prejudicando a organização da empresa, comprometendo a qualidade do ambiente de trabalho. Com base nas expectativas da empresa pela busca da sustentabilidade e melhoria dos ambientes, foram realizados: levantamentos *in loco*, entrevistas com os usuários e leituras específicas. Percebeu-se a necessidade de realizar uma intervenção arquitetônica completa, desde a fachada até o interior.

O desenvolvimento do trabalho foi pautado na busca pela adoção de parâmetros de sustentabilidade, conforme a Certificação LEED para grandes reformas e interiores comerciais, que estabelece metas relacionadas as condições locais e usos da edificação, para definições de projeto, escolha de materiais e acabamentos. Ao final do retrofit os níveis de satisfação dos usuários foram quantificados para analisar o impacto das intervenções, e se atenderam ao propósito de melhorar a qualidade do ambiente de trabalho. Buscou-se, assim, satisfazer o objetivo desse estudo, de avaliar as estratégias utilizadas como diretrizes projetuais, a fim de aliar soluções sustentáveis e economicamente viáveis ao projeto e execução de um retrofit em uma edificação comercial, através de alterações de layout, modificações na fachada e utilização de elementos atuais e corporativos, com o propósito de melhorar o conforto e a satisfação dos usuários.

## 2. MÉTODO

Para atingir os objetivos propostos, o estudo foi realizado em etapas, e para facilitar o acompanhamento das ações correspondentes a cada um destes passos, foi elaborado um diagrama (Figura 1). Para avaliação da viabilidade da execução do retrofit foram utilizadas as metodologias descritas por Barrietos e Qualharini (2004) e Moraes e Quelhas (2012), que indicam um roteiro de procedimentos para auxiliar na tomada de decisões. Tal roteiro foi iniciando pelo pré-diagnóstico, no qual a situação inicial da qualidade e do estado de conservação da edificação é analisada. Nessa etapa foram realizados levantamentos da memória do projeto e da construção, cadastro e registro atualizado das alterações dos ambientes construídos (as built) e entrevistas com os gestores dos funcionários da empresa. Na etapa seguinte foi realizado o diagnóstico através de uma vistoria com registro fotográfico, pesquisa documental, aplicação de questionário, entrevista com o proprietário da empresa, e medições físicas.

Os instrumentos utilizados foram definidos com base em estudos anteriores de Issa, Poltronieri e Ornstein (2008) e de Ono et al. (2018) conforme o ponto de vista do especialista; leitura dos projetos e as built; checklists e walkthroughs e, observações; o ponto de vista do usuário: entrevistas; passeios guiados e questionários.

A etapa seguinte consiste na definição do diagnóstico para determinar as diretrizes projetuais e critérios de reaproveitamento de matérias e sistemas, e em seguida o desenvolvimento do projeto arquitetônico definitivo, e projetos complementares específicos, para então iniciar a

execução das obras. As obras de retrofit foram realizadas durante 08 meses, entre maio de 2015 e janeiro de 2016, com todos os usuários trabalhando no prédio.

Após o término da obra foi aplicado um novo questionário de Avaliação Pós-Ocupação (APO), no mês de maio de 2016 aos colaboradores, para ser comparado com os resultados do primeiro questionário, e dessa forma, possibilitar a verificação dos índices de satisfação dos usuários antes e depois do retrofit. Aproximadamente 30% dos funcionários que responderam ao segundo questionário não trabalhavam no prédio há mais de 12 meses.

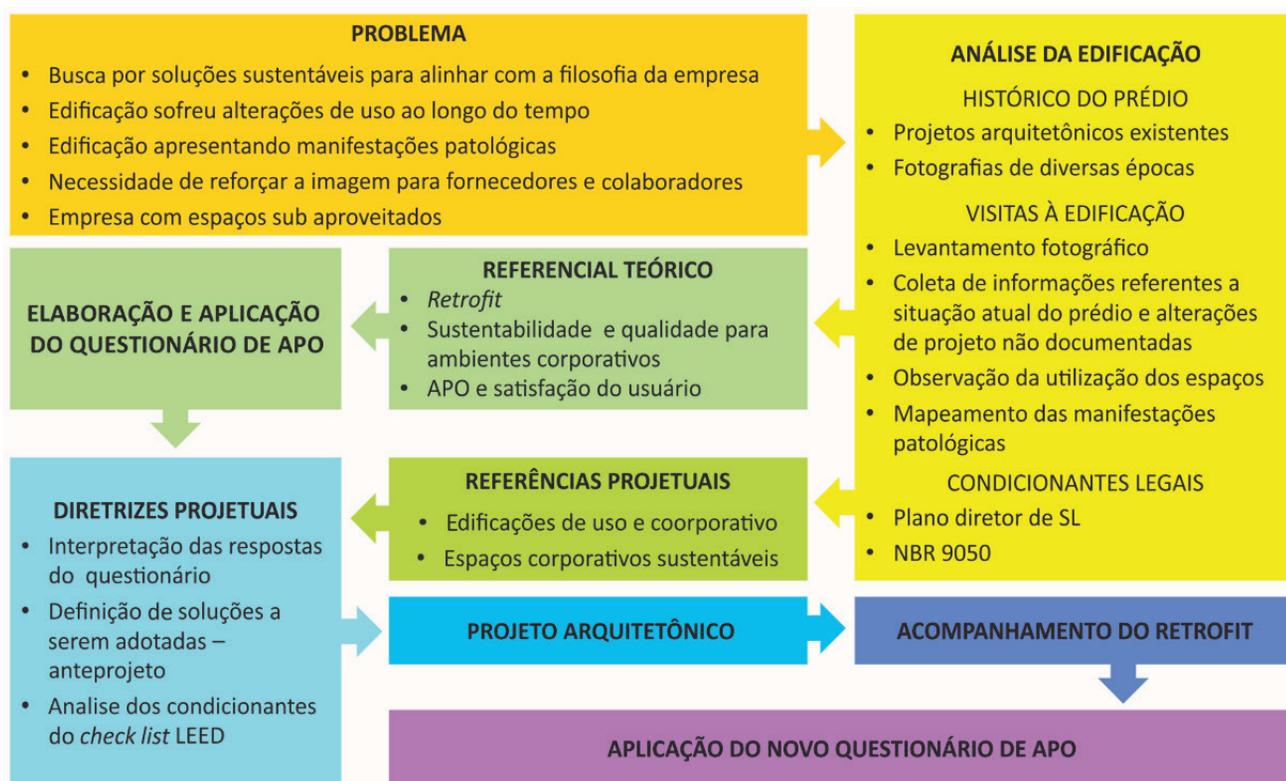


Figura 1 - Diagrama de Pesquisa  
 Fonte: Os autores

### 3. DIAGNÓSTICO E RESULTADOS

#### 3.1 Levantamentos Preliminares

Os levantamentos realizados “in loco”, ocorreram durante os meses de abril e maio de 2015, em diferentes horários e dias da semana, para auxiliar na compreensão do programa de necessidades, sugerido pelo proprietário. Conforme indicação de Ono et al (2018), foram observados o uso e a ocupação dos ambientes, bem como foi realizada a conferência de medidas para confecção do “as built” e o levantamento dos danos patológicos.

O layout interno estava distribuído em dois pavimentos, sendo que o acesso principal era realizado pela

escadaria da fachada norte, e o acesso secundário, para funcionários, pela fachada oeste. Conforme informações do proprietário do imóvel, quando houve a unificação dos prédios, em 2008, o prédio original e a edificação vizinha apresentavam diferenças de níveis e a solução adotada foi construir uma escada que ligasse as duas partes, porém somente pelo pavimento térreo.

O pavimento térreo era composto pela recepção, área para o departamento comercial e departamento de compras, área de convivência e sanitários, conforme Figura 2.



**Figura 2** - Planta baixa do térreo  
**Fonte:** Os autores



**Figura 3** - Planta baixa do segundo pavimento  
**Fonte:** Os autores

Já no pavimento superior, acessado através da recepção, estavam localizadas as salas para os departamentos financeiro e pessoal, além de uma churrasqueira e área de lazer que havia sido concebida para a antiga residência (Figura 3). O segundo pavimento da edificação incorporada, estava totalmente inutilizado, mesmo possuindo uma ampla sala de call center mobiliada, arquivo, sala de brindes e sanitários (Figura 3).

Através das Figuras 4 a 8 é possível observar como eram os ambientes anteriormente ao retrofit.



**Figura 4** - Sala de Brindes  
**Fonte:** Os autores



**Figura 5** - Sala de Reuniões Estratégicas  
**Fonte:** Os autores

Durante as visitas ao local, pode-se notar que o deck de convívio (Figura 7) que ligava os dois prédios pelo térreo e a copa (Figura 8) do segundo pavimento permaneciam sem ocupação, diferentemente das salas de reuniões e as salas dos departamentos (Figuras 5 e 6) que estavam sempre ocupadas. Como cada setor ocupava o espaço correspondente aos antigos cômodos do prédio, as salas ficaram com uma distribuição heterogênea de usuários, por vezes muito vazias, como a sala de

brindes (Figura 4) ou com muita ocupação, como na contabilidade (Figura 6). De qualquer modo, foi verificado que não havia integração entre os espaços, situação que se agravava quando um setor maior precisava ser dividido em diversos ambientes, como a controladoria, a contabilidade e o departamento pessoal, todas pertencentes ao setor financeiro.



**Figura 6** - Sala Contabilidade  
**Fonte:** Os autores



**Figura 7** - Deck de convívio  
**Fonte:** Os autores



**Figura 8** - Copa e área de convívio  
**Fonte:** Os autores

Também, foi possível observar que o prédio apresentava inúmeras manifestações patológicas, principalmente devido às infiltrações pelo telhado, ralos, rejuntas e

descolamentos de revestimento cerâmico nos terraços, ausência de capa nos muros na divisa, pingadeiras instaladas com caimento invertido, também em decorrência de instalações mal executadas (Figura 9). Também foram observados forros de PVC soltos no espaço de depósito, única área com este tipo de acabamento, quadros elétricos inadequados e fora de norma bem como eletrocalhas, perfilados e eletrodutos com excesso de cabos. Destaca-se também: torneiras e caixa acoplada dos vasos sanitários com vazamento ou em mau funcionamento e principalmente uma má distribuição do layout, tendo sanitários desativados, áreas desocupadas e/ou subaproveitadas, que não estavam sendo utilizadas para o fim que foram projetadas.



**Figura 9** - Danos causados por Infiltrações diversas  
**Fonte:** Os autores

Externamente, a edificação se apresentava de forma única, não sendo possível identificar que anteriormente as unidades distintas. A fachada também exibia algumas manifestações patológicas, como descolamento das pastilhas cerâmicas que revestiam as platibandas, e infiltrações nas paredes de divisa (Figura 10), em decorrência da falta de manutenção preventiva. Havia também poucas janelas para a rua e terraços subutilizados que tinham o acesso restrito a apenas dois ambientes.



**Figura 10** - Manifestações patológicas  
**Fonte:** Os autores

### 3.2 Aplicação e análise do primeiro questionário

Como o propósito deste retrofit abrangia também as necessidades dos usuários, estes foram convidados a responder um questionário online, de forma anônima, para que houvesse uma amostragem representativa do todo. A aplicação do primeiro questionário, foi realizada entre os dias 30 de junho e 03 de julho de 2015, e 41 pessoas responderam ao questionário, permitindo trabalhar com as informações de 67% dos 61 ocupantes do prédio.

As variáveis subjetivas, foram avaliadas com uma escala de valores, limitadas entre "muito insatisfeito" e "muito satisfeito", conforme sugerem Rheingantz et al. (2009). Questionou-se a satisfação do usuário quanto a aspectos que envolvem desde o número de sanitários disponíveis até materiais e acabamentos. Opcionalmente, foi disponibilizado um espaço para preenchimento manual, onde os funcionários poderiam explicar os motivos de algumas das suas respostas.

O resultado indicou que os usuários consideravam satisfatórios os itens de iluminação natural, acessibilidade, organização interna e disposição do mobiliário, espaço para mesa de trabalho, espaços de conveniência, materiais de acabamento como pisos, divisórias e cores dos ambientes e interferência de ruídos externos. Por outro lado, os resultados insatisfatórios se deram em questão à quantidade dos sanitários e interferência de ruídos internos. Para questões de ventilação, climatização e qualidade do ar interno, houve um equilíbrio nas respostas. As demais perguntas diziam respeito à preferência quanto a ventilação, a iluminação e os níveis de interação entre usuários e foram elaboradas para resposta única.

Através das informações analisadas, com base nas experiências dos funcionários da empresa, foram tabulados os resultados, conforme orientam Ono et al (2018), e diagnosticados como aspectos negativos: a pouca quantidade de sanitários, os ruídos internos que atrapalham a concentração, o acendimento permanente das luzes e a falta de janelas para a rua.

Como aspectos positivos foram identificados: os móveis e dimensão das mesas, assim como acabamentos de pisos, divisórias e cores dos ambientes. Foi indicado que os ruídos externos atrapalham pouco na concentração, e a acessibilidade foi considerada como um ponto positivo, mesmo que o prédio não possua rampas, e os prédios não sejam unificados na parte superior. Quanto às áreas de convivência, a maioria dos usuários se mostrou satisfeita, mas tanto nas visitas quanto nas respostas se observou que estas áreas são pouco utilizadas.

Os itens de iluminação, ventilação, climatização e qualidade do ar tiveram respostas com a expressão indiferente, assim como a integração com os colegas, pois enquanto uns preferem trabalhar em equipe outros preferem trabalhar sozinhos.

### 3.3 DEFINIÇÃO DAS DIRETRIZES PROJETOIS

Com base nos resultados das etapas anteriores, análise da edificação, e como resultado da primeira APO, foram definidas as diretrizes projetuais de modo a atender as necessidades dos usuários, aos condicionantes legais e aos critérios da certificação LEED BD+C para grandes reformas e LEED ID+C para interiores comerciais, a fim de qualificar o ambiente de forma sustentável, após a realização do retrofit.

Foram utilizadas como referências para as definições deste projeto quatro critérios da certificação LEED: Eficiência hídrica, Energia e atmosfera, Matérias e recursos e Qualidade do ambiente interno.

#### a) Uso Racional da Água

Esta categoria visa promover a eficiência hídrica, reduzindo o consumo de água potável e buscando soluções para o tratamento e reuso dos recursos (United States Green Building Council – USGBC). Para o projeto em questão foram definidas as ações da Tabela 1.

ESTRATÉGIAS	Substituir os mecanismos das caixas acopladas por sistemas de duplo acionamento, e os mictórios por modelos mais econômicos.
	Substituir as torneiras existentes por modelos de ½ volta, com arejadores e redutores de pressão
	Reaproveitar a água de condensação dos aparelhos de ar condicionado como parte da irrigação dos jardins
	Identificar vazamentos em toda a rede hidráulica

**Tabela 1** - Eficiência Hídrica – Estratégias  
**Fonte:** Os autores

A Tabela 2 utilizou o número e o proporcional de funcionários homens e mulheres para comparar o consumo entre as bacias sanitárias, mictórios, e torneiras de banheiros existentes e as novas peças instaladas, comprovando que a

economia de água pode chegar a 48,82% frente a base de cálculo da certificação LEED, denominada baseline. (USGBC).

b) Energia e Atmosfera

Na categoria Energia e Atmosfera os créditos buscam promover a eficiência energética da edificação, visando a redução do consumo energético através de estratégias de projeto e uso de fontes renováveis. As diretrizes adotadas para atender a estes propósitos estão descritas na Tabela 3 (USGBC).

c) Materiais e Recursos

Para atender as exigências de materiais e recursos, que abrangem a produção e uso de materiais com reduzido impacto ambiental, bem como a destinação correta

dos resíduos gerados pelas construções, durante a obra foi estabelecida uma gestão de resíduos da construção, prevendo um descarte correto das lâmpadas existentes, e dos entulhos, separando-os em caçambas de acordo com o tipo do material, e certificando-se de que o descarte foi feito em local licenciado ambientalmente. Além destas, foram tomadas decisões que envolvem não só a obra, como toda política da empresa, como a instalação de pontos de coleta seletiva de materiais reciclados, e utilização de produtos a seco, qualificados tanto para a limpeza pós obra, como para o uso diário. (USGBC).

Baseline				
Bacia sanitária	1,6 galão/descarga	6,056 l	1 galão = 3,785 l	
Mictório	1 galão/ descarga	3,785 l		
Torneira	2,2 galão/min	1,67 l		

61 funcionários		Vezes de uso	Usos/ Dia	Litros Base	Consumo Total (Litros/Dia)
Bacia Sanitária	25 - homens	1x	25	6,05	151,25
	18- mulheres	1x	18	6,05	108,9
	18 - mulheres	2x	36	6,05	217,8
Mictório	25 - homens 0 - mulheres	2x	25	3,78	94,5
Torneira	25 - homens	3x	75	1,67	125,25
	36- mulheres	3x	108	1,67	180,36
Total: 287 usos/dia				Total: 878,06 litros/dia	
264 dias úteis / ano					
Consumo total anual: 231.807,80 litros/ano					

Projeto		
Bacia sanitária	Válvula descarga dual	3 e 6 litros/ descarga
Mictório	Pressmatic - Docol	0,7 litros/descarga
Torneira	Pressmatic - Docol	1,8 litros/minuto

61 funcionários		Vezes de uso	Usos/ Dia	Litros Base	Consumo Total (Litros/Dia)
Bacia Sanitária	25 - homens	1x	25	6	150
	18- mulheres	1x	18	6	108
	18 - mulheres	2x	36	6	108
Mictório	25 - homens 0 - mulheres	2x	25	07	17,5
Torneira	25 - homens	3x	75	0,36	27
	36- mulheres	3x	108	0,36	38,88
Total: 287 usos/dia				Total: 449,38 litros/dia	
264 dias úteis / ano					
Consumo total anual: 118.636,32 litros/ano					

**Tabela 2** - Comparativo de Consumo de água

Fonte: Os autores

Otimização do desempenho energético	Iluminação	Realizar cálculo luminotécnico para quantificar a iluminância conforme o uso dos ambientes e das normas da ABNT.
	Controle de luz	Redistribuir os circuitos elétricos de forma independente para controle da iluminação nas áreas de trabalho e circulações.
		Instalar sensores de presença nos sanitários.
	Ar Condicionado	Mapear as máquinas instaladas, incluindo potência e classificação do Selo Procel, para verificar quais poderiam ser mantidas e para quais ambientes seriam necessários novos equipamentos tipo Split Inverter e Cassete (classe A e B).
		Dimensionar o sistema de AC, conforme as áreas, usos e incidência de calor nos ambientes.
		Limpar filtros dos aparelhos de ar condicionado reaproveitados.
		Utilizar telha tipo sanduiche, tanto na cobertura do novo espaço construído, quanto para substituir a cobertura de toda a área sem laje e que apresentava infiltrações.
Pintar a cobertura em cor clara aumentar aumento da reflexão.		

**Tabela 3** - Energia e Atmosfera – Estratégias

Fonte: Os autores

Conforme indicação do LEED, foi prevista a permanência de paredes, pisos, coberturas e elementos não estruturais interiores existentes, e tais elementos foram mantidos, por vezes com novos revestimentos, como na fachada e terraços que apresentavam manifestações patológicas. Na Tabela 4 estão exemplificadas outras estratégias definidas para satisfazer os critérios previstos.

Reuso do edifício	Realizar manutenção em todas as esquadrias, substituindo as vedações e vidros danificados. Retirar e substituir os revestimentos que apresentam descolamento. Solucionar infiltrações com impermeabilização, instalação de novas calhas, rufos e algerozas.
Reuso de Materiais e Mobiliário	Substituir as lâmpadas existentes por LED, mantendo as luminárias existentes e retirando as aletas brancas. ManteR e reaproveitar bacias sanitárias, cubas e pedras nos banheiros. Reaproveitar portas de vidro e portas de madeira dos sanitários. Reaproveitar mesas, cadeiras e armários existentes em todas as estações de trabalho, com realização de manutenção para serem mais ergonômicas.
Materiais Regionais	Especificar matérias reciclados, de fácil renovação, ou madeira certificada para mobiliário sob medida e móveis prontos, como o uso de MDF melamínico, que dispensa o acabamento em pintura. Especificar pedras simples e extraídas na região, tanto para os móveis quanto para soleiras, pingadeiras e bancadas. Especificar materiais de baixa emissão para acabamentos e revestimentos.

**Tabela 4** - Materiais e Recursos – Estratégias

Fonte: Os autores

Promover a qualidade ambiental interna é fundamental para um local com grande permanência de pessoas, e os créditos desta categoria abordam as decisões de projeto referentes a qualidade do ar interno, conforto térmico, vista externa e iluminação natural (USGBC).

As estratégias previstas envolvem desde a proibição de fumo em toda a área do prédio, incluído jardins e terraços, até a especificação de materiais de baixa emissão

de compostos orgânicos voláteis, como pisos vinílico certificados e tintas ecológicas. A Tabela 5 exemplifica outras estratégias adotadas para estes requisitos.

#### d) Satisfação dos Usuários

Tendo em vista que a empresa continuaria em pleno funcionamento e a permanência dos usuários no prédio, durante as intervenções, foram definidas estratégias que minimizassem os impactos no ambiente de trabalho, optando pela utilização de estrutura metálica e placa cimentícia para fechamentos externos, gesso acartonado e vidro temperado para divisórias internas, e o envelopamento da fachada em ACM, buscando acelerar a execução, evitar sujeira e desperdício de materiais. Tais sistemas construtivos tem como características a rapidez e a menor geração de resíduos.

Desempenho da qualidade do ar interno e aumento da ventilação	Instalar sistema de ventilação forçada, acionados por sensor de presença, nos banheiros que não possuem ventilação natural.	
	Aumentar os vãos das janelas proporcionando mais ventilação natural.	
	Reformular o <i>layout</i> e reposicionar os funcionários para que todas as áreas de trabalho tivessem ventilação natural.	
	Retirar paredes não portantes para integração dos espaços.	
	Fazer ligação entre os dois prédios no pavimento superior.	
	Ambientar todas as áreas com vegetação natural.	
Controle de Sistemas	Iluminação	Instalar tela solar externa em todas as janelas das áreas de trabalho, para evitar reflexo nos monitores e reduzir a entrada do calor.
		Instalar película protetora nos vidros das janelas.
		Redistribuir os circuitos elétricos para controle independente da iluminação nas áreas de trabalho e circulações.
	Conforto Térmico	Instalar dois tipos de brises, sendo um na fachada oeste e outro na fachada norte, para bloquear a incidência solar.
		Utilizar paisagismo para bloquear o sol na fachada oeste.
		Renovar a pintura e escolher revestimentos de fachada em tons claros.
		Pintar a cobertura de cor clara para aumentar a reflexão dos raios solares.
Dimensionar o sistema de AC, conforme as áreas, usos e incidência de calor nos ambientes.		

Iluminação natural e paisagem luz do dia e vistas para espaços sentados	Retirar paredes não portantes e instalar divisórias internas em vidro temperado.
	Reformular o <i>layout</i> e reposicionar os funcionários para que todas as áreas de trabalho tivessem iluminação natural e vista para o exterior.
	Projetar áreas de convivência, com copa, televisão, e mobiliário para integração dos funcionários.
	Ampliar a sala que acessa o terraço para maior integração com o ambiente externo.
	Aumentar os vãos das janelas proporcionando iluminação natural e interação com o ambiente externo.

**Tabela 5** - Qualidade Ambiental Interna – Estratégias

Fonte: Os autores

Além disso, foram propostas diretrizes para aumentar a satisfação dos usuários, incluindo a utilização dos sanitários desativados, e um espaço de convivência amplo, iluminado e confortável, com banquetas, mesas baixas, sofás e televisores para o uso dos espaços tanto no horário das refeições quanto ao longo do dia, e onde fosse possível reunir toda a equipe em datas importantes.

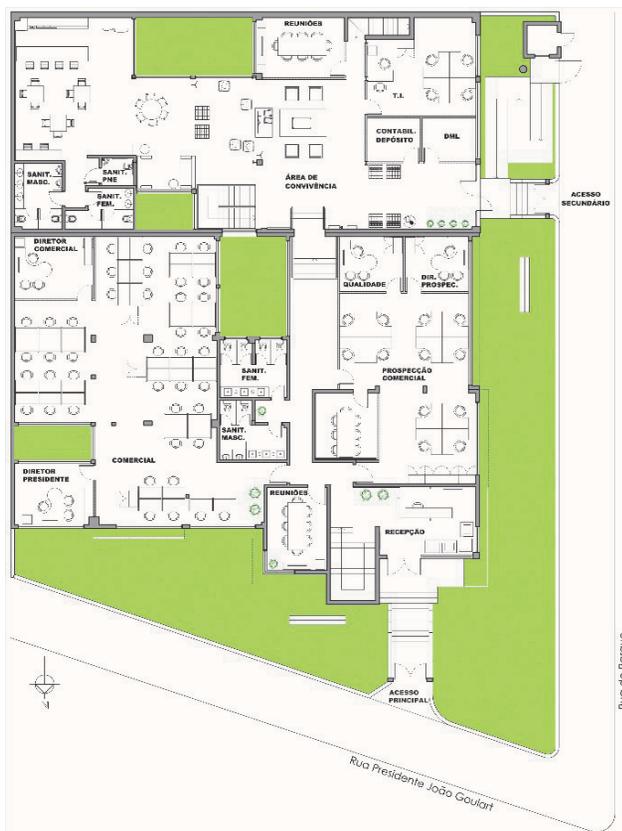
Por se tratar de um retrofit, com ampliação de área, foram consultados o Plano Diretor, e o Código de Obra do município, para avaliar a taxa de ocupação, o índice de aproveitamento, recuos exigidos para o segundo pavimento e o dimensionamento dos vãos de iluminação e ventilação. Ainda, foram propostas melhoria para acessibilidade, conforme exigências da NBR 9050 (ABNT,2015), incluindo a execução de uma rampa para acessar o prédio, a instalação de um sanitário adaptado para portadores de necessidades especiais e a integração total do segundo pavimento.

### 3.4 Desenvolvimento de Projetos

O projeto arquitetônico foi desenvolvido a partir das diretrizes e informações obtidas anteriormente, e foram desenvolvidas 2 propostas para chegar no projeto definitivo. O ponto de partida foi a revisão do layout, propondo o aumentar do número de sanitários e a integração dos espaços para acomodar todos os setores o mais próximo possível.

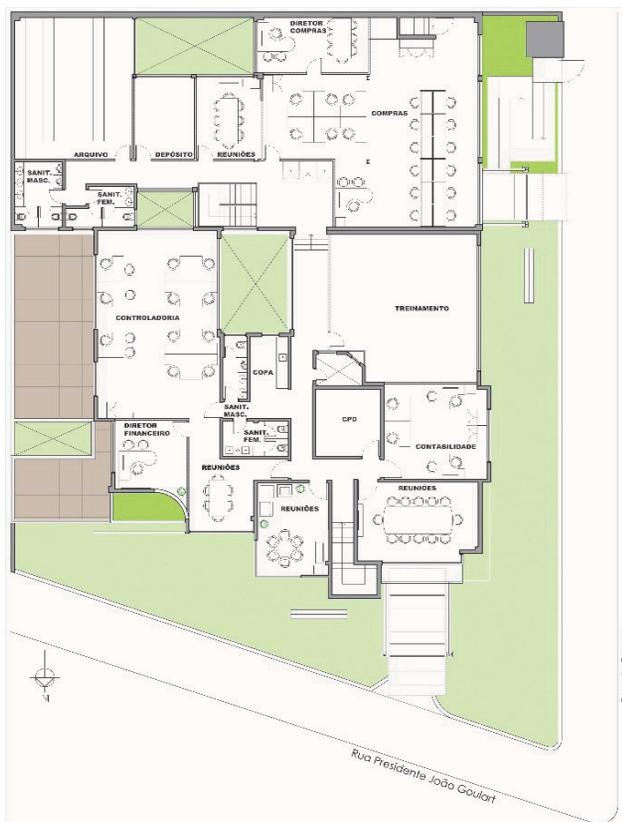
No térreo (Figura 11) foi proposta a ampliação do sanitário feminino, a construção de um novo sanitário masculino e de um sanitário acessível junto a uma ampla nova área de convivência, bem como, uma rampa no acesso secundário.

No segundo pavimento (Figura 12) foi proposta uma ampliação no sanitário feminino e a ocupação de uma parte do terraço para que toda a controladoria ficasse num mesmo ambiente. Estabeleceu-se também como seria realizada a ligação entre os prédios e a relocação do setor de compras para a área que ficava desocupada.



**Figura 11** - Planta baixa – Novo layout térreo

Fonte: Os autores



**Figura 12** - Planta baixa – Novo layout 2o pavimento

Fonte: Os autores

Para resolver questões de iluminação e ventilação natural, bem como a relação das vistas internas e externas, foram propostos aumentos nos vãos das janelas com o peitoril alto, demolição de alvenarias para ampliar os ambientes e instalação de divisórias de vidro, com diferentes graus de translúcidas para não criar barreiras visuais. Na iluminação geral foi realizado cálculo luminotécnico e redistribuição dos circuitos elétricos. Para o conforto térmico, foram dimensionados aparelhos de ar condicionado, e realizada uma nova distribuição entre aparelhos novos e existentes, para que houvesse maior autonomia por parte dos usuários. Nesta etapa também foi definida a troca de todos os revestimentos de piso internos, por piso vinílico tipo cimento queimado, com exceção dos banheiros que receberam porcelanato no piso e pintura epóxi nas paredes.

Os estudos de fachada foram feitos em 3d, conforme mostram a Figura 13. A primeira opção apresentada foi aprovada, só sendo realizados teste para definir as cores dos brises, sendo que as cores laranja e cinza foram escolhidas, por serem as cores da marca da empresa.



Figura 13 - Estudos de Fachada  
Fonte: Os autores

Durante o desenvolvimento do projeto optou-se pelo uso de brise-soleil, pois controlam a entrada de radiação solar nos ambientes, com a finalidade de proteger a edificação contra a incidência direta dos raios solares, redirecionando-os e redistribuindo-os pelo ambiente. O dimensionamento e a escolha do modelo de brises foi feito através da análise da carta solar, que define o mascaramento - ângulo de sombreamento proporcionado pelo protetor solar, conforme a necessidade de desempenho térmico e luminoso da abertura. (LIMA; BITTENCOURT, 2012).

Utilizando programa gratuito de simulação, SOL-AR, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa

Catarina (UFSC), com base em dados fornecidos pela empresa Refax, fabricante do brise metálico linear LC 100 45° (Figura 14), das informações de latitude e longitude, obtidas através do IBGE e informações da edificação, foi possível determinar a máscara de sombreamento para a fachada oeste.

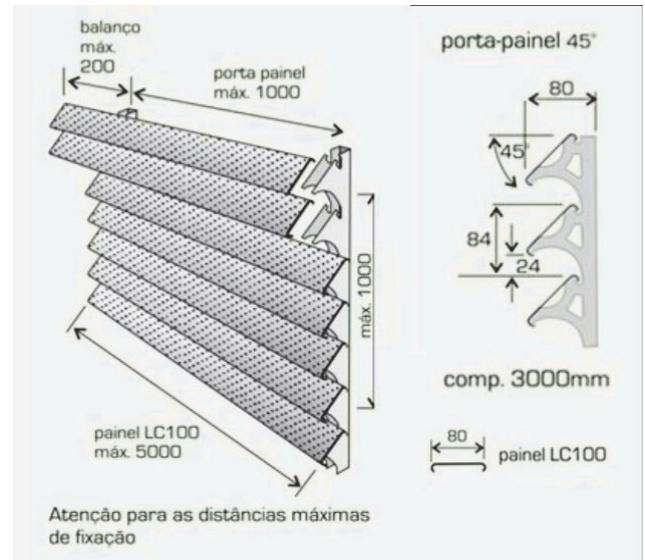


Figura 14 - Brises utilizados no estudo  
Fonte: Empresa Refax (2014)

A eficiência foi analisada conforme os preenchimentos em vermelho da Figura 15, para horários em que há eficiência total, e amarelo, quando a eficiência é parcial.

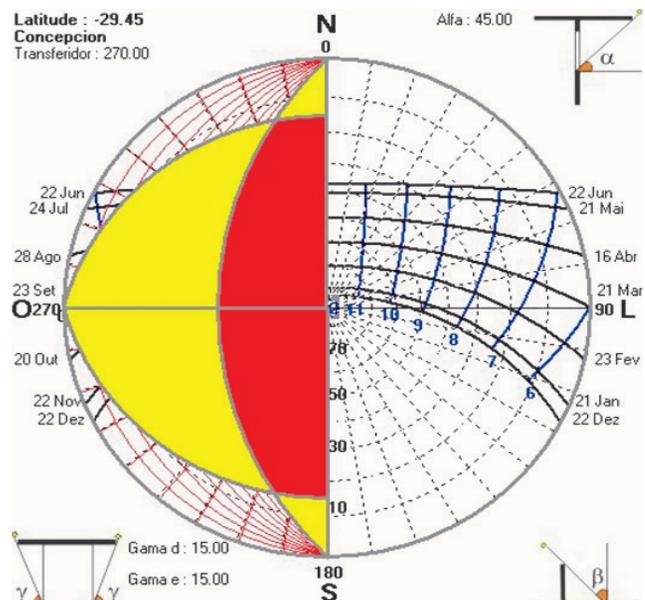


Figura 15 - Resultados do simulador SO-LAR  
Fonte: Os autores

Na análise dos resultados, constatou-se que o sombreamento da fachada oeste, no período da tarde, ocorre

de forma totalmente eficiente, a partir do meio dia, até as 15 horas e 30 minutos, e após este horário até as 18 horas de forma parcial, conforme Figura 15.

### 3.5 Acompanhamento da Execução do Retrofit

Com o projeto arquitetônico definido foi elaborado um cronograma para que a empresa continuasse em funcionamento mesmo durante o período da obra. O retrofit teve duração de 8 meses e os funcionários foram deslocados de suas salas conforme necessário.

Através do acompanhamento da obra, um dos grandes problemas detectados foram as infiltrações, decorrentes de diversos motivos. Através da composição de imagens da Figura 16 pode-se perceber a evolução do tratamento para esta manifestação patológica na sala do departamento comercial.

No mesmo setor, foram realizadas outras intervenções, como a retirada do contrapiso para realizar impermeabilização, instalação de ar condicionado tipo cassete, execução de forro de gesso, substituição das lâmpadas por LED, redução dos peitoris das janelas, ampliando os vãos.



**Figura 16** - Infiltrações  
**Fonte:** Os autores

Na área de convivência, as paredes em alvenaria não portante foram demolidas para integração com a antiga direção comercial, bem como e a retirada do deck, a execução do contrapiso, a instalação das bandeiras de gesso acartonado para instalação dos perfis de alumínio e a fixação das divisórias de vidro temperado.

No espaço que era destinado ao depósito, havia problemas no forro de PVC e no sistema de cobertura, e foi realizada a substituição das telhas de fibrocimento, por telhas metálicas com isolamento térmico. O restante dos telhados recebeu pintura em cor clara para reduzir os efeitos de ganhos de calor, conforme indicado em estudos de Silva e Goulart (2012). Durante a execução foram realizadas manutenções nas esquadrias, substituição de vidros e instalação de películas, além da manutenção e limpeza dos filtros de ar condicionados reaproveitados. Além disso, a mesma telha térmica foi utilizada sobre a

estrutura metálica da área construída para receber o departamento financeiro. O fechamento desta área foi executado em placa cimentícia e esquadrias de vidro temperado (Figura 17).



**Figura 17** - Nova estrutura metálica do Departamento Financeiro  
**Fonte:** Os autores

Uma das maiores necessidades da empresa era criar uma fachada que comunicasse sua busca constante por inovação e seu posicionamento sustentável. A evolução das modificações na esquina da edificação pode ser observada na Figura 18, em que aparece a retirada das pastilhas cerâmicas, a instalação do porcelanato no volume da escada, o envelopamento das platibandas em ACM, e a instalação dos brises na cor laranja.

A fachada lateral, de acesso secundário, recebeu uma rampa e um novo portão, além da construção de um painel em alvenaria revestido com porcelanato, tipo concreto aparente, para demarcar a área onde foram instalados os brises calculados para fachada oeste. Ao término da obra foram instaladas telas solares nas janelas e vegetação natural para decoração e purificação do ar em todos os ambientes.



**Figura 18** - Fachada durante a reforma  
**Fonte:** Os autores

### 3.6 Comparativo dos Questionários

As obras foram finalizadas em maio de 2016, quando foi aplicado aos usuários um novo questionário de APO idêntico ao primeiro, e as respostas foram comparadas com as anteriores gerando os gráficos apresentados a seguir, possibilitando mensurar se as estratégias adotadas tiveram impacto na qualidade do ambiente e na satisfação dos usuários, antes e depois do retrofit.

O comparativo foi estabelecido em forma de percentual pois o primeiro questionário foi respondido por 41 usuários, enquanto o segundo questionário foi respondido por todos os 61 usuários que trabalham no prédio. Mesmo com pequenas variações entre as respostas, em ambos os resultados a maioria dos usuários são do gênero feminino, com idades entre 20 e 40 anos, e passam entre 8 e 10 horas no ambiente de trabalho.

A Figura 19 mostra a porcentagem de usuários satisfeitos com cada item avaliado antes e depois da execução do retrofit.

Na questão sobre a acessibilidade do prédio, o índice de satisfação já era alto, de 92,68%, e mesmo com as melhorias de ligação no segundo pavimento, execução de rampa de acesso e sanitário adaptado para PNE, no segundo questionário este resultado diminuiu um pouco para 90,32%, porém este fato pode estar ligado ao fato de que com a reformulação do layout mais funcionários passaram a trabalhar no segundo pavimento, necessitando utilizar as escadas com mais frequência. Além disso, as pessoas que não haviam respondido ao primeiro questionário podem ter contribuído com uma percepção negativa desse fator.

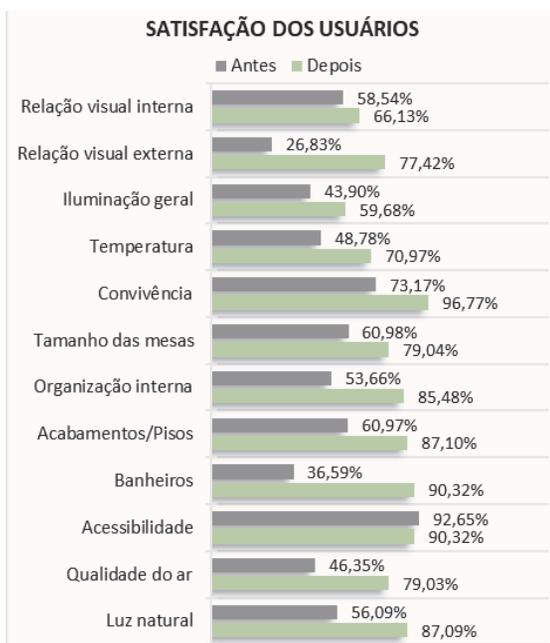


Figura 19 - Comparativo dos Questionários  
Fonte: Os autores

Para mais, a interferência dos ruídos internos e externos era insatisfatória para 56,1% e 21,95% dos usuários, respectivamente. Ao término da obra estes valores passaram para 17,75% e 4,84%, indicando que o posicionamento correto das estações de trabalho na distribuição do layout causa menos interferência de ruídos entre os usuários, e que o fato de ter mais aberturas para a rua não necessariamente causa o aumento de ruídos internos.

Mesmo que as áreas de convivência antigas satisfizessem 73,17% dos usuários, estas foram melhoradas e a pesquisa revelou que 66,85% dos usuários utilizavam pouco estes espaços. Com um aumento da satisfação para 96,77%, as taxas de ocupação aumentaram, mas de maneira pouco significativa, pois ainda assim 51,61% utilizam pouco estas áreas. O proprietário da empresa, também entrevistado, indicou que tal fato pode estar relacionado com a alta rotatividade de funcionários, pois a maioria dos usuários destes espaços ainda não se sentem à vontade em fazer reuniões informais com colegas e realizar uma pausa fora da estação de trabalho. Cabe destacar que a rotatividade não impactou na aplicação dos questionários, sendo que, dos 41 funcionários que responderam ao primeiro questionário, 38 ainda estavam na empresa na aplicação do segundo.

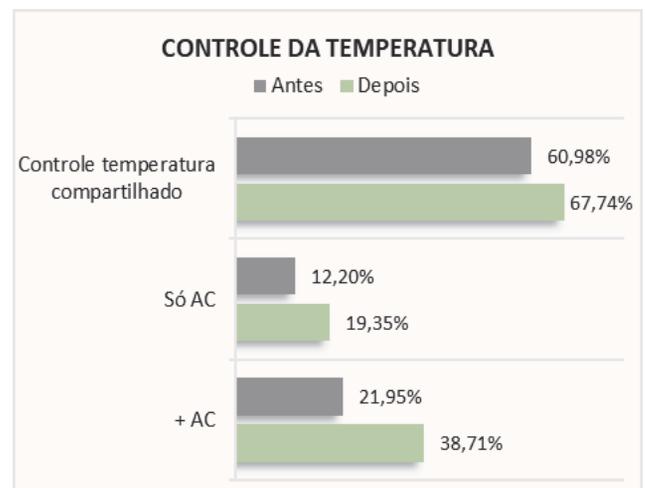
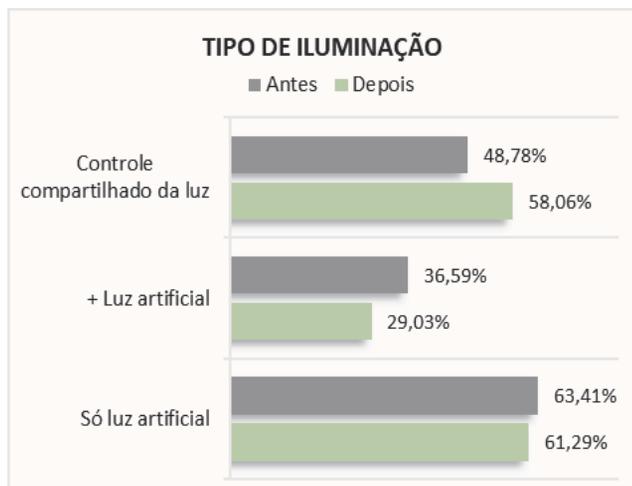


Figura 20 - Comparativo dos questionários – Controle da Temperatura  
Fonte: Os autores

Conforme as avaliações em relação à temperatura e uso de ar condicionado percebe-se que houve um aumento no consumo de ar condicionado (Figura 20), porém o controle da temperatura e do tipo de ventilação do ambiente passou a ser mais compartilhado. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) relatam que em ambientes onde o usuário possui maior controle sobre a temperatura os índices de satisfação são maiores. Em relação à preferência dos usuários, quanto

a iluminação, foi possível avaliar que houve uma redução na utilização de iluminação artificial (Figura 21), pois mesmo que tenha sido realizada uma redistribuição e acréscimo de luminárias, por outro lado a ampliação nos vãos das janelas trouxe mais luz para o prédio. As médias de controle da iluminação também foram alteradas, uma vez que aumentou o número de usuários com controle compartilhado.



