



EDIÇÃO ESPECIAL - ENSUS 2020
VIII ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO

Mix Sustentável

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



UFSC

V6. N2 | 2020

MAIO

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

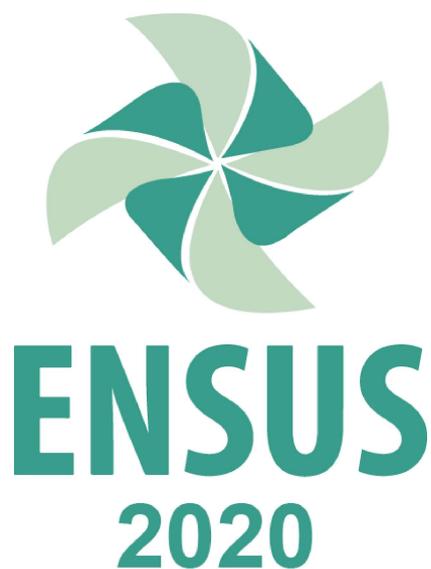
DIREITOS DE PUBLICAÇÃO

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, Liliane 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.



ENSUS 2020

**VIII Encontro de Sustentabilidade em Projetos:
Caminho para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
12 a 14 de maio de 2020**

Apoio



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



Realização



Apoio Institucional



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 LAJES MISTAS DE BAMBU-CONCRETO, SEM AÇO** | *COMPOSITE SLABS OF BAMBOO-CONCRETE, NO STEEL* | Gilberto Carbonari, Lucas Augusto Milani Lopes, Felipe Augusto Favaretto Corbacho & Benedito Teodoro Neto
- 29 ARQUITETURA E EMERGÊNCIAS: UMA PROPOSTA E ANÁLISE DO PROCESSO PROJETUAL** | *ARCHITECTURE AND EMERGENCIES: A PROPOSAL AND ANALYSIS OF THE DESIGN PROCESS* | Karine Regina Pompermayer, Mariana Zibetti & Jorge Daniel De Melo Moura
- 43 LIXEIRA CONCEITUAL SMART: APLICANDO A TECNOLOGIA PARA O DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS** | *CONCEPTUAL TRASH CAN SMART: APPLYING TECHNOLOGY TO DISPOSE OF SOLID WASTE* | Jéssica De Amorim & Ivan Luiz De Medeiros
- 53 ESTUDO SOBRE MATERIAIS PARA COBERTURAS UTILIZADAS EM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL RESIDENCIAIS** | *ASSESS OF MATERIALS USED FOR ROOFING IN RESIDENTIAL RAINWATER HARVESTING SYSTEM* | Ana Kelly Marinoski Ribeiro & Deivis Luis Marinoski
- 67 SOLUÇÕES URBANAS SUSTENTÁVEIS: AVALIAÇÃO INTEGRADA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE ESGOTO A PARTIR DE GRADIENTES DE DENSIDADE** | *SUSTAINABLE URBAN SOLUTIONS: INTEGRATED ASSESSMENT OF WATER SUPPLY AND SEWAGE TREATMENT FROM DENSITY GRADIENTS* | Alline Gomes Lamenha E Silva, Márcia De Moraes Stein, Daniela Tatsch Baptista & Miguel Aloysio Sattler
- 79 PROPOSTA DE USO DO CIMENTO FOTOCATALÍTICO EM MOBILIÁRIO URBANO – ESTUDO DE CASO EM PORTUGAL** | *PROPOSAL FOR THE USE OF PHOTOCATALYTIC CEMENT IN URBAN FURNITURE - A CASE STUDY IN PORTUGAL* | Paulo Cesar Machado Ferrolli, Lisiane Ilha Librelotto & José Manuel Couceiro Barosa Correa Frade
- 89 O IMPACTO DA VEGETAÇÃO URBANA NO CONFORTO TÉRMICO NA ESCALA LOCAL DO DISTRITO FEDERAL – DF** | *THE IMPACT OF URBAN VEGETATION ON THERMAL COMFORT IN THE LOCAL SCALE IN FEDERAL DISTRICT (DF) OF BRAZIL* | Bárbara Gomes Silva & Caio Frederico e Silva
- 99 EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO: USO DAS CORES COMO ESTRATÉGIA PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA** | *ZERO ENERGY BUILDINGS: USE OF COLORS AS A STRATEGY TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION* | Artur Martins Kamimura, Verônica Martins Gnecco, Rafael Fernando Giaretta & Michele Fossati
- 111 INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFÍCIO DE GRANDE ALTURA COM VANT** | *FACADES PATHOLOGICAL MANIFESTATION INSPECTION ON A HIGH-RISE BUILDING WITH UAV* | Moemi Barbosa Lima, Alberto Casado Lordsleem Júnior, Ramiro Daniel Ballesteros Ruiz, Bruno José Torres Fernandes, Sérgio Campello Oliveira & Otávio José Dos Santos
- 123 ESTÉTICA DA SUSTENTABILIDADE: O VALOR AMBIENTAL PERCEBIDO ATRAVÉS DOS ASPECTOS VISUAIS DO PRODUTO** | *AESTHETICS OF SUSTAINABILITY: THE ENVIRONMENTAL VALUE PERCEIVED THROUGH THE VISUAL ASPECTS OF THE PRODUCT* | Thamyres Oliveira Clementino, Amilton José Vieira De Arruda & Itamar Ferreira Da Silva
- 139 THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF ETICS INSULATION: A CASE OF STUDY WITH LIFE CICLE ASSESSMENT (LCA) FROM ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) IN PORTUGAL** | Lisiane Ilha Librelotto, Marija Kekez & Helena Maria Galha Bartolo

- 149** COLEÇÃO AUTORAL DE JOIAS: UMA EXPERIÊNCIA PRÁTICA A PARTIR DA RECICLAGEM ARTESANAL DE POLÍMEROS | *AUTHORIAL JEWELRY COLLECTION: A PRACTICAL EXPERIENCE BY HANDMADE POLYMER RECYCLING* | Chiara Aline Beppler, Isadora Burmeister Dickie & Adriane Shibata Dos Santos
- 163** PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UM EXEMPLO DE SANTA CATARINA (SC) | *ENVIRONMENTAL CONCERN AND INDUSTRIAL PRODUCTION: AN EXAMPLE OF SANTA CATARINA (SC)* | Mariana Moreira Carvalho, Valdecir Babinski Júnior, Neide Köhler Schulte & Célio Teodorico Dos Santos
- 175** RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE COMPÓSITOS DE POLIURETANO E CIMENTO, COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE VIDRO OU AREIA | *RESISTANCE TO MECHANICAL COMPRESSION OF POLYURETHANE AND CEMENT COMPOSITES, WITH ADDITION OF GLASS SLUDGE AS A SAND SUBSTITUTE* | Polyana Baungarten & Rachel Faverzani Magnago.

TCC's

- 183** ESTIMATIVA DE CUSTOS DE UM EMPREENDIMENTO NAS FASES INICIAIS DE PROJETO: CONTRIBUIÇÃO DO PROCESSO BIM | Tayse Both & Leticia Mattana
- 185** QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO REFILAMENTO DE MÁQUINA OVERLOQUE EM EMPRESAS FACCIONISTAS DE IBIRAMA/SC | Luísa Lima de Souza, Dayane Gonzaga Domingos & Ana Sílvia de Lima Vielmo
- 187** PROJETO E SIMULAÇÃO DE MULETA DE BAMBU TIPO ASA | Gabriel Ostapiv & Fabiano Ostapiv
- 189** ESTUDO DA ETNOBIOLOGIA E INTERVENÇÕES DA POPULAÇÃO RIBEIRINHA NA BARRAGEM CACHOEIRA, MUNICÍPIO DE AURORA-CE, COMO FORMA DE PROTEÇÃO DO BIOMA LOCAL | Sayro Rhuan Santos Luna, Dario Oliveira Neto & Gastão Coelho Filho Aquino

DISSERTAÇÕES

- 191** SUSTENTABILIDADE NA MODA: TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS TÊXTEIS EM MATÉRIA-PRIMA | Mariana Moreira Carvalho & Neide Köhler Schulte
- 193** ESTUDO DE MEDIDAS MITIGADORAS NO TRECHO RETILINIZADO DO RIO MACAÉ PARA REDUÇÃO DOS EFEITOS DE CHEIAS URBANAS | Clarissa Rosa Vieira Della Justina, Jader Lugon JunioR & Maria Inês Paes Ferreira
- 195** O PROCESSO PROJETUAL DO DESIGN DE INTERIORES E A INTEGRAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA SUSTENTABILIDADE; FOCO NA DIMENSÃO ECONÔMICA | Pedro Rocha Sousa Filho & Ana Lúcia Alexandre de O. Zandomeneghi
- 197** PROJETO REGENERATIVO: UMA VISÃO HOLÍSTICA DE PLANEJAMENTO PARA A INTERDEPENDÊNCIA DO CAMPUS COM A CIDADE | Fábio Pedroso Dias & José Ripper Kós

TESES

- 199** AVALIAÇÃO DA COMPACIDADE, FUNCIONALIDADE E FLEXIBILIDADE EM HABITAÇÕES DE DIMENSÕES REDUZIDAS – ESTUDOS DE CASO EM EDIFÍCIOS DE FLORIANÓPOLIS-SC | Cláudia Vasconcelos & Fernando Barth

201 ALGAL CULTIVATION, CHARACTERIZATION AND PROCESSING TECHNIQUES | Ângelo P. Matos, Ernani S. Sant'anna & Elisa H. S. Moecke

ENTREVISTAS

203 ENTREVISTA COM CRISTINA SOUSA ROCHA

207 ENTREVISTA COM RACHEL FAVERZANI MAGNAGO

EDITORIAL

Novos Tempos, Melhores Tempos?

Esse volume reúne os melhores artigos avaliados de forma dupla-cega, aprovados para a oitava edição do ENSUS 2020 – Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Nestes novos tempos de pandemia, o ENSUS e a revista Mix Sustentável escrevem seu destaque na história: foi a primeira edição totalmente remota do evento e ainda a primeira externa à UFSC após a retomada do evento em 2016.

O Know-how adquirido com as edições anteriores, permitiu a composição do modelo replicado no ENSUS: a identidade visual, modelos de submissão, templates de apresentação e rotinas de funcionamento estão de tal forma consolidadas que facilitam muito os trabalhos. Muitas videoconferências e conversas de whatsapp nos conduziram até a realização do evento, de onde selecionamos 14 artigos, com a melhor avaliação dentre todos os que foram submetidos ao evento para compor esta edição especial. Todos estes artigos foram submetidos na sua versão estendida.

Fizemos também uma parceria com a revista RGSA – Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, que deverá publicar 19 artigos, também selecionados dentre aqueles melhor avaliados. Ficam aqui registrados nossos agradecimento ao editor e ao Programa de Pós-graduação em Gestão e Ciências Ambientais da Unisul, por proporcionar também mais esta realização.

Além de todas estas questões, o ano de 2020 por si só já faz a nossa geração ser lembrada na história deste planeta. De meteoros, vespas gigantes, ataques de gafanhotos à grandes descobertas da ciência. O maior acontecimento, nem precisamos mencionar: a pandemia covid-19. Raul Seixas preveu o dia em que a Terra parou!

Neste mês de Maio, segundo a Universidade John Hopkins (JHU), já ultrapassamos a marca dos milhões de infectados pelo vírus no mundo: 5.807.504 casos confirmados. 360.286 mortes oficializadas no mundo pelo vírus. Aqui no Brasil, no Estado de Santa Catarina a quarentena iniciou em 17 de março e neste dia 29 de Maio, completamos 69 dias de isolamento social, com atividades presenciais e até mesmo à distância, suspensas na Universidade Federal de Santa Catarina. O Brasil registra hoje, 438.238 casos confirmados e 26.417. Em Santa Catarina, cuja população total é de 7.164.788 (3,4% do total de 211. 578.426 projetados pelo IBGE para este dia, no Brasil), temos 20.218 casos e 513 óbitos. Particularmente em Florianópolis, a capital menos afetada do Brasil, podemos nos considerar privilegiados - se é que podemos empregar este termo para esta situação - com "691 casos confirmados, dos quais 12 internados, 92 com o vírus ativo e sob acompanhamento, 7 mortos" .

Este cenário nos mostra muitas coisas: 1) que os dados podem não estar precisos em função da subnotificação e também extra notificação (casos que deixam de ser registrados e mortes por outras causas que são computados e que essa é a realidade de TODOS os países, independente do rótulo que recebam; 2) que embora cada vida seja importante e que cada perda carrega uma imensa dor daqueles mais chegados, os números brutos de mortos deveriam ser acompanhados do percentuais da população, por exemplo, o Brasil ocupa hoje a famigerada segunda posição no ranking covid-19 em números brutos. Entretanto a taxa de letalidade do vírus no Brasil em torno de 6% fica abaixo de países europeus como França, Reino Unido, Bélgica, Itália, Holanda e Espanha, todos apresentando percentual acima de 10%. São 208,5 casos e 12,7 mortos a cada 100 mil habitantes; 3) que o Brasil possui diversas realidades, do pior ao melhor quadro, do país subdesenvolvido à realidades que superam qualquer apologia a países desenvolvidos; 4) que a crise e polarização política que assola o País, agrava a pandemia e transforma os números em armas partidárias; 5) que as notícias falsas e distorcidas jogam à vala comum qualquer esforço e as boas soluções adotadas em alguns Estados se perdem no discurso e são soterradas junto com cada vítima desta pandemia; 6) que se neste governo em oposição ao anterior a situação é insustentável; 7) que qualquer próximo governo que venha, igualmente oposto a este também sofrerá pelo mesmo mal e por fim, 8) que não existem verdades universais, regras que se apliquem a todos os casos e que um dos jargões da sustentabilidade: problemas globais e soluções locais, nunca foi tão atual.

Entre prós e contras, como editores de um periódico científico, observamos a imparcialidade do pesquisador se transformar em torcida de arquibancada pelo aumento de mortes para mostrar que nosso País nunca esteve tão ruim. De outro, a minimização da situação, a incapacidade de ver as diferentes realidades e a desconsideração do tenuous equilíbrio entre econômico, social e ambiental que conduz à sustentabilidade parece sobrepujar.

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.

Boa Leitura!!!

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, RACHEL FAVERZANI MAGNAGO E PAULO CESAR MACHADO FERROLI
ORGANIZADORES ENSUS 2020

LAJES MISTAS DE BAMBU-CONCRETO, SEM AÇO

COMPOSITE SLABS OF BAMBOO-CONCRETE, NO STEEL

GILBERTO CARBONARI, Dr. | UEL

LUCAS AUGUSTO MILANI LOPES, M.Sc. | UEL

BENEDITO TEODORO NETO | UEL

FELIPE AUGUSTO FAVARETTO CORBACHO | UEL

RESUMO

O bambu é visto como um material vantajoso em vários quesitos, como resistência mecânica, leveza, e crescimento rápido. Este trabalho tem como finalidade avaliar a viabilidade técnica e executiva de lajes mistas de bambu-concreto. Este inovador sistema consiste em “vigotas” de bambu, da espécie *Dendrocalamus giganteus*, cortadas a meia-cana, e com placas de EPS que funcionam como elementos de enchimento. O sistema é solidificado através de concretagem efetuada in loco, de forma análoga ao capeamento de lajes convencionais. A aderência entre o bambu e o concreto é potencializada através do uso de conectores de cisalhamento, também em bambu. No total, foram ensaiadas 6 lajes, sendo 3 com conectores de bambu a cada 5 cm e as outras 3 a cada 10 cm. Os ensaios foram monotônicos até a ruptura. A metodologia se comprovou eficiente e viável. As lajes apresentaram desempenhos satisfatórios, tanto em estado limite último (ELU) como de serviço (ELS), se mostrando um sistema com grande potencial para aplicação estrutural.

PALAVRAS CHAVE: Lajes mistas; Bambu-concreto; Sem aço

ABSTRACT

Bamboo is seen as an advantageous material in several aspects, such as mechanical resistance, lightness, and rapid growth. The purpose of this research is to evaluate the technical and executive feasibility of composite bamboo-concrete slabs. This innovative system consists of half-cut bamboo "joists" of the species *Dendrocalamus giganteus*, combined with EPS plates that function as filling elements. The system is solidified through concreting carried out on site, like the conventional slab capping. The adhesion between bamboo and concrete is enhanced using shear connectors, made with bamboo. In total, 6 slabs were tested, 3 with bamboo connectors spaced every 5 cm, and the other 3 every 10 cm. The tests were monotonic until rupture. The methodology applied was efficient and feasible. The slabs presented satisfactory performance both in the Ultimate Limit State (ELU) and the Service Limit State (ELS), indicating that the system has great potential for structural application.

KEY WORDS: Composite slab; Bamboo-concrete; No steel



1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional acelerado que a humanidade vem tendo, chegando a mais de 7,5 bilhões de pessoas habitando o planeta, associado ao acúmulo da população nas áreas urbanas, criam-se demandas que comprimem o sistema produtivo mundial e conseqüentemente o seu meio ambiente.

Com as cidades cada vez mais populosas, necessita-se de um melhor planejamento na construção de infraestrutura e habitações, pois a medida que a urbanização aumenta, o impacto da construção civil tende a ficar mais elevado. Levando-se em consideração o impacto social, econômico e ambiental dos setores da construção civil, a área tem um papel protagonista para o sucesso de um modelo ideal para a vida na sociedade.

Segundo informações da Global Footprint Network (GFN, 2019), organização internacional de pesquisa parceira do WWF (World Wide Fund for Nature) uma ONG (Organização Não Governamental) internacional que atua nas áreas da conservação, investigação e recuperação ambiental, a velocidade com que se consome recursos naturais é 74% maior do que a capacidade que o planeta tem de se regenerar.

O que expõe escassez dos recursos naturais do planeta de forma clara, e faz com que a preocupação com a sustentabilidade ser colocada em evidência. Nesse contexto, a substituição de materiais que requeiram elevado consumo de energia para a sua fabricação, como o aço, por materiais sustentáveis, fáceis de encontrar e de rápido crescimento, como o bambu é cada vez mais valorizada.

Além disso, o bambu armazena cerca de 45% de carbono em sua biomassa, o que o torna um armazenador de carbono muito eficiente. Essa porcentagem se assemelha com espécies também de rápido crescimento e consideradas sequestradoras de carbono, como o Pinus e Eucalipto.