**Figura 21** - Comparativo dos questionários – Tipos de Iluminação  
**Fonte:** Os autores

A última pergunta dos dois questionários era sobre a opinião dos usuários referente à importância do consumo consciente de água e energia elétrica em uma empresa, e foi incluído como solicitação da empresa para definir qual seria a melhor abordagem para as campanhas de conscientização e práticas sustentáveis que ela pretende aplicar. Como resultado, houve uma redução daqueles que acreditam que sejam práticas para preservação do meio ambiente – de 70,73% para 62,90% – e aumento daqueles que acreditam ser medidas para redução de custos – de 19,51% para 30,65%. Para aqueles que acreditam ser para promoção de um marketing de sustentabilidade, houve uma redução de 9,76% para 6,45%.

#### 4. CONCLUSÕES

Muitas vezes, ao contratar o serviço de um arquiteto, o cliente deseja realizar reformas priorizando a redução dos custos e tempo de obra. Especialmente quando se trata de retrofit corporativo, não se pode haver interrupções para as intervenções que possuam prazos curtos para ocorrer, o que inviabiliza a tomada de algumas decisões, tanto na fase de projeto quanto na obra, que poderiam melhorar a qualidade do ambiente construído. Um projeto desenvolvido e elaborado para atender as demandas específicas da empresa, possibilita adequar a edificação às evoluções da tecnologia,

internet, cabeamento, iluminação, além de permitir que sejam aplicados conceitos de sustentabilidade, como eficiência hídrica e energética, que promovem a redução de consumo dos recursos naturais e economia à longo prazo.

O estudo de caso, desenvolvido a partir da realização de um retrofit na sede da empresa BR Supply, foi pautado pela adoção de diretrizes projetuais de sustentabilidade, estabelecidos pela Certificação LEED para grandes reformas e interiores comerciais, com o intuito de melhorar a qualidade do ambiente e avaliar a satisfação dos usuários mediante as estratégias adotadas. O ponto de partida para o desenvolvimento do projeto, foi a revisão do layout para acomodar todos os setores de maneira próxima promovendo a integração dos espaços.

Ambientes confortáveis, agradáveis e adequados demonstram preocupação com os usuários e geram comprometimento, credibilidade e confiança. Quando uma empresa necessita se posicionar e passa por mudanças internas é importante também alterar a fachada, o que possibilita transmitir aos clientes, fornecedores e funcionários os interesses e valores da empresa, não só através de seus espaços internos e como também externos. Para tanto, na edificação em questão foi elaborado um projeto de fachada, contemplando elementos que solucionassem os problemas de insolação, como brises e vegetação.

Em uma análise geral, foi possível perceber que na grande maioria dos resultados de satisfação, medidos através de questionários antes e após a execução do retrofit, houve um aumento no percentual de satisfação dos usuários, tanto nos aspectos relacionados ao conforto, como iluminação, ventilação, interferência de ruídos internos e externos, quanto nos relacionados a organização e acabamentos do ambiente. Vale ressaltar que a rotatividade da empresa analisada não permite uma avaliação fidedigna dos resultados, porque, no início e no final da obra, não foram as mesmas pessoas que responderam aos questionários.

Com este trabalho foi possível perceber que com a aplicação de estratégias sustentáveis em um retrofit, é possível qualificar o ambiente interno para oferecer bem-estar aos usuários, gerando economia, aliando estética e funcionalidade. A função do arquiteto é projetar de maneira a criar espaços convidativos e aconchegantes, mas a postura e a política interna da empresa devem estar claras e alinhadas para que os usuários possam fazer uso destes locais, pois como se observou no decorrer da pesquisa, alguns usuários evitam as áreas de convivência por se sentirem intimidados ou desconfortáveis em sair de seus locais de trabalho para tomar um café, por exemplo. No caso da empresa analisada, tal prática é permitida, mas não incentivada.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2012. 144 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- FONSECA, Juliana Figueiredo. **A contribuição da ergonomia ambiental na composição cromática dos ambientes construídos de locais de trabalho de escritório**. 2004. 292f. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação em Design, Pontifera Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, 2004.
- GURGEL, Miriam. **Projetando Espaços: Guia de arquitetura de interiores para áreas comerciais**. 5. ed. São Paulo: Senac. 2014.
- ISSA, Maíra P.; POLTRONIERI, Julyane P.; ORNSTEIN, Sheila W. Procedimentos para Avaliação Pós-Ocupação (APO) de Edifícios Escolares: O Caso da E.E. Fernando Gasparian, na cidade de São Paulo. In: NUTAU 2008. **Anais eletrônicos...** São Paulo: USP, 2008.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Eletrobrás, 2014. 366 p.
- LIMA, Kamila Mendonça de; BITTENCOURT Leonardo Salazar. Efeito do espaçamento, inclinação e refletância de brises horizontais com mesma máscara de sombra na iluminação natural e ganhos térmicos em Escritórios em Maceió - AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, XIV, 2012, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos...** Juiz de Fora: Centro de Referência e Informação em Habitação, 2012. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2012/docs/1486.pdf>
- MORAES, Virginia Tambasco Freire; QUELHAS Osvaldo Luiz Gonçalves. Programa de Engenharia de Produção, UFF. pg 448-461. **O desenvolvimento da metodologia e os processos de um retrofit arquitetônico**. Revista Eletrônica Sistema & Gestão, Volume 7, número 3. Niterói, 2012.
- ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G.; L. **Avaliação Pós-Ocupação na Arquitetura, no Urbanismo e no design: da teoria à prática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- PIQUETTI, Tammi. **Uso da arquitetura para qualidade de vida nas empresas**. Especialize revista on-line IPOG, Florianópolis, v.4, 2012. Disponível em: <http://www.ipog.edu.br/uploads/arquivos/eddbc6d6b354a289ac7b699622ffd62a.pdf> . Acesso em 10 jul. 2015.
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: subsídios para a promoção da construção civil sustentável**. São Paulo: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2014. 133 p.
- RHEINGANTZ, Paulo Afonso et al. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Rio de Janeiro: Coleção PROARQ, Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), 2009.
- SILVA, M. M. G.; GOULART, Solange. Princípios de sustentabilidade aplicados ao processo de projeto de edificações: uma ferramenta de auxílio ao projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, XIV, 2012, Juiz de Fora. **Anais eletrônicos...** Juiz de Fora: Centro de Referência e Informação em Habitação, 2012.
- SILVA, V. G.; PARDINI, A. F. **Aplicação da certificação LEEDTM no Brasil: contribuição ao entendimento com base em dois estudos de casos**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 1, n. 6, p. 115-130, 2011.
- VALE, Mauricio Soares do. **Diretrizes para a racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit**. 2006. 220f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2006.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à BR Supply pelo suporte dado ao estudo e pela autorização na divulgação das informações.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4853-3423>

**ISABELA FRANCO SCHREIBER, M.Sc.** | Unisinos | PPG Arquitetura e Urbanismo | São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo/RS, 93.022-750 | E-mail: [isabela@duo-arquitetura.com](mailto:isabela@duo-arquitetura.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1440-0315>

**MATHEUS VANZIN VERONA** | Unisinos | ITT Performance | São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo/RS, 93.022-750  
E-mail: [matheusverona@live.com](mailto:matheusverona@live.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-491X>

**FERNANDA PACHECO, M.Sc.** | Unisinos | itt Performance | São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo/RS, 93.022-750 | E-mail: [fernandapache@unisinos.br](mailto:fernandapache@unisinos.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6097-5008>

**DANIEL REIS MEDEIROS, Dr.** | Unisinos | PPG Arquitetura e Urbanismo e itt Performance | São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo/RS, 93.022-750 | E-mail: [drmedeiros@unisinos.br](mailto:drmedeiros@unisinos.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5369-688X>

**MARIA FERNANDA DE OLIVEIRA, Dra.** | Unisinos | PPG Arquitetura e Urbanismo e itt Performance | São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - Bairro Cristo Rei, São Leopoldo/RS, 93.022-750 | E-mail: [mariaon@unisinos.br](mailto:mariaon@unisinos.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SCHREIBER, Isabela Franco; VERONA, Matheus Vanzini; PACHECO, Fernanda; MEDEIROS, Daniel Reis; OLIVEIRA, Maria Fernanda. Sustentabilidade, Certificação LEED e Usuário: Estudo em Retrofit de Edifício Corporativo. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 91-106, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.91-106>.

**DATA DE ENVIO:** 20/10/2019

**DATA DE ACEITE:** 20/05/2020



# COMPARATIVO DE IMPACTO AMBIENTAL DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE SUPERSTRUTURAS DE PONTES

*COMPARATIVE OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDING SYSTEMS OF BRIDGE SUPERSTRUCTURES*

**TAYLANA PICCININI SCOLARO** | UFSC

**LUIZ EDUARDO PEREIRA** | UTFPR

**JAIRO TROMBETTA, M.Sc.** | UTFPR

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo desenvolver uma análise comparativa entre projetos de superestruturas de pontes de concreto pré-fabricado, madeira e mista aço/concreto, para três comprimentos de vão. Os projetos foram analisados quanto à geração de impacto ambiental através do desempenho apresentado em parâmetros estabelecidos dentro das categorias: consumo de energia, emissões atmosféricas e esgotamento de recursos. Foi realizada a análise do ciclo de vida dos materiais do berço ao portão. Os resultados permitiram identificar a superestrutura com o comportamento mais satisfatório em cada parâmetro. A ponte em madeira apresentou os melhores resultados em todos os parâmetros das categorias emissões atmosféricas e esgotamento de recursos naturais, por outro lado, exibiu grande consumo de energia. Em relação às demais superestruturas, o desempenho mais satisfatório em cada parâmetro das categorias variou com o comprimento do vão. Este estudo constitui uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão com vistas à construção sustentável.

**PALAVRAS CHAVE:** Impacto ambiental; Pontes; Comparativo

## ABSTRACT

*This paper aimed to develop a comparative analysis between bridge superstructures constructed of prefabricated concrete, wood and mixed steel/concrete, for three different spans length. The projects were analyzed for the generation of environmental impact through performance presented in parameters established within the categories: energy consumption, atmospheric emissions and resource depletion. The life cycle analysis of the materials from cradle to gate was carried out. The results allowed to identify the superstructure with the most satisfactory behavior in each parameter. The bridge constructed of wood showed the best results in all of the parameters in the categories atmospheric emissions and resource depletion, on the other hand, presented high energy consumption. In relation to the other superstructures, the best performance in each parameter varies according to the span length. This study is an important tool to aid decision making with a view to sustainable construction.*

**KEY WORDS:** Environmental impact; Bridges; Comparative



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as pontes são projetadas levando-se em consideração sobretudo aspectos de ordem econômica, técnica e de segurança. Raramente aspectos relativos ao desempenho ambiental são considerados no processo de tomada de decisão de planejamento destas estruturas. No entanto, a construção de pontes é responsável por significativo uso de energia e de matérias-primas (DU et al., 2014).

A NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) aborda a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como uma técnica de gestão ambiental em desenvolvimento que estuda os impactos ambientais ao longo da vida de um produto. Através da análise das entradas e saídas pertinentes à um sistema produtivo e da avaliação dos impactos ambientais relacionados, a ACV permite interpretar os resultados das análises e buscar medidas de melhoria em determinadas fases do ciclo de vida do produto.

Tendo em vista que as pontes, ao longo do seu ciclo de vida, podem gerar impactos ambientais, questionou-se sobre os diferentes tipos de materiais constituintes da superestrutura de uma ponte e seu desempenho frente à geração de impactos ambientais. Entende-se por superestrutura a estrutura da ponte com função de receber e transmitir as cargas que sobre ela trafegam.

Essa pesquisa teve como objetivo analisar comparativamente o desempenho ambiental de pontes executadas com diferentes sistemas construtivos – concreto pré-fabricado, madeira e mista aço/concreto – para três comprimentos de vão, através da análise do ciclo de vida dos materiais construtivos do berço ao portão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Gervásio (2008) apresenta uma análise comparativa em termos de impactos ambientais entre duas soluções estruturais para uma ponte, uma em concreto pré-fabricado e outra mista aço/concreto. Para a solução mista, foram admitidos três diferentes cenários acerca da origem do aço estrutural: aço alto forno, aço arco elétrico e misto (50% alto forno e 50% arco elétrico). O desempenho ambiental foi avaliado com base na análise de ciclo de vida, baseada nas normas ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006), e com auxílio do programa de análise BEES de Lippiatt (2002). Os dados referentes aos materiais construtivos foram obtidos da base de dados do programa BEES, com exceção dos dados relativos ao aço estrutural, que foram obtidos do International Iron and Steel Institute (IISI, 2002). Foram considerados os índices: consumo de água, smog, ozônio, saúde, alteração do habitat, aquecimento global, combustíveis fósseis, eutrofização, toxicidade, poluentes do ar e

acidificação. Foi analisada a fase 'cradle to gate'. Com relação aos resultados, em comparação à solução em concreto, a alternativa com aço alto forno aumentou a geração de impactos ambientais em 23%, a solução em aço arco elétrico apresentou uma redução de impacto ambiental de 31% enquanto que a mista (50% de cada processo de produção) reduziu em 4% a geração de impactos ambientais.

Castro (2012) desenvolveu uma comparação entre duas soluções construtivas para a estrutura de um edifício de 500 m<sup>2</sup>, uma de concreto armado e outra metálica. Para tal, foram consultadas sete bases de dados de Inventário de Ciclo de Vida (LCI) que fornecem valores médios de fluxos de entrada e saída associados à utilização de materiais construtivos. As categorias e parâmetros ambientais considerados pela autora foram os mesmos utilizados por este trabalho (descritos no item 3). A etapa do ciclo de vida considerada foi a 'cradle to gate'. Entretanto, após o cálculo da pontuação individual em cada um dos parâmetros, os valores foram normalizados, de maneira a possibilitar a comparação de valores em mesma unidade. Em seguida, foi determinada a pontuação de cada categoria através da atribuição de pesos a cada uma delas. Por fim, a estrutura metálica apresentou o melhor desempenho ambiental.

Ainda, uma análise comparativa do desempenho frente aos impactos ambientais de projetos equivalentes de um armazém industrial, um constituído por concreto armado e outro por estrutura metálica, foi desenvolvida por Andrade (2013), de acordo com as normas NP EN ISO 14040 e EN 15978. Os valores dos parâmetros foram obtidos da base de dados Ecoinvent, para a solução de concreto armado e de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP) para a solução metálica. Os parâmetros ambientais considerados foram os mesmos utilizados por este trabalho e foram avaliados separadamente, atribuindo-se o mesmo peso para cada. A avaliação compreendeu todo o ciclo de vida, através da elaboração de três cenários distintos: 'cradle to gate', 'cradle to grave' e 'cradle to cradle'. As duas estruturas tiveram comportamentos equivalentes nas etapas 'cradle to gate' e 'cradle to grave'. A etapa 'cradle to cradle' não foi conclusiva devido à complexidade da reciclagem ou reaproveitamento do concreto armado quando comparado ao aço.

Nesse contexto, verificou-se a ausência de estudos relativos ao uso da madeira como solução estrutural, material este que ainda é comumente encontrado em pontes de estradas vicinais da região do sudoeste do Paraná. Ademais, foi observada uma variação de resultados, bem como foi verificado que não há uma padronização metodológica para a avaliação do ciclo de vida de soluções

construtivas. Assim, alguns estudos atribuem mesma importância aos parâmetros considerados, enquanto outros consideram pesos relativos à cada um.

Além disso, não há uma uniformidade do conjunto de parâmetros considerados na análise, dificultando a comparação entre diferentes estudos. Por fim, ressalta-se a necessidade do desenvolvimento de estudos relativos à análise de ciclo de vida de estruturas, de forma a padronizar as metodologias de avaliação, tanto na seleção, quanto na ponderação relativa dos parâmetros.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho desenvolveu-se, basicamente, em três etapas. Na primeira etapa, foram selecionados os projetos das pontes já dimensionadas, constituídas uma por concreto pré-fabricado e outra por madeira, bem como elaborado um pré-dimensionamento de uma estrutura mista constituída por aço e concreto. Em seguida, determinou-se o modelo geométrico ideal para as pontes. Por fim, realizou-se o quantitativo de materiais de cada modelo para a análise ambiental.

Os projetos das pontes foram selecionados de modo a padronizar as variáveis de estudo: largura e comprimento do tabuleiro. O Manual de Construção de Pontes Municipais (contendo as especificações técnicas, projetos tipo e montagem das estruturas) foi disponibilizado pelo site do DER/PR para a ponte pré-fabricada de concreto. Para o estudo da ponte de madeira, utilizou-se do modelo descrito e dimensionado por Da Silva e Philippsen (2015). Para a ponte mista aço/concreto, por não ter sido encontrado um modelo já dimensionado com as mesmas dimensões dos demais projetos adotados, realizou-se um pré-dimensionamento com base nos resultados encontrados por Machado (2016) e Eller (2011) para perfis I em aço laminado e com auxílio do software AltoQI Eberick para o dimensionamento do tabuleiro em concreto armado. O cálculo das cargas móveis foi realizado em conformidade com a NBR 7188 (ABNT, 2013). Foi adotado o trem tipo TB-450, assim como nos projetos da ponte pré-fabricada de concreto e da ponte em madeira, de forma a padronizar os projetos e prever a passagem de veículos pesados.

O trabalho teve por finalidade o estudo de pequenas pontes, usuais em estradas vicinais do sudoeste do Paraná, também denominadas pontilhões. De acordo com Machado (2016), pontilhões são pontes de pequenos vãos e larguras, com apenas uma faixa de tráfego. Com base no trabalho de Da Silva e Philippsen (2015), foi adotada a largura da ponte como sendo 6 metros. O intervalo de comprimento do vão a ser vencido foi definido com base

em dados referentes às pontes existentes no município de Pato Branco (PR), obtidos no estudo de Milani (2010). Por fim, foram adotados para este estudo os vãos de 5, 7 e 9 metros, julgados comuns na região. Dessa forma, o trabalho envolveu um total de 9 estudos, em que cada sistema construtivo (concreto pré-fabricado, madeira e misto aço/concreto) foi analisado para 3 vãos distintos.

De posse dos projetos das pontes, realizou-se a modelagem das superestruturas utilizando o software Autodesk Revit. A partir das dimensões definidas pelos projetos e da volumetria dos elementos da ponte, foram elaboradas planilhas de cálculo pelos autores, com o auxílio do Microsoft Office Excel, de modo a obter o quantitativo de materiais de cada modelo de ponte.

Para a análise ambiental, as unidades de medida do quantitativo foram transformadas em unidade de massa (kg), para possibilitar a multiplicação das quantidades de material pelos índices de impacto ambiental. Tomaram-se como unidades funcionais as quantidades necessárias de material para compor a superestrutura das pontes: 30 m<sup>2</sup> (6 m x 5 m), 42 m<sup>2</sup> (6 m x 7 m) e 54 m<sup>2</sup> (6 m x 9 m).

Para a análise dos impactos ambientais, tendo como diretrizes os estudos de Castro (2012) e Andrade (2013), foi considerada a fase 'cradle to gate' (do berço ao portão) como base de estudo. Assim, foram contabilizados os impactos envolvidos desde a extração da matéria-prima até a fabricação do produto, ou seja, essa etapa do ciclo de vida termina na porta da fábrica. Dessa forma, este trabalho não contempla a análise de impactos ambientais nas fases de uso e manutenção das pontes, nem no processo de fim de vida.

Os projetos foram analisados quanto à geração de impacto ambiental através do desempenho apresentado em parâmetros estabelecidos dentro de três categorias: consumo de energia, emissões atmosféricas e esgotamento de recursos. Com base na revisão de literatura, foram selecionados os seguintes parâmetros ambientais para análise:

- Energia renovável incorporada (ER): trata sobre a preocupação em utilizar fontes renováveis;
- Energia não renovável incorporada (ENR): indica a dependência da energia não renovável incorporada de um produto, ou seja, quanto colabora para o esgotamento dos recursos;
- Potencial de aquecimento global (GWP): medida relativa da contribuição de um determinado gás para o aquecimento global em relação à mesma quantidade de CO<sub>2</sub>;
- Potencial de destruição de ozônio (ODP): potencial de destruição relativo de uma substância em relação à uma massa similar de CFC-11, que possui ODP igual a 1;

- Potencial de acidificação (AP): é medido utilizando a capacidade de uma substância libertar íons H<sup>+</sup>, causa da acidificação, ou pode ser medido em relação a uma liberação equivalente de SO<sub>2</sub>;
- Potencial de eutrofização (EP): a ocorrência de eutrofização é medida utilizando a unidade de referência de kg de nitrogênio ou equivalentes de fosfato;
- Potencial de formação de ozônio troposférico (POCP): medida da capacidade relativa de uma substância produzir ozônio na presença de NO<sub>x</sub> e luz solar. É expresso utilizando a unidade de referência kg de compostos orgânicos voláteis não metanados (NMVOC) ou kg de equivalente de etileno;

• Potencial de esgotamento de recursos abióticos (ADP): é determinado com base nas reservas remanescentes e taxa de extração. O ADP é comparado ao caso de referência antimônio (Sb).

Os valores de impactos ambientais por categoria e parâmetros considerados neste estudo foram obtidos a partir da base de dados apresentada no trabalho de Andrade (2013), conforme a Tabela 1. Estes valores têm como base as entradas e saídas de materiais, substâncias e energia associadas ao ciclo de vida dos produtos e processos.

IMPACTOS AMBIENTAIS									
CATEGORIA	CONSUMO DE ENERGIA		EMISSÕES ATMOSFÉRICAS (AQUECIMENTO GLOBAL)					ESGOTAMENTO DE RECURSOS	
PARÂMETRO	Energia Renovável Incorporada (ER)	Energia Não-Renovável Incorporada (ENR)	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Potencial de Destruição de Ozônio (ODP)	Potencial de Acidificação (AP)	Potencial de Eutrofização (EP)	Potencial de Formação de Ozônio Troposférico (POCP)	Potencial de Esgotamento de Recursos Abióticos (ADP)	Energia Não-Renovável Incorporada (ENR)
UNIDADE	MJ equiv	MJ equiv	Kg CO <sub>2</sub> equiv	Kg CFC 11 equiv	Kg SO <sub>2</sub> equiv	Kg (PO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> equiv	Kg Etano equiv	Kg Sb equiv	MJ equiv
Aço vergalhão (kg)	1,52E-01	3,27E+01	1,25E+00	6,16E-08	5,57E-03	1,30E-03	8,29E-04	1,29E-02	3,27E+01
Aço em perfil (kg)	1,16E-01	8,66E+00	5,71E-01	5,40E-08	3,04E-03	4,86E-04	1,85E-04	4,54E-03	8,66E+00
Concreto (kg)	6,24E-03	5,56E-01	1,10E-01	3,55E-09	1,79E-04	2,84E-05	6,49E-06	2,38E-04	5,56E-01
Madeira (kg)	1,58E+01	1,98E+00	-1,20E+00	1,28E-08	8,05E-04	1,29E-04	7,29E-05	1,02E-03	1,98E+00

**Tabela 01** - Categorias e parâmetros de cada impacto ambiental  
 Fonte: Adaptado de Andrade (2013)

Este trabalho adotou como valores dos parâmetros para o aço dos pregos, os mesmos que os descritos por Andrade (2013) para aço vergalhão. Da mesma forma que considerou-se para madeira roliça os mesmos valores que os fornecidos pelo referido autor para madeira serrada.

## 4. COMPARATIVO DE PROJETOS DE SUPERESTRUTURAS DE PONTES

### 4.1. Modelos de pontes

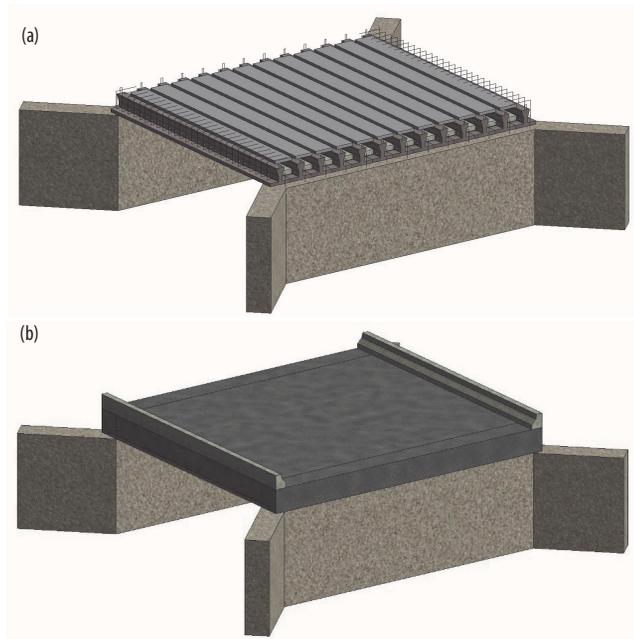
Como este trabalho refere-se a pontes com vãos determinados de 5, 7 e 9 m, foram estudados projetos compostos por vigas pré-fabricadas modelo DER/PR tipo "T": "TA-6,50", "TA-7,50" e "TA-9,50" (vãos livres máximos respectivamente iguais a 6, 7 e 9 m), com placas e guarda-rodas em concreto armado, conforme a Figura 1 (a). Além dos elementos pré-fabricados de concreto e das armaduras de amarração, o projeto da ponte inclui concreto lançado entre vigas e concreto de cobertura, finalizando a estrutura da ponte, como exposto na Figura 1 (b). As dimensões e

as especificações técnicas dos elementos construtivos citados encontram-se detalhadas no Manual de Construção de Pontes Municipais do DER. O Anexo 1 apresenta a seção transversal detalhada do tabuleiro dessa ponte.

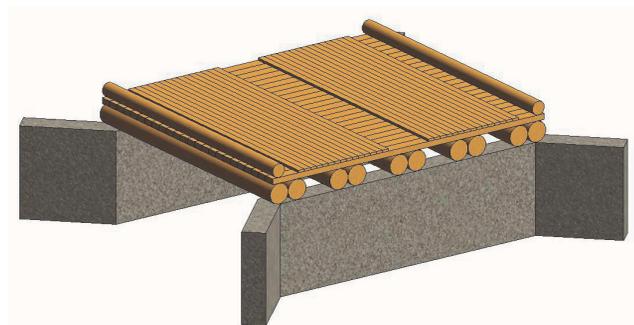
A Figura 2 ilustra o modelo da ponte em madeira, composta por vigas roliças nas longarinas e nos guarda-rodas e por madeira serrada no tabuleiro e no rodeiro. As peças dimensionadas foram consideradas como sendo de madeira de floresta plantada da espécie 'Eucalyptus dunnii' e fixadas por pregos de aço. As dimensões das peças de madeira, conforme o tamanho do vão ponte, são especificadas no estudo de Da Silva e Philippsen (2015). O Anexo 2 apresenta a seção transversal do tabuleiro da ponte de madeira.

O projeto da ponte mista aço/concreto considera um tabuleiro de placas pré-fabricadas de concreto com espessura de 35 cm, guarda-rodas pré-fabricados de concreto, duas vigas (perfis I laminados) em aço que funcionam como longarinas sustentando o tabuleiro e conectores de cisalhamento do tipo Stud Bolt, conforme mostra a Figura 3. Estes últimos fazem a ligação do tabuleiro com os perfis I. Os

perfis I adotados foram o W 460x68 para o vão de 5 m, o W 460x106 para o vão de 7 m e o W 610x140 para o vão de 9 m. O modelo da ponte mista é apresentado na Figura 3 e a seção transversal do tabuleiro é apresentada no Apêndice 1.



**Figura 01** - (a) Elementos pré-fabricados e (b) concreto de cobertura da ponte de concreto pré-fabricado  
**Fonte:** Autores



**Figura 02** - Ponte em madeira  
**Fonte:** Autores



**Figura 03** - Ponte mista aço/concreto  
**Fonte:** Autores

## 4.2. Quantitativo de material

A Tabela 2 apresenta o quantitativo de cada material, em kg, para cada modelo de ponte e comprimento de vão. A massa específica adotada para o concreto armado seguiu o recomendado pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Comparativamente, o peso é significativamente menor para o modelo de ponte em madeira, representando menos de 40% do peso da ponte em concreto pré-fabricado em todos os vãos, e correspondendo a menos de 50% ao peso da ponte mista aço/concreto em todos os comprimentos de vão. Taylor et al. (1995) também identificaram nas pontes em madeira diferentes vantagens, como o baixo peso, a facilidade de fabricação e de instalação, com a possibilidade de ser pré-fabricada.

Tipo/ Dimensão	Vão 5 m	Vão 7 m	Vão 9 m
<b>CONCRETO PRÉ-FABRICADO</b>			
Concreto (kg)	41.900,00	54.902,00	67.904,00
Aço em vergalhão (kg)	1.699,89	2.443,65	3.291,41
Total (kg)	43.599,89	57.345,65	71.195,41
<b>MADEIRA</b>			
Madeira Eucalyptus Dumnii (kg)	11.661,00	17.381,10	26.854,80
Prego em aço (kg)	20,00	23,36	29,46
Total (kg)	11.681,00	17.404,46	26.884,26
<b>MISTA AÇO/CONCRETO</b>			
Concreto (kg)	30.645,00	41.735,00	52.825,00
Aço em vergalhão (kg)	1.597,20	2.175,57	2.753,13
Perfil I em aço (kg)	759,48	1.615,72	2.692,15
Total (kg)	33.001,68	45.526,29	58.270,28

**Tabela 02** - Quantitativo de materiais por modelo de ponte e comprimento de vão  
**Fonte:** Autores

## 4.3. Desempenho ambiental

A partir da Tabela 3 é possível realizar a comparação direta do impacto ambiental gerado pelos modelos de ponte em cada parâmetro estabelecido e para cada um dos comprimentos estudados. Esta metodologia não permite que sejam estabelecidas relações entre as três categorias – que agrupam certos parâmetros – uma vez que os parâmetros são dados em diferentes unidades de medida e a comparação de diferentes unidades não é viável.

Em um estudo mais aprofundado, poderia ser realizada uma normalização de valores, de forma a converter todos os parâmetros para uma mesma unidade. Ainda, poderiam ser atribuídos diferentes pesos para cada parâmetro dentro de uma categoria, de acordo com a relevância subjetiva que possam ter dentro de determinada análise (CASTRO, 2012).

A partir da Tabela 3, pode-se perceber que em todos os parâmetros das três categorias analisadas, com exceção do parâmetro energia renovável incorporada (ER), a ponte em madeira apresenta o melhor desempenho. Como se pode observar, a solução que apresenta melhor desempenho é aquela que exibe o menor valor em cada um dos parâmetros, indicando que a estrutura gera menor impacto ambiental no parâmetro considerado durante a etapa do ciclo de vida considerada (do berço ao portão).

Com relação à categoria de consumo de energia, em que os parâmetros ER e ENR são expressos em mesma unidade e podem, dessa forma, ser agrupados, a ponte mista aço/concreto apresenta o desempenho mais satisfatório (menor consumo de energia), seguida da ponte em concreto pré-fabricado e da ponte em madeira. A ponte em concreto pré-fabricado apresenta o menor consumo de energia renovável incorporada (ER) seguida da ponte mista aço/concreto e da ponte em madeira em todos os vãos analisados. Já no parâmetro ENR, a ponte em madeira apresenta o menor consumo, seguida da ponte mista aço/concreto e da ponte em concreto pré-fabricado. Embora o maior consumo de energia se mostre uma desvantagem ambiental para o caso da ponte em madeira, o maior consumo de fontes renováveis em detrimento das não renováveis deve ser considerado e analisado. Essa consideração deve-se ao fato de que fontes de energia renováveis podem ser aproveitadas ao longo do tempo sem possibilidade de esgotamento, enquanto que a utilização de fontes de energia não renováveis depende da limitação de recursos existentes.

Na categoria emissões atmosféricas, a ponte em madeira apresenta melhores resultados em todos os parâmetros. Nos parâmetros GWP e POCP, o melhor, mediano e pior desempenho são relativos, respectivamente, à ponte em madeira, mista aço/concreto e ponte em concreto pré-fabricado. Já para os demais parâmetros (ODP, AP e EP), o segundo melhor desempenho em cada parâmetro é atribuído à ponte mista aço/concreto no vão de 5 m e à ponte em concreto pré-fabricado nos vãos de 7 e 9 m. A ponte em madeira apresenta valores negativos de impacto ambiental no parâmetro potencial de aquecimento global (GWP) devido à capacidade de aprisionamento de CO<sub>2</sub> da madeira.

Da mesma forma, na categoria esgotamento de recursos a ponte em madeira apresenta desempenho mais satisfatório em todos os parâmetros. No parâmetro ENR, o segundo melhor comportamento é atribuído à ponte mista aço/concreto. Já no parâmetro ADP, o desempenho das pontes em concreto pré-fabricado e da ponte mista aço/concreto varia com o vão, sendo a ponte em concreto pré-fabricado a que apresenta menor impacto ambiental nos vãos 7 e 9 m.

Nesse sentido, ressalta-se a importância do detalhamento dos projetos anteriormente à realização de análises comparativas, uma vez que a escolha das práticas construtivas e dos materiais de construção utilizados influenciam significativamente os resultados. Isto foi evidenciado pela variação no desempenho ambiental apresentado por um mesmo projeto de ponte, quando avaliado sob diferentes características geométricas (avaliação de diferentes comprimentos de vão e conseqüentemente diferentes áreas de tabuleiro).

QUANTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS MATERIAIS DO BERÇO AO PORTÃO						
MODELO DE PONTE	CATEGORIA	PARÂMETRO	UNIDADE	VÃO		
				5m	7m	9m
Concreto pré-fabricado	Consumo De Energia	Energia Renovável Incorporada (ER)	MJ equiv	5,20E+02	7,14E+02	9,24E+02
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	7,89E+04	1,10E+05	1,45E+05
	Emissões Atmosféricas (Aquecimento Global)	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Kg CO <sub>2</sub> equiv	6,73E+03	9,09E+03	1,16E+04
		Potencial de Destruição do Ozônio (ODP)	Kg CFC 11 equiv	2,53E-04	3,45E-04	4,44E-04
		Potencial de Acidificação (AP)	Kg SO <sub>2</sub> equiv	1,70E+01	2,34E+01	3,05E+01
		Potencial de Eutrofização (EP)	Kg (PO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> equiv	3,40E+00	4,74E+00	6,21E+00
		Potencial de Formação de Ozônio Tropicóforo (POCP)	Kg Etano equiv	1,68E+00	2,38E+00	3,17E+00
	Esgotamento de Recursos	Potencial de Esgotamento de Recursos Abióticos (ADP)	Kg Sb equiv	3,19E+01	4,46E+01	5,86E+01
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	7,89E+04	1,10E+05	1,45E+05
Madeira	Consumo de Energia	Energia Renovável Incorporada (ER)	MJ equiv	1,84E+05	2,75E+05	4,24E+05
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	2,37E+04	3,52E+04	5,41E+04

Madeira (continuação)	Emissões Atmosféricas (Aquecimento Global)	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Kg CO2 equiv	-1,40E+04	-2,08E+04	-3,22E+04
		Potencial de Destruição do Ozônio (ODP)	Kg CFC 11 equiv	1,50E-04	2,24E-04	3,46E-04
		Potencial de Acidificação (AP)	Kg SO2 equiv	9,50E+00	1,41E+01	2,18E+01
		Potencial de Eutrofização (EP)	Kg (PO3)4 equiv	1,53E+00	2,27E+00	3,50E+00
		Potencial de Formação de Ozônio Troposférico (POCP)	Kg Etano equiv	8,67E-01	1,29E+00	1,98E+00
	Esgotamento de Recursos	Potencial de Esgotamento de Recursos Abióticos (ADP)	Kg Sb equiv	1,22E+01	1,80E+01	2,78E+01
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	2,37E+04	3,52E+04	5,41E+04
Mista aço/ concreto	Consumo de Energia	Energia Renovável Incorporada (ER)	MJ equiv	5,22E+02	7,79E+02	1,06E+03
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	7,58E+04	1,08E+05	1,43E+05
	Emissões Atmosféricas (Aquecimento Global)	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	Kg CO2 equiv	5,80E+03	8,23E+03	1,08E+04
		Potencial de Destruição do Ozônio (ODP)	Kg CFC 11 equiv	2,48E-04	3,69E-04	5,02E-04
		Potencial de Acidificação (AP)	Kg SO2 equiv	1,67E+01	2,45E+01	3,30E+01
		Potencial de Eutrofização (EP)	Kg (PO3)4 equiv	3,32E+00	4,80E+00	6,39E+00
		Potencial de Formação de Ozônio Troposférico (POCP)	Kg Etano equiv	1,66E+00	2,37E+00	3,12E+00
	Esgotamento de Recursos	Potencial de Esgotamento de Recursos Abióticos (ADP)	Kg Sb equiv	3,13E+01	4,53E+01	6,03E+01
		Energia Não Renovável Incorporada (ENR)	MJ equiv	7,58E+04	1,08E+05	1,43E+05

**Tabela 03** - Comparativo ambiental das pontes em concreto pré-fabricado, madeira e mista aço/concreto  
**Fonte:** Autores

## 5. CONCLUSÕES

Acerca do peso de todos os materiais utilizados em cada projeto de superestrutura, a ponte em madeira apresenta-se como a mais leve em todos os vãos, seguida da ponte mista aço/concreto e da ponte em concreto pré-fabricado.

Com relação à análise ambiental, pode-se dizer que a ponte em madeira exibe os melhores resultados em todos os parâmetros das categorias emissões atmosféricas e esgotamento de recursos naturais, contudo, implica em grande consumo de energia. Isto significa que contabilizando todos os processos envolvidos na extração da matéria-prima e na transformação em produtos de construção, o sistema construtivo em madeira apresenta menor impacto ambiental relacionado com as emissões atmosféricas e com o esgotamento de recursos naturais, entretanto, resulta em maior consumo de energia.

Em relação as demais pontes – que em todos os parâmetros, com exceção do parâmetro ER, apresentam resultados menos satisfatórios que a ponte em madeira – em alguns parâmetros a ponte em concreto pré-fabricado assume melhor desempenho, em outros a mista aço/concreto tem melhor desempenho, fato que varia com o vão estabelecido.

Constatou-se que a análise ambiental realizada por este estudo é uma ferramenta efetiva de comparação entre tipologias construtivas, pois permite adaptar diferentes soluções ao processo. Entretanto, ainda são necessários estudos complementares envolvendo as demais

etapas do ciclo de vida não compreendidas pelos limites deste trabalho, considerando as fases de uso, manutenção, bem como processos de reciclagem e aproveitamento dos materiais ao fim do ciclo. Nesse sentido, sugere-se que componentes relacionados à durabilidade das estruturas sejam abordadas por trabalhos futuros.

Destaca-se que esta metodologia de estudo não determina qual é a melhor estrutura ou o melhor processo em termos de rentabilidade e funcionalidade, mas pode ser vista como ferramenta de apoio para a tomada de decisão acerca da construção sustentável. Ressalta-se ainda que análises comparativas devem ser realizadas dentro de cada contexto e época específica e deve-se considerar a harmonia entre os três pilares da sustentabilidade – as dimensões ambiental, econômica e social. Por fim, entende-se que a elaboração de comparativos de projetos distintos constitui um importante recurso para a tomada de decisão com vistas à sustentabilidade na construção civil.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro. 2009.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras

estruturas. Rio de Janeiro. 2013.

ANDRADE, T. F. R. **Integração da análise ciclo de vida nas práticas de projetos de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/76483>.

CASTRO, R. R. T. L. **Análise da sustentabilidade de estruturas: aço vs betão**. Tese (Doutorado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Universidade do Minho, Braga, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/24766>.

DA SILVA, F. J.; PHILIPPSEN, M. **Estudo e concepção de modelo geométrico e estrutural de ponte em vigas de madeira roliça de eucalipto para estradas vicinais da Região Sudoeste do Estado do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/7146>.

DER. Departamento de Estradas de Rodagem. **Construção de Pontes Municipais**. Especificações técnicas, projetos tipo e montagem. 1999.

DU, G. et al. **Life cycle assessment as a decision support tool for bridge procurement: environmental impact comparison among five bridge designs**. Int J Life Cycle Assess, n.19, p.1948–1964, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0797-z>.

ELLER, P. R. **Pré-Dimensionamento de Vigas Mistas de Aço e Concreto para Pontes de Pequeno Porte**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: [https://www.propec.ufop.br/uploads/propec\\_2016/teses/arquivos/tese175.pdf](https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2016/teses/arquivos/tese175.pdf).

GERVÁSIO, H. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas**. In: Congresso Latino-Americano da construção metálica CONSTRUMETAL. São Paulo, Brasil. 2008. Disponível em: [https://www.abcem.org.br/construmetal/2008/downloads/PDFs/27\\_Helena\\_Gervasio.pdf](https://www.abcem.org.br/construmetal/2008/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf).

MACHADO, L. R. **Pontilhões de madeira: substituição por pontes em estruturas mistas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/148732>.

MILANI, C. J. **Subsídios para o diagnóstico das pontes do sistema viário do município de Pato Branco – Paraná**. 216f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

–Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010. Disponível em: <http://tede.upf.br:8080/jspui/handle/tede/260>.

TAYLOR, S. E.; RITTER, M.A; MURPHY, G. L. **Portable glulam timber bridge design for low-volume forest roads**. In: Proceedings of the 6th International conference on low-volume roads, p. 25-29, 1995. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/6dee/e0b-6900db575d1861450e31814c8dbe3ddb.pdf>.