Porém quando esses dados são analisados juntamente com as taxas de crescimento anuais pode-se perceber a enorme vantagem que o bambu leva em relação as outras plantas para fazer o armazenamento do carbono (LANNA et al, 2012). Por possuir a característica de crescimento acelerado, o bambu se destaca como rápido sequestrador de carbono, sendo o recurso natural e florestal que menos leva tempo para ser renovado. Isso o torna altamente atrativo se comparado com outras espécies arbóreas (LIESE, 1985).

Assim, visando todas as qualidades mecânicas e socio ecológicas do bambu, se faz importante a implementação do bambu na construção civil, servindo de forma incentivadora para obtenção de novas pesquisas e métodos construtivos, tanto nacional quanto internacionalmente.

Aprofundando-se nos impactos econômicos e ambientais, a construção civil tem se interessado ainda mais pela criação de novos métodos construtivos pela substituição de materiais presentes em seus processos construtivos atuais. Neste contexto, o bambu se apresenta como uma solução de grande potencial.

O bambu, por se tratar de um material renovável e com consumo de energia reduzido em sua cadeia de produção, cativa interesses sobre sua exploração na construção civil, tendo facilidade de adaptação em solos e climas diversos, crescimento relativamente acelerado e baixo custo de plantio (PEREIRA, 2006; BERALDO e PEREIRA, 2008).

Como atinge o seu pleno crescimento em apenas alguns meses e alcança sua resistência mecânica máxima em apenas alguns anos, ele é presente com abundância em regiões tropicais e subtropicais do planeta (GHAVAMI, 1994).

O bambu é uma alternativa de substituição atraente para o aço em aplicações de carga a tração, sendo a relação da resistência a tração e peso específico é maior que a do aço. (GHAVAMI e HOMBEECK,1981; GHAVAMI, 1995).

Uma das principais dificuldades para a implementação de diferentes materiais naturais como compostos estruturais é a falta de informações suficientes de tais materiais referentes a sua durabilidade, o bambu, também traz a sua forma geométrica ímpar, o que dificulta que se possa usar diretamente as normas utilizadas em ensaios de madeiras. Devido a sua forma geométrica relativamente cônica, juntamente com a distância existente entre os nós, impossibilita a aquisição de corpos-de-prova homogêneos concebidos de um mesmo colmo.

Todas as características citadas não seriam totalmente suficientes se as propriedades mecânicas do bambu não fossem levadas em consideração. Tais propriedades sustentadas pelas relações de resistência mecânica, massa específica e rigidez ultrapassam materiais tradicionais na construção (GHAVAMI e MARINHO, 2001; BERALDO e CARBONARI, 2019), como madeira e o concreto, sendo que algumas espécies de bambu, podem ser comparadas até mesmo com o aço (CARBONARI, 2017).

No Brasil foram elaboradas duas normas técnicas específicas sobre bambu, em consulta, (<https://www.abntonline.com.br/consultanacional/>) pública, nas propostas de normas ABNT NBR 16828-1, 2020 e ABNT NBR 16828-2, 2019.

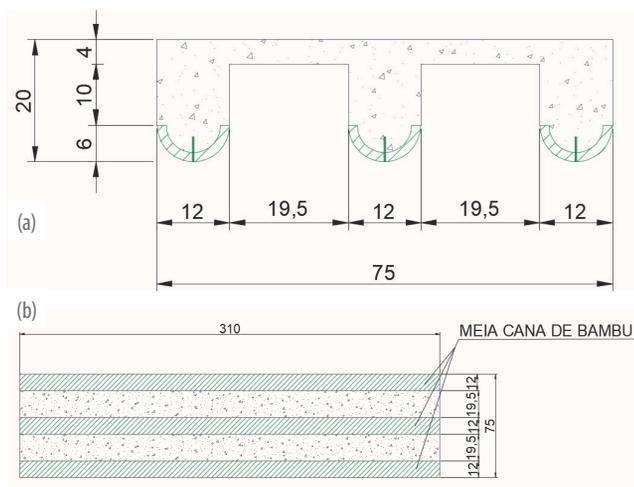
Entretanto, lajes mistas de bambu com concreto, que trata o presente trabalho, não estão contempladas nas referidas propostas de normalização. São poucos trabalhos nesse tema, onde se destaca a pesquisa desenvolvida por Ghawami (2005), que ensaiou lajes mistas de bambu com concreto. Posteriormente, nosso grupo de pesquisa

reproduziu os mesmos ensaios (ACOSTA e CARBONARI, 2017). Ambos trabalhos concluíram que a seção transversal adotada não proporcionou rigidez e resistência mecânica suficientes para utilização em edificações.

Desta forma, se fez necessário alterar a seção transversal, e incorporar um sistema de ligação entre as meias canas de bambu com o concreto, que estão detalhados nesse trabalho. Essa nova concepção de laje começou a ser utilizado nas pesquisas em 2017 pelo grupo de pesquisa "Bambu UEL" (CARBONARI et al, 2019; ROSSI, 2019), e que está em processo de patente pelo INPI (BR 10 2018 015711 6). Para que se utilize do bambu como material estrutural em edificações é necessário que se garanta a sua durabilidade de longo prazo, especialmente frente ao ataque de insetos. Para isso, o nosso grupo de pesquisa Bambu-UEL conseguiu sucesso utilizando um tratamento natural eficiente, que não agride o meio ambiente, com o tanino (CARBONARI e LIBRELOTTO, 2019). Desde 2013, os colmos tratados com o referido material natural, extraído da casca da árvore acácia negra, não apresentam nenhum ataque dos insetos nas fibras do bambu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As lajes em estudo são mistas, com vigotas unidirecionais utilizando bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, concreto, placas de EPS, e conectores de bambu. Foram ensaiadas um total de 6 lajes, todas com 310 cm de comprimento, 75 cm de largura e uma altura de 20 cm, como pode ser visto nas Figuras 1a (seção transversal) e 1b (vista de topo).



Vale ressaltar que as medidas referentes aos diâmetros das meias canas são colocadas de forma genérica, pois, se tratando de um vegetal, os colmos de bambu sofrem

alterações naturais de crescimento nas suas medidas de um colmo para outro. No total, foram ensaiadas 6 lajes, sendo 3 delas com conectores de bambu com 4 cm de comprimento e espaçamentos a cada 5 cm, e as outras 3 lajes com conectores também com 4 cm de comprimento, mas com espaçamentos a cada 10 cm.

2.1. Extração, seleção e medição dos colmos de bambu

Os colmos escolhidos para o corte foram marcados com um código de controle, para identificação perante os demais colmos. Como observado na Figura 2a, os colmos foram cortados próximo a um de seus nós, sendo feita uma depressão em formato de V para facilitar o escoamento de água, preservando a moita contra um possível apodrecimento daquela região e permitindo o desenvolvimento de novos brotos de bambu.

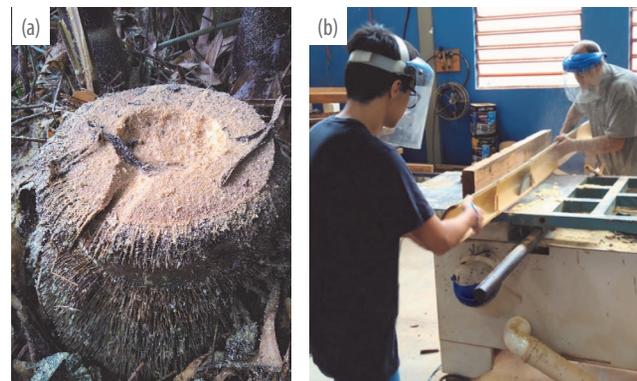


Figura 02 - Extração e corte dos colmos de bambu
Fonte: autores

Após a retirada da moita do bambuzal (Figura 2a), os colmos foram cortados em segmentos de 330 cm de comprimento, e transportados até o Laboratório de Estruturas da UEL. Na sequência, iniciou-se o processo de preparação das meias-canais, efetuando corte longitudinal dos referidos segmentos de colmo com o auxílio de uma serra de mesa, observado na Figura 2b. Com isso, foi padronizando o corte do setor semicircular (meias-canais) com uma altura fixa de 6 cm, independente dos diâmetros dos colmos, evitando com isso a diferença de altura entre as meias-canais, como observado em trabalhos anteriores.

Após aproximadamente 3 dias do corte, foi aplicado o inseticida/cupimcida JimoCupim®. Posteriormente à aplicação do referido produto, as meias-canais foram espalhadas e mantidas no laboratório por dois dias, com o ambiente fechado. Tal procedimento foi repetido 15 dias após a primeira aplicação.

2.2. Preparação das meias-canas e malhas de bambu

As dezesseis meias-canas selecionadas na etapa anterior foram identificadas em trios, marcadas e perfuradas de acordo com os pontos onde seriam fixados os conectores. O diâmetro e altura dos conectores foram fixados em 5 mm e 4 cm, respectivamente, assim como a profundidade que adentram à parede interna do bambu, fixada em 7 mm. Torna-se importante ressaltar que nas extremidades das meias-canas, a distância entre o fim da meia-cana e o primeiro conector deve ser igual à metade do espaçamento normal daquela respectiva meia-cana, com objetivo de manter as propriedades mecânicas uniformes entre os conectores e concreto. Os dois tipos de espaçamento entre os conectores foram de 5 cm e 10 cm, conforme se pode ver os detalhes nas Figura 3a e 3b.

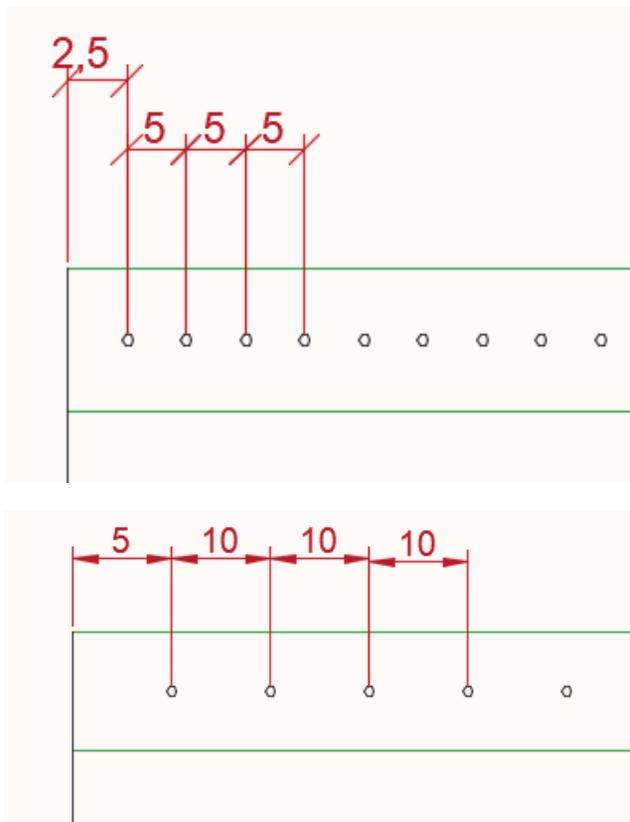


Figura 03 – Detalhe dos espaçamentos dos conectores de bambu de 5 cm e de 10 cm
Fonte: autores

A malha de bambu da espécie da espécie *Dendrocalamus giganteus* foi composta por filetes retirados no mesmo dia do corte e regularização do raio das meias-canas, sendo esses filetes a parte excedente das meias-canas, visando sempre obter maior aproveitamento de todo o colmo de bambu que foi usada no processo deste trabalho, como mostra a Figura 4.



Figura 04 - Malha de filetes de bambu, amarradas com barbante de sisal
Fonte: autores

As malhas também foram regularizadas para terem uma espessura máxima padrão de 1 cm, variando nas direções transversal e longitudinal de acordo com a forma natural de cada colmo utilizado.

As referidas malhas foram separadas e tratadas com o mesmo inseticida/cupimcida utilizado nas meias-canas; a ligação dos filetes foi feita através da amarração com barbante de sisal, composto natural sustentável. A distância entre os filetes foi estipulada em 15 cm, formando uma malha de 15 x 15 cm.

3. MONTAGEM E CONCRETAGEM

Começando pela montagem das formas, para limitar as medidas da laje e, também, para auxiliar no nivelamento correto, as formas foram posicionadas e pregadas para que o espaço interno de menor lado tivesse 75 cm de largura, largura máxima do pórtico de ensaio do laboratório. E o maior lado interno com 310 cm na direção longitudinal as meias-canas.

Foram posicionadas então em uma sequência construtiva, quatro caibros distanciados aproximadamente de forma semelhante entre si; sobre eles as formas, posicionou-se então no interior da forma, os calços e as meias-canas sobre os calços. Em seguida foram posicionadas as placas de EPS nos vãos das meias-canas, sendo que cada placa de EPS possui as dimensões de 60 cm de comprimento, 20 cm de largura e 10 cm de altura. Com os itens principais da laje posicionados, os travamentos laterais e superiores foram feitos através de caibros longitudinais e transversais, respectivamente. As Figura 5a e Figura 5b mostram os detalhes da montagem das lajes antes da concretagem.

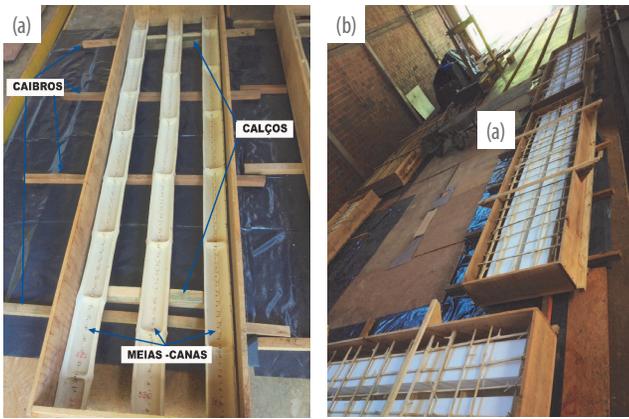


Figura 05 - Montagem das lajes antes da concretagem
Fonte: autores

Com a montagem pronta, procedeu-se então a concretagem das lajes. As características do concreto foram: concreto usinado com $f_{ck}=30$ MPa, slump test com mínimo de 120 mm. As lajes foram concretadas todas no mesmo dia, mostrando que a logística adotada na posição das lajes foi eficaz, visando rapidez e facilidade.

Foi observado a eficiência da vedação entre forma e meia-cana através da fita adesiva do tipo kraft, com uma estanqueidade satisfatória. A Figuras 6a e 6b ilustram as lajes concretadas.



Figura 06 - Lajes recém concretadas
Fonte: autores

Foram moldados nove corpos de prova, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, para ensaio de resistência à compressão, seguindo NBR 5738. Três foram rompidos com 7 dias, outros três foram rompidos com 14 dias, e os últimos três aos 28 dias, véspera do ensaio a flexão. Os corpos de prova, após 24 h de sua moldagem, foram imersos em tanque de cura, de acordo com NBR 5738.

Desta forma, as seções transversais das lajes apresentam a seção transversal com todos os seus componentes, indicados na Figura 7.

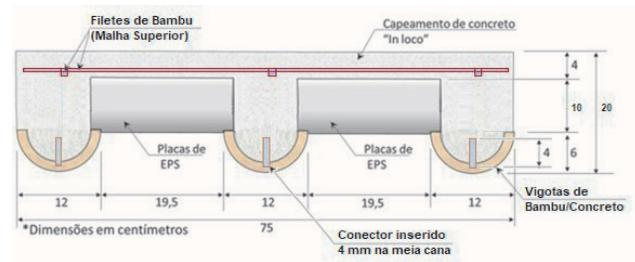


Figura 07 - Seção transversal com todos os componentes
Fonte: autores

4. PROCEDIMENTO DE ENSAIO

O ensaio de flexão consiste na aplicação de uma carga crescente nas lajes, por meio de uma célula de carga, onde são registrados os valores da carga aplicada e os deslocamentos, até a sua ruptura. O método de ensaio de quatro pontos, utilizado neste trabalho, consiste em duas cargas concentradas aplicadas com distâncias iguais dos apoios, de 1 m, como ilustrado na Figura 8.

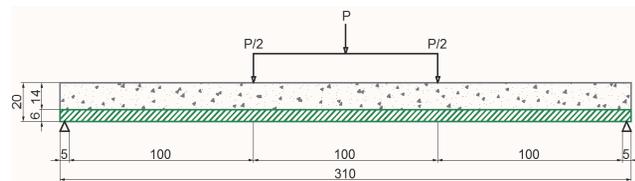


Figura 08 - Modelo de ensaio de flexão em quatro pontos
Fonte: autores

Para a medição dos deslocamentos durante a aplicação da carga foram utilizados três transdutores de deslocamento (LVDT). Além destes, foram posicionados dois relógios comparadores (RC), para comparação em vídeo da sincronia de deslocamentos na laje. Os três LVDTs eram da marca "KYOWA", sendo dois deles do modelo "DT-50A" caracterizado por possuir amplitude máxima de medição igual a 50 mm. Os referidos RCs foram posicionados um em cada extremidade da laje. Já o terceiro LVDT, este do modelo "DT-100A" caracterizado por possuir capacidade máxima de medição igual a 100 mm, foi posicionado no centro da laje, pois é o ponto da estrutura em que ocorreria o maior deslocamento vertical garantindo a medição caso o deslocamento ultrapassasse o valor de 5 cm.

As figuras 9a (foto) e 9b(vista de topo) mostram as posições dos LVDTs e relógios comparadores, e a visão geral do sistema de ensaio (foto Figura 9c).

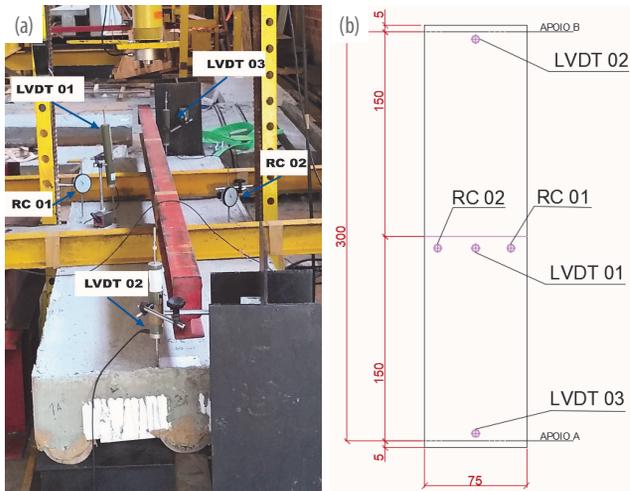


Figura 09 - Posicionamento dos LVDT's e relógios comparadores (a) e (b), e visão geral (c)
Fonte: autores

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As curvas obtidas para cada uma das lajes podem ser interpretadas e analisadas em três etapas. No gráfico da Figura 10 são apresentadas cada uma das três fases do gráfico típico medido da carga x deslocamento das lajes ensaiadas.