## ANEXO 1

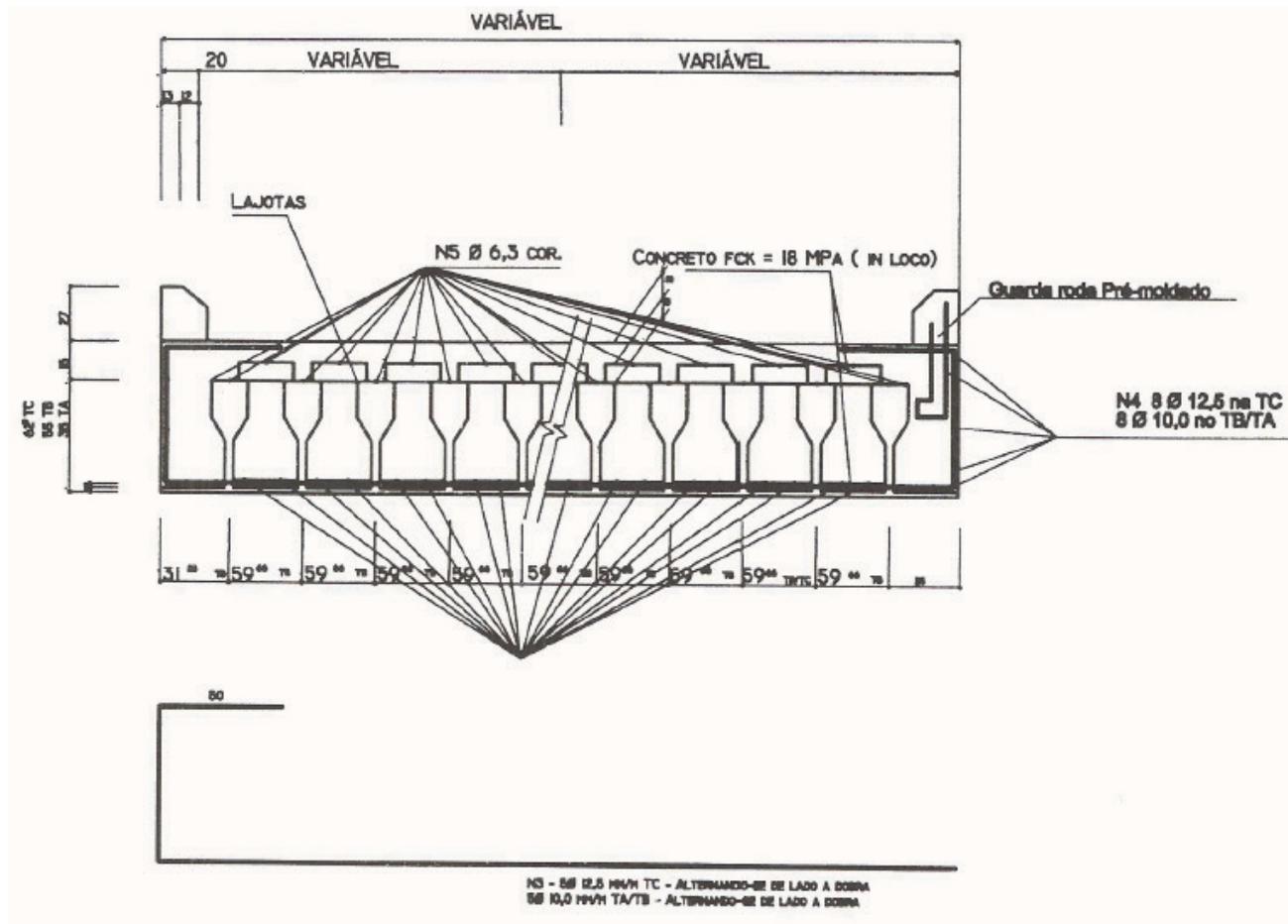


Figura 04 - Seção transversal da ponte de concreto  
Fonte: Autores

## ANEXO 2

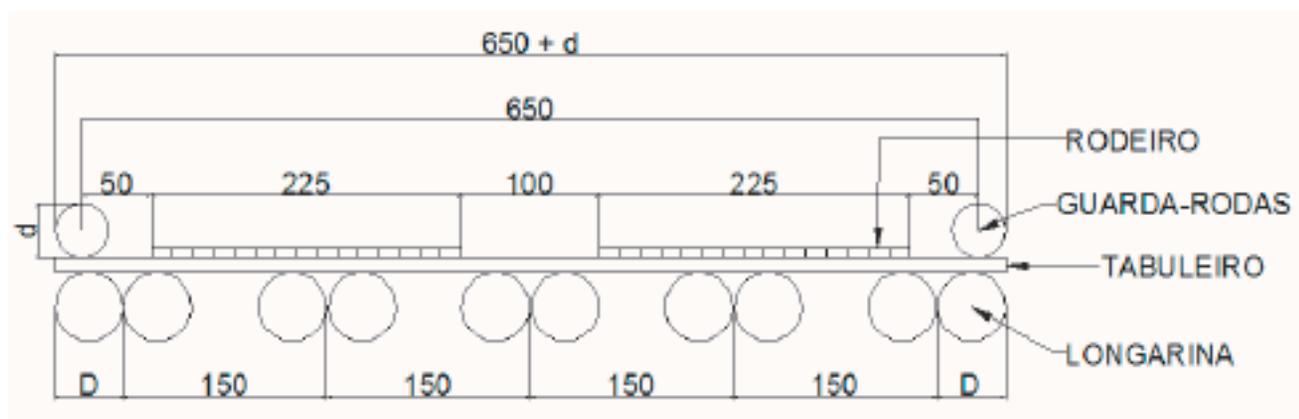


Figura 05 - Seção transversal da ponte em madeira  
Fonte: Da Silva e Philippsen (2015)

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4296-0686>

**TAYLANA PICCININI SCOLARO** | Universidade Federal de Santa Catarina | Engenharia Civil | Florianópolis, SC - Brasil |  
Correspondência para: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, R. João Pio Duarte Silva, s/n - Córrego Grande, Florianópolis - SC, 88040-900 | e-mail: [taylanaps@hotmail.com](mailto:taylanaps@hotmail.com)

ORCID: -

**LUIZ EDUARDO PEREIRA** | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Engenharia Civil | Pato Branco, PR - Brasil |  
Correspondência para: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via do conhecimento, km 1 - Pato Branco - Pr, 85503-390 | e-mail: [luiz\\_eduu@hotmail.com](mailto:luiz_eduu@hotmail.com)

ORCID: -

**JAIRO TROMBETTA, M.Sc.** | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Engenharia Civil | Pato Branco, PR - Brasil |  
Correspondência para: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Via do conhecimento, km 1 - Pato Branco - Pr, 85503-390 | E-mail: [jairotrombetta@gmail.com](mailto:jairotrombetta@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SCOLARO, Taylana Piccinini; PEREIRA, Luiz Eduardo; TROMBETTA, Jairo. Comparativo de Impacto Ambiental de Sistemas Construtivos de Superestruturas de Pontes. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 107-116, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.107-116>.

**DATA DE ENVIO:** 27/01/2020

**DATA DE ACEITE:** 21/05/2020

# COMPÓSITO DE SOLO-CIMENTO E RESÍDUOS: PERSPECTIVAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS EM SÃO LUÍS-MA

*SOIL-CEMENT COMPOSITE AND WASTES: PROSPECTS OF SUSTAINABLE MATERIALS*

**JULYANA DA SILVA LIMA, M.Sc.** | UFMA  
**DENILSON MOREIRA SANTOS, Dr.** | UFMA

## RESUMO

A indústria da construção civil recorre aos materiais que acarretam impactos negativos ao meio ambiente, bem como promove a geração de elevada quantidade de resíduos. Por outro lado, as inovações em elementos construtivos, através dos princípios do design, podem contribuir para a sustentabilidade. Assim, o objetivo da pesquisa é a avaliação técnica de compósitos formados por diferentes traços de solo-cimento e resíduos da construção e demolição (RCD), visando a aplicação futura em tijolos de vedação para habitações populares na Ilha de São Luís - MA. Desse modo, a pesquisa realiza uma revisão bibliográfica relacionando as temáticas design de produto, materiais e sustentabilidade. Para a verificação da hipótese de um material eficiente e sustentável para a realidade local, foram desenvolvidas diferentes composições de solo-cimento-resíduo de construção e demolição (RCD) para confecção de corpos de prova, aos quais são submetidos às análises de propriedades tecnológicas. Seguindo as diretrizes das normas, os ensaios selecionados para esta pesquisa são: análise granulométrica dos solos, ensaio de retração linear, ensaio de resistência à compressão e ensaio de absorção de água. Com os resultados positivos obtidos, concluiu-se a viabilidade de aplicação de determinadas composições para posterior confecção de tijolos como alternativa aos tijolos cerâmicos tradicionalmente utilizados.

**PALAVRAS CHAVE:** Tijolo; Design de produto; Reciclagem; Solo-cimento

## ABSTRACT

*The civil construction industry uses materials that have negative impacts on the environment, such as the generation of a high amount of waste. On the other hand, innovations in construction elements, through the principles of design, can contribute to sustainability. Thus, the objective of the research is the technical evaluation of composites formed by different traces of soil-cement and construction and demolition residues (RCD), aiming at the future application in sealing bricks for popular housing in São Luís Island - MA. Thus, the research carries out a bibliographic review relating the themes of product design, materials and sustainability. In order to verify the hypothesis of an efficient and sustainable material for the local reality, different compositions of soil-cement-construction and demolition residues (RCD) were developed for making specimens, which are subjected to the analysis of technological properties. Following the guidelines of the standards, the tests selected for this research are: soil particle size analysis, linear shrinkage test, compressive strength test and water absorption test. With the positive results obtained, the feasibility of applying certain compositions for subsequent brick making as an alternative to the traditionally used ceramic bricks was concluded.*

**KEY WORDS:** Block; Product Design; Recycling; Soil-cement



## 1. INTRODUÇÃO

O consumo consciente dos recursos naturais tornou-se uma tendência na sociedade atual, de forma que o homem contemporâneo busca assumir as consequências das suas ações no meio ambiente. Tais mudanças de paradigmas e surgimentos de novos conceitos transformaram a economia, produção industrial e gestão dos materiais, sendo evidenciado no número crescente de empresas que se interessam em empregar resíduos no desenvolvimento de seus produtos, visto que o material reciclado tem valor comercial e pode retornar ao mercado (INACIO; ROVER, 2015).

O design, progressivamente, tem se preocupado em corroborar a sustentabilidade de algum modo na sociedade, seja repensando o ciclo de vida dos produtos ou criando materiais inovadores, principalmente os fundamentados nos processos sustentáveis (FARIAS; SANTOS, 2016). Dentre tantos estudos de casos no âmbito científico, é notória a ligação do surgimento de novos materiais ou compósitos a fim de cooperar com soluções à problemática ambiental.

Neste contexto, o design para a sustentabilidade contribui com mudanças sistêmicas, visando os impactos territoriais a nível local e global na concepção, projeto e fabricação de produtos ou serviços. Inúmeros problemas sociais são mitigados consideravelmente quando a sustentabilidade é incluída como via resolutiva. Como Tamborrini (2012) afirma: “desenhar e produzir: ao fazer escolhas e explorar recursos, dever-se-ia ter em mente o território em questão, além de como atender às necessidades reais dos habitantes” (TAMBORRINI, 2012, p. 57).

Direcionando o foco ao problema habitacional atual do Maranhão, estudos que proporcionem a reutilização de materiais para a geração de novos materiais na construção civil, também podem auxiliar na produção de moradias com melhor custo-benefício para a população carente. Esta pesquisa tem como objetivo a avaliação de compósitos de solo-cimento resultantes da incorporação de resíduos de construção e demolição (RCD), como elemento adicional aos materiais tradicionais da composição do tijolo de solo-cimento, visando a aplicação futura em alvenarias de habitações populares na Ilha de São Luís – MA.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo a Fundação João Pinheiro – FJP (2015), além do elevado déficit absoluto, o Maranhão apresenta-se com o maior déficit relativo – isto é, que dimensiona a carência em relação ao total de domicílios de uma região - entre as unidades da federação: “a região Nordeste foi a região com o maior número de habitações precárias em 2015, totalizando 492 mil unidades. Desse total, 241 mil unidades estavam no

Maranhão” (FJP, 2015). As necessidades mínimas de habitação não são atendidas de forma eficiente e, em busca de melhorias na problemática habitacional do país, o governo federal tem investido em programas habitacionais e políticas públicas voltadas para a população de baixa renda.

Todavia, a indústria da construção civil recorre às técnicas construtivas, processos e materiais prejudiciais ao meio ambiente. Conforme o Conselho Internacional de Construção, a indústria da construção civil é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (MMA, 2016). Portanto, existe também uma ausência de consciência ambiental na produção massiva de habitações. Simultaneamente, o crescimento exacerbado das cidades acarreta um significativo impacto ambiental em diversas áreas. Tais problemáticas alertam para a necessidade de construções de edificações eficientes, abrangendo também as habitações populares.

A proposta de uma habitação popular não deveria enquadrar-se apenas na questão econômica, isto é, adoções de soluções de baixo custo. Desse modo, deve englobar a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. Neste contexto, pesquisas realizadas anteriormente comprovam que o solo-cimento contribui significativamente na redução da degradação ambiental (GRANDE, 2003; FERRAZ, 2004; SOUZA, 2006; MAGALHÃES, 2010). Segundo Conciani (2002), a utilização do tijolo de solo-cimento gera redução de custos na construção de habitações populares, podendo atingir até 40% do custo total da edificação. Isto decorre da possibilidade de racionalização e rapidez do processo construtivo através do uso de tijolos modulares, economia de outros materiais construtivos e de mão-de-obra qualificada, eliminação dos rasgos nas paredes para a passagem de tubulações elétricas e hidráulicas, além da redução do consumo de argamassas de assentamento e de regularização (SOUZA, 2006).

Aliando as vantagens existentes na fabricação e aplicação de tijolos de solo-cimento, propõe-se a incorporação dos resíduos de construção e demolição (RCD) na formação do compósito da pesquisa. Desse modo, o compósito proporciona a união de propriedades físicas inerentes a cada componente em um único e novo material, para que apresente “o melhor dos dois mundos”, isto é, as particularidades eficientes de cada material para um determinado fim (SHACKELFORD, 2012).

O reaproveitamento de resíduos da construção civil em tijolos de solo-cimento busca o aperfeiçoamento de um material construtivo já categorizado como sustentável. De forma geral, a viabilidade técnica da utilização de

diversos resíduos na fabricação de blocos de alvenaria já foi estudada. Em tijolos de solo-cimento também já houve incorporação de resíduos específicos da construção civil e, como demonstrado por Patricio et al. (2013), os resultados obtidos mostraram que a adição do resíduo de concreto ao solo melhorou as propriedades mecânicas dos tijolos solo-cimento, possibilitando redução de custos e produção de blocos prensados de melhor qualidade, constituindo-se, portanto, numa excelente alternativa para o aproveitamento deste material (PATRICIO et al. 2013).

Outro estudo pode ser destacado devido ao seu resultado positivo. Silva et al. (2014) aborda a incorporação de resíduos cerâmicos em tijolos feitos com misturas solo-cimento e adição de resíduos de construção e demolição (RCD), com cal hidratada e cimento Portland CII F-32. Os autores avaliaram as propriedades físicas e mecânicas de tais tijolos pressionados uniaxialmente e concluíram os melhores resultados a partir dos percentuais de 12% de cimento e 4% de resíduos cerâmicos. Portanto, o RCC utilizado especificamente nos dois estudos apresentados foi o resíduo de concreto e o resíduo cerâmico, deixando um leque de materiais alternativos em disponibilidade para estudo.

A inserção do pó de brita em elementos construtivos, sendo este um resíduo proveniente de atividades indiretas do setor da indústria da construção civil (desenvolvimento de matéria-prima), aponta a utilização eficiente do resíduo em argamassas, conforme Santos, Lira e Ribeiro (2012). Os autores demonstram a potencialidade do material através do seu reaproveitamento, incentivando testes em outros elementos construtivos. Outros estudos ressaltam a grande produção destes resíduos de britagem em decorrência do crescimento da indústria da construção civil, e consequentemente a maior geração de resíduos. A busca por resíduos em materiais de escavação, demolição de edificações, construções ou limpeza de terrenos também estão inclusas na esfera dos resíduos da construção civil.

Nesta pesquisa, propõe-se além da composição original solo-cimento, analisar mais três composições com diferentes percentuais de resíduos de construção e demolição (RCD) em relação à massa do solo, segundo os parâmetros utilizados em estudos realizados por Segantini, Souza e Pereira (2007):

- Solo + cimento + 20% de RCD;
- Solo + cimento + 40% de RCD;
- Solo + cimento + 60% de RCD.

A resistência do RCD é articulada às propriedades dos solos arenosos-argilosos locais. É importante ressaltar que apesar da existência de estudos que comprovem a viabilidade técnica do solo-cimento e RCD em outros locais, busca-se a

produção com matéria-prima local (solo), podendo esta ser determinante para a eficácia do compósito. O solo-cimento e o RCD constituem-se potenciais alternativas para a inovação de materiais construtivos como aporte à resolução da problemática habitacional na Ilha de São Luís - MA.

A eficácia da inserção de materiais alternativos em edificações no que diz respeito às propriedades físicas e mecânicas dos tijolos, acarreta a redução dos impactos ambientais e inovação de suas características originais. Além disso, o prolongamento do ciclo de vida dos resíduos de construção ao aplicá-los em novos materiais, favorece a redução do volume de entulhos em aterros sanitários ou áreas públicas indevidas.

### 3. METODOLOGIA

Segundo Frankel e Racine (2010), a pesquisa aplicada conduz os estudos através do design. O design é o meio para alcançar um objetivo ainda maior, visto que compósito em si não é um fim, mas a possibilidade de obtenção de um design sustentável. Neste sentido, a busca por inovação sob a ótica do design sustentável é apresentada “como uma força criadora de novos modelos de comportamento que tenham a capacidade de promover, ao mesmo tempo, resultados econômicos para os produtores e modificações significativas no contexto social” (LUCCA; DAROS, 2017). Assim, a inserção das estratégias vinculadas às relações entre a sustentabilidade econômica e a resiliência ambiental no âmbito do Design, denotam uma significativa potencialidade para a obtenção de resultados inovadores.

A pesquisa prossegue com a etapa da experimentação baseada em normas existentes, como a ABNT NBR 8491/1984, ABNT NBR-8492/1984 e diretrizes da Associação Brasileira de Cimento Portland. Para o alcance do objetivo, realiza-se a maior parte da pesquisa em ambiente experimental nos laboratórios disponíveis na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) e no SENAI DI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Distrito Industrial).

Para a verificação da viabilidade de produção do compósito, os materiais e equipamentos foram criteriosamente selecionados para a confecção dos corpos de prova cilíndricos. A pesquisa compreende os seguintes materiais: Solo, Cimento Portland, água e resíduos de construção e demolição (RCD).

As duas amostras de solo foram coletadas em áreas pertencentes ao município de São Luís - MA, sendo ambas classificadas como Latossolo-amarelo. A amostra do Solo 01 foi coletada no bairro do Angelim (2°31'54" S; 44°13'46" W) e a amostra do Solo 02 foi coletada no bairro Vinhais

(2°31'11" S; 44°15'01" W). Apesar da curta distância, aproximadamente 2,72 km, entre os pontos de coleta selecionados e da sua localização dentro da área de classificação do Latossolo-amarelo, visivelmente os solos possuem características diferentes. Ao avaliar os solos, notou-se (Figura 1) um com características mais arenosas (Solo 01) e outro com características mais argilosas (Solo 02).



**Figura 1** - Solos coletados.  
**Fonte:** Autora (2018).

A água utilizada nesta pesquisa é proveniente do laboratório de cerâmica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), fornecida pela rede de abastecimento comum da cidade. A quantidade de água destinada a cada mistura variava de acordo com o tipo de solo e os percentuais da granulometria do RCD, contudo chegou-se a um percentual médio de umidade variável de 5% a 10% de água. A verificação da consistência plástica da massa foi feita por meio de um teste visual e manual.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) foram coletados em diferentes canteiros de obras. No geral, foram selecionados entulhos de revestimentos/pisos cerâmicos, tijolos e telhas para serem triturados posteriormente. Caracterizadas como obras de reformas residenciais de pequeno porte, nos canteiros referentes a estas obras buscou-se pelo descarte predominante de materiais de ordem cerâmica.

O cimento selecionado para a etapa experimental foi o CP-II Z, isto é, o Cimento Portland composto. Este é o mais utilizado no país, atendendo por aproximadamente 75% da produção industrial brasileira (ABCP, 2018). Visando trabalhar com materiais encontrados em abundância e de fácil aquisição no local de estudo, o cimento selecionado é o mais utilizado na região com alta demanda nas lojas de construções. Segundo o fabricante, o cimento escolhido é composto por clínquer (calcário e argila) e pozolana, rochas ou matérias orgânicas fossilizadas encontradas na natureza. Possui as seguintes especificações técnicas (Tabela 1):

Tipo	Sigla	Norma	Clínquer + Gesso	Material Pozolânico	Material Carbonático
II	CP II Z	11578	76 a 94%	6 a 14%	0 a 10%

**Tabela 1** - Especificações técnicas do cimento CP II Z – 40, da marca Poty.  
**Fonte:** Autora (2019), adaptado de ABCP (2018).

Como a mistura padrão de estudo desta pesquisa é solo-cimento-resíduo, para cada uma das composições se utilizou o mesmo teor de cimento em relação à massa da composição solo-resíduo: 8% de cimento. Optou-se por este percentual de segurança na mistura, embora outros estudos demonstrem resultados positivos na resistência mecânica dos corpos de prova com até mesmo com 6% de cimento nas composições (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2007).

Quanto aos equipamentos, foram utilizados: Triturador; Peneira com trama maior (mesh nº 4 / abertura 4.75 mm) para limpeza dos resíduos; Jogo de peneiras para ensaio granulométrico (mesh nº 7, 8 e 9); Agitador magnético para ensaio granulométrico; Molde para confecção dos corpos de prova (cilindro com diâmetro de 50mm e altura de 100mm); Fôrma para ensaio de retração; Objetos de apoio, como bacias, baldes, luvas, pilões e toalhas; Câmera fotográfica; Balança semi-analítica; e Prensa para ensaio de compressão (HD-20T / Prensa elétrica Servo Controlada, Capacidade de 20 toneladas, marca Contenco).

Seguindo a aplicação das normas técnicas selecionadas, destaca-se alguns dos processos da etapa experimental: preparação dos resíduos e solos (seleção, limpeza, trituração, mistura); ensaios granulométricos para caracterização do solo; definição do traço para a mistura dos materiais; moldagem dos corpos de prova; cura dos corpos de prova; e os ensaios físicos: retração, absorção de água e resistência à compressão simples.

Quanto ao ensaio de resistência à compressão simples, a NBR 8491 (ABNT, 1984d) determina que a resistência média dos tijolos de solo-cimento deve ser igual ou superior a 2,0 MPa aos sete dias de cura, mas que os valores individuais não podem ser inferiores a 1,7 MPa. Com base em pesquisas anteriores, Segantini (2000) e Ferraz (2004) por exemplo, conclui-se que a resistência do solo-cimento aumenta de forma considerável ao longo do tempo, sendo que o período mínimo aconselhado é 28 dias.

No ensaio de absorção de água, segue-se com as diretrizes da norma NBR 8492 (ABNT, 1984e). Os três corpos de prova de cada composição deverão secar em estufa entre 105° e 110° até a constância de massa, obtendo-se a massa do corpo seco. Depois disso, deve-se imergir o corpo em tanque d'água por um período de 24 horas e, no momento da retirada do corpo, enxugar superficialmente

com pano úmido para pesagem do material, obtendo-se a massa do corpo saturado (Figura 2). Para blocos de solo-cimento vazados sem função estrutural, a média dos valores de absorção de água deve ser igual ou menor que 20% e os valores individuais devem ser iguais ou menores que 22%, segundo a NBR 10836 (ABNT, 2013).



**Figura 2** - Pesagem dos corpos de prova pós-estufa.  
**Fonte:** Autora (2018).

Os procedimentos realizados em laboratório avaliaram as variáveis das composições de solo-cimento e RCD.

#### 4. CORPOS DE PROVA

Os traços das misturas foram definidos considerando os estudos semelhantes feitos anteriormente e o conhecimento adquirido durante os estudos na temática da pesquisa. Contudo, foi estabelecido previamente a necessidade de minimizar o consumo do cimento Portland e reduzir a quantidade de solo natural utilizada na composição dos corpos de prova.



**Figura 3** - Granulometria do RCD.  
**Fonte:** Acervo da Autora (2018)

Desse modo, obtém-se três diferentes granulometrias de RCD para a confecção de corpos de prova (Figura 3), respectivamente P7, P8 e P9. Todos os resíduos passantes na peneira de limpeza inicial com mesh nº 4 e abertura de 4,76mm, são retidos na P7 com abertura de 2,83mm. Assim, a granulometria do RCD retido na P7 é variável entre 4,76mm e 2,83mm. Do mesmo modo, prossegue-se com a classificação dimensional dos grãos do RCD retido e passante na P8 (com granulometria variável entre 2,83mm e 2,38mm) e P9 (com granulometria variável entre 2,38mm e 2,00mm). O RCD passante na P9 não foi utilizado nesta pesquisa.

Sendo o compósito constituído por solo, cimento, RCD e água, as três diferentes granulometrias estabelecidas serão utilizadas nas misturas com três diferentes percentuais de RCD: 20%, 40% e 60% (SEGANTINI; SOUZA; PEREIRA, 2007). O cimento permanece com uma quantidade fixa em todas as misturas e o solo varia mediante a quantidade de RCD acrescentada. Desse modo, existem três variáveis na execução das misturas (Figura 4): Tipo de solo: solo 01 e solo 02; Granulometria de RCD: Peneira mesh nº 7, Peneira mesh nº 8 e Peneira mesh nº 9; e Percentual de RCD: 20%, 40% e 60%.



**Figura 4** - Esquema de Variáveis.  
**Fonte:** Autora (2018)

A Tabela 2 a seguir explana os traços utilizados nas misturas em cada uma das três granulometrias de RCD nos dois solos. Vale ressaltar que também foram confeccionadas misturas com a fórmula original solo-cimento, logo sem a incorporação de RCD na mistura. Quanto ao teor de água, foi determinado que a adição de água à mistura homogeneizada, fosse realizada aos poucos até que a massa alcançasse uma consistência adequada para a moldagem.

TRAÇOS GERAIS				
PENEIRA RCD	SOLO (%)	CIMENTO (%)	RCD (%)	TOTAL (%)
-	92	8	-	100
7, 8 e 9	72	8	20	100
	52	8	40	100
	32	8	60	100

**Tabela 2** - Traços das composições.  
**Fonte:** Autora (2018)

Os corpos de prova cilíndricos foram moldados no cilindro de PVC (diâmetro= 50 mm; altura= 100 mm), com uma compactação manual realizada em três camadas. Após a confecção, os corpos de prova foram transferidos para área arejada, onde permaneceram em cura até a data da realização dos ensaios de compressão simples e absorção (Figura 5).



**Figura 5** - Corpos de prova em processo de cura.  
**Fonte:** Autora (2018).

Para cada traço determinado, três corpos cilíndricos foram utilizados nos ensaios de absorção e outros três nos ensaios de resistência a compressão simples. Por fim, todos os corpos de prova cilíndricos foram confeccionados em conformidade com as normas NBR 8492 (ABNT, 1984d) e NBR 12024 (ABNT, 2012). Esta etapa obedeceu ao período de cura mínimo de 28 dias e estendeu-se a realização dos ensaios de resistência a compressão e absorção de água para a quantidade de 156 dias de cura.

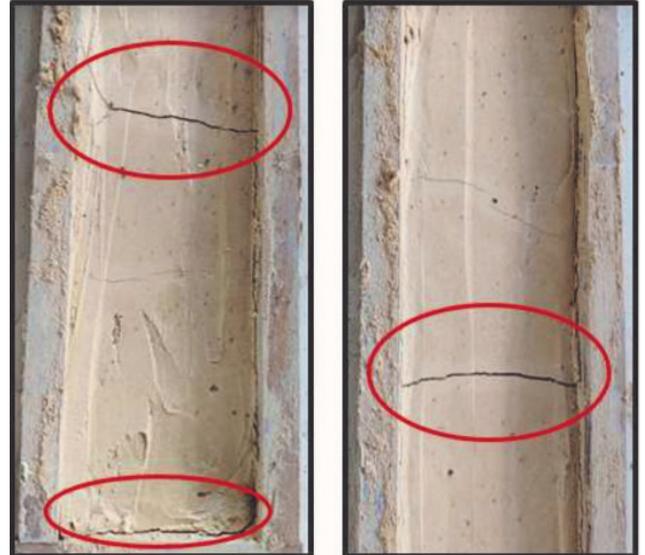
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio granulométrico (Figura 6), apesar das diferentes características geológicas, ambos os solos foram aprovados nos requisitos. Tal constatação foi feita após a realização dos ensaios granulométricos, segundo a NBR 7181 (ABNT 1984c) – Solo: Análise granulométrica. O Solo 01 apresenta a seguinte taxa de arenosidade, de acordo com sua granulometria: 91,07%. A subdivisão da fração arenosa mostrou uma predominância da parte média sobre os demais. Enquanto o Solo apresenta a seguinte taxa de arenosidade, de acordo com sua granulometria: 80,97%. De forma geral, o ensaio serviu para concluir que a Ilha de São Luís possui pontos com solo apropriado para a utilização na produção do tijolo de solo-cimento.



**Figura 6** - Ensaio de peneiramento - série de peneiras padronizadas e aparelho elétrico de peneiramento.  
**Fonte:** Autora (2018).

No ensaio de retração, em todos os testes realizados com RCD na mistura, nenhum molde obteve retração, fissura ou rachadura. No entanto, ao inserir nos moldes a mistura comum de solo-cimento sem RCD, o solo 02 apresentou fissuras após 07 dias de cura (Figura 7).



**Figura 7** - Teste de retração em mistura solo-cimento (Solo 02)  
**Fonte:** Autora (2018).

Para a realização dos ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água, foram selecionados 60 corpos de provas para cada ensaio, especificando 3 corpos de cada variável: tipo de solo/granulometria do RCD/percentual do RCD (Ex: P7.40). Além disso, foram separados 3 corpos referentes à composição solo-cimento (SC) original de ambos os solos estudados nesta pesquisa. Segue a Tabela 3 com os resultados dos ensaios de compressão, sendo que os valores sinalizados em vermelho representam os corpos que não atendem a resistência exigida em norma:

ENSAIO DE COMPRESSÃO							
SOLO	PENEIRA	RCD (%)	NOME	Σ			
				CP01	CP02	CO03	MÉDIA
SOLO 01	PENEIRA 09 (ou P9)	20	P9.20	3,6	3,7	3,6	3,63
		40	P9.40	4,5	4	4,1	4,20
		60	P9.60	2,4	2,2	2,6	2,40
	PENEIRA 08 (ou P8)	20	P8.20	2,1	2,5	3,7	2,77
		40	P8.40	2,7	2,2	2,5	2,47
		60	P8.60	1,08	0,94	0,88	0,97
	PENEIRA 07 (ou P7)	20	P7.20	2,5	2,2	2,3	2,33
		40	P7.40	2,6	3	3,2	2,93
		60	P7.60	1,6	2,7	1,2	1,83
SOLO-CIMENTO	0	SC01	2,5	2,4	2,5	2,47	

SOLO 02	PENEIRA 09 (ou P9)	20	P9.20	2	2,05	2,22	2,09
		40	P9.40	1,88	1,85	1,7	1,81
		60	P9.60	1,09	1,37	1,02	1,16
	PENEIRA 08 (ou P8)	20	P8.20	0,63	0,65	0,55	0,61
		40	P8.40	0,72	0,81	0,7	0,74
		60	P8.60	0,5	0,7	-	0,60
	PENEIRA 07 (ou P7)	20	P7.20	0,6	0,79	-	0,70
		40	P7.40	0,53	0,52	-	0,53
		60	P7.60	0,48	0,45	0,42	0,45
	SOLO-CIMENTO	0	SC02	0,8	0,62	0,6	0,67

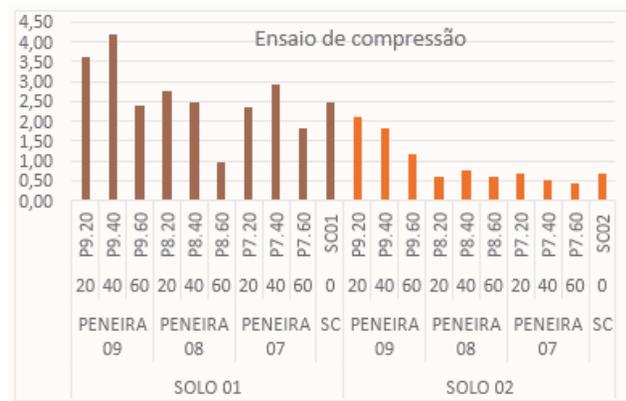
**Tabela 3** - Análise Geral dos ensaios tecnológicos.  
**Fonte:** Elaborado pela autora (2019).

No ensaio de resistência a compressão simples, o Solo 01 obteve um desempenho significativamente superior ao Solo 02. A maior média de resistência encontrada no Solo 01 foi 4,20 MPa, referente ao corpo P9.40 (Figura 8). Enquanto no Solo 02, obteve-se o valor máximo de 2,09 MPa. Concluindo-se, assim, que este seria o único corpo de prova apto para aplicações em solo-cimento – visto que possui um valor maior que 2,0 MPa, conforme exigido em norma - e os demais estão abaixo da resistência mínima estabelecida pela NBR 8491 (ABNT, 1984d). Quanto aos valores mais baixos do Solo 01 (como o corpo P7.60), este solo ainda possui uma resistência superior ao Solo 02, enquanto o corpo de prova com resistência mais baixa do Solo 02 alcançou apenas 0,45 MPa (P7.40).



**Figura 8** - Ruptura do corpo de prova P9.40. (solo 01)  
**Fonte:** Autora (2018).

Em todas as três diferentes granulometrias de RCD (P7, P8 e P9) e nos dois tipos de solos, o percentual de 60% de RCD obteve o índice mais baixo de resistência quando comparado aos demais percentuais. Isto demonstrou que uma quantidade maior de resíduos na mistura ocasionou a fragilidade do corpo devido a existência de muitos vazios, evidenciado pela textura porosa das superfícies (Gráfico 1):



**Gráfico 1** - Ensaio de compressão dos compósitos.  
**Fonte:** Elaborado pela autora (2019).

Quanto ao ensaio de absorção, ambos os solos tiveram bom desempenho na mistura bem como as três granulometrias de RCD (P7, P8 e P9) possuem médias satisfatórias ao exigido na norma, uma vez que a média mais alta de absorção de água equivale a 16,22% (< 22%), referente à peneira com mesh nº 8 (P8) do Solo 02.

Ao focar nos valores individuais dos corpos de prova, todos também se adequam ao valor máximo de absorção exigido na norma, com destaque ao corpo P8.40 com Solo 02 que possui o percentual de absorção mais próximo do limite e ainda assim eficiente: 20,58%. Os valores mais baixos de absorção concentram-se na peneira com mesh nº 09 (P9), Solo 01, com o percentual de 20% de RCD (9,09%) e 40% de RCD (9,87%). No que diz respeito às granulometrias de RCD, principalmente no que se refere ao Solo 02, as peneiras P8 e P7 apresentaram os maiores índices percentuais de absorção, sendo mais propícios a conter fissuras e outras patologias durante a cura do material.

Quando o resíduo de construção e demolição em maior granulometria é adicionado como substituto ao cimento Portland, o aumento nos valores de absorção de água ocorre em decorrência da maior rugosidade do RCD e pelos vazios deixados na estrutura.

Além disso, o Solo 02 possui características geológicas mais argilosas, o que acarreta mais absorção da água. Por isso, uma quantidade maior água foi retida nestas composições. De forma geral, ao analisar os dados do gráfico e tabela, com as devidas ressalvas, é constatado que a absorção de água aumenta ao adicionar na mistura um percentual a partir de 40% de RCD. Portanto, quanto mais resíduos substituírem o solo e o cimento, mais água será absorvida pelo corpo de prova (Gráfico 02).



**Gráfico 2** - Ensaio de absorção dos compósitos.  
**Fonte:** Elaborado pela autora (2019).

SOLO 02	P9	20	P9.20	OK	OK	OK	OK
		40	P9.40				
		60	P9.60				
	P8	20	P8.20				
		40	P8.40				
		60	P8.60				
	P7	20	P7.20				
		40	P7.40				
		60	P7.60				
	SC	0	SC02		X		

**Tabela 4** - Análise Geral dos ensaios tecnológicos.  
**Fonte:** Elaborado pela autora (2019).

Neste sentido, para facilitar a compreensão dos dados numéricos obtidos, realizou-se uma análise geral sobre todos os ensaios realizados – ensaio de resistência a compressão simples, ensaio de absorção, ensaio de retração e ensaio de granulometria -, com as variáveis consideradas nesta pesquisa (Solo, Percentual de RCD e Granulometria de RCD).

Na Tabela 4 a seguir, é possível verificar as composições de misturas que foram reprovadas e sua relação com as demais. O termo “OK” refere-se aos ensaios que obtiveram êxito nas variáveis estudadas nesta pesquisa, ou seja, tipo de solo, granulometria de RCD e percentual de RCD que são aprovados após a realização dos ensaios realizados. O símbolo “X”, por sua vez, demonstra todas as variáveis que não alcançaram o desempenho exigido em normas. Sendo este o critério utilizado para reprovação dos corpos de prova, percebe-se que o ensaio de resistência foi crucial para definir os traços dos compósitos mais eficientes, fornecendo premissas para uma futura aplicação em tijolos de solo-cimento-RCD em São Luís - MA.

Com o percentual de apenas 8% de cimento nas composições dos corpos, atingiu-se ao objetivo de encontrar compósitos que satisfazem às normas de resistência à compressão e absorção de água para fabricação de tijolos de solo-cimento. Foi também evidenciado que a incorporação de RCD na massa de solo-cimento acarretou alterações nas propriedades tecnológicas e influenciou radicalmente na eficiência do corpo de prova. Isto é, a adição de RCD nos corpos de prova demonstrou que a resistência à compressão simples tende a diminuir e a absorção de água aumentar. Além disso, foi verificado que quanto maior o percentual e granulometria de RCD, menor a resistência do compósito (Figura 9).



**Figura 9** - Corpo de prova poroso após ruptura.  
**Fonte:** Acervo da autora (2018).

SOLO	PENEIRA	RCD (%)	NOME	ENSAIOS			
				GRANULO-MÉTRICO	RETRÇÃO	ABSORÇÃO	RESISTÊNCIA
SOLO 01	P9	20	P9.20	OK	OK	OK	OK
		40	P9.40				
		60	P9.60				
	P8	20	P8.20				X
		40	P8.40				
		60	P8.60				
	P7	20	P7.20				OK
		40	P7.40				
		60	P7.60				
	SC	0	SC01				

Analisando de forma geral, o Solo 01 se enquadrando em todos os ensaios realizados nesta pesquisa. Por isso, as considerações a seguir serão feitas a partir da análise deste solo. Considerando o Solo 01 como solo local mais adequado para a fabricação de tijolos de solo-cimento com RCD na Ilha de São Luís, explana-se que quanto aos percentuais de RCD nas diferentes composições:

- O ensaio de resistência a compressão simples conclui que todos os corpos de prova com a incorporação

de 20 e 40% de RCD na composição (excepcionalmente, incluindo o corpo de prova P9.60), alcançaram os valores mínimos para a resistência a compressão, segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984d) e a NBR 10834 (ABNT, 2013).

• O ensaio de absorção de água demonstrou que todos os corpos de prova com 20% de RCD (com exceção do corpo de prova P8.20) apresentaram os valores individuais abaixo de 22% e os valores mais baixos quando comparados aos demais percentuais de RCD em suas respectivas peneiras, em conformidade com a NBR 8491 (ABNT, 1984d) e a NBR 10834 (ABNT, 2013).

Quanto à granulometria do RCD, verificou-se também que as peneiras de mesh nº 9 e 8 apresentam melhores desempenhos de resistência, visto que a granulometria dos resíduos proporciona melhor organização estrutural dos grãos no corpo compactado e reduzindo a incidência de vazios. Em contrapartida, o ensaio de absorção de água apontou que os corpos de prova referentes às peneiras de mesh nº 8 e 7 apresentaram médias de corpos de prova com os índices de absorção de água mais elevados. Logo, a P9 se destaca com os índices mais baixos de absorção dentre todas as composições. Conclui-se, assim, que quanto maior for a granulometria dos grãos adicionados à composição, pior será o desempenho obtido.

Vale destacar que a análise de absorção de água considera minuciosamente os índices mais baixos e mais elevados dos corpos de prova, pois todos os índices encontram-se dentro dos percentuais exigidos em norma e aptos à aplicação em tijolos de solo-cimento. Recapitulando a análise geral, esta pesquisa demonstrou que o percentual de RCD entre 20% e 40% com sua granulometria correspondente às peneiras de mesh nº 8 e 9 incorporado ao Solo 01, apresentou os valores resultantes dos ensaios que denotam aptidão para moldagem de tijolos de solo-cimento (Figura 10).

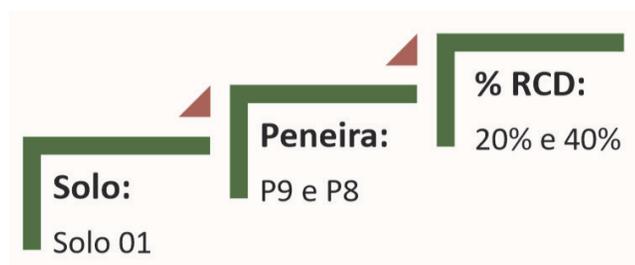


Figura 10 - Síntese dos resultados  
Fonte: Acervo da autora (2018).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao verificar os resultados dos compósitos com a incorporação de matérias-primas na própria região de São Luís - MA, reitera-se a possibilidade de confecção de materiais

de vedação alternativos aos meios tradicionais amplamente utilizados, a fim de contribuir com as necessidades socioeconômicas locais no âmbito habitacional.

Diante da etapa experimental, percebe-se que o ensaio de resistência à compressão simples foi crucial para restringir composições e até mesmo o tipo de solo ideal. A partir desta análise, considera-se apenas o Solo 01 como ideal para os compósitos, visto que o Solo 02 fora reprovado no ensaio de resistência a compressão, tendo apenas um corpo de prova alcançado o limite de resistência de 2MPa. Logo, esta pesquisa descarta a utilização deste tipo de solo para fabricação futura de tijolos de solo-cimento na Ilha de São Luís.