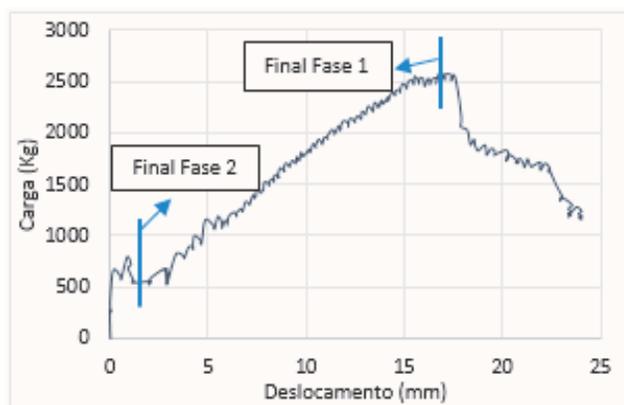


Figura 10 - Fases da curva Carga x Desloc. típicas das lajes
Fonte: autores

Na primeira parte da curva, têm-se a chamada Fase 1, conforme a Lei de Hooke. Na segunda parte tem-se a chamada Fase 2, que também é linear e é iniciada após os conectores de bambu se deslocarem dentro da estrutura; tais conectores se deslocam, porém ainda continuam mantendo sua função. Na terceira parte da curva, chamada Fase 3, ocorre após o rompimento da estrutura, podendo se observar que os conectores já não possuem mais contato com a parte de concreto da estrutura, perdendo totalmente sua função.

Na Figura 11 é apresentado o comportamento dos conectores de bambu em cada uma das Fases citadas acima, ficando evidente a variação da posição dos conectores.

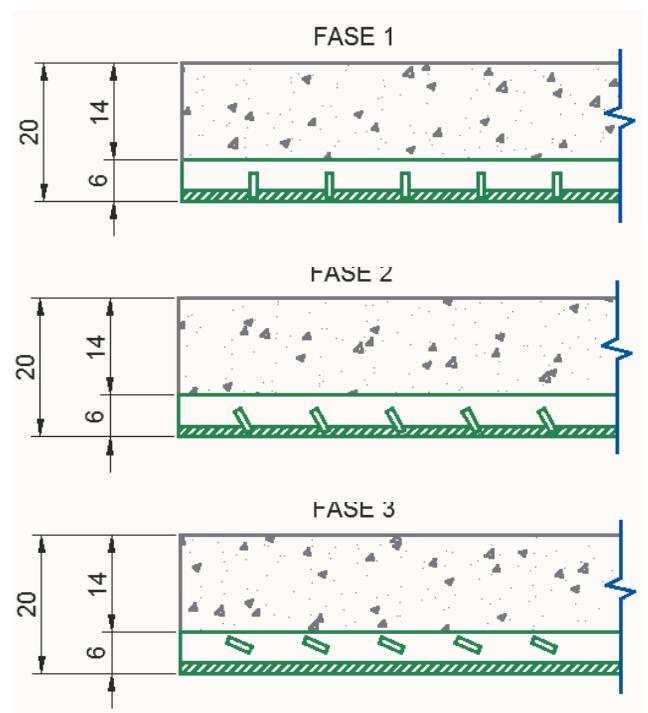


Figura 11 - Posicionamento dos conectores nas fases
Fonte: autores

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas lajes tiveram rupturas semelhantes, obedecendo um padrão dos mesmos mecanismos, ou seja, ocorrendo a falha nos conectores que fazem ligações dos colmos de bambu com o concreto, deslocamento relativo entre a parede do bambu e o concreto e aparição de rachaduras verticais na área próximas aos pontos de aplicação da carga.

Como as patologias foram semelhantes em todas as lajes, na Figura 12 estão indicados os locais (Figura 12a) e as ilustrações das fissuras (Figuras 12b e 12c) apresentadas por uma das lajes ensaiadas, no caso, a laje 5.

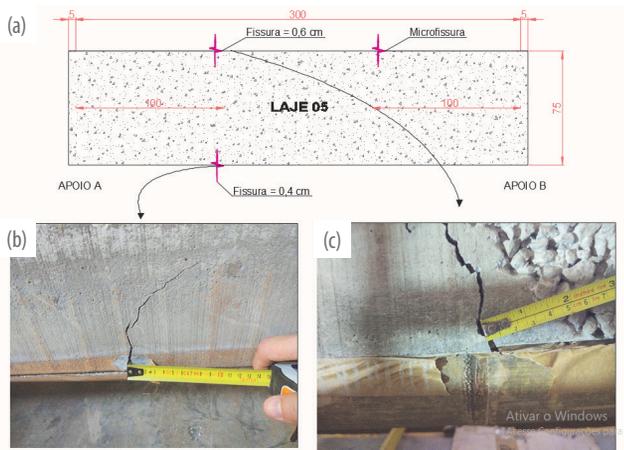


Figura 12 - Posicionamento e Ilustração das fissuras da Laje 05
Fonte: autores

Na Figura 13 é possível observar o deslocamento relativo entre a meia-cana de bambu e a parte de concreto.



Figura 13 - Ilustração do deslocamento da laje 05
Fonte: autores

As curvas carga x deslocamento apresentados no gráfico da Figura 14 mostram os valores medidos nas seis lajes ensaiadas, onde em uma análise mais detalhada pode se observar o comportamento das curvas passando pelas fases 1, 2 e 3 já citadas anteriormente.

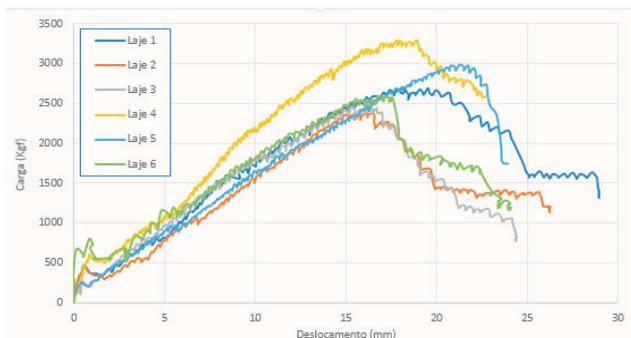


Figura 14 - Curvas Carga x Deslocamento de todas as lajes até a ruptura
Fonte: autores

Quando se analisa as curvas do ensaio de todas as lajes, percebe-se que as três fases de comportamento mecânico são claramente bem distintas. Com o objetivo de ilustrar esse mecanismo, para uma dessas fases, a Figura 15 ilustra com fotos reais do ensaio o comportamento dos conectores durante as fases.

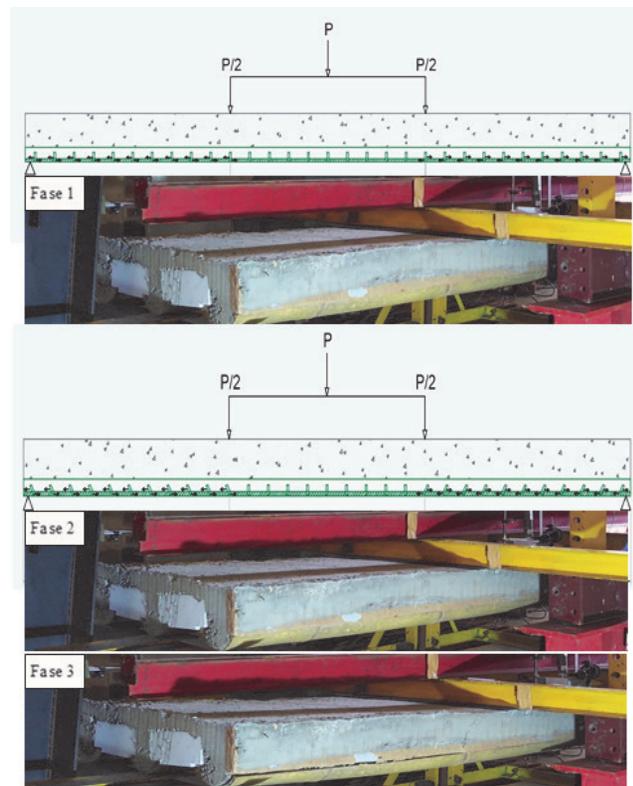


Figura 15 - Ilustração e fotos das fases 1, 2 e 3
Fonte: autores

O objetivo de dar aderência ao composto bambu e concreto através da utilização de conectores de bambu obteve resultados positivos, embora as lajes com espaçamento de 5 centímetros entre conectores apresentaram um comportamento mecânico melhor que as lajes com espaçamento de 10 centímetros entre conectores, todas as seis lajes mistas de concreto e bambu sem a presença de aço tiveram uma resistência a carga de ruptura considerada alta, onde a menor delas foi de 2390 kgf. No entanto ainda é necessária uma quantidade maior de ensaios e experimentos para comprovar a sua aplicação estrutural.

Na Tabela 1 são apresentadas as cargas máximas suportadas pelas lajes na Fase 1, assim como as cargas de ruptura de cada uma delas.

	Espaçamento Conectores (cm)	Carga máxima Fase 1 (Kgf)	Carga Máxima de Ruptura (Kgf)
Laje 1	10 cm	500	2700
Laje 2	10 cm	460	2390
Laje 3	10 cm	320	2500
Laje 4	5 cm	570	3300
Laje 5	5 cm	295	3000
Laje 6	5 cm	720	2620

Tabela 01 – Carga máxima da Fase 1 e carga de ruptura das lajes ensaiadas
Fonte: autores

Embora haja uma certa dispersão entre os resultados, a média dos valores das cargas das lajes com espaçamento entre conectores de 5 cm apresenta valores ligeiramente superiores que as que tem 10 cm. Isso vale tanto para as cargas máximas da Fase 1, como nas cargas de ruptura.

Mas, observando as curvas carga x deslocamento das 6 lajes da Figura 14, com exceção da laje 4, as demais lajes apresentam rigidezes muito similares entre si, para a Fase 2, podendo-se concluir que os espaçamentos entre os conectores de 5 cm e de 10 cm não influenciaram significativamente os valores tanto das cargas limites, como das rigidezes.

Vale ressaltar que todas as lajes mostraram comportamento semelhante ao das imagens ilustradas na Figura 15. Nota-se que na parte central da laje não há o deslocamento entre a interface bambu-concreto, porque nessa região o esforço cortante interno entre os dois pontos de carga é nulo, não havendo tensões de cisalhamento nas seções transversais da laje.

Em teoria, com o objetivo de projeto em laboratório, a colocação de conectores naquela região não se faria necessário, mas sabe-se que na prática o uso de lajes com esse sistema também sofrerá cargas distribuídas, assim se faz necessário a colocação dos conectores de forma uniforme por todas as meias canas.

Quando se analisa os processos de rompimento de todas as lajes, podem ser observadas algumas características de forma notória, como os ruídos oriundos da ruptura do bambu. Tal característica pode ser percebida através dos gráficos entre carga e deslocamento, onde há oscilações negativas nas curvas revelando o deslocamento dos conectores dentro da estrutura, que mesmo após esses deslocamentos conseguem manter sua função. Isso ressalta a alta ductibilidade da estrutura.

Mesmo com as diferenças entre suas capacidades de cargas máximas até a ruptura, todas as lajes sofreram um comportamento considerado dúctil até o fim do carregamento, não sofrendo nenhuma ruptura brusca, ou seja, se mostrando adequado para aplicação estrutural.

Considerando o ELU (Estado Limite Último) das lajes, conforme se observa nas curvas carga x deslocamento da Figura 14, todas as lajes apresentaram um comportamento dúctil, ou seja, adequado para a aplicação estrutural. Já no ELS (Estado Limite de Serviço), é possível analisar o comportamento mecânico das lajes tanto para as cargas de norma, como também, dos limites de deslocamentos.

Considerando uma carga total (acidental + peso próprio) de 350 kgf/m² (peso próprio e sobrecarga) na laje de 3 m de comprimento e 0,75 m de largura, isso equivale a uma carga equivalente resultante de:

$$P_{eq} = 350 \times 0,75 \times 3 = 788 \text{ kgf}$$

Essa carga equivalente está muito abaixo da menor carga de ruptura registrada das lajes, como pode ser observado na Figura 14, onde o valor mínimo da carga de ruptura foi de aproximadamente 2400 kgf.

Com o objetivo de verificar quanto ao ELS, será utilizado como exemplo ilustrativo a Laje 5, mostrada na Figura 16. Para facilitar a análise, foi tomada somente uma parte da curva carga x deslocamento, até a carga de ~ 1300 kgf, e um deslocamento de 8 mm.

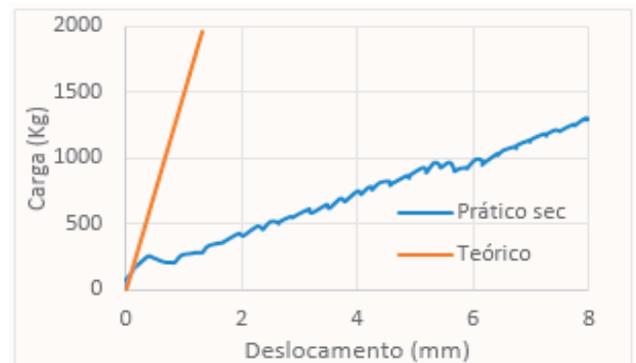


Figura 16 - Curvas Carga x Deslocamento (Teórico e Prático) da Laje 05
Fonte: autores

Conforme se pode observar na Figura 16, a Fase 1 vai até a carga de ~ 295 kgf (ver Tabela 1). Além disso, fica bem evidente a diferença entre a rigidez da Fase 1 (teórica) e a da Fase 2 (do ensaio).

Apesar disso, para uma carga equivalente de serviço de 788 kgf, o deslocamento equivale a ~4 mm, considerado confortável, já que o valor limite da flecha pela norma é de L/250, o que daria um valor limite de até 12 mm. Para isso foi adotando o vão livre entre apoios da laje de 3000 mm (3 m).

7. CONCLUSÕES

Pela proximidade das curvas carga x deslocamento das seis lajes ensaiadas, torna-se possível concluir que a metodologia e materiais adotados neste trabalho foram adequados.

As cargas últimas e as rigidezes medidas nos ensaios permitem considerar que as lajes podem ser utilizadas como elementos estruturais de edificações.

É fundamental para ter resultados muito próximos entre as lajes que a altura das meias-canas seja fixada num único valor, independentemente dos diâmetros externos que tiverem.

Além disso, observa-se pelo longo trecho da Fase 2 das curvas carga x deslocamento que os conectores de bambu conseguem atender a ligação entre as meias-canas de bambu e o concreto, independentemente do espaçamento adotado (5 cm e 10 cm).

As lajes com espaçamento de 5 cm entre conectores apresentaram um comportamento mecânico superior aos das lajes com espaçamento de 10 cm, como era de se esperar.

No entanto, ainda é necessária uma quantidade maior de ensaios e experimentos para comprovar a sua aplicação estrutural, para atender as condições de ELS e ELU, inclusive frente as deformações de longa duração (retração e fluência).

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, C.; CARBONARI, G. Laje mista de bambu-concreto leve: Estudo teórico e experimental. In: V Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2017, Florianópolis. ENSUS 2017. Florianópolis: UFSC, v 1, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16828-1: Estruturas de bambu - Parte 1: Projeto. Em consulta pública. Rio de Janeiro, 31p, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16828-2: Estruturas de bambu – Parte 2: Determinação das propriedades físicas e mecânicas do bambu. Em consulta pública. Rio de Janeiro, 17p, 2019.
- BERALDO, A. L.; PEREIRA, M. A. R. Bambu de corpo e alma. Bauru: Canal6, 240p, 2008.
- BERALDO, A.L.; CARBONARI, G. Capítulo 3 - Propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas do bambu e ensaios para sua determinação. In: Fabiano Ostapiv; Lisiane Ilha Librelotto (Org.). Bambu: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 1ed. Florianópolis: UFSC, v 1, p 1-204, 2019.
- CARBONARI, G.; LIBRELOTTO, L. I. Capítulo 6 - Tratamento e preservação dos colmos. In: Fabiano Ostapiv; Lisiane Ilha Librelotto. (Org.). Bambu: Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 1ed. Florianópolis: UFSC, v 1, p 1-204, 2019.
- CARBONARI, G.; LOPES, L.A. M.; ROSSI, G.B.; PIEDEDE, G.H.; LEITE, F.C.M.; ACOSTA, C. Lajes mistas de bambu-concreto pré-fabricadas com zero aço: são viáveis tecnicamente? In: VII Encontro de Sustentabilidade em Projeto, ENSUS 2019. Florianópolis: UFSC, 2019.
- CARBONARI, G., et al. Bambu: O aço vegetal. Mix Sustentável, Londrina, v. 3, n. 1, p. 17-25, 2017.
- GHAVAMI, K; HOMBEECK, R.V. Application of bamboo as a construction material: Part I—Mechanical properties and waterrepellent treatment of bamboo, Part II—Bamboo reinforced concrete beams. In: Proc of Latin American Symp on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing, CIB, São Paulo, Brazil, 1981.
- GHAVAMI, K. Desenvolvimento Alternativo para Construção da Habitação de Baixo Custo: Bambu. Debates Sociais - Pobreza & Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1994.
- GHAVAMI, K. Ultimate load behaviour of bamboo reinforced lightweight concrete beams. Cement Concrete. Compos. 1995.
- GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Determinação das propriedades dos bambus das espécies: Mossô, Matake, Guadua angustifolia, Guadua tagoara e Dendrocalamus giganteus para utilização na engenharia Departamento de Engenharia Civil. PUC-Rio, 53p, 2001.
- GHAVAMI, K. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Cement Concrete, Cement & Concrete Composites, v 27, p. 637–649, 2005.
- LANNA, S. L. B.; DELGADO, P. S.; AYRES, E.; LAGO, R. M. Eco-design: a eficiência de produtos feitos de Bambu para o sequestro de carbono. In Anais do P&D Design. Maranhão. 10 p, 2012.
- LIESE, W. Bamboos – Biology, silvics, properties, utilization, Deutsches Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit - GTZ, Eschborn, Germany, 1985.
- PEREIRA, M. A. Projeto Bambu: manejo e produção do bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) cultivado na Unesp-Bauru e determinação de suas características físicas e de resistência mecânica. Relatório Fapesp (2003/14323-7), Bauru, 2006.
- ROSSI, G. B.. Procedimento de ensaio de lajes pré-moldadas mistas de bambu-concreto, com conectores e placas de EPS. 2019. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Estruturas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

AGRADECIMENTOS

Aos técnicos dos Laboratórios do CTU pela colaboração na execução da metodologia, e ao Curso de Especialização em Engenharia de Estruturas-CTU-EUL pelo apoio financeiro.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2220-6037>

GILBERTO CARBONARI, Dr. | Universidade Estadual de Londrina | Engenharia Civil | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: (Rua Jerusalém, 300, apto 1704, bloco 3 - Londrina - PR, CEP: 86050-520) | E-mail: carbonar@uel.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7002-8901>

LUCAS AUGUSTO MILANI LOPES, M.Sc. | Universidade Estadual de Londrina | Engenharia Civil | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: (Rua Bélgica, 1652, Cambé - PR, CEP: 86181-090) | E-mail: lucasmilani@uel.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9642-9933>

FELIPE AUGUSTO FAVARETTO CORBACHO | Universidade Estadual de Londrina | Engenharia Civil | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: (Rua Professor Faustino Vieira 45 - Apucarana - PR, CEP: 86802-426) | E-mail: felipe.corbacho@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1403-8590>

BENEDITO TEODORO NETO | Universidade Estadual de Londrina | Engenharia Civil | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: (Avenida Madre Leônia Milito, 2000, apto 1704, Torre Firenze - Londrina - PR, CEP: 86050-270) | E-mail: benedito.btn@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARBONARI, Gilberto; LOPES, Lucas Augusto Milani; CORBACHO, Felipe Augusto Favaretto; NETO, Benedito Teodoro. Lajes Mistas de Bambu-Concreto, Sem Aço. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 19-28, mai. 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.n2.19-28>.