O reaproveitamento de resíduos de construção e demolição em composições de solo-cimento possibilita o surgimento de alternativas construtivas viáveis, tanto do ponto de vista tecnológico quanto ecológico. Além de propor uma destinação mais adequada à grande demanda de resíduos resultantes da indústria da construção civil, proporciona a redução de impactos ambientais resultante do processo de fabricação de tijolos cerâmicos tradicionais.

Uma vez que o Design pode ser visualizada como atividade humana que produz e aplica saberes, a pesquisa demonstra em sua base teórica uma interligação de diferentes conceitos e áreas do conhecimento no meio acadêmico, como também enfatiza a necessidade por uma inovação interdisciplinar na busca por novas tecnologias construtivas. Desse modo, os materiais - sendo estes tradicionais, sustentáveis ou inovadores -, devem ser analisados com mais profundidade técnica e criticidade no campo do design. Através da proposição deste compósito, o design possibilita uma análise mais integralizada à diversos aspectos. Além disso, com o objetivo da avaliação de traços de compósitos adequados para produção futura de tijolos de solo-cimento-RCD em São Luís - MA a partir da matéria-prima local, analisou-se algumas proposições para a continuação da discussão e consequente melhoria dos compósitos estudados. Segue abaixo:

- Elaboração de estudo de viabilidade construtiva de tijolos de solo-cimento em edificação do tipo casas populares;
- Estudos para a destinação dos resíduos de demolição e construção mais finos em outros materiais, visto que uma quantidade significativa de resíduos passantes na peneira 9 foram descartados.
- Realização da coleta de amostras de solo em outros pontos da Ilha de São Luís e com uma distância maior dos pontos já coletados, visando uma avaliação mais abrangente das características do solo na região.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES e da FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão) no desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia Básico de Utilização do Cimento Portland: Revisado por Arnaldo Forti Battagin e atendendo à nova norma de cimento **ABNT NBR 16.697**. 10a ed. São Paulo - SP: ABCP, 2018, 40p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984, 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984, 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 12024: Solo-cimento: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos, 2012, 3p.

CONCIANI, W. Geotechnical use of a mini tomography. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT 2002. Paris, França. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2002, p. 447-452.

GRANDE, F. M. (2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

FARIAS, Jamerson Araújo; SANTOS, Denilson Moreira. AVALIAÇÃO DE COMPÓSITO OBTIDO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PET. 2016. 120p. Dissertação – Mestrado em Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

FERRAZ, A. L. N. Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento. 2004. 107p. Dissertação Mestrado. Ilha Solteira: UNESP, 2004.

FRANKEL, L.; M. RACINE. The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design. In: *Proceedings of the DRS – Design e Complexity, 2010, Montreal - Canada. Anais... Montreal: Design Research Society, 2010, p. 1-12.*

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Estatística & Informações - Demografia e Indicadores Sociais. Déficit Habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte: MCidades, 2018. Disponível em: <[http://www.fjp.mg.gov.br/index](http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file)

<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file>>. Acesso em: 18. jul. 2018.

LUCCA, A. S.; DAROS, C. A inovação sob a ótica do design sustentável: uma revisão da literatura. e-Revista LOGO, v. 6, p. 41-58, 2017.

MAGALHÃES, Luciana Nunes. Análise comparativa dos blocos de solo-cimento, de concreto e cerâmicos utilizados na construção civil do sudeste brasileiro. Construindo, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.7-10, jul./dez 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>>. Acesso em: 28 de outubro de 2016.

PATRICIO, S. M. R.; FIGUEIREDO, S. S.; BEZERRA, I. M. T., NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Blocos Solo-cal Utilizando Resíduo da Construção Civil. Cerâmica, v. 59(349), p. 27–33, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0366-69132013000100003>>. Acesso em: 23 ago. 2019

TAMBORRINI, P. Design de inovação. Do design ao design de sistemas: objetos, relações e comportamento. In: CADERNOS DE ESTUDOS AVANÇADOS EM DESIGN: INOVAÇÃO. Anais... ORGANIZAÇÃO: Dijon De Moraes, Itirolida, Regina Álvares Dias – Barbacena: EdUEMG, 2012, p. 53-63. Disponível em: <[http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2012/2012\\_CADERNOS\\_DE\\_ESTUDOS\\_AVANÇADOS\\_EM\\_DESIGN\\_-\\_INOVACAO\\_BILINGUI\\_VOL\\_6.pdf](http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2012/2012_CADERNOS_DE_ESTUDOS_AVANÇADOS_EM_DESIGN_-_INOVACAO_BILINGUI_VOL_6.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2018

ROVER, S; INACIO, F. S. A Evidenciação da Gestão de Resíduos e Logística Reversa nas Empresas Listadas no Índice de Sustentabilidade Empresarial. In: Congresso de Contabilidade. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2015,. Anais... p.1-19, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/163131>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

SANTOS, R. A.; LIRA, B. B.; RIBEIRO, A. C. Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito. Revista Holos, Paraiba, v. 5(8), p. 125–135, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5902/223611707238>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

SEGANTINI, A. A. S. Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira-SP. 2000. 176 p. Tese (Doutorado), Campinas: UNICAMP, 2000.

SEGANTINI, A. A. S., SOUZA, M. I. B, PEREIRA, J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. Revista Brasileira de

Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p. 205-212, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbe-aa/v12n2/v12n02a14.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SHACKELFORD, James F. Ciência dos materiais. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2012.

SILVA, Vamberto Monteiro da et al. Incorporation of ceramic waste into binary and ternary soil-cement formulations for the production of solid bricks. Mat. Res. [online]. 2014, vol.17, n.2, pp. 326-331. Epub Feb 18, 2014. ISSN 1516-1439.

SOUZA, M. I. B. Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Ilha Solteira: UNESP, 2006.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7779-7084>

**JULYANA DA SILVA LIMA, M.Sc.** | Universidade Federal do Maranhão - UFMA | Programa de Pós Graduação em Design | São Luís, MA - Brasil | Correspondência para: Campus Universitário do Bacanga – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET) – Bloco 06, Sala 216 – CEP 65080-580. São Luís – MA | e-MAIL: [julyana.slma.jl@gmail.com](mailto:julyana.slma.jl@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2247-5106>

**DENILSON MOREIRA SANTOS, Dr.** | Universidade Federal do Maranhão - UFMA | Programa de Pós Graduação em Design | São Luís, MA - Brasil | Correspondência para: Campus Universitário do Bacanga – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET) – Bloco 06, Sala 216 – CEP 65080-580. São Luís – MA | e-MAIL: [denilson.santos@ufma.br](mailto:denilson.santos@ufma.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

LIMA, Julyana da Silva; SANTOS, Denilson Moreira. Compósito de Solo-Cimento e Resíduos: Perspectivas de Materiais Sustentáveis em São Luís-MA. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 117-128, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.117-128>.

**DATA DE ENVIO:** 20/12/2019

**DATA DE ACEITE:** 22/05/2020



# A ARQUITETURA EM ÁREA DE VIVÊNCIA DE CANTEIRO DE OBRAS: FATORES NORMATIVOS ASSOCIADOS À PERCEPÇÃO DO USUÁRIO LOCAL

*THE ARCHITECTURE IN CONSTRUCTION SITES LIVING AREA: NORMATIVE FACTORS ASSOCIATED WITH LOCAL USER PERCEPTION*

**HELOISA NUNES E SILVA, M.Sc. | UFSC**

**JUAN ANTONIO ZAPATEL PEREIRA DE ARAÚJO, PhD. | UFSC**

## RESUMO

Decorridos mais de 40 anos de aplicação da NR-18 no País, seu cumprimento pelas empresas construtoras ainda caminha para a consolidação. Neste sentido, as condições do ambiente construído da área de vivência da obra são tema de investigação nesta pesquisa, que busca reconhecer a condição desse ambiente construído à luz da Arquitetura e da legislação, bem como conhecer a opinião dos seus usuários sobre a atual condição da área de vivência e suas expectativas para o ambiente. Através da Avaliação Ergonômica do Ambiente Construído (MEAC) associada a parâmetros normativos (NR-18 e NBR 15.575) e de percepção ambiental pelo usuário, pela técnica da Constelação de Atributos, os dados obtidos indicam situações em desacordo legal, conflitos de acessibilidade e funcionalidade dos espaços, além de revelarem as características do ambiente construído ideal da área de vivência pelos usuários. Verificou-se que a Arquitetura mantém potencial de pesquisa científica em relação ao tema e lacunas profissionais sobre o projeto de edificações provisórias em canteiros de obras.

**PALAVRAS CHAVE:** Arquitetura; Canteiro de Obras; Habitabilidade; Área de Vivência

## ABSTRACT

*After more than 40 years of application of the NR-18 in the country, its compliance by construction companies is still heading towards consolidation. In this sense, the conditions of the built environment of the sites's living area are the subject of investigation in this research, which seeks to recognize the condition of this built environment by the architecture and legislation, as well as to know the opinion of its users about the current condition of the living area and your building expectations. Through the Ergonomic Valuation of the Built Environment (MEAC) associated with normative parameters (NR-18 and NBR 15.575) and environmental perception by the user, using the Attribute Constellation technique, the obtained data indicate situations in legal disagreement, conflicts in accessibility and functionality of the spaces, besides revealing the characteristics. of the ideal built environment of the living area by the users. It was found that the Architecture maintains potential for scientific research in relation to the theme and professional gaps about the design of temporary buildings in construction site.*

**KEY WORDS:** Architecture; Construction site; Habitability; Living Area



## 1. INTRODUÇÃO

No canteiro de obras o viés produtivo da impera sobre esse espaço de trabalho da indústria da construção civil, que absorve a mão-de-obra de trabalhadores de distintas formações e em variados níveis de experiência profissional. Em 2019 o público envolvido na construção civil aproxima-se a 7% da população empregada do Brasil, algo próximo de 6,5 milhões de pessoas, segundo dados do IBGE (2019).

Esse público usufrui diariamente de um espaço de trabalho em obras e transitório, segmentado entre área de produção (central de argamassas, área de formas e moldes ou carpintaria, etc) e área de vivência (local de apoio com instalação sanitária, vestiários, refeitório, etc), com restrição em recursos materiais e de caráter de ambiente provisório (com tempo estimado de utilização). Tais características resultam em ambientes construídos baseados em baixo custo de investimento, adoção de tecnologias construtivas adequadas à temporalidade da obra e a cultura organizacional da empresa construtora, bom como num processo de planejamento da produção focado na otimização espacial do uso do terreno da obra.

No canteiro de obras o espaço disponível no terreno tem grande relevância, haja vista que a organização do layout da obra incide no ritmo da produção, bem como, no aspecto de funcionalidade da área de vivência da obra. A prioridade, em geral, está na linha de produção desta indústria que ocupa temporariamente um terreno, executa o produto (empreendimento) e depois desloca-se para outro local e inicia nova construção, e assim sucessivamente.

Considerado um espaço de trabalho de indústria, o canteiro de obras também segue legislações trabalhistas, em particular a Norma Regulamentadora (NR) nº18 do Ministério do Trabalho (BRASIL,1978), cuja finalidade é de organizar as mínimas condições do ambiente de trabalho da indústria da construção civil. Tais indicativos da NR-18 associam temas de dimensionamento físico, tecnologias construtivas e características específicas dos ambientes requeridos para a obra.

Pode-se pontuar que essa norma inicia a abordagem sobre o conforto e a segurança do usuário no ambiente de trabalho, emergindo discussões quanto ao ambiente construído. Entretanto, essa norma carrega o viés da produtividade e da segurança dos processos da indústria de construção civil, sobrepondo-se a questões necessárias para embasar um ambiente construído confortável ao usuário.

Um ambiente construído é o resultado das considerações técnicas do projetista sobre fatores de uso/função, de insolação, de ventilação, de disposição/localização, de tecnologia construtiva, recursos financeiros, topografia, legislação,

etc. Além disso, um ambiente construído carregar a capacidade de provocar sensações nos usuários, as quais são percebidas de maneira individualizada, gerando uma opinião sobre a qualidade daquele lugar. Ou seja, tanto as considerações técnicas quando as percepções do usuário sobre o ambiente construído são fatores que compõem o espaço vivenciado pelo homem, e isso é tema de Arquitetura, a ciência que trata dessas questões: projetar espaços para o homem habitar, inclusive em caráter provisório.

A Arquitetura associa fatores materiais e subjetivos no desenvolvimento de espaços para o homem, articulando novas situações /demandas ao processo de projeto de edificações. Entretanto, ela encontra-se distanciada do espaço do canteiro de obras, cuja aproximação é estreita à Engenharia Civil e à ótica industrial. É comum verificar o processo de projeto da área de vivência do canteiro de obras que enfatiza a lógica de adequação de linha de produção e da NR-18, e por outro lado, minimizando ou desconsiderando fatores da Arquitetura, como a insolação, a funcionalidade dos espaços, a avaliação do usuário sobre o ambiente construído.

Decorridos mais de 40 anos de aplicação da NR-18 no País, seu cumprimento pelas empresas construtoras ainda caminha para a consolidação e atualmente é motivo de revisão normativa. Neste sentido, as condições do ambiente construído da área de vivência da obra são tema de investigação nesta pesquisa, que busca reconhecer a condição desse ambiente construído à luz da Arquitetura e da legislação NR-18, bem como conhecer a opinião dos seus usuários sobre a atual condição da área de vivência e suas expectativas acerca dessa área de apoio da obra.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. O contexto da Arquitetura na Racionalização do Processo Construtivo

Os edifícios podem ser reconhecidos de várias maneiras pela sociedade, por exemplo, como obras de arte, realizações técnicas, componentes do espaço urbano e também como espaços de fenômenos comportamentais e culturais (LAWSON, 2001). Objetivam acomodar o comportamento espacial humano. Para o autor, o espaço é um material essencial de uma forma universal de comunicação, e sua linguagem é observado por todos, embora tenha variações culturais. A Arquitetura organiza e estrutura o espaço para o homem a partir do uso da linguagem do espaço, resultando em facilitar ou inibir as atividades nesses locais. Sua relação com a racionalização compreende a atitude de controlar e definir um juízo em determinada situação durante o processo de projeto da edificação (GREGOTTI,1972; MONTANER,2014).

O profissional arquiteto/engenheiro encontra uma variedade de técnicas construtivas e de insumos disponíveis na área da construção civil, e orienta ao cliente a opção que melhor atenda ao programa da edificação nos aspectos funcionais, técnicos e econômicos. Melhado (1994) aprofunda estudo sobre essa visão sistêmica sobre o processo racionalizado de projeto da edificação, focando sua discussão na apresentação de parâmetros desse processo aplicáveis tanto para a etapa de proposição do edifício (empreendimento) quanto para a etapa de produção, neste caso para o processo de elaboração do projeto do canteiro de obras.

A racionalização em arquitetura direciona-se ao processo de projeto do edifício, mais comumente relacionada ao empreendimento, sendo pouco usual sua contribuição à fase do canteiro de obras. Em ambas as situações há necessidade do processo de planejamento dos espaços construídos, considerando especificidades de clientes, localização, legislação, funcionalidade, tecnologia construtiva, conforto etc. Em relação a sua situação no Brasil, Fabricio (2013) observa esse distanciamento entre “produto e produção” como uma lacuna na contribuição científica da arquitetura, em que os canteiros de obras permaneceram manufaturas artesanais.

O sistema construtivo da construção civil no País apresenta dicotomias entre o produto (edifício) e a etapa de projeto da produção (no caso do canteiro de obras). Porém, ambos os processos de projeto envolvem um usuário definido e com demandas específicas, mas no caso do canteiro de obras ainda se mantém envidadas, descharacterizadas ou inexploradas cientificamente. Existem iniciativas de outras área do conhecimento que contribuem cientificamente ao delinear melhorias no processo de execução da produção, tais como a gestão do processo de projeto, a aplicação de ferramentas tecnológicas para aumentar o desempenho da edificação, o controle e prevenção e perdas no processo. Entretanto, é escassa a temática que envolve a avaliação do ambiente construído em uso na etapa de produção do edifício, isto é, no canteiro de obras; desconhece-se a percepção do trabalhador sobre o ambiente construído do canteiro de obras e da área de vivência à luz dessa racionalização das construções.

## 2.2. O Canteiro de Obras

O A norma brasileira ABNT NBR 12.284 (1991) define canteiro de obras como “áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais (ex.: central de formas e moldes, central de argamassas,...) e áreas de vivência (ex.: instalações sanitárias, vestiários, refeitório, alojamento, área de lazer, ...)”

O espaço do canteiro de obras é habitado, logo possui características de ambiente construído (aspectos físicos de edificação) e de pessoas/usuários (aspectos subjetivos dos usuários do espaço) que necessitam ser identificados, reconhecidos e colocados em prática. Ferro & Arantes (2006) comentam sobre o espaço do canteiro de obras durante a construção de Brasília/DF - entre 1958 a 1960, emergindo situações organizacionais de precariedade.

Considerando a indústria da construção civil brasileira com o uso de mão-de-obra como grande meio de produção (manufatureira), cada canteiro de obras possui pessoas trabalhando para construir edificações de diversos portes e em regiões variadas, e todos regidos pela mesma legislação que regulamenta a indústria da construção civil no País, a Norma Regulamentadora (NR) 18.

O espaço de trabalho da indústria da construção civil se caracteriza pelo canteiro de obras, um ambiente de trabalho sazonal e com diversas atividades além da de produção, entre elas a de moradia (trabalhador pode morar na obra por meio de alojamento), de lazer, de convívio social, de aprendizado, de circulação.

Tezel, Koskela & Tzortzopoulos (2010) salientam que na indústria da construção, geralmente, as decisões são tomadas de cima para baixo, afetando toda a cadeia produtiva, onde ocorrem modificações pelos envolvidos, pois leva algum tempo para se modificar hábitos de trabalho convencionais. Além disso, Moreno & Mamede (2013) relatam estudos de como o sistema construtivo em obras civis no Brasil, ainda é feito de maneira precária, com atrasos em obras, desperdício de materiais (TISAKA, 2011a; 2011b; MATTOS, 2006).

Saurin & Formoso (2006) pontuam sobre conflitos no planejamento do canteiro de obras em que as decisões costumam ser tomadas à medida que os problemas surgem, no decorrer da execução. A partir disso os canteiros de obra muitas vezes refletem a inadequação em termos de organização ambiental - segurança do trabalho - qualidade de vida, fazendo com que, longe de criar uma imagem positiva nas empresas do mercado da construção civil, acabem por recomendar certa “distância”.

Há uma condição peculiar na indústria da construção civil, onde o produto é fixo (edificação) e a linha de produção é móvel (operário é que se desloca) adaptada a cada empreendimento, refletindo em uma condição de ambiente construído intermitente (não é perene), além de ter um tempo estimado de “vida útil”. Por isso, o canteiro de obras carece de investimento em seu ambiente construído, sendo muitas vezes improvisado ou adaptado ao tipo de edificação que se executa. Vários autores tratam sobre o processo de planejamento do espaço do canteiro

de obras, como Rosso (1980), Melhado (1994), Ferreira & Franco (1998) e Saurin & Formoso (2006). Em linhas gerais, suas pesquisas abordam sobre a organização do espaço de produção da indústria da construção civil. Apresentam métodos de projeto do canteiro de obras considerando tipo de instalações que a obra requer, localização adequada e grau de conectividade entre estes elementos, etapas de evolução do canteiro de obras, sistemas construtivos e otimização de custos.

No Brasil, a Norma Regulamentadora (NR) – 18, Portaria 3.214 do MTE (BRASIL, 1978), trata sobre as “Condições e meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção, estabelecendo diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho”.

A norma apresenta uma lista de ambientes e de condições mínimas relacionados aos espaços de convivência do trabalhador, tendo cada ambiente requisitos específicos. Com isso busca-se dar as mínimas condições ambientais no espaço de trabalho de uma obra, independente do porte (pequena, média e grande) ou tipo (residencial, comercial, infraestrutura, etc) da construção, sendo válida e aplicada em todo o território nacional. Assim, os ambientes da área de vivência do canteiro de obras (vestiário, instalação sanitária, refeitório, cozinha, lavanderia, área de lazer) devem cumprir tais requisitos construtivos e em dimensão física (metragem construída), conforme apresentado no quadro 1.

	Requisitos construtivos pela NR-18 (ano 2019)
Ambiente: INSTALAÇÃO SANITÁRIA	18.4.2 Instalações Sanitárias
	18.4.2.1 Entende-se como instalação sanitária o local destinado ao asseio corporal e/ou ao atendimento das necessidades fisiológicas de excreção.
	18.4.2.2 É proibida a utilização das instalações sanitárias para outros fins que não aqueles previstos no subitem 18.4.2.1.
	18.4.2.3 As instalações sanitárias devem:
	a) ser mantidas em perfeito estado de conservação e higiene;
	b) ter portas de acesso que impeçam o devassamento e ser construídas de modo a manter o resguardo conveniente;
	c) ter paredes de material resistente e lavável, podendo ser de madeira;
	d) ter pisos impermeáveis, laváveis e de acabamento antiderrapante;
	e) não se ligar diretamente com os locais destinados às refeições;
	f) ser independente para homens e mulheres, quando necessário;
g) ter ventilação e iluminação adequadas;	
h) ter instalações elétricas adequadamente protegidas;	
i) ter pé-direito mínimo de 2,50m (dois metros e cinquenta centímetros), ou respeitando-se o que determina o Código de Obras do Município da obra;	
j) estar situadas em locais de fácil e seguro acesso, não sendo permitido um deslocamento superior a 150 (cento e cinquenta) metros do posto de trabalho aos gabinetes sanitários, mictórios e lavatórios.	

(continuação)	j) estar situadas em locais de fácil e seguro acesso, não sendo permitido um deslocamento superior a 150 (cento e cinquenta) metros do posto de trabalho aos gabinetes sanitários, mictórios e lavatórios. 18.4.2.4 A instalação sanitária deve ser constituída de lavatório, vaso sanitário e mictório, na proporção de 1 (um) conjunto para cada grupo de 20 (vinte) trabalhadores ou fração, bem como de chuveiro, na proporção de 1 (uma) unidade para cada grupo de 10 (dez) trabalhadores ou fração.
---------------	---

**Quadro 1** - Exemplo de especificações para o ambiente de Instalação sanitária da área de vivência pela NR-18: 2019.

**Fonte:** NR-18 vigente em 2019, adaptado de Portaria 3.214 do MTE (1978).

Conforme dados do Ministério do Emprego (BRASIL, 2020), o cumprimento da NR-18 no País pelas empresas construtoras ainda caminha para a consolidação, tendo revisões normativas no decorrer dos tempos objetivando atualização de conteúdo às condições laborais. Em fevereiro de 2020 foi publicada NR-18 atualizada, compreendendo um modelo mais simplificado e de certa autonomia à empresa construtora em relação aos requisitos e critérios sobre a organização da área de vivência. Isso oportunizará novos estudos sobre a percepção ambiental do usuário diante de variadas soluções espaciais e de condições construtivas empregadas para a área de vivência.

E esta pesquisa foi realizada anteriormente à nova legislação, isto é, baseada na NR-18 em vigor no ano de 2019.

### 2.3. Percepção do Ambiente Construído

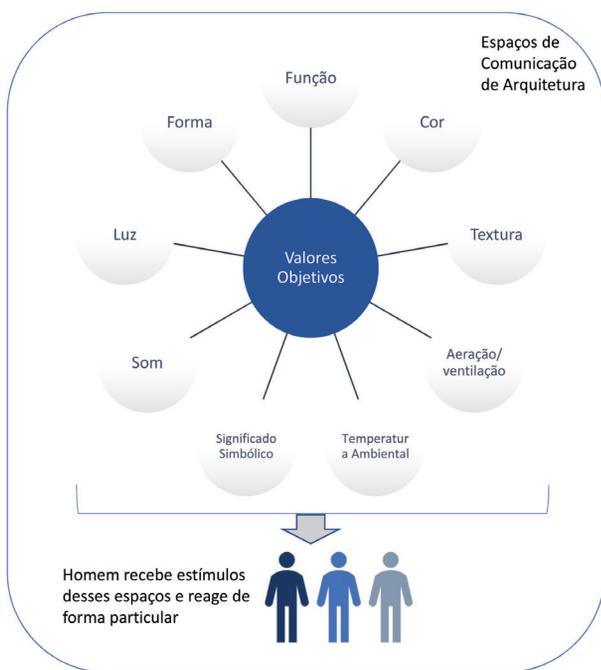
Tal como a moradia, o espaço de trabalho consiste num meio de interações entre pessoa-ambiente, sendo de forma peculiar devido às relações de apropriação espacial estabelecidas por cada indivíduo.

Segundo Lawson (2001), grande parte do comportamento do indivíduo no espaço envolve a comunicação de uma maneira ou de outra, isto é, de modo verbal ou não-verbal, sendo que nesta última envolve a percepção do espaço constituído. Essa “Linguagem do espaço”, conforme denominado pelo autor, pode ser utilizada para vários propósitos, por exemplo: de expressar os valores e estilo de vida de uma empresa ou pessoa; de gerar sentimentos de excitação ou calma; de controlar a proximidade de outros indivíduos; de demonstrar domínio ou submissão na escala social; de comunicar a disposição e a forma de ser abordado e recebido; de aproximar as pessoas ou de mantê-las separadas; para transmitir regras de comportamento em locais públicos, privados, coletivos.

Nesse sentido, Daniel & Ittelson (1981) relatam sobre pesquisas científicas envolvendo a percepção ambiental do espaço, cuja validade metodológica baseia-se primeiro numa abordagem direta acerca de características

físicas / sociais relevantes aos estímulos no ambiente, e em segundo, no fato de utilizar uma métrica de avaliação de resposta do usuário que seja familiar ao repertório dos envolvidos no processo.

Okamoto (2002, p. 37-38) relata sobre o envolvimento do estudo do comportamento humano relacionado ao ambiente construído, a linguagem arquitetônica, significado e valores culturais dado ao espaço e meio ambiente, de modo que a reação aos estímulos ambientais origina, orienta e favorece a qualidade de vida do usuário. São os fatores de comunicação do ambiente construído (Figura 01) sendo: forma, função, cor, textura, aeração/ventilação, temperatura ambiente, significado simbólico, som e luz.



**Figura 01** – Espaços de comunicação da Arquitetura no ambiente construído  
**Fonte:** Adaptado de Okamoto (2002).

Cada fator desses constitui-se num dado científico acerca de determinado grupo de pessoas e/ou de ambiente construído. Tal base de dados são orientativos para o processo de projeto do ambiente construído, pois reúne fatores de caráter pessoal e coletivo que impactam neste ambiente para o usuário final.

Segundo Elali e Pinheiro no artigo “Analisando a experiência do habitar: algumas estratégias metodológicas” (VILLA & ORNSTEIN, 2013, p.18-35), a vivência num ambiente permite a criação de um elo afetivo que diferencia aquele lugar dos outros, caracterizando-o como especial, seja positivo ou negativo, e varia conforme as relações de interação social- individual ou grupal. O artigo discorre também sobre o comportamento socioespacial humano

(CSEH), por associar a nossa existência ao ambiente em que vivemos, o qual influencia o modo como interagimos em determinado ambiente, como na sala de aula, na praia, na moradia, no escritório.

Outro relato discutido naquele estudo é sobre as pessoas se adaptarem às condições do ambiente que vivenciam, podendo desenvolver visões menos críticas em relação ao local. Isto é, as pessoas utilizam estratégias próprias para adaptar o local aos seus anseios ou necessidades, mesmo que isso possa remeter a novas situações conflitantes no ambiente, porém é estabelecido um mecanismo cognitivo de aceitação das limitações advindas daquela transformação ambiental. Nesse sentido, pode haver uma diminuição das exigências ambientais e uma falsa sensação de adequação ao local pelo indivíduo.

No espaço de trabalho da construção civil, o ambiente construído possui características específicas de composição (layout, materiais, dimensão) para atender à demanda do espaço de trabalho, as quais podem interferir no modo de apropriação do ambiente pelos operários. Podem existir facilidades ou dificuldades em se vincular a pessoa ao ambiente construído, como no ambiente do refeitório da obra, cuja disposição de mesas pode resultar em uma sensação de exclusão ou inclusão ao lugar percebida pelo operário.

Compreende-se por espaço de trabalho o ambiente socio-físico em que o homem desenvolve artefatos materiais e intelectuais com propósito produtivo, induzido por um caráter de venda da sua capacidade laboral. Este espaço é constituído de características específicas, como um ambiente construído moldado à sua especificidade produtiva (fluxos, materiais, tecnologias), a coletividade de uso e a convivência grupal de pessoas, a delimitação do tempo de uso do ambiente (jornada de trabalho), a apropriação do ambiente pelas pessoas é diferenciada e constricta, além de orientações normativas sobre a organização e dimensão dos ambientes.

A complexidade que envolve o CSEH em ambiente de trabalho na construção civil necessita ser investigada para emergir a realidade do fenômeno da apropriação do ambiente construído para o trabalho pelo operário. A partir disso, pode-se estabelecer a capacidade dos ambientes da obra em atender as necessidades físicas e subjetivas dos operários, ou seja, capacidade de habitar do espaço de trabalho da obra

Sobre as necessidade subjetivas dos trabalhadores para a área de vivência, Saurin e Formoso (2006) apresentaram de modo informal alguns fatos relacionados:

- Refeitório: “a inexistência ou as más condições de um ambiente devido à falta de uso pelo funcionário(operário)...

[...]...eles sentem vergonha de suas marmitas e de seus hábitos à mesa, preferindo fazer a refeição em locais diversos, sozinhos ou em pequenos grupos” (p.58);

- Área de Lazer: “exigida apenas quando houver alojamento, porém implementá-la mesmo quando não é aplicável a norma, pode se revelar uma iniciativa para aumentar a satisfação dos trabalhadores” (p. 60)

- Vestiário: “é o primeiro e o último local de uso dos operários no canteiro de obras, logo deve ser instalado próximo da entrada da obra, recomenda-se criar ligação coberta entre vestiário-portão...[...] deve ser próximo das instalações sanitárias, mas com acessos independentes... [...]...pode haver situações de furtos nos armários durante o expediente, e sugere-se instalar os chuveiros no vestiários, deixando os outros equipamentos para a instalação sanitária (caso, mictório, lavatório), de modo a tentar controlar mais o uso do ambiente e aumentar a sensação de segurança patrimonial” (p. 61) ....[...]...o mal cheiro da botinas após a jornada de trabalho faz com que estas sejam dispostas fora dos armários fechados, sugere-se a colocação de armário aberto para guarda e com identificação de usuário” (p. 62);

- Instalação Sanitária (Banheiro): “os chuveiros são locais de conflito, pois ao final do expediente podem gerar filas devido ao tempo de uso do operário, logo sugere-se considerar um número maior de unidades a serem instaladas...[...]...os vasos sanitários instalados para a administração da obra não devem ser computados com aqueles que serão de uso dos operários, pois não atendem aos

requisitos da norma, bem como os sanitários volantes que servem para dar um apoio e comodidade a locais distantes na obra (tipo “banheiro químico”)(p. 63)...a proximidade do banheiro com o vestiários, ao lado ou compartilhado no mesmo espaço, deve considerar os acessos de modo a manter a privacidade do operário, além de não se conectar diretamente com o refeitório”(p. 64)...as paredes adjacentes dos chuveiros devem possibilitar sua desinfecção, logo o uso de chapas de compensado (e madeira) devem receber revestimento protetor do tipo chapa galvanizada ou pintura impermeável”(p. 65).

A partir desses relatos, observa-se que as opiniões dos usuários impactam diretamente sobre o processo de projeto do canteiro de obras e do espaço de trabalho, pois indicam necessidade de alteração em requisitos materiais do ambiente construído.

### 3. MÉTODOS DE PESQUISA

A estrutura de pesquisa baseia-se na Metodologia Ergonômica de Avaliação de Ambiente Construído - MEAC proposta por Villarouco (2008), em que o protocolo de observação é elaborado na pesquisa e possibilita o reconhecimento das condições do ambiente construído nos âmbitos físico-normativos e de percepção do usuário. Foi aplicado um estudo exploratório numa empresa de construção de edifícios em Criciúma/SC, na qual realizaram-se 4 estudo de caso em obras de construção de edifício de diferentes portes e com emprego de distintas tecnologias construtivas ( Figura 02).

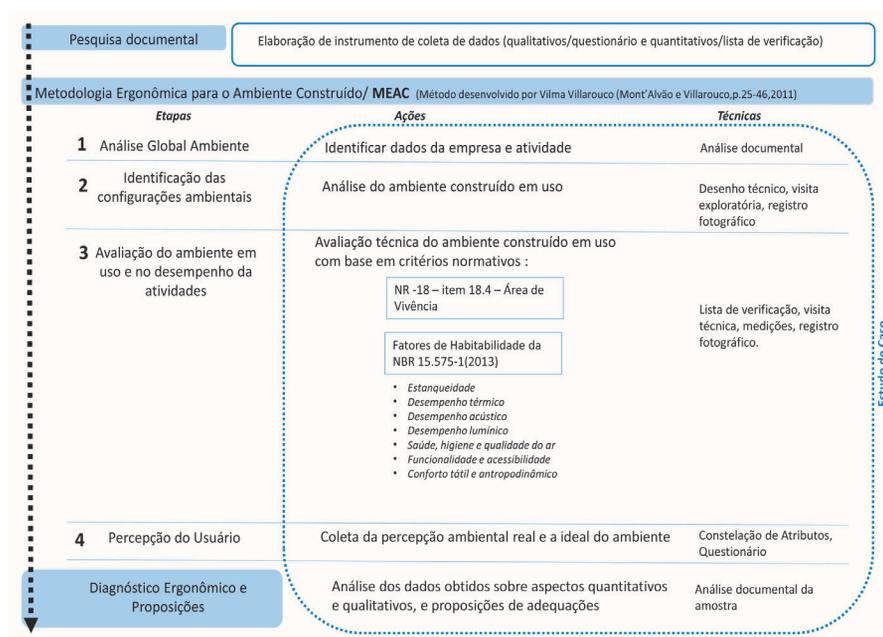


Figura 02 – Estrutura metodológica da pesquisa.  
 Fonte: Autores,2019.

Villarouco (2008) associa que partindo da necessidade de conjugação de metodologias de avaliação físicoespacial às ferramentas de identificação da percepção ambiental na aplicação das análises ergonômicas de ambientes construídos, a MEAC objetiva uma sistematização para análise do espaço, que repousa em elementos inegociáveis do olhar ergonômico, tais como o foco no usuário, a abordagem sistêmica e a usabilidade. A MEAC é compreendida em quatro etapas analíticas: 1) Análise Global do Ambiente, 2) Identificação da Configuração Ambiental, 3) Avaliação do Ambiente em uso no Desempenho das Atividades e 4) Percepção Ambiental. Por fim, contribui com o 5) Diagnóstico Ergonômico do Ambiente e Proposições.

As etapas 1,2 e 3 envolvem observação do ambiente construído, em que se utilizou técnicas de visita exploratória e de observação, registro fotográfico, lista de verificação específica por tipo de ambiente (Figura 03), desenho técnico (planta de layout e de implantação da área de vivência), medições (de nível de ruído, temperatura e iluminação através de aparelho Analisador de Ambiente Multi-funções: Decibelímetro -curva A(slow), Termômetro e Luxímetro, modelo THDL-400 / Instrutherm).

Etapa Física		Estudo de caso A		Ambiente Vestiário			
Aplicada pelo pesquisador no local							
Parâmetros Legais (NR-18 do Decreto 3.214/1978)	SIM (1)	NÃO (0)	Dados sobre o ambiente construído Responder e marcar a opção escolhida, após somar todos os valores de (x).				
A) área de ventilação correspondente a 1/10 (um décimo) de área do piso			*Área do ambiente (m <sup>2</sup> ).....				
B) 01 armário com chave para cada trabalhador			*Área de Ventilação (m <sup>2</sup> ).....				
			*Quantidade de armários (unid).....	*Obs: não somar, apenas caráter informativo			
			Material: madeira pinus (1) Metálico ou similar(2)				
C) Próximo aos alojamentos e/ou à entrada da obra, sem ligação direta com o local destinado às refeições			Distante desses ambientes (0) Próximo entrada da obra/alajamento (1) Sem ligação direta refeitório (2)				
D) Vedações laterais e cobertura: material resistente, podendo ser de madeira, alvenaria			Tipo cobertura: Telha fibrocimento ou similar (1) Telha metálica (2) Telha Cerâmica (3)	Tecnologia vedações laterais: Madeira pinus ou similar (1) Chapa pré-fabricada compensado (2) Contêiner (4) Painel Isolante (3) Alvenaria(5)			
E) Revestimento: impermeáveis, laváveis e de acabamento antiderrapante			Tipo piso: Chão batido /terra (0) madeira bruta (1) Cimentado(2) Cerâmica (3)	Tecnologia revestim. vedações laterais: Madeira bruta (1) Reboco aparente (2) Pintura (3) Cerâmica (4) Placa ou painel impermeável(5)			
F) Ter bancos em número suficiente para atender aos usuários, com largura mínima de 0,30m			Material: madeira pinus (1) Metálico ou similar(2)				
G) Ser independente para homens e mulheres, quando necessário							
H) Conforto térmico e visual: ventilação e iluminação adequadas			Tipo de Ventilação: Natural / Mecânica / Climatizado Tipo Iluminação: Natural / Artificial				
I) Ter pé-direito mínimo de 2,50m							
Soma dos valores verificados (1) :			Soma dos valores verificados (2):				
Resultado da soma direta de todas as respostas (1)+(2) =			Etapa Física =				
Legenda de associação dos fatores de Habitabilidade de NBR15.575-1(2013):							
Fatores	Estanqueidade	Desempenho térmico	Desempenho acústico	Desempenho lumínico	Saúde, higiene e qualidade do ar	Funcionalidade e acessibilidade	Conforto tétil e antropodinâmico
Medição no local:		"X" °C	"Y" dB(A)	"Z" lux			

Figura 03 – Lista de verificação utilizada na pesquisa para ambiente Vestiário.  
 Fonte: Autores,2019.

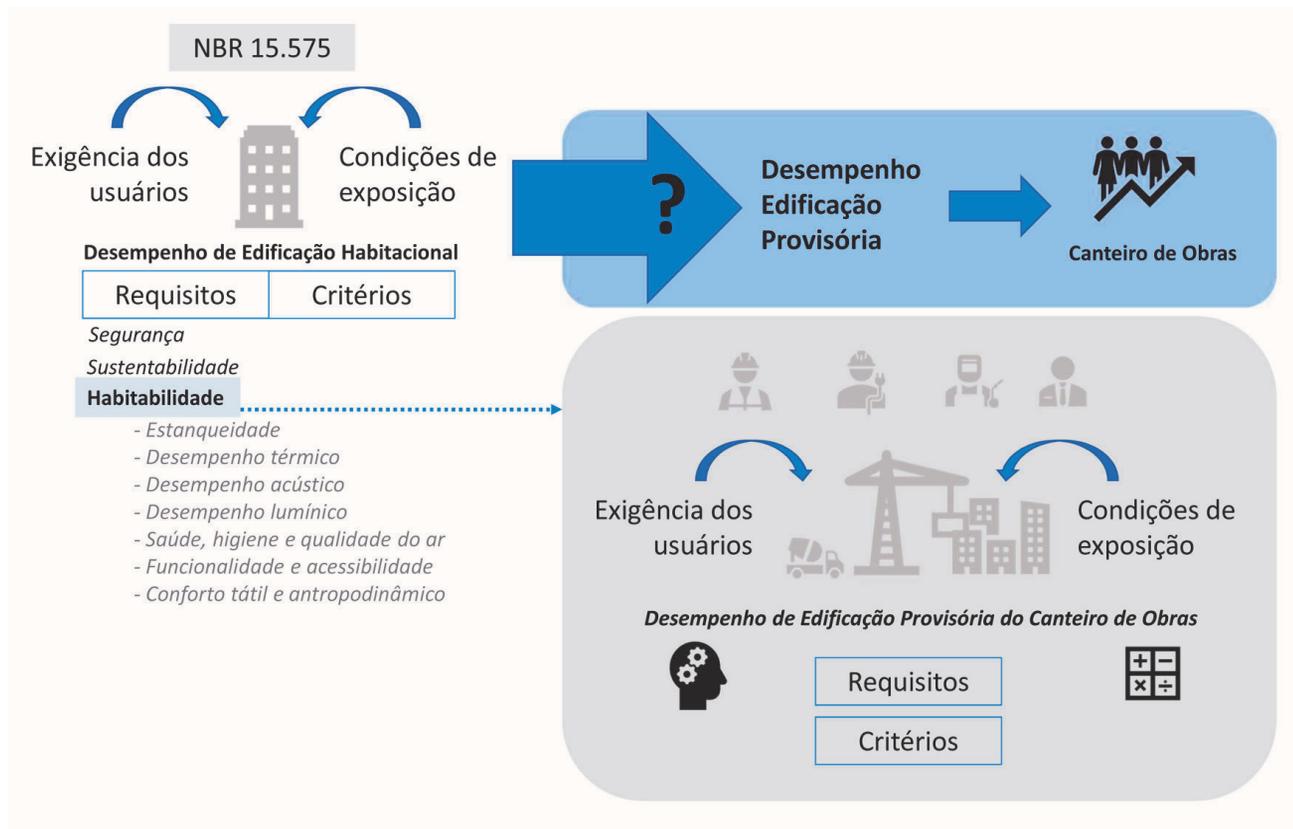


Figura 04 - Associação dos fatores de Habitabilidade da NBR 15.575(2013) ao itens estabelecidos pela norma NR-18.  
 Fonte: Autores,2019

O instrumento de lista de verificação foi elaborado pela pesquisa e associou a normativa da NR-18 (vigente até 2019) aos fatores de habitabilidade da Norma de Desempenho de Edificações - NBR-15.575-1(2013), com o objetivo de instrumentalizar a coleta de dados abrangendo os requisitos dimensionais, organizacionais e de ordem técnica da norma trabalhista e relacionando-os com os requisitos de habitabilidade do ambiente construído (Figura 04), descrito na norma de desempenho em: Estanqueidade; Desempenho térmico; Desempenho acústico; Desempenho lumínico; Saúde, higiene e qualidade do ar; Funcionalidade e acessibilidade; Conforto tátil e antropodinâmico (disposição de pontos de comando e seu acionamento). Assim, essa pesquisa, expandiu a aplicação desses requisitos da norma de desempenho para ambientes construído provisórios, como no caso do canteiro de obras, objetivando iniciar um modo de avaliação do ambiente construído da obra pautado em modelo vigente e de reconhecimento científico. Essa avaliação da edificação provisória no canteiro de obras está relacionada com a capacidade de habitar que um ambiente construído possui. Neste caso, o termo habitar refere-se à condição do ambiente construído em permitir um indivíduo a vivenciá-lo, seja para trabalho ou lazer, onde ele tenha suas expectativas subjetivas e físicas atendidas.

Na etapa 4-Percepção Ambiental é considerada como fundamental na avaliação do espaço, por colocar o homem como personagem central de todas as ações. Segundo Villarouco (2008), não se pode conceber o estudo do ambiente construído sem a busca do entendimento da percepção do usuário acerca desse espaço, pois é ele de fato, o elemento que sofre mais de perto o impacto das sensações que o lugar pode transmitir. Esta etapa do trabalho consiste na identificação de variáveis de caráter mais cognitivo, através da aplicação e análise da Constelação de Atributo (MONTA'ALVÃO & VILLAROUCO, 2011) que tem por objetivo auxiliar no entendimento da percepção do usuário frente ao espaço por ele utilizado, em cuja construção do gráfico são utilizados procedimentos para avaliar a imagem simbólica do indivíduo frente ao ambiente e posteriormente, distinguir o que é objetivo do que é subjetivo na percepção do usuário.

A análise da percepção que o usuário tem do ambiente construído é realizada em duas etapas, nas quais busca-se identificar os atributos ligados à percepção do ambiente imaginário x real pelo usuário. Para tal, foram realizadas duas perguntas aos usuários: "O que vem a sua mente quando você pensa numa área de vivência do canteiro de obras?" e em seguida outra questão "O que vem

a sua mente quando você pensa na área de vivência do canteiro de obras em que trabalha?". As respostas foram agrupadas conforme a similaridade das opiniões coletadas e categorizadas em aspectos de ambiente construído (relacionados com aspectos físicos do ambiente); organização (associado ao aspecto de organização cultural da empresa e de estrutura de trabalho) e social (relacionado ao aspectos socioculturais e afetivos dos usuários).

Acrescentou-se um terceira pergunta aos usuários, no intuito de coletar sugestões acerca do ambiente construído ideal para cada ambiente da área de vivência. Desse modo, pode-se verificar quais atributos foram mencionados e qual a frequência de repetições dentre a amostra.

Na etapa 5- Diagnóstico Ergonômico do Ambiente realiza-se a análise dos dados levantados e o confronto entre observações do pesquisador, das informações dadas pela empresa e dos dados da percepção dos usuários. São identificadas as situações positivas e negativas, os conflitos e os pontos fortes. Por fim, Proposições apresenta algumas recomendações de melhoria no local analisado, conforme uma visão sistêmica.

Esta pesquisa limita-se a área de vivência instalada nas obras estudadas, não considerada a área produtiva do canteiro de obras, bem como busca coletar a percepção do trabalhadores de cada obra, sejam terceirizados ou contratados da empresa.

### 3.1. Estudo de Caso em Empresa de Construção de Edifícios

O estudo de caso foi realizado na empresa "W" de construção civil da cidade de Criciúma/SC, a qual atua nesse ramo desde a década de 1990. A empresa utiliza um software de gerenciamento de obras civis, no formato de aplicativo para celulares, para gestão de dados de processo produtivo, de controle de custos, de aplicação normativa e legal, de segurança do trabalho e de gestão ambiental. Pesquisou-se em 4(quatro) obras de construção de edifícios, cuja características são de diferentes etapas de execução, com variada tecnologia construtiva empregada na área de vivência de cada obra e de diversos portes de construção (pequeno, médio e grande). Dessa forma, ampliou-se a coleta da percepção do usuário sobre diferentes cenários de ambiente construído de área de vivência. Todas as visitas foram realizadas no mês de maio de 2019 em distintos períodos do dia, sendo realizado a inspeção técnica do ambiente construído da área de vivência na parte da manhã e na parte da tarde a coleta da percepção do usuário sobre o ambiente construído da área de vivência.

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
<b>Local</b>	Central	Periferia	Periferia	Periferia
<b>Bairro</b>	Próspera	São Defende	Mina União	Santa Augusta
<b>Porte da obra</b>	Pequeno (1 bloco) 10 pavimentos	Grande (18 blocos) 4 pavimentos	Grande (25 blocos) 4 pavimentos	Médio (4 blocos) 9 pavimentos
<b>Etapa da obra</b>	Acabamento	Fundação / Alvenaria	Fundação / Alvenaria / Instalações /Revestimento Acabamento	Alvenaria/ Instalações / Revestimento/ Acabamento
<b>Ambientes da Área de Vivência</b>	Vestiário, Instalação sanitária, Refeitório	Vestiário, Instalação sanitá- ria, Refeitório	Vestiário, Instalação sanitária, Refeitório	Vestiário, Instalação sanitária, Refeitório
<b>Tecnologia cons- trutiva da área de vivência</b>	Madeira bruta pintada, placa metálica, telha de fibrocimento	Madeira bruta pintada, te- lha de fibrocimento, alve- naria rebocada, contêiner (sanitários)	Madeira bruta pintada, telha de fibrocimento, alvenaria rebocada, contêiner (sanitários)	Madeira bruta pintada, placa metálica, telha de fibrocimento
<b>Número operários</b>	20	50	110	60
<b>Participantes na pesquisa</b>	14	34	83	38
<b>Tempo médio de profissão na construção civil dos trabalha- dores (anos)</b>	16,17	5,81	8,99	10,85

Tabela 01 – Informações sobre as obras pesquisadas na empresa “W”.  
 Fonte: Autores, 2019.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise Global do Ambiente

Em todas as 4 obras analisadas existiam os ambientes de vestiário, instalação sanitária e refeitório, variando a localização do terreno, a técnica construtiva empregada na área de vivência, o layout adotado no canteiro de obras e o público de trabalhadores em obra. A seguir, (Figura 05) algumas observações de cada obra:

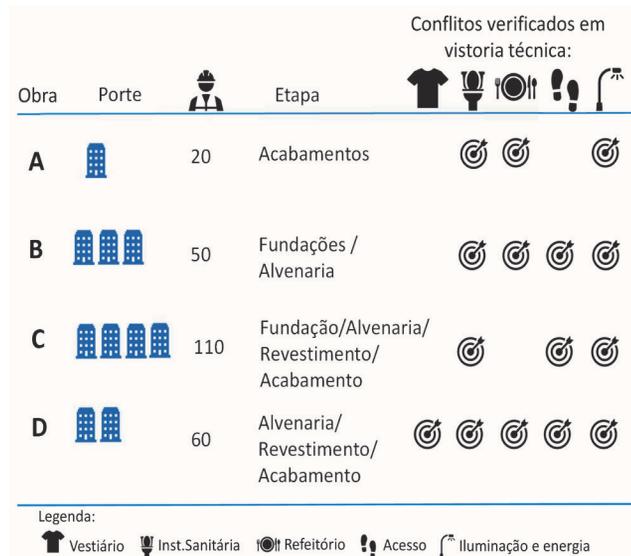


Figura 05 – Síntese de conflitos observados na vistoria técnica.  
 Fonte: Autores, 2019.

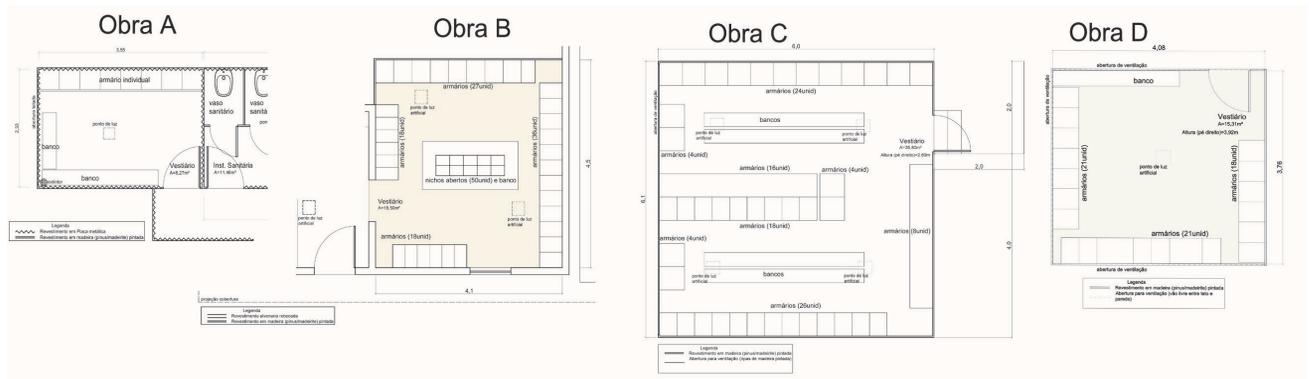
### 4.2. Identificação das Configurações Ambientais (Etapa Física)

Os dados levantados pela lista de verificação da etapa física nas obras foram organizados em relação ao tipo de ambiente, sendo apresentados a seguir:

#### 4.2.1 Vestiário

Em relação ao dimensionamento do ambientes e equipamentos instalados, segundo orienta a NR-18, o espaço organizado da obra A atendeu a todos os requisitos normativos, sendo que a obra D deixou de atender um item apenas (número de banco) e as obras B e C apresentaram descumprimento de dois itens cada uma (área de ventilação insuficiente/B-C e número de banco/B e armário individual/C) (Figuras 06 e 07).

O layout adotado nas obras comporta armários e banco, com circulação adequada, porém nas obras A e D o espaço não comporta a presença de todos os trabalhadores ao mesmo tempo, sendo o uso na forma de rodízio. Em todos os ambientes de vestiário a ventilação era natural, porém mantinha-se a presença de odores de vestuários e calçados usados. Na obra B havia uma estante para guarda de itens diversos e de livre acesso do usuário, facilitando a guarda de objetos pessoais além do armário individual. O aspecto geral do ambiente era de organizado e nas obras B e D os ambientes eram mantidos fechados a chave, sendo controlado o uso.



**Figura 06** – Layout do Vestiário das obras A, B, C e D.  
**Fonte:** Autores, 2019.



**Figura 07** – Foto do ambiente de vestiário das obras A, B, C e D.  
**Fonte:** Autores, 2019.

A tecnologia construtiva predominante era a madeira (roliça e régua), com piso cimentado e cobertura aparente em telha de fibrocimento. As vedações laterais eram em madeira na sua maioria, tendo uso de chapa metálica na obra A e de alvenaria rebocada na obra B.

Havia infiltrações de água pelo teto na obra D (molhando os armários individuais), gerando poças de água no piso do ambiente, prejudicando o uso do espaço.

O conforto térmico do ambiente era adequado ao clima no período da pesquisa (final do outono), com temperaturas internas entre 20° a 17°C. O conforto acústico no vestiário das obras obteve medições abaixo do limite de 85 dB(A), estando de acordo com as normas regulamentadoras (NR-15).

Em relação ao conforto lumínico nos vestiários foram identificadas situações de pouca influência da iluminação natural (pequenas aberturas por onde há a circulação de ar) e falta de intensidade da iluminação artificial, cujas medições revelaram baixa iluminação nos espaços (valores medidos de 20 lux a 60 lux) e em desacordo com a orientação das normas regulamentadoras (NR-24 indica no mínimo de 100lux no ambiente).

Sobre a saúde, higiene e qualidade do ar, os ambientes estavam adequados, da mesma maneira o conforto tátil e antropodinâmico. A funcionalidade e acessibilidade dos ambientes apresentaram conflitos em relação à distância a instalação sanitária e a falta de barreira na porta de entrada para a manter a privacidade no ambiente em uso. Apenas a obra A dispunha de anteparo na porta de entrada e era justaposta a instalação sanitária.

#### 4.2.2 Instalação Sanitária

Em relação ao dimensionamento do ambientes e equipamentos instalados, segundo orienta a NR-18, todas as obras descumprem as orientações sobre a área de chuveiros (área mínima para os boxes individuais e instalação de suporte de sabonete e toalha). Outra inadequação foi que metade das obras não dispõem do total necessário de lavatórios instalados no ambiente.

Os layouts adotados para o ambiente eram parecidos, tendo uma ala para vasos sanitários/mictório/lavatórios e outra para ala de chuveiros coletivos. Nas obras B e C eram utilizados containers adaptados a instalações sanitárias, sendo nas obras A e D um espaço provisório construído em madeira. A circulação interna nos ambientes era restrita a pouco espaço, podendo haver conflitos entre usuários no uso da circulação, bem como a porta de acesso aos chuveiros invadia o box de um chuveiro, invalidando seu uso efetivo além de expor a privacidade dos usuários no local. A obra D adotou a separação interna entre essas alas, cujos acesso eram independentes e sem tratamento externo (contato direto com o solo/lama). Nas obras C e D verificou-se o número insuficiente de lavatórios disponíveis (C: existiam 4 unidades para 110 trabalhadores; D havia 2 tanques para 60 trabalhadores), em que o indicado pelo NR-18 é na proporção de 1 lavatório para cada 20 trabalhadores (Figura 08 e 09).



Figura 08 – Fotos da Instalação Sanitária das obras A, B, C e D.  
Fonte: Autores, 2019.

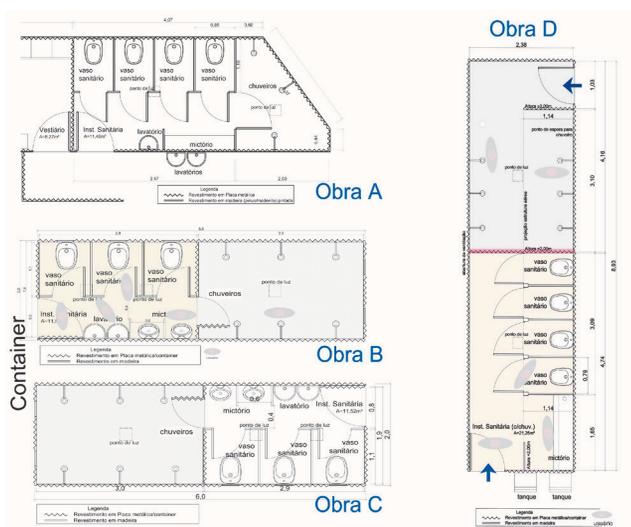


Figura 09 – Layout das instalações sanitárias das obras A, B, C e D.  
Fonte: Autores, 2019.

A tecnologia construtiva encontrada em metade das obras era a madeira (roliça e réguas), com piso cimentado e cobertura aparente em telha de fibrocimento, sendo a outra metade em módulo container adaptado para uso sanitário.

O conforto térmico do ambiente era adequado ao clima no período da pesquisa (final do outono), com temperaturas internas entre 20° a 17°C.

O conforto acústico no vestiário das obras obteve medições abaixo do limite de 85 dB(A), estando de acordo com as normas regulamentadoras (NR-15).

Em relação ao conforto lumínico foram identificadas situações de pouca influência da iluminação natural (pequenas aberturas por onde há a circulação de ar) e falta de intensidade da iluminação artificial, cujas medições revelaram baixa iluminação nos espaços (valores medidos de 20 lux a 80 lux) e em desacordo com a orientação das normas regulamentadoras (NR-24 indica no mínimo de 100lux no ambiente).

Sobre a saúde, higiene e qualidade do ar, os ambientes estavam adequados, da mesma maneira o conforto tátil e antropodinâmico. A funcionalidade dos ambientes apresentou conflitos em relação à distância até o vestiário e a falta de barreira na porta de entrada para a manter a privacidade no ambiente em uso. E em geral, sem caminho tratado (solo natural/lama), prejudicando a acessibilidade e funcionalidade entre eles.

#### 4.2.3 Refeitório

Em relação ao dimensionamento do ambientes e equipamentos instalados, segundo orienta a NR-18, metade das obras cumpre integralmente a legislação, sendo que as outras duas descumprem um item da norma (B: pé-direito em desacordo; C: inexistência de bebedouro no refeitório) (Figuras 10 e 11).

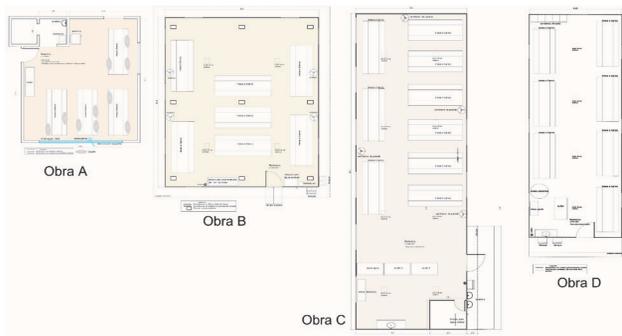
O layout adotado em metade das obras é adequado ao espaço da edificação permanente, com restrições de mudanças (obra A e B), e na outra parcela os espaços foram construídos provisoriamente (obras C e D), cuja planta baixa é ampla e localizada na periferia do terreno.

Os espaços comportam os trabalhadores na modalidade de turnos de refeição, sendo também locais de capacitações e de lazer/descanso. Na obra A não havia esquadria instalada na abertura da parede, em que o contato das intempéries prejudica o uso das mesas/cadeiras, além de não haver ponto de iluminação artificial ativo. Na obra D a proximidade do refeitório com o bloco de edifícios em execução gerou problemas de queda de materiais no telhado do refeitório, provocando infiltrações em dias de chuva que atingem a todo o espaço de refeição e prejudica a sua funcionalidade.

A tecnologia construtiva predominante era a madeira (roliça e réguas), com piso cimentado e cobertura aparente em telha de fibrocimento. As vedações laterais eram em

madeira na sua maioria, tendo uso de alvenaria rebocada na obra A. O conforto térmico do ambiente era adequado ao clima no período da pesquisa (final do outono), com temperaturas internas entre 20° a 17°C.

O conforto acústico no vestiário das obras obteve medições abaixo do limite de 85 dB(A), estando de acordo com as normas regulamentadoras (NR-15). Em relação ao conforto lumínico nos refeitórios foram identificadas situações de pouca influência da iluminação natural (aberturas) e falta de intensidade da iluminação artificial, cujas medições revelaram baixa iluminação nos espaços (valores medidos de 20 lux a 47 lux) e em desacordo com a orientação das normas regulamentadoras (NR-24 indica no mínimo de 100lux no ambiente). Apenas a obra A cumpre a legislação, devido ao grande espaço da abertura da parede sem esquadria instalada, pois no local não havia ponto de iluminação ativo.



**Figura 10** – Layout do Refeitório das obras A, B, C e D.  
**Fonte:** Autores, 2019.



**Figura 11** – Fotos do ambiente de refeitório das obras A, B, C e D.  
**Fonte:** Autores, 2019.

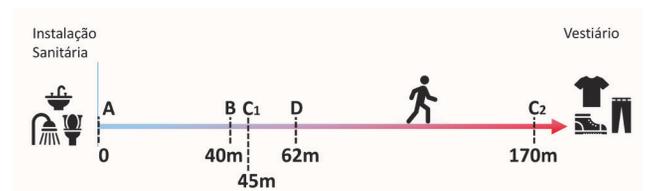
Sobre a saúde, higiene e qualidade do ar, os ambientes estavam adequados, da mesma maneira o conforto tátil e antropodinâmico. A acessibilidade dos ambientes apresentou conflitos em relação ao caminho sem tratamento (solo natural/ lama), sendo que apenas a obra A e D possuíam caminhos adequados (cimentado/pedrisco).

### 4.3. Avaliação do Ambiente em uso no Desempenho das Atividades

A seguir são apresentadas as situações verificadas acerca do layout, de fluxos e das condições ambientais analisadas nas obras.

#### 4.3.1. Fluxo Entre Vestiário X Instalação Sanitária

O conflito de relação entre o ambiente do vestiário x instalação sanitária prevalece na maioria das obras analisadas. Eles estão localizados em pontos distantes do terreno e alguns afastados da entrada da obra, geralmente necessário cruzar a circulação geral da obra para acessar um dos locais, em meio ao trânsito de maquinários e de solo lamacento. Isso ocorre nas obras B, C e D, em que as distâncias percorridas pelo usuário entre esses ambientes podem variar entre 40 metros a 170 metros, em caminhos sem tratamento (direto solo/lama) (Figura 12). Esse layout é resultante da forma com que cada gestor de obra organiza a locação da obra e dos espaços resultantes para acomodar a área de vivência.



**Figura 12** – Relação do percurso entre o vestiário a instalação sanitárias nas obras A, B, C e D. A obra C possui dois ambientes de instalação sanitária (C1 e C2).  
**Fonte:** Autores, 2019.

A obra C possui dois containers de instalação sanitária distribuídos pela obra, objetivando facilidade de acesso, sendo um no meio da obra e outro nas proximidade do refeitório. Disso, resulta num trajeto entre a instalação sanitária do meio da obra até o vestiário no percurso estimado em 170 metros por caminhos de lama e em meio a circulação de veículos pesados. A obra A possui a situação ideal em que os ambientes de vestiários e instalação sanitárias estão lado a lado e com caminho tratado (cimentado), além de estarem localizado na entrada da obra.

### 4.3.2 Layout

A área de vivência foi organizada pelo setor de engenharia da empresa W, conforme a área disponível no terreno após locação da construção e da definição da área de produção. Isso gerou um fator de adaptação do espaço da área de vivência naquilo que é viável executar e segundo os preceitos normativos da NR-18 (Figura 13).

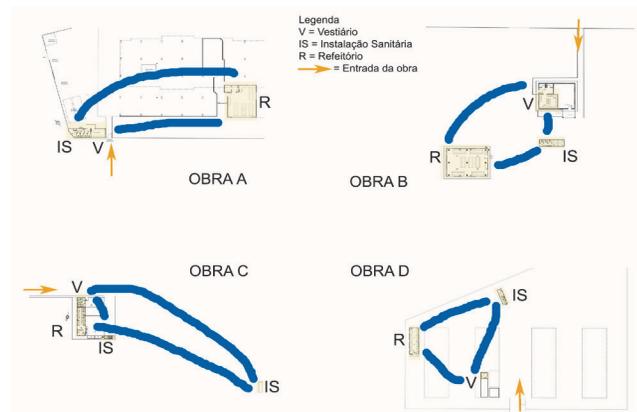


Figura 13 – Layout da área de vivência instalada nas obras A, B, C e D.  
Fonte: Autores, 2019.

Em relação ao layout dos ambientes da área de vivência, observou-se que as instalações sanitárias das obras A, B e C apontaram maiores conflitos por terem pouco espaço de circulação e ainda de esta acumular duas funções (de circulação e de área de mictório/lavatório), além de adotar o uso do chuveiro coletivo com problema de falta de privacidade e de a porta do local atrapalhar a área privativa de um box de chuveiro (Figura 14).

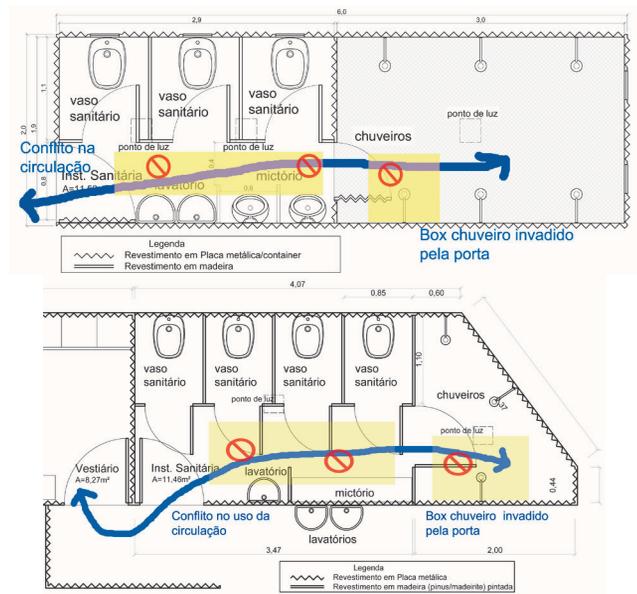


Figura 14 – Conflitos de layout da instalação sanitária em contêiner (B, C) e em edificação de madeira (A).  
Fonte: Autores, 2019.

O layout do vestiário e do refeitório estavam adequados, mesmo com a estratégia de rodízio do uso pelos funcionários, permitida pela NR-18.

### 4.4. Percepção Ambiental (Etapa Subjetiva)

A partir da participação voluntária de 169 trabalhadores das obras visitadas, coletaram-se dados sobre percepção do ambiente construído da área de vivência, orientados em relação ao ambiente ideal (imaginário) e ao ambiente atual em uso (real), através de questionário anônimo, obtendo o total de 146 respostas válidas, representando 86% da amostra. Cada resposta dada pelo usuário é um atributo sugerido ao ambiente, de modo que quanto maior a frequência com que ele aparece, maior é a sua relevância para a amostra.

A análise dos dados obtidos expõe que a percepção ambiental dos usuários da amostra sobre a área de vivência existente no seu atual local de trabalho (ambiente real), segundo as categorias de análise com maior frequência de citações:

- Ambiente: bom, tranquilo, confortável, atende sua função (40); local com segurança do trabalho (8); espaço um pouco apertado, poderia ser maior (4); vestiário amplos para acomodar melhor as pessoas(3); bom ambiente para trabalhar(3); circulação com muita lama(3); ambiente composto de cozinha, refeitório, inst.sanitária, vestiário(3); indiferente na avaliação, pois só pensa no trabalho(3); vestiário com(2) e pequeno(2); ambiente de lazer(2) e local que todos precisam de segurança para desempenhar seu trabalho(2);
- Organização: local organizado e limpo (41); satisfeito com a área atual (4); organização razoável(2); respeitar normas e ter cuidado com o espaço(2); melhorar a organização(2), muito trabalho(2) e máquinas e ferramentas boas(2);
- Social: trabalho em equipe (4); ambiente de respeito entre as pessoas (3) e sente-se feliz no local de trabalho (2).

No contexto geral da amostra sobre percepção do ambiente real, foram relatados mais atributos para a categoria ambiente totalizando 54,55%, e a categoria social obteve a menor parcela de 10,23% das citações dos atributos. Verificou-se o relato de várias percepções distintas e com apenas uma citação que apontam para situações específicas no ambiente avaliado, tais como: pouco espaço no box do vaso sanitário, vestiário pequeno e sem barreira de privacidade na porta, sanitário longe da produção, colorido, etc. Entretanto, essas contribuições individualizadas ampliam a análise da percepção do ambiente por revelarem situações particularizadas, fato que permite a reflexão no processo de projeto da área de vivência a partir de dados atualizados do público que vivência esse ambiente construído.

No que se refere aos dados coletados sobre a percepção do ambiente ideal da área de vivência (ambiente imaginário) os atributos relatados de maior frequência na amostra são:

- Ambiente: espaço grande (14), espaço com acesso ruim devido à lama(10), refeitório(7), local bom para trabalhar(5), ter os ambientes vestiário/refeitório/inst.sanitária (5), inst.sanitária (4), indiferente (4), área boa(3), local seguro (3), ponto de apoio(3), local confortável (3), vestiário(2), ambiente adequado (2), com água potável e banheiros(2);

-Organização: higiene/limpeza/organização (52), espaço de trabalho profissional e em equipe (3), espaço importante e obrigatório em obra (3), utilizar local com segurança (3), boa comunicação/sinalização (2), área com atenção aos riscos (2);

- Social: local que a pessoa se sente muito bem(5), segurança/respeito /ética(5), representa a segunda casa da pessoa(5), local de amizade(4), local de trabalho que todos se ajudam(3), local de convívio de diferentes pessoas(2).

Observou-se que as atribuições apontadas na amostra sobre o ambiente imaginário da área de vivência tiveram incidência próximas entre as categorias ambiente

(42,47%) e organização (41,40%) e a menor verificação foi na categoria social (16,13%). Também foram constatados relatos de apenas uma citação, evidenciando sugestão de melhoria numa determinada situação, tais como: local de apoio/descanso na hora do intervalo do almoço, mais vasos sanitários/lavatórios/chuveiros, lugar cheio e apertado, localização mais perto da produção, etc.

Sobre as contribuições coletadas acerca de como seria o ambiente construído ideal de cada um dos 7 espaços da área de vivência, verificou-se que o ambiente com maior número de atributos sugeridos pelos participantes (Quadro 02) foi o vestiário (26,10%), seguido pelo refeitório (22,48%) e pela instalação sanitária (18,87%). Isso ocorre pela maior relação de uso diário com esses ambientes e sua constante observação acerca de situações de desconforto vivenciada nesses espaços. Em contraste com os menores valores verificados para ambientes de lavanderia (6,29%), área de lazer (8,18%), alojamento (8,49%) e cozinha (9,59%), os quais indicam não haver uma relação de prioridade de uso e apropriação do espaço para o público pesquisado.

QUANTIDADE DE ATRIBUTOS AO AMBIENTE						
CATEGORIAS	OBRA A	OBRA B	OBRA C	OBRA D	total	(%)
ALOJAMENTO	7	22	20	5	54	8,49%
ÁREA DE LAZER	11	14	21	6	52	8,18%
COZINHA	11	16	31	3	61	9,59%
INSTALAÇÃO SANITÁRIA	12	36	42	30	120	18,87%
LAVANDERIA	6	15	18	1	40	6,29%
REFEITÓRIO	17	32	64	30	143	22,48%
VESTIÁRIO	24	42	62	38	166	26,10%
<b>TOTAL DE RESPOSTAS</b>	88	177	258	113	636	100%
TOTAL DE ENTREVISTADOS	13	32	65	36	146	--

**Quadro 02** – Síntese de dados coletados sobre atributos do ambiente ideal para área de vivência individualizado por local.  
**Fonte:** Autores, 2019.

Na análise individual dos ambientes, os dados coletados foram diferenciados por tipo de ambiente da área de vivência, bem como sua quantidade de citações, e de dois contextos associativos em que o primeiro relaciona-se com os fatores de habitabilidade da NBR 15.575 (2013), e o segundo com a classificação em categoria ambiente, organização ou social. A partir disso, observou-se que a maioria dos atributos verificados na amostra (78,33%) estão diretamente relacionados aos Fatores de Habitabilidade de uma edificação construída. E verificou-se que a maioria dos atributos são relacionados à categoria ambiente (62,60%) e organização (36,04%), sendo alguns de social (1,36%).

Constatou-se na amostra que certos atributos coletados não se enquadravam com os fatores de habitabilidade,

os quais foram tratados como “Itens diversos” e que revelam anseios de cunho organizacional de empresa (ex.: comida melhor, fornecer roupa de cama, fornecer objetos para entretenimento, etc) e de valores estéticos (ex.: agradável, caprichado, aconchegante, etc.). Ou ainda, indicando aspectos socioculturais como no caso dos ambientes instalação sanitária e de vestiário em que houve menções sobre o aspecto de privacidade, emergindo a proposta de uso de um anteparo (barreira física) no acesso ao ambiente como instrumento de garantia de maior sensação de conforto interno no uso desses espaços.

O total de atributos relacionado aos fatores de habitabilidade distribuído por ambiente de área de vivência foram de 120 apontamentos (Quadro 03), sendo o fator

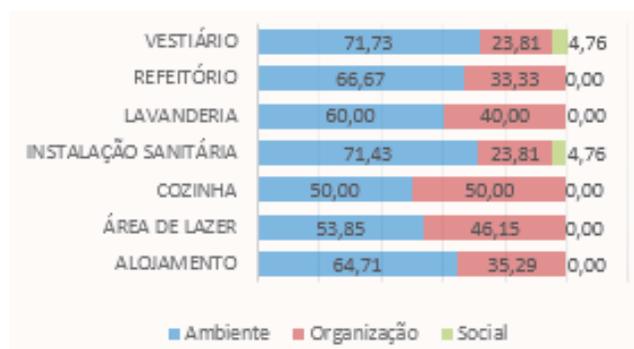
mais recorrente é de “Funcionalidade e Acessibilidade” (47,50%), seguido de “Saúde, Higiene e Qualidade do Ar” (9,17%). O segundo item mais frequente é de “Itens diversos” (21,67%), em que se enquadram atributos não-associáveis aos fatores de habitabilidade da NBR 15.575/2013,

tais como: privacidade, boa comida, estética, etc. Em todos os 7 ambientes analisados prevaleceu o fator “Funcionalidade e Acessibilidade”. Do contrário, o fator com menor apontamentos foi o “Desempenho Acústico” (2,5%), sendo em alguns ambientes sequer citado.

Fatores de Habitabilidade da NR 15575/2013.	Ambientes da Área de Vivência							Soma total	(%)
	Alojamento	Área de Lazer	Cozinha	Inst. Sanitária	Lavanderia	Refeitório	Vestiário		
Funcionalidade e acessibilidade	9	5	9	15	3	8	8	57	47,50%
Itens diversos	2	5	1	3	2	7	6	26	21,67%
Saúde, higiene e qualidade do ar	2	1	2	1	1	2	2	11	9,17%
Estanqueidade	0	0	2	1	0	2	2	7	5,83%
Desempenho térmico	2	0	1	1	0	1	2	7	5,83%
Desempenho lumínico	1	0	1	0	1	1	1	5	4,17%
Conforto tátil e antropodinâmico	0	0	0	0	3	0	1	4	3,33%
Desempenho acústico	1	2	0	0	0	0	0	3	2,50%
Quantidade de apontamentos verificados	17	13	16	21	10	21	22	120	100%

**Quadro 03** – Síntese de dados coletados sobre atributos do ambiente ideal para área de vivência associados aos fatores de habitabilidade da NBR 15.575(2013).  
**Fonte:** Autores,2019.

No que se refere à associação dos dados às categorias de classificação “ambiente, organização ou social” (Figura 15), a análise do dados revela a prevalência da categoria ambiente (62,60%), que trata de aspectos do ambiente construído. O espaço de vestiário foi o que obteve maior índice nessa categoria (71,73%), seguido de instalação sanitária (71,73%), refeitório (66,67%) e do alojamento (64,71%).



**Figura 15** – Relação dos atributos coletados em categorias (%) ambiente, organização e social.  
**Fonte:** Autores,2019.

A categoria organização aparece em segundo lugar (36,04%), cujo tema trata de aspectos de gestão e cultura organizacional da empresa. O ambiente da cozinha obteve o maior índice (50%), seguido de área de lazer (46,15%) e lavanderia (40%). A categoria social (1,36%), que trata

de aspectos socioculturais e afetivos dos usuários, foi encontrada em apenas dois ambientes, instalação sanitária e vestiário, sendo ambos com o mesmo índice (4,76%).

#### 4.5. Diagnóstico Ergonômico do Ambiente e Proposições

##### 4.5.1 Ambiente Físico

Em relação ao cumprimento da NR-18 sobre a área de vivência, foram verificadas situações de inadequação, como o dimensionamento de lavatório estar aquém do necessário (obra C); quantidade inadequada de banco nos vestiários (obras B e D); desrespeito o pé-direito mínimo para o refeitório ( obra C); requer instalar bebedouro no refeitório (obra D); e descumpra o dimensionamento mínimo da área de box individual de chuveiros e sem suporte instalado para sabonete e toalha (todas as obras).

No que se refere ao conforto lumínico, todas as obras precisam de ajustes, objetivando adequar a potência das lâmpadas para atingir o nível mínimo de 100 lux para vestiário e instalação sanitária, e de 150 lux para o refeitório, conforme NR-24 e NR-18.

Sobre a estanqueidade (controle de umidade e acesso de pontos de infiltração), a obra D apresenta problemas no teto do vestiário, com infiltração de água de chuva, e

no teto do refeitório, cujos buracos nas telhas são originados pela queda de objetos em altura do bloco em construção próximo do local. Em ambos os ambientes há prejuízo no uso interno do local devido à grande proporção da infiltração de água pelo teto.

Acerca do conforto térmico e acústico, os ambientes apresentaram resultados dentro dos parâmetros normais das normas regulamentadoras (NR-15). Entretanto, devido à rotina penosa de atividades na construção civil, é comum os trabalhadores guardarem peças do vestuário de uniforme (ou roupas de trabalho) penduradas nas paredes ou acomodadas dentro dos armários individuais, bem como botinas/calçados de segurança, sem higienização após a jornada de trabalho e com isso intensificando odores desagradáveis no local. Por isso, é interessante ajustar a estratégia de ventilação no ambiente para novas aberturas que permitam aumentar a circulação natural do ar e/ou instalar ventilação mecânica.

Quanto à funcionalidade e acessibilidade da área de vivência instalada, há conflito de entre o ambiente do vestiário x instalação sanitária na maioria das obras analisadas, devido à sua localizados em pontos distantes do terreno ou afastados da entrada da obra, induzindo o usuário a cruzar a circulação geral da obra para acessar um dos locais, em meio ao trânsito de maquinários e de solo lamacento/sem tratamento para circulação de pessoas.

Em se tratando de arranjo físico da obra, verifica-se que o layout da área de vivência é fragmentado, com grandes percursos a serem percorridos pelos usuários e sendo um dificultador da funcionalidade dos ambientes. Quando se analisa o layout interno dos ambientes, o local das instalações sanitárias apresenta conflitos por terem pouco espaço de circulação e ainda de esta acumular duas funções (de circulação e de área de mictório/lavatório), além de condições de falta de privacidade ao fazer uso do local.

#### 4.5.2 Ambiente Subjetivo

Sobre a percepção do ambiente construído da área de vivência, observou-se que foi um exercício incomum para os usuários da amostra de avaliarem seus ambientes de trabalho quanto às condições do ambiente construído da área de vivência. Verificou-se que na análise do ambiente real a amostra apresenta a característica de observações superficiais acerca do ambiente construído, não aprofundado em detalhes de cores, tecnologias construtivas, conforto, etc.

Em relação ao ambiente imaginário, a amostra mantém uma estreita associação mental entre a “organização do espaço”, no sentido de gerenciamento do uso do espaço, e a “organização do ambiente construído”, que se refere às características físicas/materiais do espaço a ser construído.

Ou seja, muitas vezes o público envolvido fez pouca diferenciação entre as sentenças acima, misturando nas suas respostas os atributos ambientais, organizacionais e sociais.

Ao se analisar as demandas dos usuários acerca do ambiente construído ideal sobre cada uma dos 7 ambientes da área de vivência, os dados obtidos se associam diretamente com o escopo de conteúdo de Fatores de Habitabilidade da NBR 15.575(2013), indicando a viabilidade de ser utilizado como um parâmetro técnico em avaliação do desempenho de edificações provisórias em área de vivência de canteiros de obras.

Constatarem-se vários atributos citados individualmente, tanto para o ambiente real quanto para o imaginário, de modo que esses dados possibilitam a reflexão das diversas escalas do programa de necessidades do projeto da área de vivência: da dimensão particularizada do usuário aos atributos de contexto coletivo e normativo.

Em relação aos atributos mais citados para ambiente real e imaginário (avaliação do usuário), após a comparação com os dados da avaliação do ambiente em uso (etapa 3 do MEAC), constata-se que há contradição entre os resultados da avaliação do usuário sobre o ambiente real e verificação da vistoria técnica, pois esta indica alguns pontos conflituosos nas condições do local (Figura 16) em relação às normas vigentes, à acessibilidade e funcionalidade, estanqueidade, ventilação e layout. Assim, emergem algumas proposições no sentido de reflexão para próximos empreendimentos: a) realizar o estudo de layout da área de vivência de modo a organizar os ambientes o mais próximo possíveis; b) considerar o uso de barreiras físicas para proporcionar privacidade de uso para os ambientes de vestiário e instalação sanitária; e c) estimular o exercício avaliativo do espaço de trabalho entre os trabalhadores da empresa, considerando temas direcionados ao ambiente construído da área de vivência.



Figura 16 – Relação dos atributos coletados em categorias (%) ambiente, organização e social. Fonte: Autores, 2019.

## 5. CONCLUSÃO

A partir desta pesquisa, conhece-se o resultado da avaliação do ambiente construído pelo usuário do espaço da área de vivência em quatro obras da cidade de Criciúma/SC. Ao associá-lo aos fatores de habitabilidade da NBR15.575(2013), observou-se a possibilidade de ampliação desses fatores para edificações provisórias. Houve alguns pontos conflituosos em relação à norma vigente (NR-18), à acessibilidade e funcionalidade, estanqueidade, ventilação e layout. Constatou-se que o ambiente construído é percebido de modo superficial, ora de tímido julgamento crítico, ora pela atividade incomum de avaliar seu espaço de trabalho numa obra. O dados encontrados indicam o cenário idealizado pelo usuário, revelando suas características de aspectos de funcionalidade, de uso e de apropriação do espaço construído, que auxiliarão projetistas no exercício de organização espacial da área de vivência em futuras obras.

Os dados levantados nesta pesquisa, fundamentado na NR-18 de 2019 e anterior a sua reformulação, poderão servir de base de dados para futuros estudos comparativos entre a percepção ambiental do usuário e as condições de ambiente construído das instalações da área de vivência considerando seus preceitos normativos antes e após a revisão da legislação.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR- 12284: Áreas de Vivência em Canteiros de Obras**. Rio de Janeiro, 1991.
- \_\_\_ . NBR 15575: **Edificações habitacionais – Desempenho. Partes 1 - 6**. Rio de Janeiro, RJ, 2013
- BRASIL. **Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego de 08 de junho de 1978. Institui as Normas Regulamentadoras no Brasil**. Disponível em < [http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1978/p\\_19780608\\_3214.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/portarias/1978/p_19780608_3214.pdf)> Acesso em 28/10/2017.
- \_\_\_."Reportagem "Nova NR 18 aumenta segurança dos trabalhadores e estimula modernização na construção civil"." Ministério do Trabalho. 2020. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/component/content/article?id=7362>. Acesso 11/02/2020.
- DANIEL, T. C.; ITTELSON, W. H. **Conditions for environmental perception research: Comment on" The psychological representation of molar physical environments" by Ward and Russell**. 1981.
- FABRICIO, M. M. **Industrialização das construções: revisão e atualização de conceitos**. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, São Paulo, v. 20, n. 33, p. 228-248, junho 2013.
- FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S.. **Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios**. São Paulo, 1998.
- FERRO, S.; ARANTES, P. F.. **Arquitetura e trabalho livre**. Editora Cosac Naify, 2006.
- GREGOTTI, V.. **Território da arquitetura**. Perspectiva, 1972.
- MONTANER, J. M.. **Depois do movimento moderno: arquitetura da segunda metade do século XX**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Planilhada sobre pessoas de 14 anos ou mais de idade ocupadas na Construção**. Disponível em:<<http://www.cbicdados.com.br/menu/emprego/pnad-ibge-arquivos-resultados-brasil>>.Acesso 30/07/2019.
- LAWSON, B.. **The language of space**. Oxford: Architectural Press. 2001.
- MATTOS, A. D.. **Como preparar orçamentos de obra**. São Paulo: Editora Pini, 2006.
- MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de construção de edifícios da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.1994
- MORENO, L. D.; MAMEDE, B. B. **Gestão da construção de edifícios no ambiente urbano: considerações sobre consequências e desdobramentos**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 1, n. 6, 2014.
- OKAMOTO, J.. **Percepção ambiental e comportamento**. 2ª Edição. IPSIS Gráfica e Editora S/A, São Paulo, 2002.
- ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: Editora FAAUSP, 1980.
- SAURIN, T. A., FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. (Recomendações Técnicas HABITARE, v. 3. Porto Alegre : ANTAC, 2006.
- TEZEL, B. A., KOSKELA, L. J., & TZORTZOPOULOS, P. **Visual management in construction: Study report on Brazilian cases**. 2010.
- TISAKA, M.. **Como evitar prejuízos em obras de construção civil: Construction Claim**. São Paulo: Pini, 2011a.
- \_\_\_."Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução". São Paulo: Pini, 2011b.
- VILLA, S. B., ORNSTEIN, S. W. **Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação**. 2013.