DATA DE ENVIO: 04/05/2020

DATA DE ACEITE: 06/05/2020

ARQUITETURA E EMERGÊNCIAS: UMA PROPOSTA E ANÁLISE DO PROCESSO PROJETUAL

ARCHITECTURE AND EMERGENCIES: A PROPOSAL AND ANALYSIS OF THE DESIGN PROCESS

KARINE REGINA POMPERMAYER | UEL

MARIANA ZIBETTI | UEL

JORGE DANIEL DE MELO MOURA, Dr. | UEL

RESUMO

O aumento na ocorrência de desastres fez crescer as preocupações em providenciar a recuperação de áreas atingidas. No Brasil, os casos de rompimento de barragens no estado de Minas Gerais, impactaram a população diante da destruição e elevado número de atingidos. Para além das mortes, os rompimentos deixaram inúmeras famílias desalojadas. O problema é que a falta de planejamento e recursos provoca a espera, por tempo indeterminado, no realocamento dessas comunidades. Diante deste cenário, fica evidente a necessidade de providenciar o alojamento temporário dos afetados, porém, as análises dos projetos recentemente produzidos revelaram inúmeros problemas sociais e ambientais desencadeados pela falta de qualidade e sustentabilidade dos projetos. Dessa forma, buscou-se formalizar em diretrizes os aspectos técnicos e qualitativos destes alojamentos através de uma revisão bibliográfica, para então realizar uma proposta de habitação temporária que contemplasse uma abordagem sustentável. Essa simulação permitiu validar os aspectos reunidos e entender os desafios enfrentados no processo projetual.

PALAVRAS CHAVE: Habitação Temporária; Arquitetura para Situações de Emergência; Sistemas Construtivos Sustentáveis; Metodologia de Projeto

ABSTRACT

The increase in the occurrence of disasters has raised concerns about providing shelter. In Brazil, cases as dam failure in Minas Gerais state, impacted the population in the face of destruction and a high number of people affected. In addition to the deaths, the disruptions left many homeless families. The problem is that the lack of planning and resources causes an indefinite delay in relocating these communities. Given this scenario, the need to provide temporary accommodation for those affected is evident, however, an analysis of recently projects revealed numerous social and environmental problems triggered by the lack of quality and sustainability. In this way, the intent of this research was to formalize the technical and qualitative aspects of these accommodations in guidelines through a literature review, to then carry out a proposal for temporary housing according to a sustainable approach. This simulation allowed to validate the aspects gathered and to understand the challenges faced in the design process.

KEY WORDS: Temporary Housing; Architecture for Emergency Situations; Sustainable Construction Systems; Design Methodology



1. INTRODUÇÃO

Um evento ou acontecimento que causa sofrimento e grande prejuízo físico, moral, material e/ou emocional, é a definição para desastre nos dicionários. Para a OMS- Organização Mundial da Saúde, trata-se de uma alteração súbita de pessoas, de seu meio-ambiente ou de seus bens causada por fatores externos de origem natural, relacionados ao homem e a natureza, ou pela ação humana, ocasionados pelo desenvolvimento tecnológico, onde ambas exigem uma ação imediata por parte das autoridades, visando a diminuição das consequências do mesmo. Esses eventos causam danos humanos, ambientais, materiais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (KOBAYAMA et al., 2006).

A relação entre a ocorrência de um desastre e a presença humana é direta pois esse só ocorre quando há uma combinação entre eventos extremos que provocam situações de perigo e uma sociedade em determinadas condições de vulnerabilidade (SILVA, 2013; FÉLIX, 2017).

Dessa forma, Kobiyama et al. (2006) aponta que o aumento populacional, a concentração geográfica e a ocupação desordenada de populações são fatores responsáveis pelo aumento no número de desastres registrados nos últimos anos. Silva (2013) e Araújo (2017) também colocam como causa desse aumento, as alterações climáticas, a urbanização acelerada sem planejamento, a pobreza e a degradação ambiental. Esses fatores potencializam os efeitos de um evento pois a maioria implica diretamente no número de pessoas atingidas.

Os valores que indicam a dimensão e o impacto de um desastre são respectivamente: o número de mortes ou desaparecidos, o número de feridos e o número de desabrigados. E é a partir desses dados que são estabelecidas as ações de emergência, que buscam a recuperação e normalização do funcionamento social (FÉLIX, 2017). Sendo assim, fica claro que após um desastre, a primeira ação a ser realizada pelos órgãos competentes é a procura dos desaparecidos e o socorro e tratamento médico dos feridos. Paralelamente devem ser disponibilizados, de forma imediata, abrigos para a população desalojada (FÉLIX, 2017). É nesta etapa que entra a função do arquiteto e o recorte de estudo aqui abordado.

O número de projetos destinados ao alojamento de vítimas também aumentou em decorrência do aumento do número de desastres. Porém, as recentes pesquisas e análises dessas soluções mostram que são inúmeras as deficiências arquitetônicas, bem como apontam diversos problemas sociais e ambientais que podem ser desencadeados devido ao mau planejamento ou falta de qualidade desses projetos.

Diante deste contexto, o presente artigo aborda a etapa de alojamento temporário das vítimas e faz um recorte específico sobre a habitação temporária, reunindo através de uma revisão bibliográfica, as necessidades técnicas e qualitativas dos projetos, formalizando em diretrizes projetuais os seus indicadores de qualidade. Essas diretrizes são então aplicadas em uma simulação de projeto, com o intuito validar os indicadores e verificar as características mais desafiadoras do processo projetual dentro de um contexto emergencial.

Para tanto foi escolhido como contexto os recentes rompimentos de barragens no estado de Minas Gerais. Esta escolha deve-se ao fato de existirem centenas de barragens similares no estado, algumas ainda com risco de rompimento, e muitas com alto potencial de dano, devido à presença próxima de áreas urbanizadas.

Identificar os desafios e as necessidades essenciais da habitação temporária contribui para o desenvolvimento de projetos de maior qualidade, onde a habitação além de abrigar, possa amenizar os efeitos do desastre, cumprir sua função social, reduzir o impacto ambiental e garantir o efetivo direito à moradia mesmo que em caráter temporário. Assim, o objetivo principal deste estudo é apresentar uma proposta com soluções sustentáveis, e abordagens que auxiliem o desenvolvimento de outros projetos na área.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A retomada do cotidiano num cenário pós-desastre é uma necessidade de extrema importância e principal objetivo dos agentes envolvidos neste processo, seja a Defesa Civil, a administração política ou até mesmo a sociedade. Um dos elementos-chaves para reestabelecer o sentimento de normalidade é a reparação ou reconstrução das moradias perdidas pela população (FÉLIX, 2017).

Contudo, estimar a duração das ações de emergência é quase inviável, uma vez que o tempo se torna uma variável dificilmente definida, pois depende de complexos fatores e condicionantes que envolvem o programa de reconstrução de um espaço destruído. (FÉLIX, 2017). Dentre essas condicionantes pode-se citar a dimensão do evento, o grau de destruição, a capacidade econômica do local, a preparação prévia dos agentes, e muitas outras (ARAÚJO, 2017).

Para suprir as funções vitais de proteção, segurança, privacidade e parâmetros mínimos de conforto durante esse espaço de tempo da reconstrução das habitações, são adotados alojamentos temporários que abrigam a população e possibilitam os cuidados com higiene pessoal, saúde, bem-estar e proteção das condições climáticas (FÉLIX, 2017).

Para maior compreensão e definição do recorte de estudo buscaram-se referências que apresentassem e

definissem as principais soluções adotadas para um alojamento temporário, e nesta investigação identificou-se uma divisão dos alojamentos em tipos, discriminados a partir de suas funções e do seu período de utilização.

2.1. O alojamento temporário e suas definições

Os tipos de alojamento identificados que se dividem cronologicamente no decorrer de um desastre são: abrigo de emergência, abrigo temporário e habitação temporária.

O primeiro corresponde à uma solução imediata aos primeiros dias após o desastre, assim comumente são aproveitadas estruturas existentes amplas e que já comportam uma infraestrutura básica, como escolas, ginásios, etc., ou são providenciadas instalações mínimas e provisórias em campos.

Para o segundo tipo, utilizado na fase posterior ao abrigo de emergência, são previstas unidades mínimas, de fácil transporte e rápida montagem, que assegurem a proteção, segurança e privacidade dos ocupantes, mas que ainda não garantem a habitabilidade. O tempo de permanência em abrigos temporários é dependente do tempo de construção das habitações temporárias, e varia de acordo com a disponibilidade de recursos (SILVA, 2013; ARAÚJO, 2017; FÉLIX, 2017; CARBONARI e LIBRELOTTO, 2019).

Tanto o primeiro quanto o segundo tipo abrangem um curto período de duração, em que a situação continua caótica, e as atividades urbanas ainda não foram retomadas.

As condições asseguradas são mínimas, e o materiais aplicados normalmente contém vida útil curta, então logo se torna impraticável o habitar (SILVA, 2013; FÉLIX, 2017; NUNES et al., 2018).

Mesmo a cidade em fase de reconstrução, após o controle da situação, para que se possam ser retomadas as atividades diárias, têm-se necessária a provisão de estruturas mais completas para os desalojados, são as habitações temporárias, terceiro tipo abordado pela bibliografia. Ainda que mínimas, essas habitações garantem além da privacidade e segurança, maior durabilidade e conforto, e permitem ao morador realizar suas atividades básicas diárias, como cozinhar, descansar, estudar, socializar, entre outras. Todo esse conjunto contribui para retomar o sentimento de normalidade e confiança diante da situação, bem como busca resgatar os costumes e a identidade da comunidade, facilitando assim a ação conjunta de reestruturação da sociedade como um todo. O tempo de permanência nessas habitações equivale ao tempo restante para reconstrução da habitação permanente, podendo variar de meses a anos (FÉLIX, 2017; NUNES et al., 2018; CARBONARI e LIBRELOTTO, 2019).

A separação em momentos e distinção dos termos utilizados em um processo de realocamento de desalojados se mostrou essencial para que fosse definido o tipo de solução a ser analisada e objeto de estudo a ser proposto. A Figura 1 representa e resume esquematicamente esses momentos.



Figura 1 - Esquema cronológico do processo de alojamento temporário
Fonte: Félix 2017, adaptado pelos autores.

2.2. Problematização

Após se definir o tipo de solução a ser analisada e aplicada na proposta, procurou-se conhecer os projetos de habitações temporárias desenvolvidos ao longo dos últimos anos e que se destinaram a diversos tipos de catástrofes em diferentes localidades no mundo.

A bibliografia levantada revelou análises que apontam inúmeros problemas relacionados às estratégias e soluções de alojamento temporário. A sua maioria concentra-se na habitação temporária, visto que esta fase é mais complexa e mais duradoura dentro do processo. De acordo com Felix (2017), o grande número de propostas ineficazes, os maus resultados e a criação de problemas desencadeados pelas

próprias construções são preocupantes pois afetam diretamente populações já fragilizadas e diminuem a eficácia dos programas de reconstrução pós-desastre.

As críticas abordadas na literatura são sintetizadas em problemas de ordem ambiental como a insustentabilidade e problemas de ordem arquitetônica e social, como a inadequação cultural, local e econômica.

As inadequações culturais e locais são facilmente percebidas em projetos que apresentam soluções estandardizadas, que buscam uma aplicação universal, mas acabam negligenciando os padrões culturais e suas variações, as condições locais e as necessidades específicas de cada família e comunidade. Essa negligência quebra a identidade e o forte simbolismo que a habitação representa para cada indivíduo, e desfaz o sentimento de pertencimento e integração que deve existir na sua relação com o alojamento, dificultando a sua capacidade de adaptação à situação (SILVA, 2013; FÉLIX, 2017).

[...] esta ideia de solução global não é praticável pois ignora as reais necessidades dos utilizadores, as variações dos valores culturais, a diversidade da arquitetura habitacional da região, as variações climáticas, as diferenças em termos de dimensão familiar, entre muitos outros fatores que são específicos de cada lugar, e que devem ser amplamente analisados e considerados no desenvolvimento das soluções (FÉLIX, 2017, p.38).

Além disso, a produção industrializada de habitações, pautada na estratégia de maximização da produção e minimização dos custos, depende da existência de tecnologia e maquinário, o que pode condicionar a sua fabricação a locais distantes da área atingida. Dessa forma, a logística de transporte das unidades, bem como necessidade de mão-de-obra especializada, e instrumentos específicos de montagem, acarretam em atrasos e elevados custos no processo, isso acaba anulando as vantagens da produção em série. O agrupamento e implantação desses projetos também podem representar inadequações, se não dispuserem de espaços exteriores e públicos que complementam a atividades diárias e as necessidades de interação (FÉLIX, 2017).

As inadequações econômicas tornam-se evidentes em projetos que possuem excessiva preocupação com a estética, e colocam em primeiro plano a necessidade de inovação da forma. Contudo, além de desapropriadas, as unidades se tornam dispendiosas e inviáveis diante de um contexto de escassez de recursos (SILVA, 2013; ARAÚJO, 2017; FÉLIX, 2017).

Estes custos elevados, além de interferir na ordem econômica também podem representar um problema de insustentabilidade. A questão levantada por Félix (2017),

é que se o investimento em uma habitação temporária for superior à construção de uma habitação permanente, não se justificaria o gasto dado o seu curto tempo de utilização, tornando-se assim insustentável a sua produção pois gera um desaproveitamento de recursos.

Além disso, a dificuldade de determinação de um destino final para as unidades após cumprir a sua função temporária, resulta em soluções novamente insustentáveis. Dentre elas, a desmontagem e armazenamento, que implicaria em custos adicionais e duradouros para manter estabelecimentos com esta finalidade; ou a destruição e descarte, o que resultaria em uma enorme produção de resíduos além de representar também um extremo desaproveitamento de recursos (FÉLIX, 2017).

Por último, os sistemas previstos na construção de habitações temporárias bem como os materiais utilizados podem representar um alto grau de impacto ambiental nos terrenos utilizados para o alojamento (FÉLIX, 2017).

Repetem-se casos de poluição e transformação destes locais, devido à realização de fundações e infraestruturas, à transformação dos terrenos para construir vias e corrigir topografia, bem como à produção de lixo e outros resíduos sólidos (FÉLIX, 2017, p.42).

2.3. Indicadores de qualidade

A pesquisa realizada por Félix (2017), resultou em uma estratégia sistemática para análise do contexto e recolhimento de informações que fornecem a base para o desenvolvimento de soluções de alojamento temporários adequados e sustentáveis. Esses princípios levantados pelo autor foram adotados como diretrizes e utilizados como indicadores para análise da qualidade final da proposta. A seguir são apresentados esses indicadores juntamente com uma breve explicação de sua importância:

- Tratar o alojamento temporário como um processo não um produto: Embora complexo e multidisciplinar, a solução criada não deve ignorar os antecedentes nem os precedentes da situação. O processo deve iniciar-se em um planejamento prévio, que antecipe as necessidades de uma situação de emergência. Mesmo após o evento e durante a reconstrução, a proposta deve manter o caráter dinâmico e mutável, sendo passível sempre de adaptações.

- Desenhar para e com as pessoas: o respeito aos costumes e a procura em corresponder as necessidades e expectativas das vítimas é fundamental. As soluções precisam apresentar abordagens mais sensíveis e próximas ao abrigado, ouvindo-os, de modo a potencializar a sua relação com a unidade construída.

- Aproveitar os recursos locais: Os materiais locais são comumente mais baratos e se familiarizam com o local, garantindo maior integração da unidade ao contexto. Os recursos locais incluem também a mão-de-obra. Isso ajuda não somente na economia como também na recuperação emocional dos afetados, pois os mantém ativos e socializados. Incluir a participação da população diminui o tempo de construção e gera um vínculo importante entre o abrigado e a unidade, além de facilitar futuras manutenções e ampliações, pois a montagem adota um conhecimento acessível e os materiais se mantêm disponíveis. Porém deve-se avaliar a viabilidade dessa autoconstrução, bem como o limite de disposição desses materiais para que os mesmos não se esgotem durante o processo.