VILLAROUCO, V.. **Construindo uma Metodologia de Avaliação Ergonômica do Ambiente – AVEA.**

Anais do 14º Congresso Brasileiro de Ergonomia. Porto Seguro: ABERGO, 2008.

MONT'ALVÃO, C.; VILLAROUCO, V.. **Um novo olhar para o projeto: a ergonomia no ambiente construído.** Rio de Janeiro: 2AB, 2011.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7395-6404>

**HELOISA NUNES E SILVA, M.Sc.** | Doutoranda no PósARQ/UFSC, Mestra em Arquitetura e Urbanismo, Engenheira de Segurança do Trabalho, Arquiteta e Urbanista | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo- PósARQ | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rodovia, SC-443, 845 - Vila Rica, Criciúma - SC, 88813-600 | E-mail: [heloisa.nunes@ifsc.edu.br](mailto:heloisa.nunes@ifsc.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-8415>

**JUAN ANTONIO ZAPATEL PEREIRA DE ARAÚJO** | Pós-Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteto e Urbanista. | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo- PósARQ | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Campus UFSC - Trindade, PósARQ/CTC Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900 | E-mail: [juan.antonio@ufsc.br](mailto:juan.antonio@ufsc.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Heloisa Nunes e; ARAÚJO, Juan Antonio Zapatel Pereira de. Arquitetura em Área de Vivência: Fatores Normativos Associados À Percepção do Usuário. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 129-146, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.129-146>.

**DATA DE ENVIO:** 19/12/2019

**DATA DE ACEITE:** 29/05/2020

# ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DE LOTEAMENTO EM ENCANTADO, BRASIL

*ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY ANALYSIS FOR LAND DEVELOPMENT IN ENCANTADO, BRAZIL*

**BRUNO KÜMMEL CARRER** | UNISINOS

**MARCO AURÉLIO STUMPF GONZÁLEZ, DR.** | UNISINOS

**ANDREA PARISI KERN, DRA.** | UNISINOS

## RESUMO

O desenvolvimento de loteamentos é uma atividade importante no campo da economia urbana e também tem reflexos ambientais e sociais. Do ponto de vista econômico, trata-se de tarefa relativamente complexa. O planejamento dos empreendimentos pode ser aprimorado com uma análise mais objetiva. A redução da subjetividade pode reduzir o risco envolvido e ampliar as probabilidades de sucesso. Este trabalho apresenta a análise de viabilidade de um loteamento em Encantado, RS. A partir da estimativa de valores para os terrenos, foi proposto um fluxo de caixa com a distribuição de custos e receitas ao longo do empreendimento. Para a análise de viabilidade financeira do loteamento foram utilizados cenários adotando como indicadores de viabilidade: payback, valor presente líquido e taxa interna de retorno, os quais indicaram que o investimento pode trazer retornos financeiros significativos. O estudo visa contribuir para a compreensão da organização econômica deste tipo de empreendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Loteamento; Análise econômica; Custos; Economia urbana.

## ABSTRACT

*The development of land subdivisions is an important activity in the field of urban economy and also has environmental and social consequences. From an economic point of view, this is a relatively complex task. Project planning can be improved with a more objective analysis. Reducing subjectivity can reduce the risk involved and increase the likelihood of success. This paper presents the feasibility analysis of a development in Encantado, southern Brazil. From the estimate of land values, it was proposed a cash flow with the distribution of costs and revenues throughout the project. For the analysis of the financial viability of the development, scenarios were adopted adopting as indicators of feasibility payback, net present value and internal rate of return, which indicated that the investment can bring significant financial returns. The study aims to contribute to the understanding of the economic organization of this type of enterprise.*

**PALAVRAS-CHAVE:** Loteamento; Análise econômica; Custos; Economia urbana.



## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades acarreta a necessidade de espaço físico para novas edificações e para que aconteça a expansão é necessário que sejam criados novos loteamentos. Um loteamento é a subdivisão de uma gleba de terras em lotes. A execução de um loteamento parte do desenvolvimento de um projeto, que é gerado a partir da projeção do retorno financeiro e da avaliação de custos (BALCHIN e KIEVE, 1986; BRASIL, 1979; GALESNE et al., 1999; HUMMER E TASCHNER, 1995; LAVENDER, 1990; MUTH, 1975).

A integração de novas áreas urbanizadas demanda um investimento significativo, composto pelo próprio valor das terras e complementado com os gastos de infraestrutura e investimentos complementares (ABRAMO, 1988; CAIRES, 1984; MASCARÓ, 2005; VEGNI-NERI, 1979).

A tomada de decisão exige o posicionamento estratégico do investidor analisando o retorno esperado do investimento e o risco associado a ele. Pode-se considerar que um loteamento é um empreendimento com ciclo financeiro e operacional relativamente longo, tendo como consequência a sensibilidade às variações da economia e das condições urbana e, portanto, o surgimento de riscos para o empreendedor (BALARINE, 2004; ISAAC, 1998; ROCHA LIMA JR., 1998).

Para que um estudo de viabilidade seja realizado é necessário o conhecimento dos aspectos de mercado, tais como custos, receitas e fatores externos. Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2008) mesmo existindo o amplo conhecimento de dados do projeto, o comportamento incerto no futuro não pode ser negligenciado, pois esse fator pode comprometer o retorno financeiro do empreendimento. Desta forma, o estudo dos riscos envolvidos é essencial.

Este trabalho apresenta a análise de viabilidade de um loteamento em Encantado, Rio Grande do Sul, a partir de um estudo com a identificação de elementos que agregam custo na execução do loteamento e análise dos indicadores econômicos através de cenários verificando o potencial de lucros e com a identificação de riscos. Embora reconhecendo os significativos impactos de outros elementos, tais como os planos urbanísticos, Estatuto das Cidades, ocupação informal e regularização fundiária, entre outros, este trabalho está delimitado à análise de viabilidade econômico-financeira.

## 2. O PROCESSO ECONÔMICO DE DESENVOLVIMENTO DE UM LOTEAMENTO

O estudo de viabilidade de um empreendimento é o exame técnico das características do projeto para avaliar o projeto, levando em conta os aspectos financeiros, técnicos,

jurídicos, comerciais e administrativos (HIRSCHFIELD, 2000; MORETTI, 1986; ROCHA LIMA JR., 1998; KASSAI et al., 1999; LAPPONI, 1996; SOUZA, 2003).

O diagnóstico ambiental é uma das etapas iniciais no processo de parcelamento do solo. Segundo Amadei e Amadei (2014), esta etapa consiste em um estudo prévio que orienta a utilização do solo para qualquer empreendimento. A primeira etapa dos processos básicos para realizar um empreendimento imobiliário na forma de um loteamento é um levantamento topográfico da área que se deseja lotear, realizando o cadastro de todos recursos naturais existentes. A partir do levantamento destes dados, é elaborado um laudo geológico e de cobertura vegetal afim de se encaminhar o licenciamento ambiental inicial.

A norma de avaliações de bens que trata de imóveis urbanos, NBR 14653-2 (ABNT, 2019) define uma gleba urbanizável como "um terreno passível de receber obras de infraestrutura urbana, visando o seu aproveitamento eficiente, através de loteamento, desmembramento ou implantação de empreendimento".

No quesito urbanístico é necessário realizar o projeto, no qual será demonstrada a implantação do empreendimento, o número de lotes e seu tamanho, o traçado das ruas, a escolha das áreas públicas e o aproveitamento geral da área. Nesse projeto deve-se analisar a influência da legislação e do zoneamento municipal (AMADEI e AMADEI, 2014).

Para a realização de um estudo de viabilidade são examinados os aspectos de localização, disponibilidade de mão de obra e investimentos, as necessidades técnicas e por fim os custos de investimento e operacionais (HIRSCHFIELD, 2000).

Alguns aspectos técnicos são relacionados por Amadei e Amadei (2014) e Vegni-Neri (1979), incluindo a infraestrutura do loteamento, que compreende as redes de água, esgotos, elétrica, telefonia e águas pluviais, bem como as vias de acesso e os equipamentos urbanos (escolas, creches, hospitais, postos de polícia, linhas de ônibus e posto de saúde).

Para os aspectos financeiros, Hirschfield (2000) afirma que há necessidade de se examinar o fluxo de caixa previsto para um empreendimento, dentro de um prazo estipulado. É nesse prazo que se examina a viabilidade financeira de um empreendimento comparando esse valor aplicado com o valor aplicado a uma taxa mínima de atratividade. O empreendimento será viável caso os benefícios resultantes sejam maiores do que os custos.

Amadei e Amadei (2014) afirmam que o estudo de viabilidade econômico-financeiro é essencial para a sustentabilidade de um negócio, e em um ambiente competitivo

as decisões acertadas trazem o sucesso, sendo o Estudo de Viabilidade Econômico-Financeiro (EVEF) como a ferramenta utilizada para minimizar riscos e potencializar resultados.

O planejamento do loteamento é fundamental para auxiliar as decisões tomadas no decorrer do empreendimento tomando como ação com um nível de informação que permite ao empreendedor analisar cada etapa a ser decidida, reconhecendo os impactos e os riscos relacionados com cada decisão tomada (GALESNE et al., 1999; HUMMER e TASHNER, 1995; ROCHA LIMA JR., 1998;

De uma forma geral, o planejamento do loteamento serve como base para a tomada de decisões sobre o empreendimento, permitindo uma visão sistêmica. É definido como uma forma de decisão adotada para antecipar ações futuras pretendidas, tendo como seu objetivo a redução de custos, do tempo de execução e das incertezas associadas ao projeto. Desta forma, o risco pode ser reduzido (HARRISON, 1976; MASCARÓ, 2005; MORETTI, 1986).

### 3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA

O setor é complexo e variável. Há dificuldades de informação e atualmente o processo de análise é bastante subjetivo. Em geral há um longo prazo de maturação dos empreendimentos, com um intervalo de alguns anos desde que o empreendedor detecta uma oportunidade de mercado até a conclusão do empreendimento. É importante instrumentalizar os *stakeholders* e gerar um projeto financeiro do empreendimento (DAMODARAN, 1997; HARRISON, 1976; LAPPONI, 1996; MORETTI, 1986).

Fundamentalmente, o objetivo do empreendedor é obter lucro. A concorrência de mercado indica que o incremento do lucro não pode ser obtido simplesmente aumentando os preços. Assim, o empreendedor deve ter cuidados na prospecção de oportunidades, otimização de projetos, otimização de fluxos de caixa e alavancagem de negócios, além de buscar a redução de riscos. Desta forma, assume especial importância a formalização do processo de análise de viabilidade de empreendimentos, englobando a formulação do empreendimento, modelagem econômico-financeira e como consequência deste processo, a tomada de decisão (DANTAS, 1996; GONÇALVES, 2010; ROCHA LIMA JR., 1998; SOUZA, 2003).

Em outras palavras, a análise de um empreendimento consiste na investigação da sua possibilidade de sucesso. Após a reunião das informações de mercado, que permitam analisar a oferta existente (dos empreendimentos concorrentes) e detectar as demandas, o empreendedor

deve organizar um planejamento econômico-financeiro. Para qualquer tipo de empreendimento, este processo consiste basicamente da previsão das curvas de receitas e despesas – sob um ou mais cenários. Podem ser vislumbradas algumas formas de análise, de acordo com a profundidade da análise (Quadro 01).

Nível	Elementos considerados	Crítérios de análise
Análise econômica	Não considera os custos financeiros; não há distinção de prazos ou momentos de ocorrência das atividades	Adequado para as análises iniciais, por ser mais simples
Análise financeira - nível de certeza	Considera o impacto dos juros, associado a um fluxo de caixa, e adota um cenário com parâmetros fixos (cenário determinístico)	Nível intermediário; não oferece detalhamento, porém demanda menor esforço de montagem da análise do que o nível de incerteza
Análise financeira e de riscos - nível de incerteza	Também considera os juros e é baseada em um fluxo de caixa, mas em um cenário dinâmico; os parâmetros de análise variam ao longo do horizonte, sob o impacto de fatores de risco (é um cenário probabilístico)	A análise é mais completa, porém exige a coleta e consideração de diversos parâmetros, além da maior complexidade de análise

**Quadro 01:** Níveis de análise econômico-financeira  
**Fonte:** Autores.

Um cenário é definido como um conjunto de premissas a respeito do comportamento do mercado ou do empreendimento. O empreendimento é examinado dentro de um período de tempo, conhecido como horizonte, o qual representa o período de projeção do fluxo de caixa do empreendimento. De forma ampla, um cenário da análise de viabilidade envolve previsões sobre o comportamento do mercado e de algumas variáveis-chave, tais como as curvas de receitas e de despesas, o nível de concorrência, os prazos do empreendimento e a legislação, nos níveis municipal, estadual e nacional. O detalhamento e profundidade de análise pode variar (ABNT, 2002).

A análise econômica consiste basicamente no somatório dos valores previstos, reunindo as receitas e os custos. O resultado é o lucro ou prejuízo potencial. Como não considera elementos aprofundados, não demanda tanto tempo e esforço quanto os outros níveis, porém pode indicar resultados superestimados, ao não considerar os custos financeiros, por exemplo. Pode ser adotado na análise inicial ou para descartar opções que apresentem claramente situações desfavoráveis, permitindo a concentração de esforços nas opções com maior potencial (MORETTI, 1986).

A análise financeira inclui o efeito dos juros. É um modelo determinístico, pois os parâmetros são fixos, ou seja, não variam no período ou são assumidos como tal no horizonte do empreendimento. Já no modelo probabilístico, as variáveis-chave são consideradas probabilísticas, aceitando que há uma parcela de variação não-controlada pelo empreendedor. Os parâmetros de pequena importância podem ser considerados fixos, sem influência significativa no resultado da análise. Um modelo com alguns parâmetros fixos e outros parâmetros variáveis é considerado probabilístico (ABNT, 2002; FARO, 1979).

Em função da complexidade das situações reais de mercado, efetivamente é necessário considerar a incerteza. A análise de um empreendimento deve considerar as possibilidades de alteração nas condições básicas propostas. A análise de cenários envolve a formalização de possíveis situações futuras de um empreendimento. É importante antecipar as situações de risco, para evitar perdas ou estudar previamente as soluções/medidas a serem tomadas (ROCHA LIMA JR., 1998).

#### 4. METODOLOGIA

Apresenta-se um modelo e o estudo de caso de um empreendimento localizado na cidade de Encantado, situada na microrregião de Lajeado-Estrela, Rio Grande do Sul. Na Figura 01 pode-se verificar o fluxograma proposto para o processo de análise econômica do loteamento. O estudo inicia com uma pesquisa de mercado que pode ser dividida em três etapas:

- I) Na primeira etapa são apuradas informações sobre o perfil da população, a partir de pesquisas de censo. Busca-se verificar dados como evolução populacional, pirâmide etária, rendimento domiciliar per capita, evolução do número de domicílios e IDH. Esses dados permitiram avaliar as condições socioeconômicas da cidade e conseqüentemente a disponibilidade da população para investimentos.
- II) Na segunda etapa são apuradas informações sobre valores de lotes já existentes na região, a partir de imobiliárias da cidade. Com esta etapa é possível estipular uma faixa de valores de venda para os lotes do empreendimento.
- III) A terceira etapa compreende uma pesquisa de campo na região, com o objetivo de averiguar possíveis investidores e avaliar a capacidade econômica da população local.

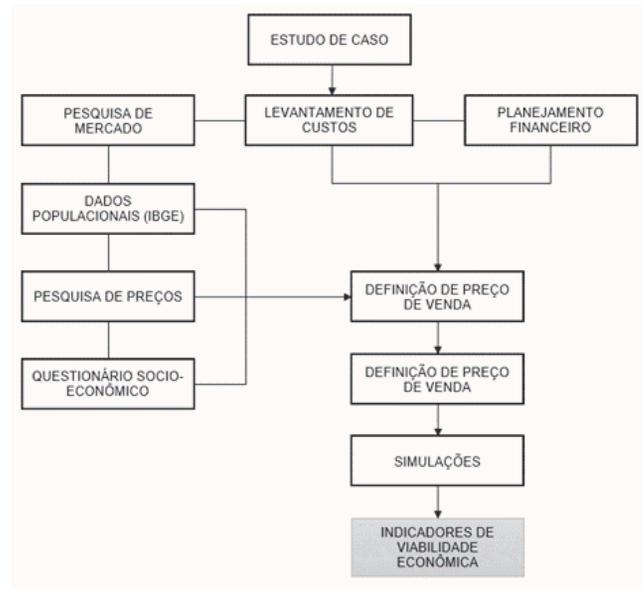


Figura 01 - Fluxograma de etapas da análise de viabilidade  
Fonte: Autores.

Após a realização da pesquisa de mercado são coletados dados de custos e etapas do projeto. Alguns dados são obtidos com a preparação do fluxo de caixa do empreendimento enquanto outros são obtidos a partir de dados coletados em loteamentos na região próxima ao empreendimento, tais como quantidade de oferta, velocidade de vendas e preços praticados conseguindo-se informações mais precisas em relação ao custo real versus o custo estimado. As informações a serem coletadas são as seguintes:

- Forma de aquisição do terreno (compra ou permuta);
- Estudo dos preços de mercado de terrenos na região;
- Tempo de aprovação de projetos;
- Planilha de áreas do loteamento;
- Cronograma físico-financeiro;
- Planilha de custos (levantamentos planialtimétricos, avaliação ambiental, plantas, documentações, terraplenagem, movimentação de solo, água, esgoto, iluminação pública, eletrificação, sondagem do solo, alvarás do loteamento, pavimentação).

Os dados devem ser coletados com a atenção de avaliar pontos em que existe a possibilidade de diminuir custos ou riscos, e onde geralmente se encontram os maiores problemas financeiros na execução de um loteamento e na obtenção de retorno desse empreendimento.

Após a coleta de dados desenvolve-se a fase de planejamento financeiro, com a análise de cada etapa de projeto e programação dos custos envolvidos para cada mês dentro do período envolvido desde sua concepção até a entrega final e conclusão do empreendimento. Neste passo, o planejamento pode ser definido a partir do caminho crítico, ou seja, a partir

da sequência de atividades que devem ser concluídas nas datas programadas para que o projeto pudesse ser concluído dentro do prazo final para entrega da obra concluída assim como o período para conclusão de vendas das unidades.

A partir da pesquisa de mercado, das avaliações de custo e do planejamento financeiro, podem ser definidos os preços de venda dos lotes e uma programação mensal de vendas. A análise de viabilidade pode ser aprimorada com proposição de cenários alternativos.

#### 4.1 Dados do local e do loteamento

O empreendimento analisado é um loteamento no qual o terreno total, que pode ser visualizado na Figura 02, possui uma área de 27.282,52 m<sup>2</sup>. Uma parcela da área total não pode ser loteada, pois é definida como área de preservação permanente (APP). A gleba faz limite com o Rio Taquari e deve ser reservada sem ocupação uma faixa mínima de 100 m de distância entre o rio e o loteamento.



**Figura 02** - Região do empreendimento na cidade de Encantado (RS)  
**Fonte:** Autores.

A legislação de planejamento urbano de Encantado exige que ao menos 30% da área total seja dividida entre área verde e infraestrutura para mobilidade urbana, no caso representando 8.220,52 m<sup>2</sup>. Dessa forma 70% da área total, correspondente a 19.062,00 m<sup>2</sup> pode ser utilizada como área útil. A distribuição de áreas do terreno pode ser verificada na Tabela 01. Dividindo-se a área útil para loteamento em 49 unidades cada lote contém em média aproximadamente 389 m<sup>2</sup>.

Descrição	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)
Área Verde	2.352,52	8,62%
Vias públicas	5.868,00	21,51%
Lotes	19.062,00	69,87%
Área para Loteamento	27.282,52	100,00%

**Tabela 01** - Divisão de área para loteamento  
**Fonte:** Autores.

#### 4.2 Pesquisa de mercado

A pesquisa de mercado foi realizada a partir da coleta e análise de dados populacionais da cidade em que o loteamento está localizado, comparação de valores de empreendimentos similares na região e questionário socioeconômico aplicado a população local. Conforme o Censo realizado em 2010 pelo IBGE, a cidade de Encantado (RS) possuía uma população de 20.510 habitantes, sendo possível calcular um aumento populacional médio de 3,2% no período. Comparando o crescimento da cidade com o estado e o país, percebe-se que a cidade apresenta um crescimento médio similar ao estado, mas superior na década de 2010 (Tabela 02).

Censo	Encantado		Rio Grande do Sul		Brasil	
1991	18.156		9.138.670		146.825.475	
1996	19.225	5,9%	9.568.523	4,7%	156.032.944	6,3%
2000	18.528	-3,6%	10.187.798	6,5%	169.799.170	8,8%
2007	19.536	5,4%	10.582.840	3,9%	183.987.291	8,4%
2010	20.510	5,0%	10.693.929	1,0%	190.755.799	3,7%
Média	19.191	3,2%	10.034.352	4,0%	169.480.136	6,8%

**Tabela 02** - Evolução Populacional  
**Fonte:** Autores, adaptado de IBGE - Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010.

A projeção linear da população de Encantado indica que em 2020 a população seria de aproximadamente 21.700 habitantes. A população de Encantado é formada por aproximadamente 66,4% de habitantes com idade entre 15 e 59 anos, sendo que o rendimento domiciliar per capita é de 1 a 2 salários mínimos para 40,71% da população e de 2 a 3 salários mínimos para 23,68% da população (IBGE, 2010). É possível verificar na Tabela 3 que no período 1970-2010 ocorreu uma diminuição significativa na média de habitantes por domicílio.

Segundo o último censo realizado pelo IBGE, o índice de desenvolvimento humano (IDH, índice que mede o grau de desenvolvimento econômico e qualidade de vida da população) da cidade de Encantado é de 0,767, maior que o IDH do Rio Grande do Sul (0,746) e do Brasil (0,727).

A cidade de Encantado possui um grau de desenvolvimento econômico elevado quando comparada com outras regiões do Rio Grande do Sul, e que possui maior parte da população economicamente ativa e com rendimentos relativamente altos quando se considera que mais de 64% da população recebe mais do que um salário mínimo mensal. Tais condições sugerem que a população pode possuir recursos financeiros para realizar investimentos e que há demanda por habitação (Tabelas 02 e 03).

Censos	1970	1980	1991	2000	2010
Domicílios	3.354	4.077	5.036	5.662	7.078
População	18.605	17.801	18.156	18.528	20.510
Número médio de habitantes/domicílio	5,5	4,4	3,6	3,3	2,9

**Tabela 03** - População residente e domicílios na cidade de Encantado - 1970- 2010  
 Fonte: Autores, adaptado de IBGE - Censos Demográficos 1970 a 2010.

Após a coleta de dados, realizou-se uma consulta em imobiliárias da cidade, as quais dispunham de informações referentes a loteamentos próximos ou da mesma região. Verificou-se que os lotes localizados na região mais próxima do empreendimento do estudo custavam em média R\$ 55.000,00 e possuíam uma área de 360 m<sup>2</sup>, o que resulta em um preço médio de R\$ 152,78/m<sup>2</sup>. Não foram encontrados lotes disponíveis para venda nesse empreendimento.

Em uma região mais afastada, porém na mesma cidade, verificou-se a existência de lotes de 360 m<sup>2</sup> pelo valor de R\$ 130.000,00 (R\$ 361,11/m<sup>2</sup>) e de lotes de 803 m<sup>2</sup> por R\$ 169.000,00 (R\$ 210,46/m<sup>2</sup>). A diferença de valor deve-se ao padrão mais elevado das construções existentes no bairro do segundo loteamento.

Com os dados obtidos através de um levantamento de dados foi possível verificar que o público alvo é formado por investidores, em sua maioria do tipo conservadores, que buscam por segurança e procuram por investimentos com riscos baixos. Verificou-se que o público teria intenção em investir valores maiores para lotes com fim comercial e que pagariam em torno de R\$ 107.000,00 por um terreno residencial naquela localidade.

Quanto à forma de pagamento, a maioria dos entrevistados conseguiria oferecer um pagamento inicial para compra do lote, visto que possuem aplicações em outros investimentos e não têm necessidade de guardar quantias para imprevistos como por exemplo saúde e automóvel.

A partir de tais dados estipulou-se um valor final de venda para os lotes de R\$ 65.000,00 com uma média de aproximadamente R\$ 167,00/m<sup>2</sup>, considerando os seguintes fatores:

- Não há terrenos disponíveis para venda no loteamento mais próximo;
- O valor de venda dos lotes na mesma região foi em média de R\$ 152,78/m<sup>2</sup>;
- A população entrevistada sugeriu um valor médio de aproximadamente R\$ 90.000,00 para o bairro em questão.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Custos

Os dados de custos e etapas do empreendimento informados pela empresa que está executando o loteamento

encontram-se na Tabela 4. Alguns itens como estação de tratamento de esgotos, captação e acumulação de água potável e muros de fechamentos não estão previstos em projeto pois não são necessários, neste caso. O custo básico total do loteamento foi de R\$ 1.599.569,00, sendo o custo de compra do terreno (gleba) representado por 39% desse montante.

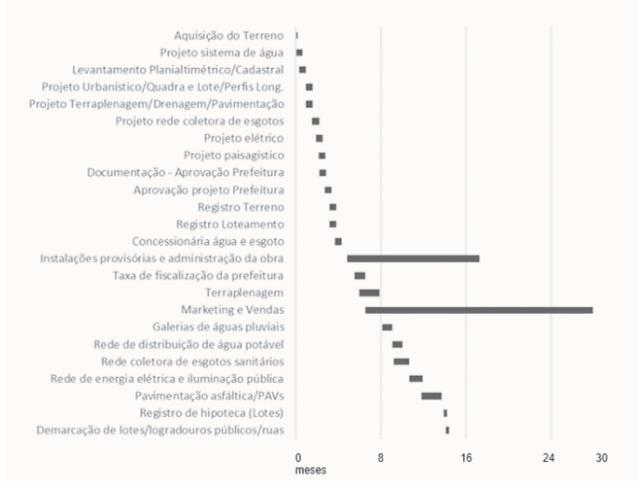
Etapas	Custo (R\$)	% por etapa
APROVAÇÃO E LICENCIAMENTOS	14.365,00	0,90%
Estudos de viabilidade técnica e ambiental	11.600,00	0,73%
Concessionária água e esgoto	1.715,00	0,11%
Registro do loteamento no Cartório de Registro de Imóveis	250,00	0,02%
Aprovação do projeto junto à Prefeitura	800,00	0,05%
COMERCIALIZAÇÃO E MARKETING	33.000,00	2,06%
Marketing e Vendas	33.000,00	2,06%
IMPLANTAÇÃO	1.501.900,00	93,89%
Aquisição do terreno	625.000,00	39,07%
Galerias de águas pluviais	187.900,00	11,75%
Instalações provisórias e administração da obra	45.000,00	2,81%
Pavimentação asfáltica ou de blocos de concreto	319.500,00	19,97%
Rede coletora de esgotos sanitários	86.000,00	5,38%
Rede de distribuição de água potável	37.000,00	2,31%
Rede de energia elétrica e iluminação pública	150.000,00	9,38%
Terraplenagem: vias e homogeneização das quadras	37.500,00	2,34%
Demarcação de lotes/logradouros públicos/ruas	14.000,00	0,88%
PROJETOS	38.304,00	2,40%
Documentação - Aprovação Prefeitura	4.772,00	0,30%
Levantamento planialtimétrico e cadastral	3.200,00	0,20%
Projeto elétrico	1.600,00	0,10%
Projeto paisagístico	1.000,00	0,06%
Projeto rede coletora de esgotos	3.500,00	0,22%
Projeto sistema de água	3.500,00	0,22%
Projeto Terraplenagem/Drenagem/Pavimentação	1.400,00	0,09%
Projeto Urbanístico/Quadra e Lote/Perfis Long.	16.000,00	1,00%
Registro de hipoteca (Lotes do loteamento)	3.332,00	0,21%
TAXAS E EMOLUMENTOS	12.000,00	0,75%
Taxa de fiscalização da prefeitura	1.500,00	0,09%
Registro dos terrenos no Cartório de Registro de Imóveis	10.500,00	0,66%
Total Geral	R\$ 1.599.569,00	100,00%

**Tabela 04** - Dados de custos relativos por etapa  
 Fonte: Autores.

### 5.2 Planejamento financeiro

Com os valores de venda definidos foram propostos cinco cenários, com fluxos de caixa considerando diferentes períodos de venda. Em cada simulação variou-se o número de unidades vendidas em cada mês e o período estipulado para as vendas (incluindo os custos com marketing). Nesse ciclo de simulações foram calculados os indicadores econômicos para cada proposta. Foi adotada uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 2% ao mês. Após a simulação de vendas realizou-se uma avaliação comparativa de cada caso na qual foi possível verificar as vantagens econômicas de cada situação.

O planejamento das atividades necessárias está apresentado no diagrama de Gantt na Figura 03. Na gestão do projeto foi calculado um caminho crítico de 30 meses até a finalização do projeto – conclusão de venda e entrega de todos os lotes - considerando algumas dificuldades eventuais, como atraso da liberação da prefeitura devido ao terreno estar classificado inicialmente como área rural, não podendo receber a divisão nesta situação. O planejamento financeiro para o projeto foi efetuado com as estimativas de custos para cada atividade do empreendimento e são alocados os valores ao longo do cronograma, conforme apresentado na Figura 03.



**Figura 03** - Diagrama de Gantt para as etapas do processo de loteamento  
**Fonte:** Autores.

### 5.3 Simulações

Com base na pesquisa de mercado realizada foi tomado um valor inicial de venda para cada lote de R\$ 59.576,00 e corrigido no decorrer do tempo por uma taxa mensal de 0,3% (Tabela 5). A variação considerada reflete a valorização, prevista pelo desenvolvimento do empreendimento. A inflação pode ser considerada através de um índice geral, tal como o IGP-DI.

Mês de vendas	Valor unitário (R\$)	Mês de vendas	Valor unitário (R\$)
1	59.576	16	62.323
2	59.755	17	62.510
3	59.935	18	62.698
4	60.116	19	62.887
5	60.297	20	63.076
6	60.478	21	63.266
7	60.660	22	63.456
8	60.842	23	63.647
9	61.026	24	63.839
10	61.209	25	64.031
11	61.393	26	64.224
12	61.578	27	64.417
13	61.763	28	64.611
14	61.949	29	64.805
15	62.136	30	65.000

**Tabela 05** - Preço de venda segmentado  
**Fonte:** Autores.

Após fixados os valores dos lotes em cada mês foram realizadas cinco simulações de tempos de venda das 49 unidades. Os parâmetros de cada simulação são apresentados no Quadro 02.

Simulação	Descrição dos Parâmetros
1	Vendas progressivas e constantes a partir de agosto de 2016
2	Vendas progressivas e constantes a partir de maio de 2017
3	Vendas progressivas e constantes a partir de fevereiro de 2016
4	Vendas progressivas e intermitentes a partir de agosto de 2016
5	Vendas progressivas e intermitentes a partir de maio de 2017 a ponto da TIR se igualar a TMA em um período de 60 meses

**Quadro 02** - Simulações de vendas e fluxos de caixa  
**Fonte:** Autores.

Nas quatro primeiras simulações foi considerado que todos os lotes foram vendidos em um período máximo de 30 meses a partir do início do projeto e para a última simulação foi verificado o tempo de retorno do empreendimento (payback).

A simulação 3 corresponde a uma estimativa média, enquanto as opções 1, 2 e 4 possuem cenários variáveis quanto ao início de venda dos lotes, fator que leva em consideração possíveis atrasos de liberação dos terrenos pelos órgãos responsáveis. A quinta simulação trata do pior cenário, no qual as vendas iniciariam no período mais tardio e levariam mais tempo para finalizar.

Para os dados da simulação 1 é possível calcular um payback de aproximadamente 20,7 meses, ou seja, em 1,72 anos o investimento inicial e o lucro líquido acumulado igualam-se. O valor presente líquido foi de R\$ 1.725.398,26, enquanto a TIR foi de 5,37%.

A simulação 2 estipulou vendas progressivas e constantes a partir do 18º mês, quando a obra estaria finalizada segundo o planejamento. Os dispêndios foram alterados considerando que o investimento em marketing e vendas também só ocorreria a partir desta data. O valor total com a etapa de marketing e vendas estabelecido anteriormente no planejamento financeiro foi mantido e apenas redistribuído neste novo período. Calculando-se o payback para os dados da simulação 2 verifica-se o valor de 22,6 meses (1,89 anos). Para este caso o valor presente líquido foi de R\$ 1.748.732,86, e a TIR foi de 4,55%.

Na simulação 3 foi assumido que as unidades começariam a ser vendidas a partir do segundo mês do investimento. Para tal, considerou-se que os custos com marketing e venda também foram iniciados nessa mesma época e o valor total planejado foi redimensionado para os demais meses. A partir do fluxo de caixa foi possível calcular um payback de aproximadamente 18,7 meses (1,56 anos). O valor presente líquido foi de R\$ 1.700.507,65 e uma taxa interna de retorno de 6,99%.

Após a simulação 3 efetuou-se a penúltima simulação considerando também os 30 meses até a finalização do empreendimento. Na simulação 4 foi verificada a possibilidade de vendas intermitentes considerando os custos conforme planejamento financeiro. O payback para esta situação é de 1,65 anos, com um o valor presente líquido foi de R\$ 1.583.571,90, e uma TIR de 5,79%.

Considerando os 4 cenários que propunham o mesmo tempo máximo para finalização de vendas das unidades verifica-se que de fato o terceiro cenário de vendas, que é o esperado pelo empreendedor possui uma taxa interna de retorno significativamente maior que os cenários 1, 2 e 4, e menor payback, representando um período de tempo necessário menor para recuperar as despesas de investimento do que as demais situações.

Para a quinta situação buscou-se simular vendas de forma que a taxa interna de retorno se igualasse a taxa mínima atrativa, definida como 2% inicialmente. Dessa forma distribuiu-se a venda das 49 unidades no dobro do período de tempo previamente planejado, ou seja, 60 meses.

Os dados da simulação 5, na qual as vendas iniciariam no 18º mês. Para atingir uma TIR de 2% assumiu-se que as vendas deveriam ocorrer de maneira intermitente inicialmente e nos últimos 18 meses ocorreriam de maneira constante

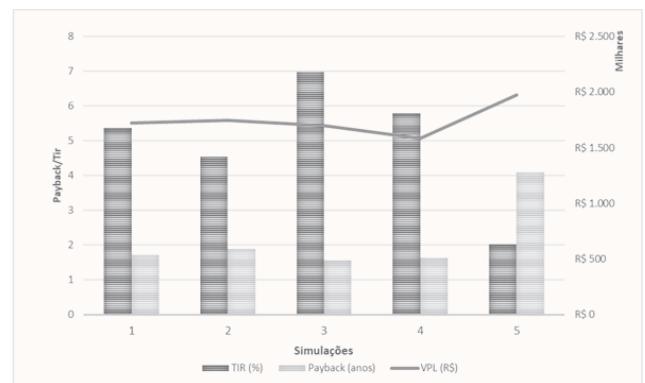
e progressiva. Neste caso considerou-se que os custos com marketing e venda foram similares ao caso da simulação 2, acrescidos de uma parcela de igual valor para cada um dos meses 30 meses adicionados no planejamento.

O preço de venda de cada lote foi calculado utilizando uma extrapolação com a mesma taxa de 0,30% ao mês utilizada na tabela de preços de venda segmentada. O fluxo de caixa para este caso indicou um payback de aproximadamente 49,3 meses (4,11 anos) e um valor presente líquido foi de R\$ 1.977.769,93. Comparando os indicadores de viabilidade econômica tem-se os dados da Tabela 06 para as cinco simulações.

Simulação	TIR (%)	VPL (R\$)	Payback (anos)
1	5,37	1.725.398,26	1,72
2	4,55	1.748.732,86	1,89
3	6,99	1.700.507,65	1,56
4	5,79	1.583.571,90	1,65
5	2,03	1.977.769,93	4,11

**Tabela 06** - Indicadores de viabilidade econômica para as simulações  
 Fonte: Autores.

A partir da Figura 04 pode-se afirmar que a TIR da simulação 3 foi a mais alta, e sugere-se que para se obter taxas internas de retorno maiores o indicado é que se inicie com as vendas nos primeiros meses de projeto, mesmo que se venda uma menor quantidade por mês. Para todas as situações simuladas a TIR foi satisfatória e atende ao critério de aceite do projeto, que diz que a hipótese é viável se  $TIR > TMA$ .



**Figura 04** - Gráfico comparativo de indicadores de viabilidade econômica para simulações  
 Fonte: Autores.

Para o indicador de payback a situação 3 também se mostrou mais favorável, visto que o fluxo de caixa passa a ficar positivo em 1,56 anos, aproximadamente 2 meses antes do que a segunda melhor opção que seria a simulação 4, com 1,65 anos. O VPL mais alto é obtido com a simulação

5, retornando um valor de 13% a mais do que a segunda melhor opção para VPL (simulação 2), o que corresponde a um valor de aproximadamente R\$ 230.000. Comparando-se com o VPL da simulação 3 que possui melhores indicadores de payback e TIR, tem-se um valor 16% maior, correspondente a R\$ 277.000,00. A simulação 4 apresentou o VPL mais baixo, o que condiz com o fato de as vendas terem sido definidas de maneira intermitente gerando um fluxo de caixa com trechos positivos e negativos.

Pode-se sugerir a partir de tais indicadores que o ideal para o tempo de vendas e marketing seriam os propostos na simulação 3 prioritariamente e após na simulação 1, mantendo as vendas de forma constante. Para todas as situações avaliadas, o investimento demonstrou-se viável, visto que todos os indicadores atenderam aos seus respectivos critérios de aceitação.

## 6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de loteamentos é uma atividade importante no campo da economia urbana e tem reflexos ambientais e sociais. O planejamento dos empreendimentos pode ser aprimorado com uma análise mais objetiva e a redução da subjetividade pode também reduzir o risco envolvido. Este trabalho apresenta uma proposta de modelo para a análise, ilustrada com um estudo de caso. Apresentou-se um fluxo de análise do desenvolvimento de um loteamento.

O projeto parcial do loteamento nasceu a partir de regras impostas sobre o terreno, visto que a divisão de áreas deveria atender a alguns critérios solicitados pela Prefeitura da cidade pela legislação, e com base em estudos de mercado e empreendimentos similares.

A pesquisa de mercado demonstrou que o empreendimento do estudo em questão possui aceitação na região de Encantado e que está adequado à realidade no setor imobiliário local.

Nas simulações realizadas, que representam diferentes cenários de mercado, pode-se observar que todas apresentaram um VPL positivo e que nas situações em as vendas iniciavam mais rapidamente os indicadores mostraram-se mais satisfatórios, com menor payback e maior taxa interna de retorno.

Mesmo nas situações em que as vendas projetadas ocorriam mais tarde e até mesmo intercaladas, o valor presente líquido manteve-se positivo e com uma taxa interna de retorno próxima a 5%.

Ao final, pode-se dizer que a aplicação também indica o potencial da análise de viabilidade de empreendimentos de loteamentos urbanos, com a busca de uma análise mais objetiva.

## REFERÊNCIAS

- BALCHIN, P. N.; KIEVE, J. L. **Urban land economics**. 3ed. London: MacMillan, 1986.
- BRASIL. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília, 1979.
- GALESNE, A., FENSTERSEIFER, J. E., LAMB, R. **Decisões de investimentos da empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- HUMMEL, P. R. V.; TASCHNER, M. R. B. **Análise e decisão sobre investimentos e financiamentos**. 4ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- LAVENDER, S. D. **Economics for builders and surveyors**. Essex, UK: Longman, 1990.
- MUTH, R. F. **Urban economic problems**. New York: Harper&Row, 1975.
- ABRAMO, P. **A dinâmica imobiliária: Elementos para o Entendimento da Espacialidade Urbana**. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano), 1988.
- CAIRES, H. R. R. D. **Avaliação de glebas urbanizáveis**, São Paulo: Pini, 1984.
- MASCARÓ, J. L. **Loteamentos urbanos**. Porto Alegre: +Quatro Editora, 2005.
- VEGNI-NERI, G. B. D. **Avaliação de glebas, loteamentos e distritos industriais**. São Paulo: Editora Nacional, 1979.
- BALARINE, O. F. O. **Tópicos de matemática financeira e engenharia econômica**. Porto Alegre: Edipucrs., 2004.
- ISAAC, D. **Property investment**. London: MacMillan, 1998.
- ROCHA LIMA JR., J.. Decidir sobre investimentos no setor da construção civil. **Boletim Técnico 200 (BT/PCC/200)**. São Paulo: EPUSP, 1998.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 10ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MORETTI, R. de S. **Loteamentos: Manual de recomendações para elaboração de projeto**. São Paulo: IPT., 1986.
- KASSAI, J. R.; KASSAI, S.; SANTOS, A.; ASSAF NETO, A. **Retorno de investimento: Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. São Paulo: Atlas, 1999.
- LAPPONI, J. C. **Avaliação de projetos de**

**investimento:** Modelos em Excel. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 1996.

SOUZA, A. B. **Projetos de investimento de capital:** Elaboração, análise e tomada de decisão. São Paulo: Atlas, 2003.

AMADEI, V. C.; AMADEI, V. D. A. **Como lotear uma gleba: O parcelamento do solo urbano e seus aspectos essenciais (loteamento e desmembramento).** (4ª ed). Campinas: Millennium, 2014.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 14653-2. Avaliação de bens. Parte 2: Imóveis urbanos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

HARRISON, I. W. **Avaliação de projetos de investimento.** São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

DAMODARAN, A. **Avaliação de investimentos.** Ferramentas para avaliar qualquer ativo. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1997.