- Projeto localmente orientado: o partido inicial e referência principal devem levar em consideração as características das construções locais para a definição das formas. Essa estratégia busca manter as referências de lar dos atingidos, facilitando a sua adaptação ao cenário. Também é preciso se considerar as condicionantes climáticas, inclusive as suas alterações ao longo dos meses, bem como as questões culturais da comunidade.

- Desenhar para além das unidades de alojamento: as soluções precisam estender-se ao planejamento dos arranjos, à previsão de áreas livres, comuns, e espaços de transição e aos demais equipamentos que complementam o funcionamento da comunidade. A criação de espaços transitórios cria melhores condições de privacidade, e a garantia de espaços livres proporciona espaços de lazer, descanso, e interação social, aspectos importantes para a melhoria psicológica e emocional das vítimas.

- Visão de médio a longo prazo: uma perspectiva mais abrangente proporciona maior qualidade e sustentabilidade dos projetos. Evitar os desperdícios e as intervenções irreversíveis é essencial para se preservar o meio ambiente e a paisagem local. Além disso, soluções versáteis e reaproveitáveis justificam melhor os investimentos a elas atribuído. Para evitar a permanência definitiva nas unidades, fato que pode gerar problemas sociais, propõe-se prever apenas instalações mínimas, de forma a lembrar ao abrigado o caráter temporário da habitação.

Complementando esses indicadores, Felix (2017) apresenta ainda diversos aspectos técnicos que contribuem para o aumento da qualidade quando aplicados ao projeto são eles: proteção e segurança; conforto; durabilidade compatível ao tempo de uso; flexibilidade; dimensões adequadas; sistemas simples de montagem e manutenção, transporte simples e facilitado; previsão de espaços exteriores; ciclo de vida definido; e consciência ambiental.

Assim, a revisão bibliográfica permitiu o entendimento do tema, mostrou a relação entre a arquitetura e uma situação de emergência e identificou as fases existentes no processo, possibilitando a definição da proposta. Também permitiu o reconhecimento das deficiências dos projetos atuais bem como relacionou os aspectos qualitativos que servem como direcionamento para a tomada de decisões.

3. SIMULAÇÃO

Com base na literatura que prima/orienta pela a necessidade de contextualização dos projetos, buscou-se inicialmente definir a qual caso seria aplicada a proposta de habitação temporária, objeto de simulação deste estudo. Para obter-se uma abordagem mais próxima à realidade cultural e social brasileira, definiu-se como contexto os recentes casos de desmoronamento de barragens, e a seguir são apresentados os dados que levaram à escolha deste cenário.

3.1. Contexto

No Brasil, existem hoje 4.830 barragens cadastradas na Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. A política foi estabelecida pela Lei Federal nº 12.334/2010, e classifica as barragens por:

- Categoria de Risco: Relacionada à possibilidade de rompimento da estrutura;
- Dano Potencial Associado: Relacionado ao entorno potencialmente afetado; e
- Volume do reservatório; (BRASIL, 2010).

Suas classes são definidas a partir da relação entre a Categoria de Risco e o Dano Potencial como é apresentado a seguir (Figura 2).

		Dano Potencial		
		Alto	Médio	Baixo
Categoria de Risco	Alto	A	B	C
	Médio	B	C	D
	Baixo	C	D	E

CLASSIFICAÇÃO

Figura 2 - Classificação das barragens de rejeito
Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o relatório publicado pela AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2019), Das 4.830 barragens existentes no Brasil, 492 são utilizadas para a contenção de

rejeitos de mineração. Destas, 200 estão localizadas no estado de Minas Gerais, de acordo com os dados do Observatório Digital das Leis Ambientais - LEI A (2020).

O gráfico da Figura 3, mostra ainda, que a maioria dessas barragens possuem classificação B, ou seja, apresentam um dano potencial alto ou médio, e é exatamente o dano potencial que relaciona a coexistência da barragem com populações no entorno, fator que pode desencadear desastres.



Figura 3 - Gráfico da quantidade de barragens de rejeito do estado de Minas Gerais e suas classes
Fonte: Elaborado pelos autores.

A concentração de barragens de rejeito localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte, como mostra a Figura 4, levou o estudo a adotar esta área como recorte para aplicação da proposta.

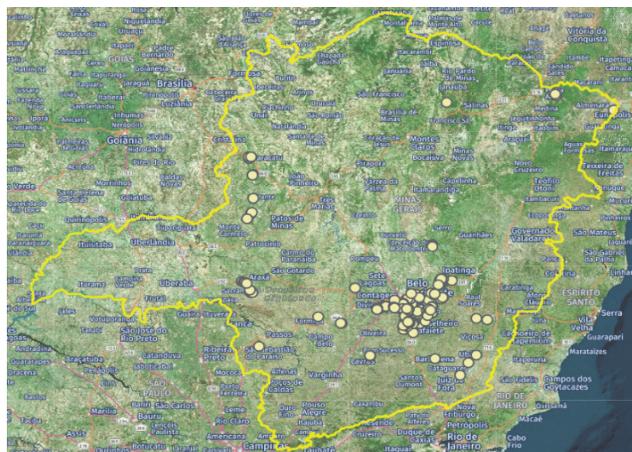


Figura 4 - Mapa do estado de Minas Gerais com a localização das barragens de rejeito
Fonte: Plataforma digital Observatório Lei.A. Acesso em 20 de jan. de 2020. Adaptado pelos autores.

Percebe-se assim, que é comum a presença de barragens de rejeito nas cidades do estado de Minas Gerais. Porém, os recentes casos de rompimento de barragens, geraram grandes preocupações devido às suas proporções de destruição urbana e ambiental e elevado número de pessoas atingidas. Os maiores desastres ocorreram na cidade de Mariana, em

novembro de 2015, e na cidade de Brumadinho, em janeiro de 2019, ambas localizadas no estado de Minas Gerais.

Apenas esses dois casos tiveram alta repercussão no país, porém eles não se apresentam de forma isolada. Um estudo realizado e publicado por Milanez et al. (2016), logo após o desastre de Mariana, levantou o vazamento ou rompimento de mais seis barragens no estado de Minas Gerais entre 2006 e 2015, nos quais em pelo menos metade, houve vítimas fatais e muitas famílias desalojadas.

A combinação entre a ocorrência desses desastres com a pobreza, identificada anteriormente na bibliografia, é aqui exemplificada numa análise feita por Milanez et al. (2016) sobre as relações entre a sociedade e a indústria extrativa mineral – IEM:

[...] a pobreza e a desigualdade das regiões mineradas e sua dependência da IEM se retroalimentam e asseguram a sobrevivência de ambas. De um lado, a pobreza facilita a instalação das atividades extrativas e a aceitação de seus impactos; enquanto, de outro, as operações da IEM dificultam a instalação de outras atividades econômicas, contribuindo para a redução da diversidade da estrutura econômica, sendo a dependência da atividade criada e reforçada por investimentos públicos e privados. Em particular, a estrutura econômica de Mariana sustenta e reforça a minério-dependência e perpetua uma situação agravada de fragilidade ambiental e social (MILANEZ et al., 2016).

Os dados apresentados na pesquisa de Milanez et al. (2016) despertou a preocupação com relação ao acolhimento e realocação das famílias que tiveram suas habitações totalmente destruídas pela lama, e com as que seguem convivendo com o risco existente das demais barragens. Segundo Freitas et al. (2019), somente nos casos de Mariana e Brumadinho, o número de desabrigados somam cerca de 640 pessoas. Esse número desconsidera famílias que conseguiram se abrigar em hotéis, casas de amigos ou familiares, mas que entram na contagem de famílias desalojadas.

O problema maior surge no tempo de realocação dessas famílias, onde a falta de recurso e a impunidade dos responsáveis pelo desastre, levam à espera de meses e até anos para a reconstrução das residências atingidas. Como afirma Nunes et al. (2018), nesse intervalo de tempo, é essencial a disponibilização de alojamentos temporários de fácil acesso, e que forneçam a infraestrutura necessária ao atendimento dos atingidos. Sendo assim, este foi o contexto aplicado à proposta.

3.2. Proposta

A proposta a seguir apresentada é uma simulação do exercício de projeto que contempla todo o referencial bibliográfico abordado anteriormente. O objetivo da proposta foi garantir que todos os aspectos analisados na teoria fossem contemplados no exercício prático, afim de constatar a viabilidade das questões levantadas, e identificar quais são os maiores desafios no processo de concepção de uma habitação temporária.

O processo, que se iniciou na busca e determinação de um contexto, parte então para o recolhimento e análise das informações relacionadas ao local. Com relação à identidade da Região Metropolitana de Belo Horizonte, observou-se no aspecto social uma forte cultura tradicionalista, religiosa e festiva, com uma população bastante diversificada, mas que preza o acolhimento e o convívio social. Já em relação ao aspecto visual, pôde-se identificar uma arquitetura bastante detalhista, a presença de casarões, monumentos e simbolismo religioso, arte barroca e rococó, aspectos bastante enraizados no caráter histórico da região.

Nas áreas residenciais históricas, é constante a presença de cores marcantes, ritmo e simetria. As coberturas em telhas coloniais predominam, e as fachadas são dotadas de varandas com gradis e ornamentos, janelas bem demarcadas por molduras e cores vivas (Figura 5).



Figura 5 – Foto do centro histórico de Ouro Preto-MG
Fonte: site viagemeturismo.abril.com.br. Acesso em 20 de jan. de 2020.

Mesmo nas áreas de ocupação mais recente, apesar da menor intensidade, esses padrões visuais da cultura colonial também aparecem (Figura 6).



Figura 6 – Foto de monumento em contraste com a região periférica de Ouro Preto-MG
Fonte: site viagemeturismo.abril.com.br. Acesso em 20 de jan. de 2020.

Com relação ao aproveitamento dos recursos locais, foram constatadas algumas informações que implicaram na escolha dos materiais utilizados na proposta:

- Conforme o último Boletim anual do Sistema Nacional de Informações Florestais, o estado de Minas Gerais apresentou a maior área de floresta plantada do país, com 1.955.578 hectares, sendo 98% de eucaliptos (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2019). Com isso, definiu-se que toda a estrutura das unidades seria em eucalipto a fim de aproveitar essa alta disponibilidade.

- As prefeituras mineiras possuem convênios com empresas de reciclagem, e promovem com frequência campanhas para coleta de pneu inservíveis, visando o reaproveitamento do material (ONLINE, 2019). Essa disponibilidade de pneus pode ser aproveitada na fundação das estruturas, pois viabilizam uma fácil adaptação a terrenos de variadas declividades, sem exigirem grandes movimentos de terra;

- Com a alta presença de floresta comercial no estado constatou-se também na região a fabricação de chapas de OSB a partir de tiras de madeira de eucalipto. Essas chapas são sustentáveis e podem ser reaproveitadas após o uso nas habitações temporárias, por isso foram empregadas em todos os fechamentos da proposta;

- A grande presença de telhas coloniais nas residências antigas e novas, representam uma identidade visual da região, porém suas dimensões e pesos dificultam o transporte e a montagem rápida das coberturas. Entretanto, para manter a semelhança já habituada da população, foi escolhida uma telha de PVC, que possui o mesmo aspecto visual, porém é maior e mais leve, facilitando o processo de montagem.

A aplicação dos materiais selecionados em conjunto com as diretrizes estudadas na bibliografia resultou na proposta de unidades habitacionais apresentadas na Figura 7.



Figura 7 – Imagem das unidades habitacionais propostas
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para definição das características físicas e qualitativas e apresentação das soluções alcançadas, o projeto foi dividido em etapas construtivas. Essas definições são a seguir apresentadas separadamente cada qual com seu conjunto de elementos e justificativa.

3.2.1. Implantação

Propõe-se uma implantação com grupos de 4 unidades, espelhadas entre elas, como mostra a figura 8, a fim de aproximar os sanitários e centralizar a destinação dos esgotos deste grupo. O posicionamento intercalado proporciona a vigilância natural de todos os espaços. Também são previstas unidades maiores que possibilitam a instalação de equipamentos públicos, caso haja a necessidade. Áreas livres garantem espaços para atividades recreativas, descanso e interação social. Vias menores permitem a circulação de pedestres e vias maiores permitem a circulação de veículos, como viaturas policiais, bem como facilitam o acesso de ambulâncias às unidades.

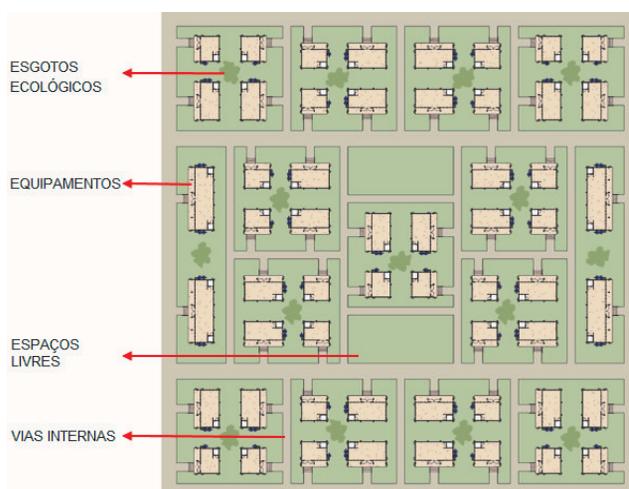


Figura 8 – Implantação sugerida
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.2. Fundação

A fundação proposta busca o reaproveitamento de pneus inservíveis, que são dispostos sob a base da unidade e preenchidos com pedras e areia e fixados ao chão por barras de ferro. Além de economicamente viável, a solução possibilita a adaptação à terrenos íngremes sem grandes movimentações de terra. Além disso, sua altura controlada pelo número de pneus utilizados, permite a elevação da unidade, o que facilita a passagem e manutenção de instalações, bem como a adaptação a áreas alagáveis (Figura 9).

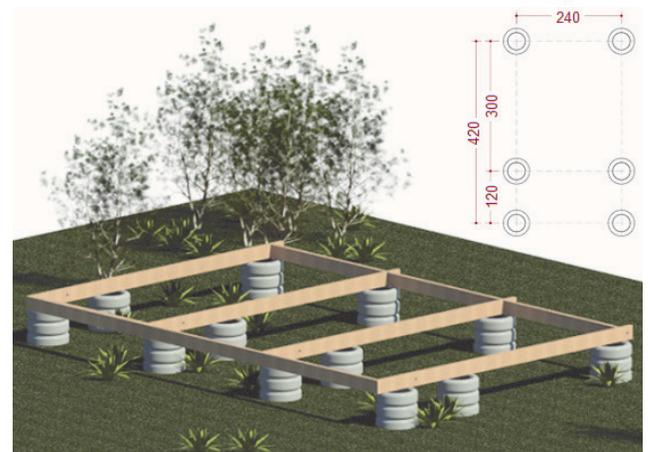


Figura 9 – Locação da fundação
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.3. Estrutura

Com a alta demanda de madeira de eucaliptos na região, optou-se por aproveitar este recurso renovável em toda a estrutura das unidades. Para facilitar o transporte e a montagem, essa estrutura foi dividida em módulos, e os componentes do módulo possuem baixa variabilidade. Assim, foram definidas 8 peças diferentes para a montagem da estrutura, como mostra a Figura 10.

Inicialmente são montados pórticos com os quatro primeiros tipos de peças (Figura 11).

Paralelamente esses pórticos são erguidos sobre os pneus da fundação, onde as demais peças fazem o travamento e formam o módulo da estrutura, que pode ser repetido ilimitadamente (Figura 12 e 13).

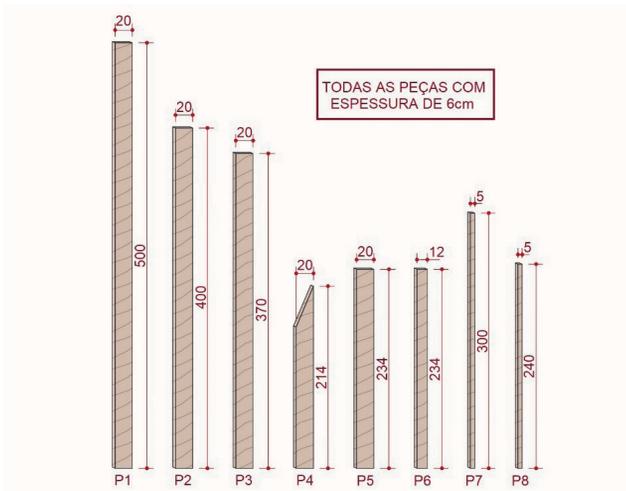


Figura 10 – Peças componentes da estrutura
Fonte: Elaborado pelos autores.

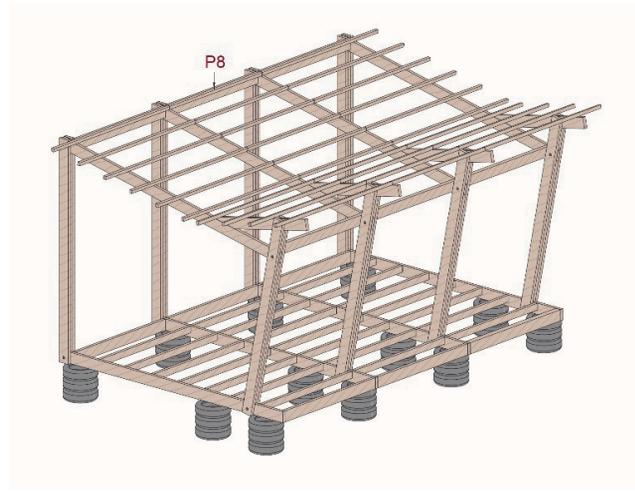


Figura 13 – União dos módulos
Fonte: Elaborado pelos autores.

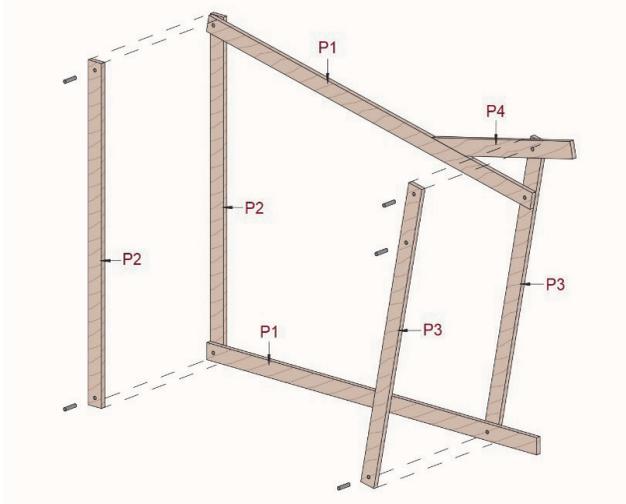


Figura 11 – Montagem do pórtico
Fonte: Elaborado pelos autores.

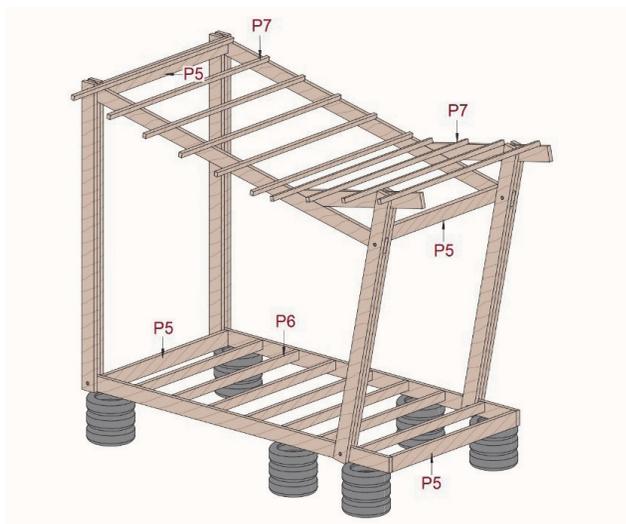


Figura 12 – Montagem do módulo
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.4. Cobertura e Piso

O formato borboleta da cobertura priorizou o reaproveitamento de águas da chuva, com o recolhimento e direcionamento dessas águas à uma calha central, possibilitando o sistema de armazenamento sem o gasto excessivo com tubulações. Apesar do formato não ser muito usual na região, a cobertura utiliza telhas de PVC que remetem à forma e a cor das telhas coloniais. Essas telhas são ultraleves, recicláveis e de fácil manuseio e transporte. Além disso, mantêm as características visuais identificadas nas habitações do contexto.

No Piso são utilizadas placas de OSB inteiras, com medidas de 1,20m x 2,40m, que seguem a modulação da estrutura, são de fácil transporte e rápida instalação (Figura 14).

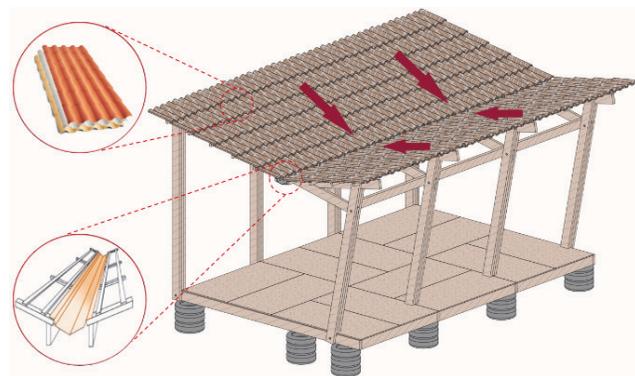


Figura 14 – Cobertura em telhas de PVC com calha centralizada e piso em placas de OSB
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.5. Fechamentos

Para a construção das paredes foram definidos painéis em sistema wood frame, que acompanham a modulação da estrutura. Esses painéis também aproveitam a disponibilidade da madeira de eucalipto e a facilidade de

montagem das placas OSB, que com aplicação dupla buscam maior conforto térmico, segurança, e privacidade, além de possibilitarem a sua reutilização futura, uma vez que são minimizados os recortes (Figura 15).



Figura 15 – Estrutura das paredes em sistema *wood frame* e fechamentos em placas de OSB
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.6. Aberturas

A Região Metropolitana de Belo Horizonte é na maior parte do ano uma região quente. Por isso as aberturas buscam o conforto da habitação, assegurando iluminação natural em todos os ambientes e a ventilação cruzada dos espaços, inclusive do entreferro.

As portas e janelas possuem sistema de abertura e formato similar ao tradicional da região, e também possibilitam a utilização de cores diversificadas, característica constatada no contexto, e que configura a identidade de cada habitação (Figura 16).



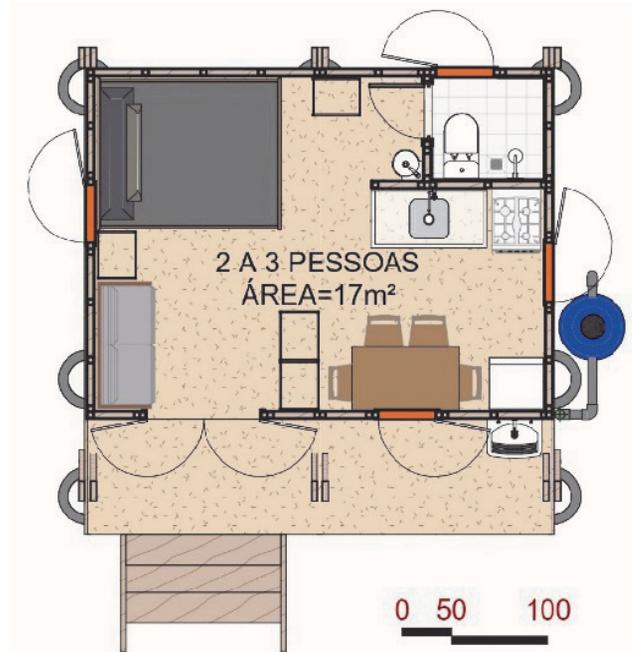
Figura 16 – Aberturas e esquema de ventilação do entreferro
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.7. Layouts

Os tamanhos das unidades são definidos de acordo com o número de módulos utilizados, que podem ser variados. Para esta simulação, foram definidas duas unidades habitacionais, uma para famílias de até 3 pessoas, composta por 2 módulos, e uma para famílias de 3 a 6 pessoas, composta por 3 módulos.

O layout habitacional é pautado na concentração das instalações, mantendo-as o mais próximo possível a fim de diminuir gastos com tubulações. O mobiliário solto permite a flexibilidade e separação dos ambientes, que podem ser definidos de acordo com a vontade de cada família.

A unidade dispõe de um acesso por meio de uma varanda frontal aberta, que funciona como espaço de transição entre o público e o privado. Essa solução, além de representar um aspecto cultural das habitações, também aumenta a sensação de privacidade para as famílias uma vez que distancia o espaço privado das vias de passagem (Figura 17).



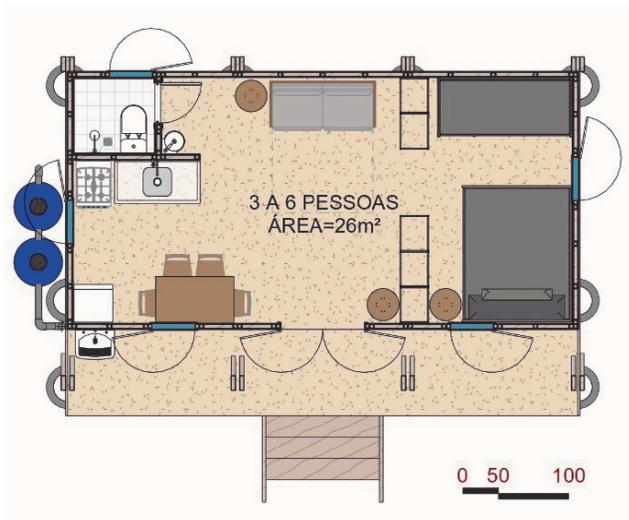


Figura 17 – Plantas layout das unidades habitacionais
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.8. Instalações

A altura do entreforro foi definida afim de permitir a instalação de caixas d'água individuais a cada unidade e de capacidade variadas. A concentração das instalações, definida no layout, também facilitam a distribuição de água pela unidade a partir desta caixa.

A presença de sanitário dentro da unidade, é uma solução que busca mais conforto e privacidade à família. Além disso, esta individualidade evita os problemas de gerenciamento de sanitários coletivos, muito presentes nas etapas de abrigo temporário (Figura 18).



Figura 18 – Corte perspectivado com instalação de caixa d'água no entreforro
Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o esgotamento sanitário, definiu-se a construção de pequenos tanques de evapotranspiração, que atendem a cada 4 unidades habitacionais, como é mostrado na implantação. Esse sistema ecológico reaproveita entulhos e pneus inservíveis, formando uma câmara de decomposição anaeróbia, que filtra a água contaminada através da evaporação e transpiração das plantas (Figura 19).



Figura 19 – Esquema de funcionamento do tanque de evapotranspiração
Fonte: Site www.permaforum.wordpress.com, adaptado pelos autores.

Além das instalações de água e esgoto, a proposta prevê também o reaproveitamento de água das chuvas com a instalação de mini cisternas em cada unidade. Um sistema simples onde a água coletada pela calha é armazenada em bombonas e pode ser reaproveitada para diversas funções exceto o consumo (Figura 20 e 21).



Figura 20 – Sistema de reaproveitamento de água das chuvas
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 21 – Esquema de funcionamento da mini cisterna
Fonte: www.sempresustentavel.com.br

3.2.9. Ciclo de vida

Pensando no ciclo de vida das unidades, uma vez que seu objetivo central é fornecer a habitação temporária às famílias desalojadas, mas tem também como objetivo específico a formulação de uma proposta sustentável, viu-se necessária a preocupação em definir claramente a origem, o uso e o destino dos recursos utilizados. O projeto apresenta recursos adaptáveis, de fontes renováveis, reutilizáveis e recicláveis.

Com isso, propõe-se a utilização das unidades em três etapas distintas, em que num primeiro momento a estrutura formada por um módulo estrutural, com cobertura e piso pode ser utilizada emergencialmente como um abrigo temporário, possibilitando a instalação de barracas elevadas do solo, ou o seu fechamento por lonas, até que se viabilizem todos os recursos para construção das habitações.

Também após o uso como habitação temporária propõe-se a reutilização das unidades como equipamentos sociais. Ao investigar as possibilidades, constatou-se a existência de pequenas estações ferroviárias em diversas cidades da região (Figura 22), e que representam uma característica turística do local. Porém uma grande parte das estações estão em estado de abandono. Com isso, sugere-se a reconstrução dessas estações, reutilizando os módulos das unidades habitacionais, definindo assim um destino final aos recursos empregados e um ciclo de vida para a proposta.



Figura 22 – Imagem de uma das estações ferroviárias em Brumadinho-MG
Fonte: site.wikiapia.org. Acesso em 20 de jan. de 2020



Figura 23 – Perspectiva geral do conjunto de unidades habitacionais
Fonte: Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a importante colaboração das críticas para o reconhecimento das deficiências projetuais reproduzidas nos mais variados contextos emergenciais, considera-se de igual importância a sistematização e aplicação das constatações abordadas.

Os indicadores de qualidade levantados na revisão bibliográfica foram a base para formulação do projeto, e a constatação da presença destes pontos ao final do trabalho funcionou como um instrumento de pré-avaliação da proposta.

Nesse sentido, considerando a complexidade do processo e sua multidisciplinaridade, a proposta procurou

trabalhar de forma analítica as principais questões envolvidas no processo projetual. O projeto visa a aplicação de todos os princípios de qualidade levantados, mas seu caráter preliminar exige ainda que muitos pontos sejam avaliados para constatação da efetividade das soluções.

O dimensionamento das peças estruturais, dos sistemas de abastecimento de água e esgoto, e a definição dos detalhes construtivos devem ser reavaliados em uma etapa de projeto executivo. Assim também o desempenho da estrutura, bem como o comportamento térmico da unidade, e diversos outros aspectos construtivos podem ser avaliados com a construção de um protótipo.

Além desses pontos, aspectos como habitabilidade, durabilidade dos materiais, identificação do usuário e satisfação, só podem ser validados após a unidade ser habitada, a partir de uma avaliação pós-ocupação, que então fornecerá dados suficientes para uma retroalimentação do estudo e possível reformulação da proposta.

Apesar disso, pode-se constatar com este estudo a importância da discussão dos aspectos ambientais no processo. Dessa forma, os recursos empregados são passíveis de adaptação de acordo com a disponibilidade local, empregam a reutilização de produtos descartados, e o uso materiais recicláveis, características que reforçam o seu caráter ecológico.

Essa ênfase na abordagem mais humana e ambiental contribui para uma melhor relação entre os abrigados, o edifício, e o meio ambiente, e tudo isso possibilita uma recuperação mais rápida da sociedade e uma vivência mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.
- SILVA, Catarina de Lurdes Marques Matos. **Arquitetura temporária de emergência**. 2013. 132f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura, Universidade Lusíada de Lisboa, Lisboa, 2013.
- FÉLIX, Daniel António Fernandes. **Arquitetura para situações de emergência. Do projeto sustentável com recurso a sistemas em madeira e derivados à intervenção territorial**. Os casos de Lisboa e Angra do Heroísmo. 2017. 255f. Tese (Doutorado) – Curso de Arquitetura, Universidade Lusíada Norte, Vila Nova de Famalicão, 2017.
- ARAÚJO, Margarida Manso. **O Papel da Arquitetura na Pós-Castástrofe. Estudo para um Alojamento Temporário**. 2017. 120f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Porto, Porto, 2017.
- CARBONARI, L. T.; LIBRELOTTO, L. I. **Estudo comparativo dos cases de habitação temporária – Paper Log House – e as aplicações no Brasil**. Mix Sustentável (Revista online), v. 5, p. 19-30, 2019.
- NUNES, E. F.; AGUILAR, V.Z.; LIMA, A. P. A. S.; ABREU, S. M. B. M.; REZENDE, E. J. C. **Abriço para situação de emergência. Estudos em Design**. (Revista online), v. 26, p.166, 2018.
- BRASIL, Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Relatório de Segurança de Barragens 2018**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2018/rsb2018_0312.pdf>.
- LEI.A. **Observatório Digital de Leis Ambientais**. 2020. Disponível em: <<http://www.leia.org.br/tema/mapa/24/mineracao/>>. Acesso em 20 de jan. de 2020.
- MILANEZ, B.; WANDERLEY, L.; MANSUR, M.; PINTO, R.; GONÇALVES, R.; SANTOS, R.; COELHO, T. **Antes fosse mais leve a carga: reflexões sobre o desastre da Samarco / Vale / BHP Billiton**. Marabá: Editorial iGuana, 2016.
- FREITAS, C. M.; BARCELLOS, C.; ASMUS C. I. R. F.; SILVA, M. A.; XAVIER, D. R. **Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva**. Cadernos de Saúde Pública (Revista online), 35(5): e00052519, 2019.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Boletim SNIF 2018**. Edição 1. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/1645-boletim-snif-2018-ed-1>>.
- ONLINE, Redação DeFato. Começa a campanha para coleta de pneus inservíveis em Minas Gerais. **DeFato Online**, 2019. Disponível em: <<https://defatoonline.com.br/comeca-a-campanha-para-coleta-de-pneus-inserviveis-em-minas-gerais/>>. Acesso em 6 de jan. 2020.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Metodologia de Projeto da Universidade Estadual de Londrina, em especial à disciplina de Sistemas Construtivos.

AUTORES

ORCID: 0000-0002-5163-2011

KARINE REGINA POMPERMAYER | Universidade Estadual de Londrina | Arquitetura e Urbanismo | Londrina, PR - Brasil
| Correspondência para: Rua Paranaguá 803, Apto 93 - Centro, Londrina - PR, 86020-030 | e-mail: karine.pompermayer@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0426-9763

MARIANA ZIBETTI | Universidade Estadual de Londrina | Arquitetura e Urbanismo | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: Rua Manuel Antunes, 315 - Jardim Colúmbia, Londrina - PR, 86057-120 | e-mail: marizibetti09@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9778-8524

JORGE DANIEL DE MELO MOURA, Dr. | Universidade Estadual de Londrina | Arquitetura e Urbanismo | Londrina, PR - Brasil | Correspondência para: Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445 Km 380 - UEL-CAMPUS UNIVERSITÁRIO-CTU, Londrina - PR, 86057-970 | e-mail: jordan@uel.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

POMPERMAYER, Karine Regina; ZIBETTI, Mariana; MOURA, Jorge Daniel de Melo. Arquitetura e Emergências: Uma Proposta e Análise do Processo Projetual. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 29-42, mai. 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.n2.29-42>.

DATA DE ENVIO: 30/04/2020

DATA DE ACEITE: 03/05/2020

LIXEIRA CONCEITUAL SMART: APLICANDO A TECNOLOGIA PARA O DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS

CONCEPTUAL TRASH CAN SMART: APPLYING TECHNOLOGY TO DISPOSE OF SOLID WASTE

JÉSSICA DE AMORIM | UFSC

IVAN LUIZ DE MEDEIROS, Dr. | UFSC

RESUMO

Tendo em vista todos os problemas urbanos relacionados ao descarte de resíduos e a busca diária por novas soluções, este artigo apresenta uma proposta de lixeira conceitual que utiliza da tecnologia como uma ferramenta de auxílio para orientar os usuários ao descarte correto de resíduos sólidos. Para tal pesquisa foi aplicada a metodologia do *Design Thinking*, orientando todas as etapas do processo de desenvolvimento do produto, que por sua vez teve como polo de estudo o maior parque de tecnologia e inovação do Brasil, o Sapiens Parque de Florianópolis - SC. Como resultado final é apresentado uma lixeira com aplicação de soluções tecnológicas, como abertura automática e visor de ecofeedback, que deixaram o produto interativo, moderno e intuitivo, contando ainda com o auxílio de um aplicativo com mapa de localização, rotas, status do produto e informativos técnicos e legais. Uma solução conceitual e inovadora que alia tecnologia e sustentabilidade.

PALAVRAS CHAVE: Lixeira conceitual, inovação, tecnologia

ABSTRACT

In view of all the urban problems related to waste disposal and the daily search for new solutions, this paper presents a proposal for a conceptual trash can that uses technology as an aid tool to guide users to the correct disposal of solid waste. For this research, the Design Thinking methodology was applied, guiding all stages of the product development process, which in turn had as its study pole the largest technology and innovation park in Brazil, Sapiens Parque de Florianópolis - SC. As a final result, a trash can is presented with the application of technological solutions, such as automatic opening and ecofeedback display, which made the product interactive, modern and intuitive, with the help of an application with a map of location, routes, product status and technical and legal information. A conceptual and innovative solution that combines technology and sustainability.