DANTAS, A. **Análise de investimentos e projetos aplicados à pequena empresa.** Brasília: Universidade de Brasília, 1996.

GONÇALVES, J. C. **A especulação imobiliária na formação de loteamentos urbanos: um estudo de caso.** Rio de Janeiro: E-Papers., 2010.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 14.653-4. Avaliação de bens – Parte 4: Empreendimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

FARO, C. de. **Elementos de engenharia econômica.** 3ed. São Paulo: Atlas, 1979.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio de CAPES, CNPq e FAPERGS.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4115-3578>

**BRUNO KÜMMEL CARRER** | Engenharia Civil - Escola Politécnica - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS – Brasil | Av. Unisinos, 950 - São Leopoldo, RS - Brasil - 93022-001 | e-mail: [brunokcarrer@gmail.com](mailto:brunokcarrer@gmail.com)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1975-0026>

**MARCO AURELIO STUMPF GONZALEZ, Dr.** | Engenharia Civil | Professor - PPGEC - Escola Politécnica - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS – Brasil | Correspondência para: Av. Unisinos, 950 - São Leopoldo, RS - Brasil - 93022-001 | e-mail: [mgonzalez@unisinos.br](mailto:mgonzalez@unisinos.br)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6406-6250>

**ANDREA PARISI KERN, Dra.** | Engenheira Civil | Professora - PPGEC - Escola Politécnica - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS – Brasil | Av. Unisinos, 950 - São Leopoldo, RS - Brasil - 93022-001 | e-mail: [apkern@unisinos.br](mailto:apkern@unisinos.br)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARRER, Bruno Kümmel; GONZALEZ, Marco Aurelio Stumpf; KERN, Andrea Parisi. Análise de Viabilidade Econômica e Financeira de Loteamento em Encantado, Brasil. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 147-156, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.147-156>.

**DATA DE ENVIO:** 01/04/2020

**DATA DE ACEITE:** 26/04/2020

# HOW THE DESIGN OF PRODUCT-SERVICE SYSTEMS CAN IMPROVE THE LIFE OF PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENT

---

RENATA DE OLIVEIRA CRUZ CARLASSARA | UNESP

JÚLIA LOPES KANO | UNESP

TOMAS QUEIROZ FERREIRA BARATA, Dr. | USP

MONICA MOURA, Dra. | UNESP

IANA ULIANA PEREZ, M.Sc. | UNESP

## ABSTRACT

The field of contemporary design has been changing its purposes and has increasingly been working in multiple areas. The technological capacity related to design has been allowing professionals to help people with various disabilities through assistive technologies. For this purpose, the Product-Service System (PSS) has been proven very much appropriate with its tools for creating solutions with an intense degree of concern for details and broad insight into the targeted matter. PSS is a user-centered design approach that also embarks discussions about social sustainability and environmental issues. This article aims to analyze a case study that resulted in the development of a solution through PSS. By the end, it presents a discussion about the advantages of this approach and how designing through PSS can provide solutions for visually impaired people.

**KEY-WORDS:** Contemporary Design; Assistive Technology. Social Sustainability.



## 1. INTRODUCTION

Contemporary societies are based on complex systems that reflect the complexity of human experience in general, which is increasingly permeated by technology that came to stay. We reached a moment that is no longer possible to ignore the technology. There are arguments for and against it. For people with visual impairment, for instance, technology innovation has helped a lot and enabled some of the activities that in the past, they couldn't do. Design and technology are walking together, even in a less-stuff-more-people world. Society is going on a path based on use, not ownership, and this happens because "the aim to ensure adequate living standards of the rapidly growing global population intensifies pressure on the environment" (PETRULAITYTE *et al.*, 2019, p.8).

On this background, the Product-Service Systems are a strategy to shift how a product is used and designed from physical products only to a system of products and services which are jointly capable of fulfilling the wants and needs of a client with higher added value and smaller environmental impact (MANZINI; VEZZOLI; CLARK., 2017; MANZINI; VEZZOLI, 2003). Whenever aiming for accessible products and services, it is crucial to understand accessibility issues and learn how people with disabilities interact with these products and services (HENRY, 2007). The Product-Service System have a user-centered approach, which is the best way to talk and understand the customer and their needs.

Considering this scenario, the overall aim of the research reported in this article is to investigate how design combined with PSS can develop solutions to improve the life experience of people with visual impairments. The specific objectives are: to deeply analyze and explore Product-Service System, design for accessibility, visual impairment, and assistive technology; understand and describe a case study that applies the concepts studied; analyze results and stimulate new discussions on the subject. The research reported here started with the data collection of theoretical knowledge, including design and Product-Service System, visual impairment, and assistive technology. Later, a study of a case illustrates the potential of PSS to improve user experience.

## 2. METHOD

The research conducted was qualitative, applied, and exploratory-descriptive. It was divided into three main methodological steps. The first one was the state of the art step, characterized as immersion within the subjects that would be addressed in the project, which was constituted

in the deepening of the theoretical framework. The "desk" research was the primary tool used in this step, by giving "references of trends in the area studied in Brazil and abroad, as well as inputs of analogous themes that can help in understanding the subject worked" (VIANNA *et al.* 2010, p. 22, our translation).

The second step was a background study, which is a process of deepening in the user's behavior and in the understanding of the scenario to be worked using a case study as an example. Finally, in the end, it is presented a description and discussion of the results with the main objective of covering how Product-Service System and Design combined can bring contributions to people with visual impairment.

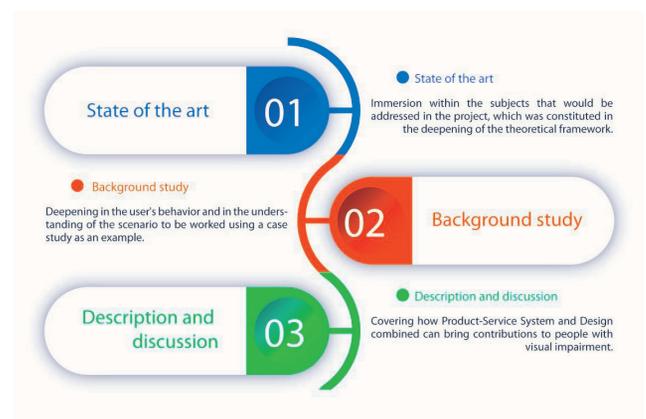


Figure 1 - Method Flowchart.  
Source: Ours (2019)

## 3. VISUAL IMPAIRMENT AND ASSISTIVE TECHNOLOGY

The society took a very long time to give legal rights to people with any kind of disability. It was only in the second half of the 20th century, especially after World War II and during the Vietnam War, that some attention from international society started being given to the treatment, rehabilitation and social integration of people with disabilities (IBGE, 2018).

According to data taken from Decree No. 3,298 of 20.12.1999, with updates to Decree No. 5,296 of 02.12.2004, IBGE (2018, p.119, our translation):

Visual Impairment can be defined by blindness, in which visual acuity is equal to or less than 0.05 in the best eye, with the best optical correction; low vision, which means visual acuity between 0.3 and 0.05 in the best eye, with the best optical correction; cases in which the sum of the visual field measurement in both eyes is equal to or less than 60°; or the simultaneous occurrence of any of the preceding conditions.

As reported by the 2010 IBGE census, in Brazil, among 6,7% of the people with disabilities, 3,4% are visually impaired (IBGE, 2018). This data means that more than half of people with disabilities are visually impaired. This number brings us alarming questions: are those people assisted by technology? Do they know what kind of accessibility is available for improving their daily activities? Most of the currently available technologies are expensive and hard to find or to learn how to use, so most of the visually impaired population only has access to those devices in specialized places or helping centers like Dorina Nowill Foundation for Visual Impaired (São Paulo, Brazil).

According to the World Report on Disability 2010 and Vision 2020 data, every five seconds, a person becomes blind in the world. Besides, from all the cases of blindness, 90% occurs in emerging and underdeveloped countries. It is estimated that until 2020, the number of visually impaired people could be twice as the current one. However, the World Health Organization (WHO) shows that 80% of the blindness cases could be avoided through a more significant number of effective prevention and treatment actions. Still, according to WHO, about 36 million people in the world are blind, and 217 million have low vision.

Considering the extent of this population, it is essential to develop products and services specialized in attending the needs of people with visual impairment. One alternative is the Assistive Technology, a brand new term used to identify resources and services that may contribute to provide or improve functional skills of people with disabilities and, consequently, allow these people to have an independent life (FUNDAÇÃO DORINA NOWILL PARA CEGOS, n.d.).

Technical aid is understood to be any product, instrument, strategy, service, and practice used by people with disabilities and older people, mainly, produced or usually available to prevent, compensate, relieve or neutralize a deficiency, disability, or disadvantage, improving the autonomy and life's quality of these people (PORTUGAL, 2007 apud BERSCH, 2017, p. 3, our translation).

We can conclude by observing the presented data that, with more information, people can prevent their conditions. Speaking of those who already have a visual impairment, information can improve their lives with some expert advice and help. These pieces of conclusion were presented in the execution of the case study discussed in this article.

### 3.1 Product-Service System Design

The Product-Service System (PSS) is a way to "provide a highly customized integrated solution through dynamic collaborations within value networks" (RASOULLI *et al.*, 2016, p.1). The PSS dialogs with the growing culture and economy called collaborative consumption, which has the power to revolutionize how we use products and services and, by doing so, changes the way we connect and experience these integrated solutions (BOTSMAN, 2011). The main objective of the PSS is that all the three stakeholder groups (customer, company, and society) benefit from the service system related to each one of these dimensions (MCALOONE; ANDREASEN, 2002).

Because PSS is a combination of product and service, it is necessary to contextualize these two terms. A designed product, as reported by McAlloone and Andreasen (2002), focuses on the man/machine interaction upon the utilization process (distribution, sale, and use). Vargo and Lusch (2004, p.3) define service "as the application of specialized competences (knowledge and skills) through deeds, processes, and performances for the benefit of another entity or the entity itself." In the current contemporary background with continued geometric population growth and a worldwide economy based on *produce-use-discard*, the society has been facing a scarcity of essential resources, changing basic cycles of nature and extreme climate changes. To face these problems, a new model starts to emerge to replace this path towards a more effective and lasting development model based on use instead of ownership (VARGO; LUSCH, 2004; VEZZOLI *et al.*, 2018). On this new path, sustainable development, PSS, collaborative economy, technology, and design walk side by side.

About sustainable development, Vezzoli *et al.* (2018) stated that the term refers to systemic conditions where the planetary and local social sphere and economic development occurs within the limits of environmental resilience, ensuring the natural capital that will be passed on to future generation and within the principle of equitable distribution of global natural resources. To adopt a PSS, it is essential to consider the basis of sustainable development and design for sustainability.

At the center of both design and PSS is the integration of stakeholders. To understand the user's needs and wants it is necessary to work with them, exploring their habits and daily activities. When it comes to accessibility, this integration is valuable. A key resource to design for accessibility is understanding the barriers that make a product or service difficult or impossible for many people with disabilities to use (HENRY, 2007).

## 4. CASE STUDY

### 4.1 Background

The case related here was part of a post graduation's discipline on Product-Service System Design, which was aligned to the III Pilot Course on PSS Design offered by the Brazilian hub of the Learning Network on Sustainability (LeNS). This course was focused on Health in Housing of Social Interest and offered simultaneously by four other Brazilian Universities, each of which developed a product-service system concept that satisfies the health needs of fragile and marginalized populations.

At the State University of São Paulo (UNESP), located in Bauru, the Lar Escola Santa Luzia para Cegos (Santa Luzia Home-school for the Blind) was chosen because of an ongoing research partnership. The Lar Escola is an entity that, since 1969, offers socio-educational activities for the visually impaired. It is a local reference in teaching daily activities, providing a place where people with visual impairment can socialize and exchange experiences. The Lar Escola currently receives 74 people with visual impairment, including total blindness and low vision. The majority is 50 to 64 years old (19 people) and above 65 years old (15 people). In conclusion, most of the people that frequent the Lar Escola are middle-aged and old-aged.

In the case study reported and analyzed here, the group working with Lar Escola Santa Luzia decided to create a product-service system concept that explores the mental and social health, stimulating their social interaction. The research and design processes that led to this output is reported in the next section.

### 4.2 Research process

The research started with exploring the problem, understanding what the Lar Escola is, whom they receive, what kind of visual impairment do they deal mostly, and what the field of design combined with the product-service system could do to improve their daily experience. Firstly, the design team analyzed the data from interviews conducted previously, with 16 of the people attended by the Lar Escola. When asked about technology, 14 out of the 16 interviewed said that they use smartphones that have adapted interfaces and apps for their disabilities. Then, the design team organized a focus group with five people attended by the Lar Escola, which allowed them to understand in depth what are the difficulties, the routine, the relationship with friends and family, as well as other needs in general.

While exploring the problems and the answers, the design team realized that people who lost their entire or part of their vision, mostly adapt and accept the

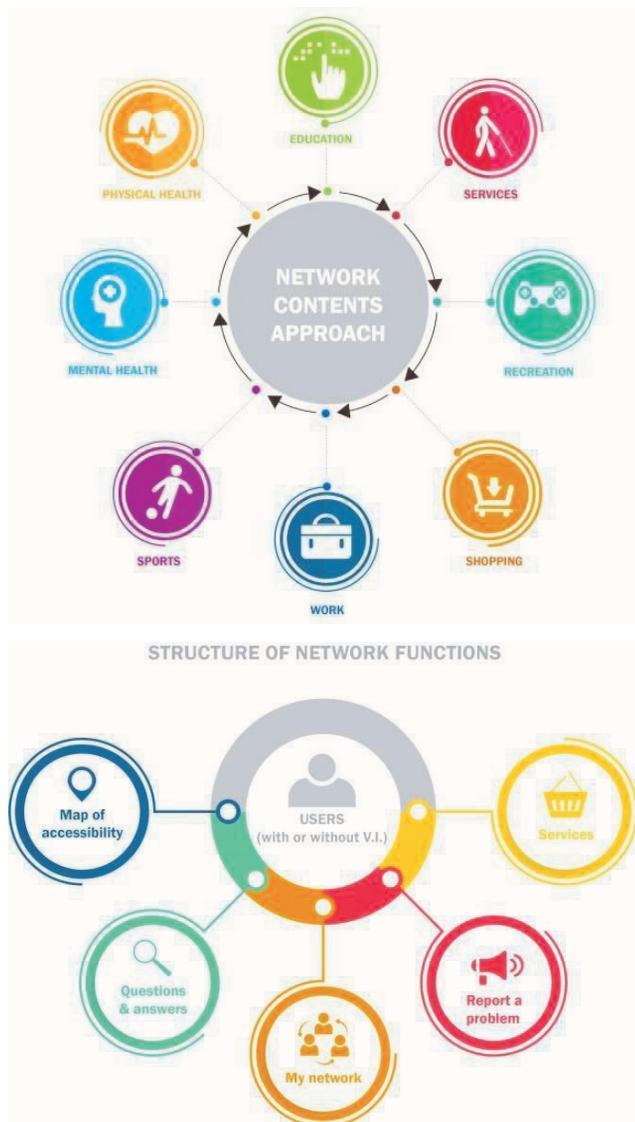
condition earlier than their relatives. The group also realized that the visually impaired (V.I.) wants autonomy, but also needs help to perform some specific activities that are too hard or dangerous for them to do by themselves. About the relatives, the V.I. also stated that they usually are overprotective and sometimes ashamed of their condition.

### 4.3 Design process

From the information collected during the research it was noticed that V.I. people, despite having their autonomy at home, did not have that much confidence to navigate the city. The main reason pointed by them is because places like stores or restaurants are not prepared for their deficiency and the public pass ways are full of holes and hazards. Secondly, they have no company or their relatives are scared of letting them go outside by themselves. The design team then realized that most of these relatives are overprotective or absent, so not only the V.I., but their families also needed support and access to information.

All the pieces of information collected led the design process of the product-service system solution towards the development of a conceptual app for networking. The value propositions of the app is giving information about the visual impairment, the causes, the symptoms, precautions, sharing experience with both V.I. and relatives about how they can deal with the situation, helping those who have difficulties accepting the new condition; support; social connection, connecting them with specialized services, simply and practically.

The app, named Teçá, what is a Brazilian indigenous word meaning "the one with attentive eyes", aims to gather education, services, recreation, shopping, work, sports, mental health and physical health in a collaborative network that involves not only the visually impaired, but also their family, health and education professionals, community, volunteers, enterprise content management and supportive local enterprises. To represent the app concept, the design team developed the two schemes presented above.



**Figure 2 and 3** - Network Contents Approach and Structure of Network Functions.  
 Source: Ours (2019)

The design process of the conceptual app was made using the most important tools of PSS. The first step was creating eight personas to better visualize the profiles of people attended by the Lar Escola. A persona is a tool used to understand the target audience by identifying user attributes, what they say, do, think, feel, and then forming a fictional (but feasible) character, and story to personify the archetype (VIANNA, 2012). For this case, four personas were V.I., seniors and middle-aged people of which the majority acquired their visual impairments along with their lives, which is more common than birth blindness. The other four personas were related to the V.I. (parents, wives, husbands, offspring), because the design group realized that the V.I. closer relationships were also affected by their relative's condition due to lack of information. After that, a tool named tomorrow headline was

used (Figure 3). This uses an abductive logic, where future headlines of a newspaper are used to synthesize on text and images a PSS idea.



**Figure 4** - Tomorrow Headline.  
 Source: Ours (2019)

Continuing with the development of the project, the design team created a Stakeholder Map (Figure 4), a tool used to visualize the representation of the PSS's various stakeholders, their level of interest in the company and their importance to the company.



**Figure 5** - Stakeholders Map.  
 Source: Ours (2019)

The next tool used was a System Map (Figure 5), a synthetic representation that shows in one single frame all the different actors involved in service delivery, and their mutual links (e.g., flows of materials, energy, information, money, documents, etc.). The system map clarifies how the different service components and roles are connected, highlighting the values they exchange (SERVICE DESIGN TOOLS, n.d.).

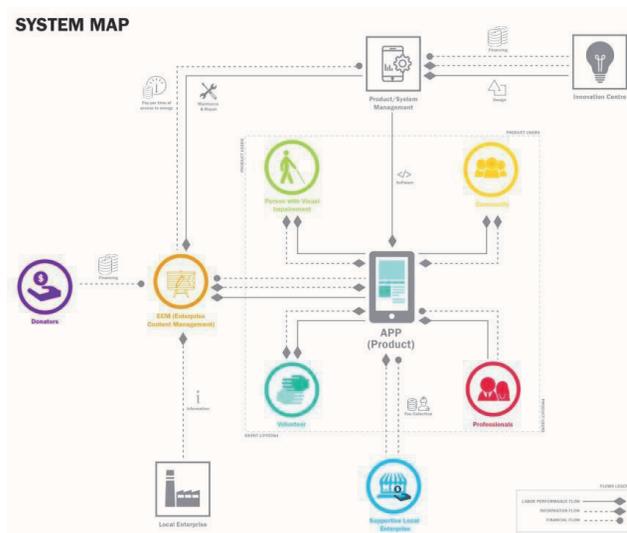


Figure 6 - System Map.  
Source: Ours (2019)

The design team also created a business model canvas, a development solution for the app interface, and a storyboard simulating the app in use. At the end of the design process, the team also applied the Sustainability Design-Orienting toolkit (SDO), which helps to orientate the system design process towards more sustainable solutions and also enables to analyze the developed solutions regarding principles applied to the three dimensions of sustainability: environmental, socio-ethical, and economic. The SDO was then used to compare the Teçá app with one of the most popular assistive apps, the Be My Eyes.

#### 4.4 Design and PSS contribution to visual impairment

The designing process considers the users in all aspects, from understanding what they need to an in-depth analysis of the universe in which they are inserted. It is crucial to consider accessibility early throughout the design stages, which increases the positive impact that accessibility can have on design overall (HENRY, 2007). It is equally important to consider the core elements of the PSS process, such as user satisfaction, social demands and the limits of environmental resilience, aiming to carry out a unity of satisfaction,

that is the end result desired by the user (VEZZOLI *et al.*, 2018). Furthermore, all the stakeholders involved in the process need to understand accessibility issues.

Society is not yet prepared to welcome people with any disability. For them, simple daily actions can be dangerous, like walking down the street. In this sense, the stores, restaurants, hospitals, and all other public spaces need to improve their accessibility too. Current, people with visual impairment do not have a voice in our society, but they need to speak, and the design can listen to them, since “participatory design has become an important approach for assessing the needs of potential users, such as the visually impaired” (PHILLIPS; PROULX, 2018, p.86). To understand accessibility guidelines and learn how people with disabilities interact with everyday products, it is necessary to work side by side with them (HENRY, 2007). The PSS can help designers because “breakthrough ideas often come when people look at the world through a fresh lens” (THACKARA, 2005, p.17). Since PSS Design focuses on services, systems, situations, and people, not only on things, it can provide the fresh lens needed to answer the yearnings of people with disabilities.

When we talk about people with disabilities, it is essential to think thoroughly in each detail of the user's problems and needs. As stated, the main objective of the PSS is that all groups benefit from the service system. It is not a project based on only one of the stakeholders involved, like a company or an individual client; all of the involved people, enterprises, or institutions must be considered. Moreover, the combination of PSS solutions with assistive technology has great potential to attend the needs of people with visual impairment.

For assistive technology to successfully support visually impaired individuals, a greater focus should be given to designing technology that supports social interaction. (...) Ultimately, assistive technology should be designed so that visually impaired individuals can interact with sighted peers without the latter recognizing their disability because of the functional benefits it provides or noticing the assistive technology itself because of how subtle and socially acceptable it is. (PHILLIPS; PROULX, 2018, p. 85).

The interaction between the stakeholders is the most critical function of assistive technologies, and PSS, through a higher view, can manage to make these interactions work and complete each other successfully.

## 5. FINAL CONSIDERATIONS

The research reported here has reviewed the state of the art in the application of PSS design, visual impairment, and assistive technology. Next, using a case study as an example, it was possible to understand the procedures of PSS design and how this design approach can contribute to developing solutions for people with disabilities that benefits all the stakeholders involved in the supply and demand system. The developed app, Teçá, has not still been placed on the market, so it is not yet in use. Because of this, this article has a limitation regarding the analysis of the app's real contributions in use. Nevertheless, the case study provides valuable insights to understand how to apply PSS design with a focus on people with disabilities.

In the case study presented here, the app concept was developed using all the PSS design steps. Firstly it was studied the context and the visual impairment issues. Secondly, the users were listened to identify their difficulties and the needs in their daily routine. Then, the main problems were detected and brought in conversation; all the parties were considered and put as equally important. Then finally, after all the PSS Design steps were taken, the result was a great network involving and benefiting all the peers.

The design process could not have happened without the interviews and the focus group conversation. Sometimes the user cannot tell what they need or want, but by asking the right questions, the designer can have this answer at the end of the conversation; it is all about looking at the process through empathetic lenses.

Contemporary time is the time of consumption and impatience. Faced with a growing offer of products, people are looking for that one that has a story that can provide experience and stimulates exchange. To design new products in contemporary society, it is essential to design with the user, considering him or her in the center of the process. The population of minorities, including people with disabilities, face difficulties that need to be overcome. Design combined with PSS can provide simple solutions without requiring complex design processes, in which everyone involved in a system can be considered in a careful and effective way. Thus, the PSS offers great contribution to the design of new products and services for the visually impaired, pondering the new social outlines.

## REFERENCES

- BERSCH, R. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Assistiva - Tecnologia e Educação, Porto Alegre, 2017.
- BOTSMAN, R. **Ideas for modern living**: collaborative consumption. 2011. Retrieved from: <https://www.theguardian.com/lifeandstyle/2011/jan/30/ideas-modern-living-collaborative-consumption>. Access in Nov. 2019.
- CARVALHO, F. J. C. *et al.* **Economia monetária e financeira**: teoria e política. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: Campus, 2007.
- FUNDAÇÃO DORINA NOWILL PARA CEGOS. **Tecnologia Assistiva**. n.d. Retrieved from: <https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/tecnologia-assistiva/>. Access in Nov. 2019.
- FUNDAÇÃO DORINA NOWILL PARA CEGOS. **Homepage**. n.d. Retrieved from: <https://www.fundacaodorina.org.br/>. Access in Nov. 2019.
- HENRY, S. L. **Just Ask**: Integrating Accessibility Throughout Design. United States: Lulu.com, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Panorama nacional e internacional da produção de indicadores sociais**: grupos populacionais específicos e uso do tempo. Rio de Janeiro, 2018.
- KAZAZIAN, Thierry. **Haverá a idade das coisas leves**: design e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A strategic design approach to develop sustainable product-service systems: examples taken from the 'environmentally friendly innovation' Italian prize. **Journal of Cleaner Production**, v. 11(8), p. 851-857, 2003.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C; CLARK, G. Product-service systems: using an existing concept as a new approach to sustainability. **Journal of Design Research**, v. 1(2), 2017. Retrieved from: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/JDR.2001.009811>. Access in Nov. 2019.
- MCALOONE, T.; ANDREASEN, M. **Defining Product-Service Systems**. Design for X, Beiträge Zum 13. Symposium, 2002.
- PETROLAITYTE, A. **Distributed Manufacturing applied to Product-Service Systems**: a scenario-based design toolkit. 2019. Thesis (Doctorate in Design) – Department of Design, Brunel University, London, 2019.
- PHILLIPS, M.; PROULX, M. J. Social Interaction Without Vision: an Assessment of Assistive Technology for the Visually Impaired. **Technology and Innovation**, v. 20, p. 85-93, 2018.
- RASOULI, M. R. et al. A Dynamic Capabilities Perspective on Service-Oriented Demand-Supply Chains. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 396 – 401, 2015.
- SASSANELLI, C. et al. Towards a Lean Product Service

Systems (PSS) Design: state of the art, opportunities and challenges. *Procedia CIRP*, v. 30, p. 191 – 196, 2015. SERVICE DESIGN TOOLS. **System Map**. n.d. Retrieved from: <https://servicedesigntools.org/tools/system-map>. Access in Nov. 2019.

THACKARA, J. **In the bubble**: designing in a complex world. Cambridge: The MIT Press, 2005.

VARGO, S. L.; LUSCH, R. F. Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing*, v. 68, p. 1-17, 2004.

VEZZOLI, C. *et al.* **Sistema produto + serviço sustentável**: fundamentos. Curitiba: Insight, 2018.

VIANNA, Maurício *et al.* **Design Thinking**: inovação em negócios. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6869-6372>

**RENATA DE OLIVEIRA CRUZ CARLASSARA** | FAAC/UNESP -| Bauru, SP | Brasil | Mestranda - PPGD - Programa de Pós-Graduação em Design - FAAC/UNESP | Bauru, SP - Brasil |Correspondência para: Rua Ruy Mendes de Rosis, 1-145, apto. 808 - Jardim Infante Dom Henrique, Bauru - SP, 17012-636 | E-mail: [renata.carlassara@unesp.br](mailto:renata.carlassara@unesp.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6949-0675>

**JÚLIA LOPES KANO** | UEMG – Escola de Design | Belo Horizonte, MG - Brasil | Mestranda - PPGD – Programa de Pós-Graduação em Design (FAAC/UNESP) | Bauru, SP - Brasil | Correspondência para: Alameda Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 18-45, apto. 808 – Vila Nova Cidade Universitária, Bauru – SP, 17012-191 | E-mail: [julia.kano@hotmail.com](mailto:julia.kano@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-5590>

**TOMAS QUEIROZ FERREIRA BARATA, Dr.** | Universidade de São Paulo | Departamento de Tecnologia da Arquitetura – FAUUSP | São Paulo, SP - Brasil | Correspondência para: Rua São Benedito, 873, apto. 103, Ed. Grande Mogol, São Paulo – SP, 04735-002 | E-mail: [barata@usp.br](mailto:barata@usp.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9994-6669>

**MONICA MOURA, Dra.** | Universidade Estadual Paulista | Departamento de Design | Bauru, SP - Brasil | Correspondência para: Rua Henrique Savi, 2-63 - Vila Nova Cidade Universitária, Bauru - SP, 17012-205 | E-mail: [monica.moura@unesp.br](mailto:monica.moura@unesp.br)

ORCID: 0000-0001-9219-0363

**IANA ULIANA PEREZ, M.Sc.** | Universidade Estadual Paulista | Doutorado em Design | Bauru, SP - Brasil | Correspondência para: Rua Henrique Savi, 14-44 - Vila Nova Cidade Universitária, Bauru - SP, 17012-205 | E-mail: [iana.uli@gmail.com](mailto:iana.uli@gmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARLASSARA, Renata de Oliveira Cruz; KANO, Júlia Lopes; BARATA, Tomas Queiroz Ferreira; MOURA, Monica; PEREZ, Iana Uliana. How The Design Of Product-Service Systems Can Improve The Life Of People With Visual Impairment. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 157-164, jun. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n3.157-164>.

**DATA DE ENVIO:** 12/12/2019

**DATA DE ACEITE:** 20/06/2020

# PROPOSTA DE HABITAÇÃO UNIVERSITÁRIA PRÉ-FABRICADA

FERNANDO DA SILVA ALMEIDA | UFT

LUIZ GOMES DE MELO JUNIOR, M.Sc. | UFT

## 1. INTRODUÇÃO

Componentes essenciais na arquitetura pré-fabricada, os materiais constituem os sistemas estruturais, de vedações e de conexões, e devem ser considerados na concepção do projeto arquitetônico. Esses sistemas formam um único organismo vivo, gerador de energia, que influenciam os diferentes agentes da edificação, dentre eles: deformação, resistência, estabilidade, desgastes, isolamento termoacústico, etc (AZPILICUETA; ARAUJO, 2012).

A energia associada no processo de fabricação e de transporte desses materiais é denominada como energia incorporada. Esta característica vem sendo estudada, e mensurada, por estar relacionada aos impactos ambientais (CHING; SHAPIRO, 2017).

As definições dos materiais construtivos estão relacionadas às condicionantes locais para implantação de um projeto arquitetônico, uma vez que, a análise dessas condicionantes é o primeiro passo para garantir uma edificação autossustentável. Influenciando direta ou indiretamente nas soluções plásticas, de preservação da vegetação local, habitabilidade, seleção dos materiais construtivos, utilização e gestão dos recursos naturais (LABAKI; KOWALTOWSKI, 1998).

Dessa maneira, o presente resumo apresenta a proposta de projeto arquitetônico de uma Habitação Universitária para Universidade Federal do Tocantins, campus Palmas, Tocantins, com conceitos que envolvem a tecnologia construtiva pré-fabricada e estratégias bioclimáticas.

## 2. O PROJETO

Os núcleos habitacionais são células de apartamentos repetidas e dispostas em dois pavimentos em sequência na implantação. Os níveis de relação entre vizinhança são proporcionados nas áreas semipúblicas dispostas ao longo do projeto. As circulações suspensas, as salas de dança, jogos, vídeos e ateliês assumem um papel de interação social, que envolvem os moradores e proporcionam identidade à habitação.



Figura 1 - Perspectiva das Habitações  
Fonte: Autores (2018)

A busca pela racionalização construtiva e estrutural, organizou o módulo em uma malha composta de 10,40m x 6,00m, subdivididos em outra malha de 0,60m. Com isso, o sistema construtivo é industrializado em *steel frame*, permitindo multiplicações de módulos, caso necessário. O sistema estrutural utilizado nas vedações é composto por montantes leves de aço em C, espaçados de 0,60m em 0,60m, contraventados diagonalmente por uma chapa de aço soldado aos montantes e guias inferiores e superiores dos painéis.

A envoltória do núcleo é composta por cinco camadas, conforme a seguinte ordem, do exterior para o interior do módulo: (1) concreto GRC: painel estrutural; (2) poliuretano expandido: isolamento térmico; (3) lâ de vidro: isolamento térmico; (4) concreto GRC: painel estrutural; e (5) placa de gesso: revestimento interno. As escolhas destes materiais propiciam ao núcleo melhor condicionamento térmico e acústico à edificação, ver figura 2.

Os apartamentos são constituídos de ambientes compartilhados entre quatro moradores, sendo eles: quarto, estar/cozinha, banheiro e área de serviço. Os módulos habitacionais podem ser reversíveis e se transformarem em apartamentos PCD, porém é reduzido o número de habitantes, de quatro para dois, conforme figura 3.

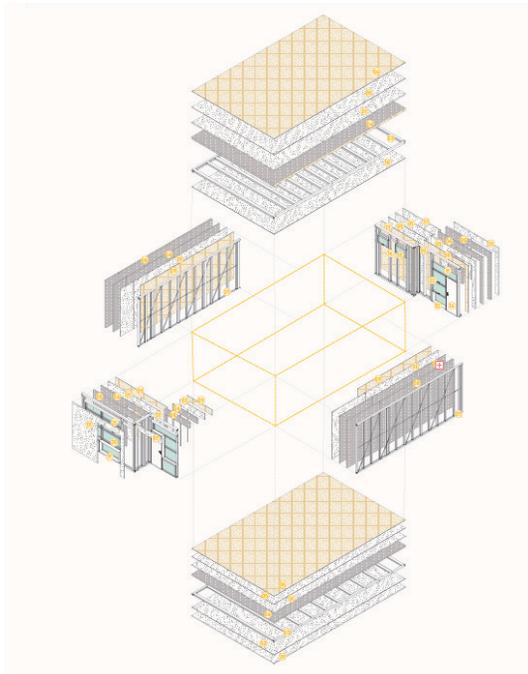


Figura 2 - Isométrica do módulo construtivo  
Fonte: Autores (2018)

## REFERÊNCIAS

AZPILICUETA, Enrique; ARAUJO, Ramón. El mito Industrial. **Tectonica**, Madri, v. 38, n. 119, p. 13-22, jul. 2012.

CHING, Francis D. K.; SHAPIRO, Ian M. **Edificações Sustentáveis Ilustradas**. Porto Alegre: Bookman, 2017. 279p.

LABAKI, Lucila C.; KOWALTOWSKI, Doris C.c.k.. Bioclimatic and vernacular design in urban settlements of Brazil. **Building And Environment**, v. 33, n. 1, p. 63-77, jan. 1998.



Figura 3 - Módulos habitacionais  
Fonte: Autores (2018)

Com relação às estratégias de conforto, foram adotadas cinco estratégias passivas na concepção projetual: (1) vidro triplo nas janelas; (2) fachada protegida; (3) ventilação cruzada; (4) beirais estendidos; e (5) isolamento térmicoacústico.

# ECOVILA ARUÁS

ROSEANA MARTINS RIBEIRO | ICF  
MARIA GENI BATISTA DE MOURA, M.Sc. | ICF

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade moderna apresenta um estilo de vida acelerado, baseado principalmente no consumo excessivo, no individualismo e na despreocupação com a “pegada ecológica”. Ou seja, não se considera a disponibilidade finita dos recursos naturais para suprirem as próprias necessidades.

Dessa forma, as ecovilas surgem como modelos alternativos sustentáveis que buscam o respeito com o lugar em que estão instaladas, criando condições que permitam que as necessidades individuais e coletivas sejam supridas, sem retirar da natureza mais do que ela pode oferecer ambientalmente.

Diante do exposto, o presente trabalho aborda uma parte de um Trabalho de Conclusão de Curso na área de Arquitetura e Urbanismo, no qual possui como proposta um projeto arquitetônico de uma Ecovila localizada na zona rural do município de Teresina-PI, tendo como nome Aruás, fazendo referência a uma antiga tribo indígena que habitou o estado piauiense.

Um ponto importante quando se trata de ecovila, é a educação a partir de práticas vividas na comunidade, estimulando e criando conscientização em meio ao cuidado que se deve ter com a natureza, a partir de práticas de bioconstrução e de permacultura. Os conceitos dessas práticas são abordados por diversos autores, entre eles, Mollison (1991) e Adam (2001), apresentados a seguir.

A bioconstrução, segundo Adam (2001, p. 41), “diz respeito ao relacionamento entre edifício e vida, o impacto das construções na saúde humana e a integração ecológica entre a vida humana e outros tipos de vida, visando o bem-estar global.” Ou seja, trata-se do equilíbrio que se deve ter entre a natureza, o espaço construído e as ações das pessoas sobre o meio.

Conforme Mollison (1991, p. 1), a permacultura visa criar sistemas que são ecologicamente correspondente e economicamente viáveis para suas próprias necessidades, não explorando ou contaminando a natureza, sendo sustentáveis a longo prazo.

A qualidade ambiental é um aspecto ancestral que objetiva estabelecer equilíbrio harmônico entre o homem e a natureza que o cerca. (GAUZIN-MÜLLER, 2011). Apesar

das ecovilas serem um tipo de comunidade antiga que foi se perdendo devido ao modo de vida do mundo globalizado, existe atualmente o resgate dos princípios abordados nessas vilas. Mesmo que hoje elas sejam criadas de maneira intencional, possibilitam que as pessoas tenham contato direto com a natureza, com arquitetura sustentável e técnicas de permacultura e bioconstrução.

## 2. PROJETO

A Ecovila Aruás foi projetada para pessoas que buscam viver de maneira mais simplória, saudável e em harmonia com a natureza. Possui 12 construções, sendo oito edificações de moradias, duas de alojamentos, uma cozinha/refeitório e a outra a qual abriga a recepção e salas para realização de algumas atividades, ademais de conter uma vasta área para vivências ao ar livre.

As construções foram locadas no terreno de maneira setorial, com o objetivo de organizar o fluxo de circulação, estando caracterizada em cinco setores: (1) estacionamento; (2) recepção e atividades; (3) alimentício; (4) moradias e alojamentos e (5) produção. (Ver figura).



Figura 1 - Perspectiva da Implantação  
Fonte: Autoras (2017)

Em relação aos materiais construtivos utilizados tem-se: paredes de hiperadobe, com espessura de 40 centímetros, valorizando o uso da arquitetura da terra na região; as coberturas propostas são de dois materiais, a teto jardim presente em dois setores e a telha ecológica nas demais construções. Estão presentes coberturas, em sua maioria retangulares integrados com as de formas circulares. Ressaltando que as arredondadas possuem um anel

de compressão central auxiliando na estrutura e distribuição das cargas. Para o fechamento acima do anel de compressão foi proposto uma outra cobertura elevada e menor, havendo venezianas fixas entre as duas cobertas, permitindo que haja o “efeito chaminé”.

Além disso, a ecovila apresenta sistemas de tratamento das águas negra e cinza, através da Bacia de Evapotranspiração (BET) e Círculo de Bananeiras (CdB) respectivamente. Esses sistemas foram dimensionados de acordo com a quantidade de usuários. Propõe-se uma área ao fundo do terreno para que o lixo orgânico seja compostado e o inorgânico seja reciclado. Além disso, adotou-se o sistema de captação, armazenamento e reuso da água pluvial.

## REFERÊNCIAS

ADAM, Roberto Sabatella. Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício. São Paulo: Aquariana, 2001.

GAUZIN-MÜLLER, Dominique. Arquitetura ecológica. Colaboração: Nicolas Favet e Pascale Maes. Tradução: Celina Olga de Souza e Caroline Fretin de Freitas. São Paulo: Senac São Paulo, 2011.

MOLLISON, Bill. Introducción a la permacultura. [s.l.: s.n.], 1991.

# REAPROVEITAMENTO DA CASCA DA CASTANHA-DO-BRASIL NO DESIGN DE EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS

ISABELA MATOS PASSARINI | UTFPR  
UGO LEANDRO BELINI, Dr. | UTFPR

## 1. INTRODUÇÃO

O presente estudo trata de temas relacionados à seleção de materiais e ao design de embalagens frente às questões ambientais. A partir do reaproveitamento de cascas de castanha-do-Brasil junto ao poliuretano de mamona, foram desenvolvidas tampas de embalagens para um desafio de sustentabilidade promovido pela Coca-Cola, o *Beyond Packaging*.

A castanha-do-Brasil é uma oleaginosa típica da região amazônica a qual apresenta nutrientes benéficos para a saúde e de importante aplicação no mercado (EMBRAPA, 2011) e gera mais de 56 mil toneladas de resíduos por ano (FECOMERCIO, 2014). A metodologia experimental para testes iniciais teve como base o trabalho de Melo (2013) e foi dividida em três etapas. A primeira constitui pelo estudo do design de materiais e a seleção das matérias-primas para os testes. A segunda, na qual são realizados os testes iniciais, observação do comportamento e análise dos resultados. E a última etapa, com a confecção dos protótipos e sugestões de futuras aplicações.

As investigações realizadas auxiliam no aperfeiçoamento de tecnologias artesanais de baixo custo de fabricação, visando a possibilidade de aplicação em diversas áreas para contribuir com a valorização deste subproduto da biodiversidade amazônica.

## REFERÊNCIAS

COCA-COLA BRASIL. **Desafio da inovação Beyond Packaging**. <<https://cocacola.brightidea.com/beyond-packaging>> 2019.

EMBRAPA. **Boas práticas para a produção da Castanha-do-Brasil em florestas naturais da Amazônia**. <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoestecnologicas/-/produto-servico/1569/boas-praticas-para-a-producao-da-castanha-dobrasil-em-florestas-naturais-da-amazonia>> 2011.

FECOMERCIO. **Reaproveitar resíduos da castanha-do-pará pode beneficiar produtores**. <<https://>



Figura 1 - Protótipos  
Fonte: Elaborada pela autora. (2020)

[www.fecomercio.com.br/noticia/reaproveitar-residuos-da-castanha-do-para-pode-beneficiar-produtores](http://www.fecomercio.com.br/noticia/reaproveitar-residuos-da-castanha-do-para-pode-beneficiar-produtores)> 2014.

MELLO, A. K. **Design de tecnologia social: Reaproveitamento do ouriço da castanha do Brasil no desenvolvimento de novos materiais**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.



# LEVANTAMENTO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA COOPERATIVA DE ENERGIA ELÉTRICA DO SUL CATARINENSE

CLEBER MARCON DE PIERI | UNISUL  
RAFAEL FEYH JAPPUR, Dr. | UFSC

## 1. INTRODUÇÃO

As Cooperativas de Eletrificação estão presentes no setor elétrico brasileiro há muito tempo contribuindo significativamente para o desenvolvimento rural e urbano e trazendo diversos benefícios para a sociedade. Porém, apesar dos benefícios que este sistema de cooperativas promove, o ciclo de vida da energia elétrica ocasiona diversos impactos ambientais que vão além dos impactos decorrentes da geração da energia elétrica, isso porque, para que a mesma chegue até as residências, é necessário também o processo de transmissão e distribuição, processos estes que precisam ter seus impactos conhecidos e avaliados a fim de que medidas de controle e prevenção possam ser propostas.