KEY WORDS: Conceptual Trash Can, innovation, technology



1. INTRODUÇÃO

Ao analisar os problemas urbanos de uma cidade, um dos fatores mais importantes e facilmente observado é o descarte incorreto de resíduos sólidos pelas ruas, muitas vezes deixados em calçadas e bueiros, o que resulta em ambientes visualmente desagradáveis, com odor ruim e que causam problemas ambientais e a saúde dos seres humanos.

Por esse e todos os demais problemas urbanos que impactam fortemente o meio ambiente, a busca por soluções que diminuam esse impacto e tenham apelo sustentável está aumentando. O objetivo é tentar construir novas cidades inteligentes, que aliam a tecnologia e os conceitos de sustentabilidade ambiental em diversos projetos urbanos. Segundo Barbosa et al (2013), às cidades inteligentes investem na utilização dos mais modernos recursos tecnológicos e arquitetônicos, para que ultrapassem os desafios gerados pelo crescimento populacional.

Mas para que essas novas cidades possam ser construídas é necessário repensar os mobiliários e diversos produtos urbanos que não tem bons resultados, como as lixeiras públicas, por exemplo. Ao longo desta pesquisa serão apresentados dados que comprovam que os usuários tendem a ter muita confusão na separação dos resíduos e por isso será proposto uma lixeira conceitual neste projeto. Com o intuito de ajudar na separação correta dos resíduos e assim aumentar o número de reciclagem de diversos materiais.

No Brasil contamos com a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) para acompanhar os dados anuais de consumo e descarte correto de resíduos sólidos de cada estado brasileiro. A Abrelpe é a representante brasileira do grupo ISWA - *International Solid Waste Association*, associação internacional que não tem vínculos governamentais e atua sem fins lucrativos, com o objetivo de promover e desenvolver o setor de resíduos sólidos em âmbito mundial, para conseguirmos uma sociedade mais sustentável.

E para que esses resíduos sejam devidamente separados, além da conscientização e incentivo aos usuários, é necessário desenvolver produtos intuitivos e de fácil utilização, para chamar mais atenção para as lixeiras e orientar sem confusão os usuários. E é nesse ponto que este projeto está voltado, assim como Donald Norman (2006) que defende a ideia da execução de projetos com o design centrado no usuário, baseando-se nas suas necessidades e interesses, dando uma atenção especial ao objetivo de fazer produtos que sejam de fácil utilização e compreensão.

A pergunta que tange essa pesquisa é pautada na aplicação de tecnologias como facilitadora de interação, possibilitando maior compreensão e efetividade no descarte

de resíduos sólidos. Desta maneira apresenta-se a seguir o objetivo geral e específicos que nortearam este trabalho.

2. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

Desta forma este artigo tem como objetivo geral apresentar o desenvolvimento de uma proposta conceitual de lixeira para ambiente externo e público, voltada ao conceito de tecnologia e inovação, tendo como polo de estudo o Sapiens Parque de Florianópolis. Já para os objetivos específicos definiu-se os seguintes pontos: (1) identificar os principais problemas do lixo nos ambientes; (2) fazer o briefing com um representante do Sapiens Park; (3) aplicar um questionário ao público alvo da pesquisa; e por último (4) analisar requisitos ergonômicos para melhorar a interação com as lixeiras do espaço onde o produto vai ser instalado.

2.1. Procedimentos metodológicos

A metodologia escolhida para desenvolvimento do projeto foi o Design Thinking, pois este método possui etapas que possibilitam uma abordagem mais ampla dos usuários.

Segundo os autores Vianna et al. (2012), o *Design Thinking* acaba trazendo uma visão holística para a inovação, trabalhando com equipes multidisciplinares que seguem um mesmo processo de entender os consumidores e seu contexto.

As etapas desse método são divididas em cinco partes: empatia, definição, idealização, prototipação e implementação ilustrada na figura 1.



Figura 1 – Metodologia Design Thinking
Fonte: Desenvolvida pelos autores

Na primeira Etapa de empatia são utilizadas técnicas para identificar o problema apresentado. Em seguida é feita a Identificação, momento de segmentar as pesquisas a um ponto estratégico. Já a terceira etapa é de desenvolvimento, onde é requisitado os pontos essenciais, definido os conceitos que o produto deve expressar e

iniciar a geração de alternativas. E a última etapa é de prototipação, onde é definida a alternativa final é feito um refinamento do produto até chegar na etapa final de implementação com memorial de apresentação, aplicação comercial e de marketing do produto.

3. PROBLEMÁTICA DO LIXO

Atualmente é quase impossível pensar em uma cidade sem considerar a problemática gerada pelo descarte dos resíduos sólidos, desde a etapa da geração até a disposição final. Porém, apesar de existir a conclusão por muitas pessoas que o ideal para resolução do problema seria a não geração de resíduos, dificilmente os processos industriais deixarão de gera-los, até pela dependência imposta pelo convívio em sociedade (RIBEIRO, 2009).

Por isso deve-se pensar em alternativas que auxiliem na diminuição da produção dos resíduos e na orientação do descarte correto do lixo. Dentre elas estão as atividades de educação ambiental, já que alguns dados levantados em pesquisas pelo Ibope, apontam que 28% da população tem dificuldades na hora de fazer a separação correta dos resíduos.

Pesquisa realizada por Kligerman (2000) aponta que o Brasil perde bilhões de reais por não investir seriamente na reciclagem, deve-se antes de tudo considerar essas iniciativas como alternativas de todo um conjunto de gestão de resíduos sólidos, e não as utilizar de forma isolada. Além disso muitas cidades que têm algum tipo de deficiência na área de gestão de resíduos sólidos, acabam sofrendo com inúmeros problemas provenientes, como por exemplo, poluição atmosférica, odores e gases nocivos.

Quando apontado conceitos de sustentabilidade e dados dos lixos produzidos na atualidade, observa-se um confronto entre necessidades industriais do mundo globalizado e os impactos disso no ambiente. Segundo a associação Cempre (2018), encontrar soluções ambientalmente seguras para os problemas decorrentes da geração do lixo em grandes quantidades, não é uma questão de fácil resolução.

Pode-se citar Brilhante e Caldas (1999), cujo estudo afirma que desde o final da década de 60 houve um crescimento da conscientização do público, que caminhou paralelamente a rápida degradação do meio ambiente e da saúde, essa situação por sua vez, acabou despertando na população pensamentos que objetivaram reivindicar uma melhor qualidade ambiental, cobrando por parte dos governantes aprovação de projetos que levassem em consideração fatores ambientais.

Weiss, Bernardes e Consoni (2017), citam que o rápido crescimento das cidades e da população, as dificuldades de organização e manutenção desses grandes centros

umentam, segundo os autores essas são algumas questões que podem ser reduzidas a partir da utilização de recursos tecnológico, melhorando eficiência e reinventando a organização das cidades.

E cada vez mais a tecnologia está sendo usada como ferramenta de inovação para a resolução de problemas diversos, com resultados positivos. Dessa maneira acredita-se que a aplicação de tecnologias digitais pode auxiliar na resolução do problema do descarte incorreto dos resíduos e ajudar o meio ambiente.

3.1 Briefing com o Sapiens Parque

Visto que este projeto tem por objetivo desenvolver uma lixeira utilizando recursos tecnológicos e inovadores, foi utilizado como local de estudo e pesquisa o Sapiens Parque de Florianópolis, que é o maior parque de tecnologia e inovação do Brasil, com posicionamento diferenciado, visando sustentabilidade e inovação.

Para entender melhor as necessidades do ambiente, mapear os problemas, sugestões ou restrições para o projeto, entramos em contato com a Sra. Carol Menegazz, diretora de operações do Parque, para fazer um briefing. Durante a conversa foi apresentado os objetivos finais do projeto, as características de ambas as partes atuantes e a Sra. Carol comentou sobre os objetivos futuros do Parque que, resumidamente, é o crescimento econômico do espaço, tornando-se um polo tecnológico de referência em inovação e diferenciais.

Quando apresentado os pontos focais deste projeto Carol se posicionou de forma positiva, segundo ela o Sapiens apoia ideais de inovação vinculadas a sustentabilidade com a utilização de recursos tecnológicos. Por se tratar de um mobiliário urbano, Carol alertou para questões estruturais de durabilidade, logística de uso e integração com o ambiente. Já para fins econômicos foi citado sobre viabilidade de produção, instalação e manutenção, sendo um fator crucial para definir a utilização ou não do objeto no parque. Por fim apresentou alguns dados atuais de circulação do Sapiens Parque. No ano de 2019 o polo conta com 34 empresas atuantes e o total de pessoas que circulam diariamente pelo espaço fica entre 2000 (dois mil) e 2500 (dois mil e quinhentos).

3.2 Definição do Público Alvo

Como apresentado anteriormente este projeto tem como polo de estudo o Sapiens Parque de Florianópolis e centros de tecnologia afins. Desta maneira foi adotada uma ferramenta de pesquisa para coletar informações sobre o público alvo predominante nesses espaços.

Inicialmente foi aplicado um questionário com perguntas pessoais e relacionadas aos objetivos finais do projeto, com isso foi possível compilar os dados e definir Personas e Cenários. Segundo Gil (2008) a ferramenta de questionário pode ser definida como uma técnica de investigação que utiliza de um conjunto de questões aplicadas ao público alvo do projeto e que tem o propósito de identificar interesses, expectativas e temores dos usuários.

E, portanto, elaboramos um conjunto de perguntas estratégicas para identificar o perfil do público. Dentre as perguntas foi obtido informações pessoais e de formação, dados relacionados a separação, coleta de lixo e o grau de aceitação dos usuários quanto a aplicação de ferramentas tecnológicas que auxiliem na orientação do descarte dos resíduos. O questionário foi encaminhado via e-mail para as empresas que tem sede no Sapiens Parque e também direcionado às empresas estabelecidas em áreas tecnológicas semelhantes ao Sapiens, como Pedra Branca e Acate. Os resultados estão compilados na Figura 2.



Figura 2 – Infográfico do Questionário
Fonte: Desenvolvido pelos autores

O questionário online foi encaminhado entre os dias 28 de maio e 10 de junho de 2019. Foram coletadas no total 71 respostas neste período de duas semanas. Pode-se destacar que 80% dos entrevistados acreditam que a tecnologia pode contribuir para orientar usuários sobre o

descarte, 56% gostaram da proposta de uma abertura por aproximação e 67% dos entrevistados acreditam que um aplicativo que fornecesse informações de localização das lixeiras seria interessante.

3.3 Levantamento de parâmetros Ergonômicos

Nesta pesquisa serão aplicadas análises relacionadas a ergonomia física (antropométrica) e cognitiva (interação entre máquina e homem).

Com a análise cognitiva o objetivo é identificar a percepção e tomada de decisão do indivíduo para com o produto. Já a ergonomia física tem por objetivo identificar as possíveis posturas assumidas pelo usuário ao utilizar o produto e a partir dos tamanhos e proporções médias do corpo humano estabelecer as medidas prioritárias aplicadas no projeto final. A análise antropométrica foi feita a partir do levantamento feito por Panero e Zelnik (1984), apresentada no livro *Las dimensiones humanas em los espacios interiores*.

Utilizando as informações do livro foi estabelecido considerar as medidas da altura dos olhos, altura dos cotovelos, estatura de adultos e crianças, sendo utilizado o percentil 5% feminino, para todas as medidas. Foi determinada também a altura de cadeirantes, considerando o percentil de 2,5 feminino, garantindo que o cadeirante mais baixo conseguiria alcançar a tampa da lixeira (figura 3).

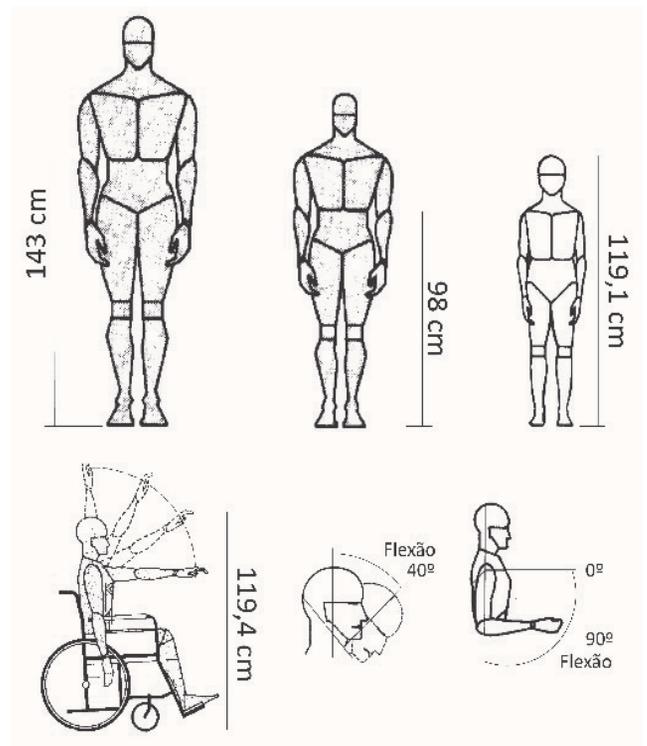


Figura 3 – Medidas Antropométricas
Fonte: Adaptado de Panero e Zelnik (1984).

Além das informações antropométricas citadas anteriormente, a articulação dos ombros também foi considerada, com flexão de 90 graus. E o movimento do pescoço com flexão de no máximo 40 graus. O campo visual no plano vertical, considerando o campo de visão superior entre 40 e 70 graus. Com essas dimensões e características antropométricas da população procurou-se adequar o produto aqui lixeira para uma maior parcela da população possível.

3.4 Requisitos de projeto

Os requisitos de projeto é uma ferramenta que analise as necessidades do usuário e no final gera uma lista de especificações, estas são categorizadas entre obrigatórias e desejáveis.

Desta forma foram identificados todos os pontos que apareceram ao decorrer da pesquisa, dentre eles estão especificações sobre as necessidades de layout, logística, interação do usuário com o produto e os requisitos estruturais (Tabela 1).

Requisitos			
	Obrigatórios	Desejáveis	
Gerais	Diminuir a exposição do lixo com o ambiente	X	
	Lixeira voltada ao descarte de lixo das categorias de cores azul, verde, vermelho, amarelo e marrom	X	
	Atender as necessidades gerais físicas e cognitivas do Design For All	X	
	Atender a logística de uso e interação com o ambiente	X	
	Lixeira vinculada a um aplicativo de localização	X	
	Boa relação entre custo e benefício		X
Estruturais	Utilização de materiais de fabricação sustentáveis		X
	Viabilidade de produção, instalação e manutenção	X	
	Abertura da tampa ativada por aproximação		X
	Resistência mecânica e de corrosão	X	
	Durabilidade e segurança	X	
	Atender as medidas antropométricas apresentadas na análise ergonômica	X	
Facilitar a atividade de retirada dos resíduos	X		

Tabela 1 – Requisitos de projeto da lixeira
Fonte: Desenvolvido pelos autores

E assim foi concluída as especificações que devem ser respeitadas no desenvolvimento da solução final, sendo prioritário todos os requisitos apontados como obrigatórios e secundariamente atender os requisitos que foram classificados como desejáveis.

3.5 Conceitos do projeto

Com as análises anteriores concluídas, inicia-se a fase de idealização e geração de alternativas do produto, nela foi definido alguns conceitos e painéis que iram apresentar formas, estilos e aparência referências para a geração de alternativas.

Neste trabalho o objetivo é que o produto final seja intuitivo, tenha um apelo sustentável, oriente os usuários a fazer o descarte correto dos resíduos e que apresente traços tecnológicos e de inovação.

Desta forma foi definido três conceitos principais, são eles: Forte, Prático e Contemporâneo. O conceito “Forte” busca transmitir a seriedade de um ambiente empresarial tecnológico, além de reforçar a durabilidade e segurança do produto.

“Prático” é outro conceito inspirado na necessidade dos usuários, evitando o erro na hora de saber em qual categoria cada resíduo se encaixa, outro objetivo é transmitir a ideia de um produto organizado e agradável ao ambiente (figura 4).



Figura 4 – Painéis de conceito
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Já o conceito “Contemporâneo” surgiu da principal ideia do projeto, de desenvolver um produto inteligente, com aplicação de ferramentas tecnológicas e que se encaixe em ideias inovadoras e seguras, usando a criatividade para fazer um produto diferente e conceitual.

3.6 Geração de Alternativas

Para concluir a etapa três da metodologia aplicada a este projeto, iniciou-se a geração de alternativas. Segundo Ferrolli e Librelotto (2016), a fase de geração de alternativas no processo de desenvolvimento de projetos de design, destaca-se ainda que esta etapa tem embasamento em métodos intuitivos como o *brainstorming* e métodos intuitivos sistemáticos como síntese funcional e matriz morfológica.

No caso deste projeto foi disponibilizado um período de três semanas para criação das alternativas, até chegar nas seguintes opções (figura 5).



Figura 5 – Alternativas
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Destas foram escolhidas 4 alternativas para refinar e desenvolver as possíveis soluções de layout.

Primeiramente, ao analisar os resultados do questionário que foi aplicado, percebeu-se a necessidade de todas as alternativas apresentarem conexão com aplicativo de localização e abertura automática por aproximação da tampa principal da lixeira, e assim foram refinadas as alternativas, até chegar em quatro soluções.

Ao concluir a montagem dessas 4 opções e aplicar novamente os critérios de requisitos e conceitos, foi escolhida apenas três alternativas para aprimoramento de *layout* estético. Nesta fase surgiu vários *insights*, baseando-se no estilo do público alvo do projeto.

Optou-se por utilizar os símbolos aplicados nos controles remotos de vídeo game para identificar cada tipo de resíduo, já que este foi criado pelo japonês Teiyu Goto, na criação do primeiro controle remoto de vídeo game da

Sony e que é utilizado até hoje na maioria dos controles remotos do segmento. Além disso surgiu a possibilidade de diferenciar as lixeiras a partir destes símbolos e utilizar cores mais intuitivas para cada tipo de lixo. Está seria uma forma de identificar melhor os tipos de resíduos que hoje é um grande problema na sociedade já que 28% dos entrevistados de uma pesquisa aplicada pelo IBOPE em 2018 não sabem identificar as lixeiras de coleta seletiva pelas cores.