Diante da importância deste assunto e dos benefícios que um SGA traz para as empresas, em acordo com Barbieri (2011) e ABNT (2015), que este trabalho tem como objetivo identificar os aspectos e impactos ambientais em uma Cooperativa de Energia Elétrica do Sul Catarinense, além de propor oportunidade de melhoria para aspectos e impactos identificados que não possuem controle. Desta forma, busca-se com este trabalho contribuir para uma futura implementação de um SGA, em atendimento a ABNT NBR ISO 14001 na referida Cooperativa. A metodologia utilizada foi de uma pesquisa descritiva e estudo de caso, tendo uma abordagem qualitativa.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Cooperativa de Energia Elétrica atende consumidores de quatro municípios do interior de Santa Catarina. Possui potência instalada de aproximadamente 38.932 KVA e 1500 quilômetros de redes de distribuição em alta e baixa tensão. A sede da empresa possui um galpão para armazenar medindo 230 m<sup>2</sup>, salas administrativas, cozinha, refeitório, além de baias para sucatas e a recuperação de materiais das de campo.

A partir do levantamento das atividades desenvolvidas pela empresa e, seguindo o procedimento metodológico apresentado neste estudo, fez-se então a elaboração da matriz de aspectos e impactos ambientais, com finalidade de identificar aqueles que são mais significativos.

Referente aos resultados verifica-se que existem na empresa um total de 55 ocorrências de aspectos que geram impactos ambientais. Do total de impactos levantados neste trabalho, dois são classificados como Nível I (alto), 10 são classificados como nível II (moderado) e 43 são classificados como nível III (baixo).

Todavia, 26 destes não possuem medida de controle, a saber: consumo de recursos naturais, geração de resíduos recicláveis e não recicláveis, geração de resíduos perigosos - Classe I, geração de resíduos orgânicos, geração de emissões gasosas e geração de resíduos de madeira; elaboraram-se propostas de medidas de controle.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta pesquisa atingir objetivo da pesquisa, assim como agregou conhecimento junto aos colaboradores e lideranças da Cooperativa. Para finalizar, deixa-se como sugestão para trabalhos futuros, o levantamento dos requisitos que a empresa precisa cumprir para a implantação de um SGA em conformidade com a Norma ABNT ISO 14001:2015 e ampliação deste estudo para outras Cooperativas e diferentes segmentos produtivos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR ISO 14001 – **Sistemas de gestão ambiental**: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro. 2015.
- BARBIERI, J.C. **Gestão Ambiental Empresarial**: Conceitos, Modelos e Instrumentos. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.



# O PROCESSO DE ADAPTAÇÃO DE INTELIGÊNCIAS CONSTRUTIVAS ATRAVÉS DO TEMPO

LUÍSA AMANDA DE MACÊDO LIMA | UFRN  
RUBENILSON BRAZÃO TEIXEIRA, Dr. | UFRN

## 1. INTRODUÇÃO

O saber-fazer construtivo têm passado por mudanças ao longo dos séculos, promovidas, sobretudo, pelos avanços tecnológicos. Diante da tecnologia formal de construção, conhecimentos vernaculares oriundos de *Culturas Construtivas Tradicionais* (MORLEY, 1987), tendem ao desaparecimento ou sofrem processos de adaptação a essas mudanças, especialmente no tempo presente. Porém, quais vestígios dessas antigas tradições no ato de construir podemos encontrar ao longo desses processos de adaptação?

Algumas obras que se adequam à atualidade, por exemplo, são capazes de expressar um senso regionalista por meio de aspectos vernaculares, anti-gos saberes construtivos passados de geração à geração, ou seja, *Inteligências Construtivas*. (FERREIRA, 2012)

Geralmente, tais obras são apenas vestígios do que seria uma concepção de arquitetura vernacular em sua integralidade, mesmo assim, possuem aspectos ou indícios de antigas tradições construtivas, como é o caso de alguns projetos de Diébédo Francis Kéré, na África e algumas obras de Severiano Porto no Brasil.

A fim de averiguar e compreender a expressão de tais arquiteturas “híbridas” (dotadas de alguns aspectos vernaculares e ao mesmo tempo de um certo nível de tecnologia formal), esta pesquisa de dissertação de mestrado, atualmente em desenvolvimento no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), pretende investigar como as tradições no ato de construir, presentes na arquitetura vernacular, são apropriadas por obras arquitetônicas e se expressam na contemporaneidade.

## 2. OBJETIVO

O principal objetivo desta pesquisa, é investigar o processo de adaptação de *Inteligências Construtivas* de origens vernaculares à contemporaneidade.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa consiste em análises de obras contemporâneas com o caráter híbrido citado, por meio de dois eixos temáticos: *Culturas Construtivas Tradicionais* e *Inteligências Construtivas*, através de levantamentos bibliográficos e documentais, estudos de casos indiretos e formais, entre outros. Em sua etapa inicial, é demarcado um estudo bibliográfico dos autores que tratam destes eixos, por meio de uma apreciação reflexiva de suas pesquisas e publicações. Ao longo de seu desenvolvimento, são colocados em foco os aspectos tradicionais vernaculares dos edifícios que assumem esse caráter híbrido, ressaltando suas adaptações contemporâneas e, buscando, enfim, uma compreensão mais profunda e consistente sobre o processo de apropriação e adaptação de *Inteligências Construtivas* vernaculares à atualidade.

## 4. EIXOS DE PESQUISA

As *Culturas Construtivas* fazem parte de um sistema caracterizado pelo acúmulo de experiências e de valores por meio de sistematizações, normas e divisões de trabalhos relacionados a ação construtiva. Frente a esta perspectiva, será adotado o termo *Cultura Construtiva* tal como compreendido nas definições de Jane Morley (1987) e de Howard Davis (2006), sendo aquela que marca o modo único com o qual grupos sociais constroem.

Ela pode ser entendida em duas escalas (figura 1), uma escala mais ampla relativa a produção em massa de casas, igrejas, escolas, cidades, nações, ou seja, do mundo como o conhecemos hoje (DAVIS, 2006), ou em uma escala menor e mais focada, geralmente chamada de *Cultura Construtiva Tradicional*, que consiste nas tradições e valores no ato de construir de povos ou grupos sociais (MORLEY, 1987).

O termo *Inteligência Construtiva*, por outro lado, é mais utilizado na filosofia e na antropologia sem grandes conotações, e suas aplicações são variadas. Sob uma ótica arquitetônica, no entanto, ele pode ser compreendido como o “saber-fazer construtivo” presente em *Culturas Construtivas*

*Tradicionais.* Estes saberes, quando apropriados por uma lógica projetual, se traduzem em obras arquitetônicas contemporâneas que apresentam, em alguns casos, indícios de antigas tradições ou técnicas construtivas.

Por fim, através da investigação destas *Inteligências Construtivas* de origens vernaculares em obras de caráter híbrido, esta pesquisa pretende ressaltar a importância de compreender os processos de produção da arquitetura vernacular na atualidade, contribuindo de forma acadêmica e social em futuras pesquisas sobre o tema.



**Figura 1** - Esquema que representa as diferentes escalas da Cultura Construtiva  
**Fonte:** Desenvolvido pela autora, 2019.

## REFERÊNCIAS

- DAVIS, Howard. **The culture of building**. New York: Oxford University Press, 2006.
- FERREIRA, Thiago Lopes. **Um olhar sobre os processos de produção das culturas construtivas tradicionais**, Risco. - Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo, São Paulo: IAU – USP, 2012.
- MORLEY, Jane. **Building Themes in Construction History: recent work by the Delaware Valley Group**, Construction History, Vol. 3, 1987.

# DESIGN: CONTRIBUIÇÕES PROJETUAIS E CRIATIVAS À PRÁTICA DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

LEONARDO THOMÉ DE ANDRADE | UERJ

LUIZ VIDAL GOMES, Dr. | UERJ

PAULO CESAR MACHADO FERROLI, Dr. | UFSC

Em nosso mundo contemporâneo identificamos a coexistência de dois paradigmas paradoxais: o paradigma vigente, da lógica capitalista, que vive seu ápice e inicia seu declínio, e o paradigma emergente, da lógica da Sustentabilidade, que vem ganhando consistência no século XXI.

O setor da construção civil, com recorte no canteiro de obras, foi escolhido por ser de baixa sustentabilidade, de grande importância para a qualidade de vida da sociedade, e um campo representativo de profissionais, processos e materiais, onde o designer projetista tem potencial para identificar oportunidades de contribuição e propor mudanças nos modos de projetar e construir que colaborem com o desenvolvimento sustentável e alinhados com o novo paradigma.

A dissertação propõe uma abordagem epistemológica crítica, pois parte da premissa de que os conhecimentos tecnológicos aplicados nos setores produtivos obedecem, em sua grande maioria, a interesses ideológicos e às consequências dessa prática para toda a sociedade. Ela explora a coexistência dos padrões vigentes e em formação, analisando os seus aspectos e buscando soluções para que a sociedade brasileira alcance níveis de qualidade de vida superiores aos atuais. Através da construção de uma perspectiva histórica, será possível detectar formas de interferir efetivamente em processos em curso e no futuro próximo.

A revisão bibliográfica da dissertação incluiu conceitos advindos de múltiplas esferas, que contribuem para a estruturação do novo paradigma ao longo do século XX e se alinham com o conceito de sustentabilidade. Das Ciências Naturais, por exemplo, a Teoria dos Sistemas de Bertalanffy, das décadas de 50 e 60, coloca que os sistemas são abertos, análogos a organismos vivos e capazes de se equilibrarem interna e externamente. Das Ciências Econômicas vale destacar a obra do economista e filósofo francês Serge Latouche, que distingue desenvolvimento

de crescimento econômico e faz críticas contundentes ao sistema capitalista. O também economista Celso Furtado e o designer Aloisio Magalhães, na década de 70 ressaltam a importância da valorização da nossa diversidade cultural para a criação de um modelo de desenvolvimento genuinamente brasileiro. Das Ciências Sociais, o designer e arquiteto Victor Papanek, estudioso de antropologia, critica o consumismo e valoriza a participação do designer em projetos com cunho social, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento. Do universo corporativo é relevante a contribuição do consultor corporativo John Elkington que cunhou a expressão Triple bottom line, comumente traduzida para o português como tripé da sustentabilidade. A este modelo vários autores propõem adaptações, inclusões, revisões, dentre as quais uma das mais aceitas é a inclusão da dimensão cultural, utilizada nessa dissertação. Para a reflexão sobre a complexidade do cenário que se configura estar de acordo com a relevância do debate, é preciso compreender ainda conceitos como: justiça social, impacto ambiental, diversidade cultural e viabilidade financeira.

A revisão de literatura incluiu também a pesquisa de leis, normas e certificações relacionadas a sustentabilidade na construção civil, das quais podemos destacar a lei CONAMA, a Norma NBR 15.575 e as certificações verdes, que fez parte da pesquisa com entrevistas semiestruturadas com consultores e auditores.

O foco da dissertação foram metodologias projetuais aplicadas e aplicáveis à sustentabilidade e em desenvolvimento, nas áreas de Engenharia, Arquitetura e Desenho Projetual.

Em Engenharia, nas visitas técnicas realizadas em canteiros de obras foram detectadas dissonâncias entre projeção e execução que comprometem durabilidade, manutibilidade e conseqüentemente a sustentabilidade da edificação. Os Manuais de Práticas encontrados, com

descritivos dos procedimentos sem ilustrações e com péssima comunicação visual com o público-alvo destinado, são tratados como mera formalidade e seus procedimentos muitas vezes não são cumpridos.

Em Arquitetura foram analisadas três metodologias projetuais aplicáveis à Sustentabilidade: Lean Construction, derivada do Sistema Toyota de Produção, criado na década de 50, com o objetivo de reduzir custos, eliminar erros de concepção de projeto, integrar equipe e aumentar a produtividade; Building Information Modelling (BIM), metodologia de modelagem de projeto que utiliza plataformas digitais para inserir dados e informações e compartilhá-las com as equipes de projeto com o objetivo de ensaiar desempenhos e dar suporte às tomadas de decisão; e Open Building, que propõe um sistema construtivo que possibilite a adaptação do espaço interno da construção maximizando a versatilidade e minimizando os desperdícios de materiais construtivos.

Em Desenho Projetual foi realizada uma ampla pesquisa de autores, metodologias propostas, análises sobre metodologias existentes e propostas de contribuição. Dentre tantos, destacamos:

- Bonsiepe e Löbach, da Escola Funcionalista, com proposições focadas em Projeto de Produto no contexto industrial, porém conceitualmente aplicáveis a projetos da construção civil, especificamente em canteiros de obras;

- Baxter, também focado em Projeto de Produto, que valoriza o trabalho interdisciplinar entre design e marketing;

- Bomfim que afirma que "O Design é uma práxis essencialmente interdisciplinar." E, embora não tenha proposto método, coloca conceitos importantes para um novo modus operandi: fala em usabilidade, mapas mentais, clínica de produtos, para atender às necessidades do usuário;

- Manzini e Vezzoli, que dão duas contribuições relevantes para a concepção de Metodologias aplicáveis à sustentabilidade: LCD (Projeto de Ciclo de Vida), que propõe projetar produtos por processos com o mínimo de impacto ambiental em todas as etapas e LCA (Avaliação do Ciclo de Vida), que faz o levantamento dos inputs e outputs significativos no sistema. Esse método é utilizado em algumas Normas ISO.

As metodologias inovadoras também foram analisadas, com destaque para a impressão 3D, já presente no mercado mundial e viável financeiramente em alguns nichos e em franca expansão para outros nichos.

As pesquisas e coletas de dados foram feitas em três frentes:

- entrevistas a consultores auditores de certificações verdes;

- visitas a canteiros de obras feitas em Florianópolis, e

- pesquisa de madeiras plásticas existentes no mercado.

O momento de construção do novo paradigma é uma grande oportunidade de valorização profissional do designer. Para que esses processos sejam catalisados e se sinergizem devemos nos valer do legado das metodologias e instrumentalizar o designer em formação de competências e valores profissionais alinhados com a sustentabilidade e designers profissionais da capacidade de aprender, desaprender e reaprender. Essa transformação gera uma nova gestalt da profissão e contribui para que o design seja entendido como um processo e não um evento. Diante desse cenário, a definição de Design Industrial de 2015 do International Council of Societies of Industrial Design é a mais adequada ao paradigma sustentável, que define o designer como ator estratégico dos processos de inovação, que coloca o ser humano no centro do processo, enxerga problemas como oportunidades, fala em qualidade de vida, transdisciplinaridade, criatividade.

O Estudo das metodologias, métodos, processos de Design nos permite identificar a sua evolução conceitual, abrangência e aspirações. Ao longo do século XX a complexificação das demandas gerou a necessidade de inclusão de competências projetuais da profissão. Atualmente presenciamos o Design em pleno processo de reposicionamento e ressignificação. O Design contemporâneo projeta holisticamente incorporando teoria e prática, tecnologia e inovação. Profissões como Administração, Arquitetura, Artes, Marketing, Publicidade, Engenharia demandam o campo profissional para o design. Cada vez mais frequentemente são requeridas ao designer competências de disciplinas como Psicologia, Ecologia, Filosofia, Economia, Antropologia, Tecnologia, dentre outras, que, aplicadas ao projeto, serão de grande contribuição. As demandas projetuais determinam o repertório metodológico a ser utilizado, os métodos e processos aplicáveis.

De acordo com Leonard Bruce Archer "O problema do Design resulta de uma necessidade." Partindo então dessa afirmativa elaboramos a questão: "O Problema Projetual da Sustentabilidade na Construção Civil resulta de quais necessidades?"

Para isso compõem-se o cenário da sustentabilidade, com seus pilares: social, ambiental, financeiro e cultural, os atores: sujeito criador (designer, arquiteto, engenheiro), sujeito produtor (empresário, fabricante, distribuidor) e cliente (usuário, consumidor, comprador) e o enredo de conceitos e valores: ética, humanismo, transdisciplinaridade, sustentabilidade.

A Contribuição do Design para a Sustentabilidade na Construção Civil com recorte no canteiro de obras é, portanto, riquíssima e multifacetada. Na habilidade Design

de Produto a pesquisa de materiais com demandas de sustentabilização em diversas etapas de seus ciclos de vida, como madeira, gesso e concreto armado e de processos construtivos, passíveis de inovações incrementais e disruptivas pontuais ou globais. A Comunicação Visual, por sua vez, pode contribuir na criação de sistemas de sinalização interna da obra, com pictogramas por exemplo e manuais de operações legíveis, modulares, em cartilhas ou libretos. Na área de Design de Interação a contribuição relevante é o desenvolvimento e implementação de utilização de aplicativo para mestres de obra e engenheiros de atualizações online de realizações e sequenciamento de tarefas, cumprimento de prazos, utilização de materiais, demanda de mão-de-obra.

Essa dissertação foi desenvolvida em um cenário de crises nacionais e transformação mundial. As pesquisas realizadas revelam a complexidade do tema, a multiplicidade de faces das questões de aprofundamento urgente, terreno fértil para profissionais criativos em equipes multidisciplinares inovarem projetivamente colocando em prática teorias que vem sendo construídas ao longo das últimas décadas e que alicerçam o novo paradigma. A ampliação do campo do design, com a reavaliação de valores profissionais construídos academicamente e reconstruídos mercadologicamente, o uso estratégico da criatividade, inerente à profissão fundamentam a ressignificação do profissional projetivo designer do século XXI e o alinham ao novo paradigma.

O paradigma da Sustentabilidade em concepção requer habilidades de múltiplos profissionais empenhados em construir um futuro melhor para as próximas gerações. O cenário da indústria da construção civil é especialmente fértil para pesquisa, desenvolvimento e inovação para a Sustentabilidade. Que o trabalho do designer dentro de equipes transdisciplinares seja de sustentabilizar projetos.



# AVALIAÇÃO DE MÉTODO DE CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA A DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL NA BACIA DO RIO ITAPOCU/SC

ADILSON GORNIACK, M.Sc. | UDESC

MARIA PAULA CASAGRANDE MARIMON, Dra. | UDESC

## 1. INTRODUÇÃO

Acorrentados ao processo de urbanização estão à impermeabilização do solo, aterros, canalizações de cursos naturais de águas, desmatamento, entre outros, que geram significativas mudanças no escoamento das águas das chuvas. Uma das consequências da alteração do uso do solo é o aumento do potencial destrutivo e da frequência das inundações.

O objetivo principal dessa dissertação foi o analisar os princípios da Drenagem Urbana Sustentável (DUS), de sorte a propor um novo *modus operandi* na gestão do escoamento das águas pluviais na bacia do Itapocu que viesse a contribuir na harmonização do ambiente construído e o meio natural.

A fim de consolidar esse objetivo, três diretrizes foram propostas:

- verificar na legislação dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Itapocu a aplicação da filosofia da DUS - controle na fonte – a existência da Taxa de Permeabilidade;
- propor um método para determinação da Taxa de Permeabilidade Mínima para a bacia do Rio Itapocu e
- estudar medidas compensatórias como forma de controlar o escoamento superficial no lote.

Considerando a natureza das diretrizes em que temas voltados à gestão (legislação) se misturam à vertente técnica (dimensionamento), o método empregado foi a revisão bibliográfica.

## 2. RESULTADOS

Ao estudar a aplicação dos princípios da DUS, controle na fonte, efetivados por áreas de infiltração no lote e regulamentados pela presença legal da taxa de permeabilidade na legislação dos municípios, verificou-se que dos 12 (doze) municípios da bacia do Rio Itapocu, apenas 03 (três) dispõem de tal instrumento urbanístico consolidado quantitativamente, a saber: Blumenau na taxa de permeabilidade de 20% (vinte por cento) e o seu complemento

a taxa de impermeabilidade nos municípios de Campo Alegre e São Bento do Sul no percentual máximo de 10% (dez) da taxa de ocupação. Estes dois últimos municípios apresentam percentuais maiores, uma vez que transformados em termos de taxa de permeabilidade resultam em 45% (quarenta e cinco) para o município de Campo Alegre e 34% (trinta e quatro) para o município de São Bento do Sul.

Interessante pontuar a legislação dos municípios de Joinville e Schroeder, em que a taxa de permeabilidade é conceituada, mas não estava devidamente quantificada, sendo elemento meramente figurativo.

A segunda diretriz foi alcançada com recursos advindos das engenharias, arquitetura e sociologia e teve como resultado a equação (1), a seguir:

$$\text{TPM} (\%) = (\text{fp}) \times (\text{IAV}) \times 100 / (\text{LPM})$$

Onde:

TPM – taxa de permeabilidade mínima

fp – família padrão (IBGE- 4 habitantes).

IAV – índice de área verde – (12,00m<sup>2</sup>/hab)

LPM – Lote Padrão Mínimo – (240,00m<sup>2</sup>).

A equação aplicada ao município de Joinville resultou na taxa de permeabilidade de 20% (artigo 64, da Lei Complementar nº 470/2017).

Para alcançar o objetivo principal (harmonizar o ambiente construído e o natural), a terceira diretriz – medidas compensatórias- inseriu um novo *modus operandi* na forma de controlar o escoamento superficial no município de Joinville, que veio a consolidar o conceito “*jardins drenantes*” (Artigo 2, Decreto nº 33.767/2019).

## REFERÊNCIAS

GORNIACK, Adilson. **Avaliação de Método de Controle do Escoamento Superficial para Drenagem Urbana Sustentável na Bacia do Rio Itapocu – SC**. Dissertação de Mestrado – MPPT/ UDESC. Florianópolis - SC, 2014



# ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE MATERIAIS E SUBSISTEMAS CONSTRUTIVOS DE UMA EDIFICAÇÃO COM VIÉS SUSTENTÁVEL, EM FASE DE PROJETO

INGRID ZITTO | UFRGS

MIGUEL ALOYSIO SATTLER, PhD. | UFRGS

## 1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral o grande impacto ambiental que a construção civil causa, sob diversos aspectos, tais como: extração de matérias primas; geração de altos volumes de resíduos; desmatamento; poluição de águas e ar. Diante deste quadro, é premente a necessidade de mitigar esses impactos, por meio de projetos que visem o aperfeiçoamento de técnicas construtivas e escolhas mais conscientes e adequadas de materiais. Assim, observa-se a relevância da avaliação de materiais e métodos construtivos, bem como da divulgação de tais procedimentos, junto aos profissionais envolvidos no setor da construção civil. Considerando isso, definiu-se como objetivo principal deste trabalho a avaliação ambiental dos subsistemas e materiais, a serem empregados na edificação em estudo. Já como objetivos secundários estabeleceu-se: (a) a identificação dos subsistemas e materiais construtivos previstos em projeto que possam minimizar impactos ambientais; (b) o refinamento do método a ser adotado para a avaliação de impactos ambientais.

## 2. OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta pesquisa é uma edificação de pequeno porte, a ser construída no município de Feliz (RS), com a finalidade de sediar o CERES - Centro de Estudos Regenerativos e Sustentabilidade. O CERES, apresenta uma área compacta, de 58,55m<sup>2</sup>, distribuídos em dois pavimentos. O seu projeto foi desenvolvido com base em princípios de sustentabilidade, como: utilização de materiais locais; reutilização de materiais existentes no local da construção; aproveitamento de parte da edificação existente; entre outros.

## 3. MÉTODO DE AVALIAÇÃO

A avaliação dos impactos ambientais dos materiais e subsistemas a serem adotados na edificação utilizou, como referência, o método aplicado por Kuhn (2006) em sua

dissertação de mestrado, que foi aprimorado com a adição de dois novos itens, (f) e (g), identificados abaixo. Considerou-se sete critérios: (a) materiais não reaproveitáveis; (b) materiais sem potencial de reaproveitamento; (c) perdas de materiais; (d) quantificação de madeiras nativas; (e) pegada energética; (f) pegada de carbono; (g) pegada hídrica. Na fase inicial dos estudos, levantou-se o quantitativo de todos os subsistemas e materiais, por área. Em seguida, cada componente foi quantificado em termos de sua massa. Por fim, executou-se os cálculos cabíveis, para cada critério analisado. Na avaliação das pegadas, adotou-se índices unitários, que caracterizassem o potencial impacto gerado na produção desses materiais. Assim, obteve-se a quantidade total, por material e por subsistema analisado.

## 4. CONCLUSÕES PARCIAIS

Para cada tipo de material e subsistema, foram verificados ganhos ambientais em alguns critérios. No entanto, desvantagens foram identificadas em relação a outros critérios.

Constatou-se a importância da adequação do projeto aos objetivos almejados, bem como a sua adaptação ao local de implantação, otimizando o ajuste do projeto às especificidades de cada situação. Os resultados demonstram que, mesmo quando se procura minimizar os possíveis impactos, ainda ocorrem impactos de difícil controle. A pesquisa revela o quão complexa é a busca pela minimização de impactos da construção civil e a importância da utilização de indicadores para a sua redução.

## REFERÊNCIAS

KUHN, E. A. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.



# BLOCOS DE TERRA COMPACTADA DE SOLO-CIMENTO COM RESÍDUO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO: CARACTERIZAÇÃO PARA USO EM EDIFICAÇÕES

FABIÓLLA XAVIER ROCHA FERREIRA LIMA, Dra. | UFG  
PAULO CASTILHO LIMA, Dr. | UnB

## 1. RESUMO

A tese surgiu da necessidade de aprofundamento na pesquisa sobre blocos de solo-cimento como material alternativo de construção, com uma análise a partir da visão da arquitetura, e não só da construção civil, observando o problema da moradia no Brasil e, além disso, em busca de soluções que contribuíssem com a preservação do meio ambiente. Uma vez que para a construção de novas moradias grande quantidade de recursos naturais são extraídos de forma indiscriminada e também causam significativa geração de resíduos, sugere-se a incorporação de resíduo de argamassa de cimento e areia, proveniente do assentamento e revestimento de paredes (Figura 1), na produção de blocos de solo-cimento, denominado BTC (bloco de terra compactada) de SCR (solo-cimento-resíduo). Com finalidade de uso para fechamentos e vedações verticais de moradias de interesse social, foram realizados estudos, ensaios e análises de desempenho técnico dos blocos moldados (Figura 2). Atentando-se para a originalidade da pesquisa, foram estudados traços com 12,5% de cimento e 0%, 20%, 40% e 60% de resíduo em substituição à massa de solo. O procedimento experimental abrangeu a definição das dosagens dos traços, a preparação e caracterização das amostras de solo, das amostras de cimento, amostras do resíduo e a caracterização físico-mecânica dos BTCs-SCR, por meio dos ensaios de absorção e durabilidade, ambos aos 7 dias, e resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade.

Os resultados mostram que todos os traços com resíduo são indicados para confecção de BTC-SCR, porém, o traço que obteve melhores resultados foi aquele com 20% de resíduo (Figura 3).



Figura 1 – Resíduo de argamassa de cimento e areia coletado em canteiro de obra  
Fonte: Autora



Figura 2 – Blocos moldados para cura  
Fonte: Autora



**Figura 3** – Resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias  
**Fonte:** Autora

Em termos gerais, considera-se a substituição do solo pelo resíduo mais uma alternativa econômica e sustentável para a produção de componentes construtivos que atendam aos critérios de coordenação modular, resistência mecânica, capacidade de absorção de água e durabilidade, necessários ao bom desempenho ambiental e de conforto das edificações, especialmente moradias de baixo custo.

## ENTREVISTA COM: ANA VERONICA PAZMINO



### FORMAÇÃO

Bacharel em Desenho Industrial na UFRJ, Mestre em Engenharia de Produção na área de concentração Gestão da Qualidade Ambiental na UFSC, Doutora em Design na PUC/Rio. Atualmente, coordenadora do Curso de Design de Produto da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), nesta universidade professora do curso de graduação em design e design de produto. Líder do Grupo de pesquisa Design Multidisciplinar no Cnpq. Colaboradora do *Learn Sustainability by Design for All* (LeNS Brazil).

No campo da sustentabilidade as linhas de pesquisa tratam sobre o projeto e meio ambiente e design social. As publicações estão relacionadas a métodos de projeto, design social e inovação. No ensino da graduação a disciplina Teoria e Prática do Design Social, foi criada em 2017 na segunda fase do curso, como uma forma de inserir os conhecimentos da ação social e atender o Plano Nacional de Educação – PNE sobre a Curricularização da Extensão no curso.

Acredito que o designer como um profissional que

de forma intencional concretiza os diversos conhecimentos em objetos tangíveis para que sejam usados e aproveitados pelo ser humano, tem uma responsabilidade ambiental, social, econômica, cultural entre outras e é na Universidade que o estudante deve ter contato com temas da sociedade e do contexto para que desenvolva um pensamento crítico como cidadão e profissional.

### DESIGN E MEIO AMBIENTE E A DIMENSÃO SOCIAL

O tema do meio ambiente e design social surgiram na graduação onde aconteceu uma convergência de saberes e situações que me aproximaram do campo, o livro *Design para o mundo real* de Victor Papanek, Gui Bonsiepe e sua defesa pelo design para a periferia, o conhecimento da biônica aplicada ao projeto e a Conferência do meio ambiente Rio 92. A partir daí começou uma atenção para temas relacionados com o que viria a ser a “sustentabilidade”.

Percebo que ao longo de 60 anos após o livro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson, o tema dos problemas ambientais vem ocupando a mídia e muita bibliografia tem sido produzida. Em contra partida, os impactos ambientais provocados pelo ser humano, gerados em grande parte pelo consumo em massa e a sociedade do desperdício não diminuem, pois existe um descaso em relação à gravidade da situação ambiental e social. As problemáticas de poluição da água, desmatamento, acúmulo de lixo em lixões a céu aberto e no oceano, aumento do lixo eletrônico, crescimento da pobreza, aumento da desigualdade, requerem mudanças urgentes de toda a sociedade.

Goleman (2009) defende enfaticamente que precisamos dominar um novo tipo de matemática que explicita, com muito mais clareza e detalhamento, as consequências de nossas escolhas, compras no dia a dia de forma que possamos classificar os impactos e refletirmos sobre eles.

Esse novo tipo de matemática ou paradigma precisa de uma revolução social, cultural e educacional, que reorienta a produção e consumo dos bens naturais

e materiais. Para isso precisamos redefinir a palavra sustentabilidade, como equilíbrio ao longo do tempo, sendo este no âmbito ambiental, humano e social.

Para os designers a sustentabilidade é um problema **complexo**, envolve projetar com conhecimento da dimensão social, ambiental e econômica, ou seja, trabalhar seriamente de forma interdisciplinar como forma integradora e fomentadora de parceria de diferentes áreas do conhecimento provocando novos campos de estudo e pesquisa.

A complexidade da sustentabilidade exige uma postura consciente no ensino de design, perceber o **que é possível fazer e o que é uma utopia e cabe apenas na teoria e não na práxis do design**, como ser crítico as acusações que dirigem ao designer sobre os impactos produzidos. Entretanto, incorporar um sentido de responsabilidade pelas ações na atividade projetual. Sabemos que na maior parte das vezes durante o desenvolvimento as decisões estratégicas e de mercado não estão no nível de ação da profissão.

Leonard (2011, p.120) destaca que o estágio do projeto estabelece: os componentes que precisam ser extraídos ou criados; a quantidade de energia despendida na fabricação e no uso do produto; a presença ou ausência de substâncias tóxicas; a vida útil do produto; a facilidade ou dificuldade de conserto; sua capacidade de reciclagem; os danos causados ao enterrar ou queimar o produto, caso não seja reciclável.

Para McDonough e Braungart (2005) a etapa de projeto é o “primeiro sinal de intenção humana”, podendo provocar apenas melhorias, como eliminação de peso e impacto ambiental, ou levar realmente a uma reavaliação dos paradigmas atuais. Para os autores, nem a saúde dos sistemas naturais, nem o entendimento da sua complexidade e da inter-relação têm sido consideradas pelo design.

Os autores ainda apontam que muitas vezes a intenção do design consiste apenas em criar um produto atrativo que seja acessível, que cumpra com as regulamentações, que tenha um desempenho aceitável e dure o suficiente para satisfazer às necessidades dos mercados. Porém, ressaltam que embora os produtos satisfaçam aos desejos de fabricantes e consumidores, não estão projetados para beneficiar a saúde humana e ecológica. Cabe mencionar que o designer muitas vezes não tem informações suficientes e age equivocadamente por falta de conhecimento e em outras situações o seu trabalho se limita para realizar a parte estética no plano operacional, não fazendo parte da equipe de decisões estratégicas.

A produção industrial desde o surgimento da Revolução Industrial aceitou ter um produtor que pode criar bens perecíveis em quantidade superior à procura, causando desperdícios e que pode baixar a qualidade dos produtos e criar uma obsolescência para incentivar o consumo. Esta visão precisa mudar.

O paradigma da sustentabilidade ainda não se apresenta mais convincente que os dos recursos infinitos, da necessidade do crescimento, da aceitação e incentivo ao consumismo. É necessário entender que a era do antropoceno mostra em diversas paisagens que a humanidade está sendo induzida a uma situação quase irreversível em que o limite do ecossistema e dos recursos será uma realidade.

Na minha opinião, na sustentabilidade, o designer consegue agir apenas em **duas dimensões** e de forma ainda incipiente: 1. Na dimensão ecológica – no desenvolvimento de produtos e serviços de baixo impacto ambiental na preocupação com o bem-estar do meio ambiente e do ser humano - e 2. Na dimensão social – no desenvolvimento de objetos, serviços, dinâmicas que beneficiem a base da pirâmide de forma que promovam uma melhoria na vida -.

Essas duas dimensões são extremamente complexas e os designers estão começando a ter informações e conhecimentos para agir de forma intencional nelas. Deixo de lado a dimensão econômica do desenvolvimento sustentável que envolve a exploração de recursos naturais e humanos, visando prosperidade dentro de um baixo consumo, já que envolve ações de mercado que estão instauradas nos modelos econômicos e, por tanto, distante da ação do designer.

#### DIMENSÃO ECOLÓGICA: DESIGN E MEIO AMBIENTE

Acredito que o designer pode trabalhar de alguma forma no *Design for Environment, Green Design, Ecological Design ou Ecodesign*, muito mais que na dimensão econômica que a sustentabilidade abrange. Projetar para o meio ambiente sugere projetar intencionalmente com critérios ecológicos.

Novamente, é necessário mencionar que o aluno na universidade precisa adquirir o conhecimento dos tipos de impactos provocados com cada escolha. Lamentavelmente, percebo que das disciplinas na graduação dos cursos de design ainda faltam aquelas que dariam suporte para um desenvolvimento ambiental seguro. Este tipo de disciplina, incentivei na graduação, onde lecionei a matéria de Design e

Sustentabilidade e, como resultado, os alunos desenvolveram propostas muito interessantes de produtos e serviços que podem ser vistos em artigos publicados no ENSUS, SBDS, em revistas da área e em relatórios de Trabalhos de Conclusão de Curso de Design (TCC), disponíveis no repositório digital da Biblioteca Universitária da UFSC.

Os resultados dos projetos de sala de aula e de TCC são modelos e protótipos que têm sido entregues à comunidade, como escolas de ensino básico e creches. Para construção dos protótipos, contamos no curso com o Laboratório de Fabricação Digital Pronto 3D, que é um FabLab onde os alunos bolsistas e voluntários atendem as demandas do curso e da comunidade. Para serem produzidos em maior quantidade, dependemos do apoio de empresas ou instituições que tenham interesse em financiar ou produzir a um custo justo.

Ainda existe falta de parceria indústria-universidade-sociedade que permita que mais soluções sejam implementadas.

Um produto ecologicamente correto envolve diversos requisitos que devem ser atendidos e maximizados durante o desenvolvimento, para minimizar o impacto ao meio ambiente ao longo do ciclo de vida é necessário que um designer possua uma boa bagagem para que possa fazer as escolhas de materiais e avaliar a qualidade ambiental antes de materializar os modelos de diversas fidelidades usados ao longo do processo assim como o objeto final. São necessários indicadores ambientais claros para que o designer realize com confiança suas decisões. Essa preparação deve ser feita na universidade.

Os saberes relacionados a questões ambientais devem ser trabalhados de maneira a formar um novo pensamento epistemológico. Deve ter conhecimento tal, capaz de discernir a relação destes conhecimentos e de possibilitar uma visão macro em busca de atender o grupo social e não provocar impactos, permitindo uma ação mais abrangente do que pode ser feito no projeto. Essas discussões deveriam ser naturalmente colocadas em prática nos cursos de design, para formar além de um profissional da área de projeto, um cidadão e um consumidor consciente.

Por que a harmonia, que aparece tão claramente na natureza, não tem um papel essencial na nossa vida social? Nós estamos tão fascinados com nossa onipotência, com o poder da inventar e realizar, que talvez tenhamos perdido de vista a força dos limites. Mas, agora nós nos vemos de repente, obrigados a limitar a exploração de

nossas riquezas materiais e o aumento da população [...] precisamos aprender novamente a economizar e nos moderar, encontrando as proporções certas e eficazes. (BLÜCHEL, 2009, p. 51)

A biônica e biomimética são temas muito interessantes para o campo de projeto, assim como, áreas relacionadas a ecologia, materiais e biologia. O design para o meio ambiente não deve ser visto como uma proposta audaciosa, solucionadora dos problemas ambientais que assolam o planeta, nem será eficaz se praticado apenas por designers. Deve ser considerada uma abordagem complexa e interdisciplinar, que abranja o conhecimento de diversas disciplinas que possibilitem sua inserção no processo de desenvolvimento, repensando os conceitos produtivos, o sistema político e econômico no qual estamos inseridos, como também nossa postura como profissionais, usuários e consumidores.

#### DESIGN SOCIAL

O designer também pode contribuir com a dimensão social que se caracteriza como uma ação sócio-política para atender as necessidades reais de comunidades que não são atendidas pelo mercado.

Para (PERASSI, 2017) há três condições gerais que aparecem de maneira mais recorrente:

1) Gratuitamente, designers atuam em comunidades como voluntários autônomos ou como integrantes de projetos sociais;

2) Com financiamento, designers atuam em comunidades, coordenando projetos próprios ou integrando projetos de terceiros, sendo patrocinados por verbas públicas ou organizações privadas;

3) Como empreendedores sociais, designers atuam em comunidades, buscando auferir renda, com parcerias e negócios comunitários ou prestando serviços a preços acessíveis e vantajosos para os clientes. Visando atender a interesses e necessidades das comunidades, os projetos, as ações e os produtos de Design Social, além de oportunizarem o trabalho voluntário, também podem oferecer trabalho e renda para designers e integrantes das comunidades. Em parte, isso justifica a organização de micro comunidades criativas ou produtivas, nas quais pessoas com afinidades de recursos e interesses usam insumos e soluções próprias para prestarem serviços, fabricarem objetos ou realizarem ações sócio comunitárias.

Para Margolin e Margolin (2004) o design é visto como uma atividade artística que desenvolve produtos

inovadores com forte apelo estético e compostos por novas tecnologias. No entanto, os autores ressaltam que este é um modelo de design voltado para o 'mercado' e é preciso pensar o design voltado para um 'modelo social'. Os designers têm a tarefa de reconciliar as polaridades do aspecto material e simbólico, entre a estrutura externa e a interna, projetando a forma dos artefatos como resultado da interação com a questão socioambiental.

O designer para projetos de Design Social, deve desenvolver a simpatia e principalmente a **empatia**, uma palavra cuja raiz etimológica é de origem grega - *Empatheia*, que deriva de *pathés*, (colocar dentro, em) e *pathos* (paixão), ou seja, sentir-se no lugar do outro, indica uma atitude de envolvimento pelo outro.

Alunos no curso de Design de Produto da UFSC na segunda fase são incentivados a desenvolver projetos com cunho social, apoiados por projetos de extensão e relacionado com as disciplinas de metodologia de projeto e teoria e prática do design social, ou seja, relacionando e fortalecendo o ensino, pesquisa e extensão. Há mais de uma década, defendendo que a área de atuação do design social é necessária se considerarmos que a população carente é a que mais cresce no mundo, projeções de crescimento populacional mostram que os países pobres crescem a uma taxa maior. Por outro lado, às estatísticas do envelhecimento da população mundial mostravam o aumento do número de idosos e é o que constatamos atualmente. Nesses cenários anunciados, poucos objetos e ambientes foram desenvolvidos. Em contra partida, muitos artigos científicos foram e são publicados com esses temas. A teoria e a prática precisam se aproximar para que as soluções sejam reais e cheguem em quem precisa.

O designer através do seu trabalho pode encontrar soluções para os problemas sociais que se estendem no planeta, criando soluções adequadas a cada realidade: saúde, educação, inclusão por meio de tecnologia assistiva, entre outras. O design social exige qualidades e conhecimentos, é um campo de grande desafio para os professores e os profissionais da área. O trabalho deve valorizar os aspectos sociais, culturais e ambientais da população e desenvolver produtos que satisfaçam as necessidades reais, respeitar as características das comunidades, das populações marginalizadas, sua cultura, para assim desenvolver produtos que a representem de fato, que sejam adequados a essa realidade, e que satisfaçam as suas necessidades com soluções exequíveis e viáveis.

Na minha opinião, é necessário ir além. Cabe ao educador primeiramente desenvolver o diálogo reflexivo, sólido e crítico sobre a sustentabilidade. Além disso, incentivar a curiosidade dos alunos de forma contínua, problematizar a situação ambiental, mostrar a necessidade de conhecimento de outras áreas, com o objetivo de despertar a busca e o desenvolvimento de novos saberes que modifiquem a visão para alterar o rumo.

## REFERÊNCIAS

- BLUCHEL, Kurt G. **Biônica: como podemos usar a engenharia a nosso favor**. São Paulo: Pub. House Lobmaier, 2009.
- BONSIEPE, Gui. **Design, cultura e sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011
- GOLEMAN, Daniel. **Inteligência ecológica: O impacto do que consumimos e as mudanças que podem melhorar o planeta**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.
- LEONARD, Annie. **A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.
- MARGOLIN, Victor; MARGOLIN, Sylvia. **Um "modelo social" de design: Questões de prática e pesquisa**. Revista design em foco julho-dezembro, ano/vol. 1. Numero 001. UFBA: Salvador. 2004
- McDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna) rediseñando la forma em que hacemos las cosas**. Mc GrawHill. Madrid, 2005.
- PAPANEK, V. **Design para el mundo real: Ecología humana e cambio social**. Madrid: Ediciones Blume, 1977.
- PERASSI, Richard. **Design Social, Economia e Cultura: Conceitos básicos**. Florianópolis, SC, UFSC, 2017. Disponível em: <http://sigmo.paginas.ufsc.br/texto-base-design-social-1>





CCE | CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO  
CTC | CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE DESIGN