Com isso foi possível relacionar os símbolos com os tipos de lixo da seguinte forma: a lixeira para armazenagem de resíduos recicláveis será representada pelo triângulo na cor amarela, referenciando o símbolo já existente de reciclagem e a cor dando mais destaque ao objeto. Os resíduos orgânicos serão simbolizados pelo círculo de cor verde, considerando os selos comumente aplicados a certificação de produtos orgânicos e referenciando a cor da natureza. O quadrado para a lixeira de resíduos de vidro na cor vermelha, já que este símbolo transparece mais segurança e a cor é comumente associada a atenção ou perigo, chamando mais atenção para este tipo de resíduo.

E ainda trabalhando em novas possibilidades para aplicar na lixeira final surgiu a ideia de adicionar um sistema de *feedback* para o usuário que representa a quantidade de resíduos que tem na lixeira, isso também estaria diretamente ligado ao aplicativo. E assim chegamos as alternativas finais (figura 6).

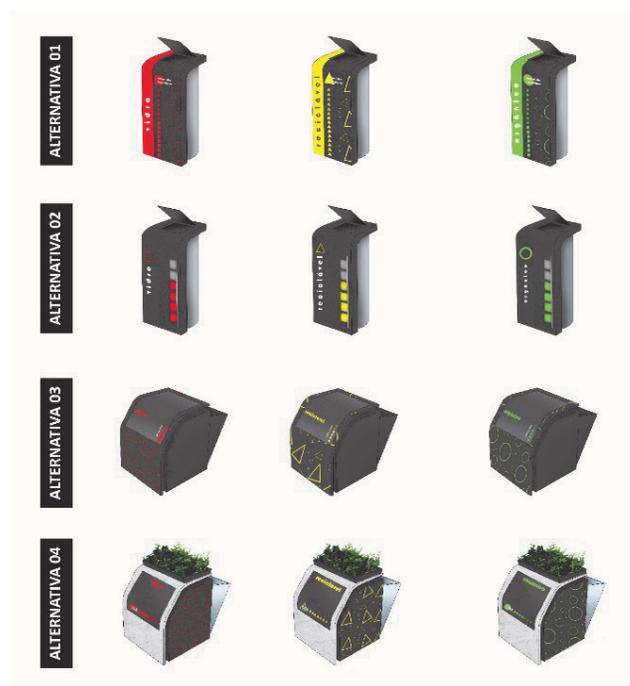


Figura 6 – Alternativas finais
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Ao concluir a definição de todas as três alternativas chegamos a 4ª fase da metodologia que é nomeada de Prototipação, nesta etapa é aplicado ferramentas que auxiliaram na decisão da escolha final a partir da opinião dos usuários público alvo do projeto.

3.7 Matriz de diferencial semântico

Estando com as alternativas finalizadas, foi possível aplicar uma ferramenta chamada Matriz de Diferencial Semântico, com ela é viável apontar de maneira quantitativa qual a melhor opção para trabalhar na etapa final de projeto.

Listamos dez características importantes para o projeto e adicionamos a uma tabela para que as pessoas pontuassem de 0 a 5 cada item, aplicamos com nove pessoas do público alvo do projeto e a alternativa com maior pontuação positiva foi a escolhida para refinar e finalizar (figura 7).

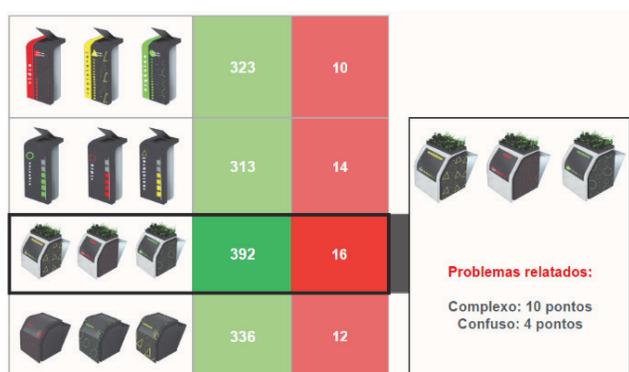


Figura 7 – Matriz de diferencial semântico
Fonte: Desenvolvido pelos autores

No resultado da matriz a alternativa 03 teve maior pontuação sendo, portanto, a alternativa final escolhida. Após este processo foram definidas todas as medidas iniciais do produto e construído um *mockup* de teste em tamanho 1:1 (figura 8).



Figura 8 – Mockup de teste
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Com este mockup foi possível identificar ajustes necessários para o produto final.

3.8 Produto Final

Com a definição da alternativa final do projeto, iniciou-se a fase de ajustes de medidas, definição de aplicação dos mecanismos utilizados, ambientações do produto final e conclusão para apresentação.

As medidas foram redefinidas considerando os mecanismos internos, fatores ergonômicos e antropométricos. No total o produto tem 120 cm de altura, 60 cm de largura por 67 de profundidade e capacidade de armazenamento de 200 litros.

A estrutura da lixeira é dividida em quatro grandes partes, a caixa interna, a caixa externa, a base frontal e a caixa de flores, como mostra a vista explodida do produto (figura 9).

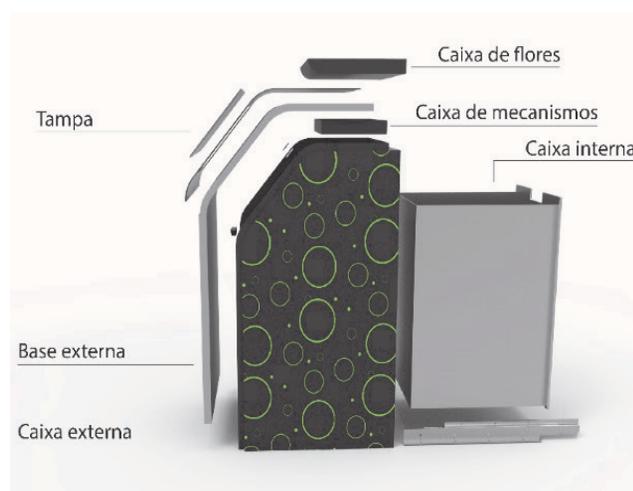


Figura 9 – Estrutura da lixeira
Fonte: Desenvolvido pelos autores

A caixa de flores é localizada na parte superior da lixeira e tem o objetivo de contribuir esteticamente para o mobiliário, esta peça terá um recuo de 1cm na parte traseira por conta de dois furos na parte inferior para liberar líquido acumulado.

Para a funcionalidade da caixa interna, espaço onde será armazenamento os resíduos, foi proposto corrediças fixas que permitiram o funcionamento da caixa como uma gaveta. Na porta automática a solução é aplicar um mecanismo com motor e engrenagens, que após acionado pelo sensor de presença, fara a abertura da tampa. O sensor de presença, por sua vez, terá um temporizador de acionamento, desta forma impedimos que a tampa abra sempre que alguém passar pela frente, é necessário permanecer em média de 2 a 3 segundos para que o mecanismo seja acionado (figura 10).

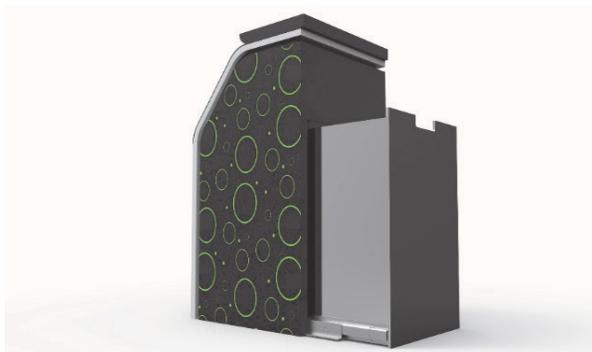


Figura 10 – Caixa interna da lixeira
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Na base frontal da lixeira será acoplado, na parte superior, uma caixa móvel onde será organizado todos os mecanismos de acionamento do produto, tanto de abertura como de sensor interno, evitando exposição e desorganização interna (figura 11).



Figura 11 – Visão interna da lixeira
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Já na tampa será acoplado uma tela de led com a apresentação do nível de resíduos da lixeira, esta placa estará ligada a um sensor ultrassônico, localizado na caixa superior interna, esse sensor tem a capacidade de identificar a quantidade de resíduos armazenados e repassa essa informação para a tela de led, o intuito é atrair a atenção do usuário, evitando que ele jogue o resíduo no chão ou descarte em local impróprio (figura 12).



Figura 12 – Visão frontal
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Por último foi trabalhado na produção do aplicativo mobile, o objetivo do aplicativo é mostrar a localização das lixeiras próximas ao local onde o usuário está localizado. A inspiração surgiu a partir de aplicativos muito utilizados atualmente como os de mobilidade urbana, por exemplo. Mas como o intuito do projeto também é informar os usuários da conscientização e sustentabilidade, surgiu o insight de aproveitar o aplicativo para promover essa conscientização através da publicação de notícias e leis que vigoram no Brasil sobre o descarte de resíduos em ambiente público e privado.

O aplicativo contém o mapa de localização das lixeiras, pode apresentar a rota do usuário até a lixeira mais próxima, tem espaço para publicação de notícias, leis vigentes e reclamações ou sugestões de melhoria. Além disso o aplicativo também apresentará ao usuário a situação atual do produto, podendo estar cheia, com problemas ou em manutenção, direcionando o usuário para uma outra lixeira (figura 13).

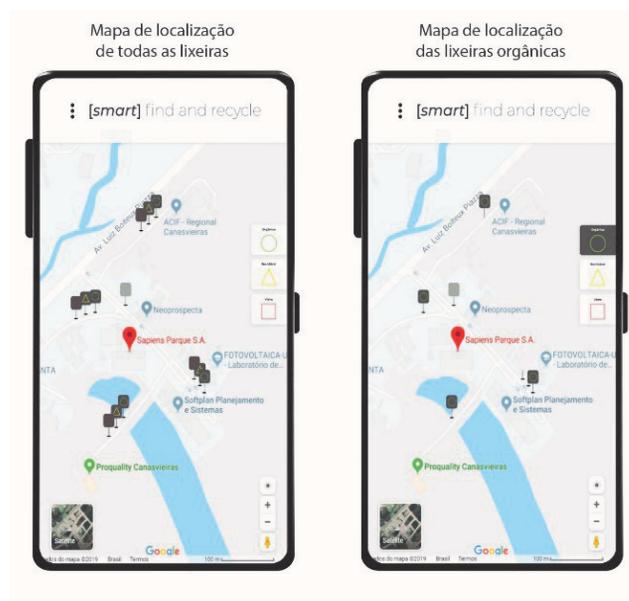


Figura 13 – Aplicativo
Fonte: Desenvolvido pelos autores

Para demonstrar a ideia principal do aplicativo foi desenvolvido um modelo, mas como este é apenas um adendo ao projeto não foi executado pesquisa e teste de usabilidade com usuários, o *mockup* é apenas uma ideia das funções que o aplicativo poderia apresentar.

Tratando-se de um mobiliário urbano, que será fixado em um ambiente externo e estará exposto a modificações de clima foi optado por trabalhar com materiais que sejam de alta resistência mecânica e a corrosão. Desta forma a proposta final do projeto utiliza concreto nas bases, aço inox na caixa interna, policarbonato na tampa e polipropileno nas caixas de mecanismos (figura 14).



Figura 14 – Lixeira final
Fonte: Desenvolvido pelos autores

As três lixeiras no final seguiram um mesmo padrão, mas que se destacam entre si.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A problemática inicial teve como foco os problemas das lixeiras públicas espalhadas pelas cidades, um problema urbano, comumente encontrado que tem se tornado um assunto muito discutido nos últimos anos, principalmente por conta dos problemas ambientais em que vivemos. Em paralelo a isso, também vivenciamos tempos de constante crescimento tecnológico, baseando-se nesses fatores surgiu a ideia deste projeto.

Ao longo do processo foram feitas pesquisas e análises sobre os resíduos sólidos e o comportamento dos usuários com o mobiliário. A partir dessas pesquisas surgiram várias ideias e possíveis soluções para a problemática, mas o maior desafio foi conseguir despertar o interesse dos usuários para uma lixeira. E foi pensando nisso que as alternativas foram trabalhadas com um apelo estético mais amigável, moderno e descontraído, desconectando o usuário das opiniões já formadas.

Também com o resultado das pesquisas, foi possível notar que a identificação dos tipos de lixo separado pelas cores atuais não tem um resultado efetivo, e considerando que este projeto teve o objetivo de fazer um produto conceitual propomos utilizar os símbolos populares e cores que remetessem de forma mais clara a cada tipo de resíduo. O produto também apresenta outras funcionalidades voltadas a interação e conscientização dos usuários, como o visor de *ecofeedback*. E como um dos diferenciais do produto, é o vínculo a uma das ferramentas mais utilizadas na atualidade, o aplicativo, que tem a funcionalidades de localização e informação.

Essas foram as ferramentas tecnológicas aplicadas a este produto, que visam ser mais uma solução para ajudar na problemática das separações de resíduos sólidos,

uma ideia inovadora e que alia um assunto extremamente importante nos dias atuais, com diferenciais que estão ganhando cada vez mais espaço no mundo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação: elaboração: referências. Rio de Janeiro, 2002a. 24 p.
- BARBOSA, G.B. et al. TECNOLOGIA INTEGRADA ÀS ÁREAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE CIDADES INTELIGENTES. **Revista eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão tecnológica**. 2013. v. 03, n.01. Disponível em: <<http://periodicos.unifacfe.com.br/index.php/resiget/article/view/584>>. Acessado em 20 de maio de 2019.
- BRILHANTE, OM., CALDAS, LQA. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1999. 155 p. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/ffk9n/pdf/brilhante-9788575412411.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2019.
- FERROLI, P. C. M.; LIBRELOTTO, L. I. . GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS NO DESIGN: USO DA FERRAMENTA FEAP. **Estudos em Design** (Online), v. 24, p. 197-214, 2016.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2008. 6ª ed. 220 p. Editora Atlas S.A. São Paulo. Brasil.
- KLIGERMAN, Débora Cynamon. **A Era da Reciclagem X A Era do Desperdício**. In: SISINNO, Cristina Lucia Silveira; OLIVEIRA, R.M. (Org.). **Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde: uma visão multidisciplinar**. 20.ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000. p. 99-110.
- NORMAN, Donald A. **O design do dia a dia**. Editora Rocco, 2006.
- PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. Gustavo Gili, 1983.
- RIBEIRO, Adriano Augusto. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos em pequenos e médios municípios consorciados** - Estudo de caso aplicado ao CIRSURES. Dissertação de mestrado. UFSC, 2004. 118p.
- VIANNA, Maurício et al. **Design Thinking Inovação em negócios**. 2014. Editora MJV Press. 1 ed. Rio de Janeiro.
- WEISS, Marcos Cesar, BERNARDES, Roberto Carlos, CONSONI, Flavia Luciane. **Cidades inteligentes: casos e perspectivas para as cidades brasileiras**. 2013. Altec, 18 p. Disponível em:<http://www.redbcm.com.br/arquivos/Bibliografia/cidades_inteligen-tes-casos_e_perspectivas_para_as_cidades.pdf>. Acesso em 28 de maio de 2019.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0328-1333>

JÉSSICA DE AMORIM | Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC | Design | Florianópolis, Santa Catarina (SC) - Brasil
| Correspondência para: Rua Capitão Romualdo de Barros, número 965, Condomínio Royal Park, apartamento 301, bloco D, Carvoeira, Florianópolis - SC, 88040-600 | E-mail: jessicaamorim970@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2552-6239>

IVAN LUIZ DE MEDEIROS, Dr. | Universidade Federal de Santa Catarina | Design de Produto | Florianópolis (SC) - Brasil
| Endereço: Servidão Corinthians, nº97, apto 603 - Bairro Pantanal - cep: 88040 -100. | E-mail: ivan.medeiros@ufsc.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

AMORIM, Jéssica de; MEDEIROS, Ivan Luiz de. Lixeira Conceitual Smart: Aplicando a Tecnologia para o Descarte de Resíduos Sólidos. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 43-52, mai. 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.n2.43-52>.

DATA DE ENVIO: 27/04/2020

DATA DE ACEITE: 30/04/2020

ESTUDO SOBRE MATERIAIS PARA COBERTURAS UTILIZADAS EM SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL RESIDENCIAIS

ASSESS OF MATERIALS USED FOR ROOFING IN RESIDENTIAL RAINWATER HARVESTING SYSTEM

ANA KELLY MARINOSKI RIBEIRO, Dra. | UFSC
DEIVIS LUIS MARINOSKI, Dr. | UFSC

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar quantitativa e qualitativamente materiais de coberturas utilizados em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais e avaliar a influência destes materiais no dimensionamento do volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial e no potencial de economia de água potável. A análise ocorreu por meio de um estudo de caso realizado para um projeto de uma residência de baixo padrão, localizada em Florianópolis/SC. Foram avaliadas quatro opções de materiais (telhado vegetado, telhas cerâmicas, telhas de concreto e telhas metálicas) para a cobertura da residência. Os resultados do estudo de caso, obtidos com auxílio de simulações computacionais indicaram que sistemas que possuem coberturas com materiais cujos coeficientes de runoff são mais elevados, como telhas de concreto e telhas metálicas, maximizam a captação e aproveitamento de água pluvial. Assim, o material da cobertura influencia no dimensionamento do volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial, e no potencial de economia de água potável. Portanto, constatou-se a importância de analisar os aspectos quantitativos e qualitativos referentes aos materiais da cobertura da edificação antes da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para que possam ser realizadas as melhores escolhas de materiais, visando maximizar o aproveitamento de água pluvial.

PALAVRAS CHAVE: Sistemas de aproveitamento de água pluvial; Materiais para coberturas; Coeficiente de runoff

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze quantitatively and qualitatively different roofing materials used in residential rainwater harvesting systems, and to evaluate the influence of these materials on the dimensioning of the ideal rainwater accumulation reservoir and the potential for saving drinking water. In the case study, four roofing material options (vegetated roof, ceramic tiles, concrete tiles and metal tiles) were evaluated to use in a low-standard residential building, located in southern Brazil. The analysis took place through literature search and computer simulations. The results indicated that the quality of rainwater collected is dependent on both the roof material and local environmental conditions. In addition, the roofing material influences the water saving potential and the dimensioning of the rainwater reservoir volume, which is one of the most expensive components of the system. It is concluded that systems that have roofing with materials whose runoff coefficients are higher, such as concrete tiles and metallic tiles, maximize the collection and use of rainwater.

KEY WORDS: Rainwater harvesting systems; Roofing materials; Runoff coefficient



1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água, é hoje o mais ameaçado, tanto devido à escassez como também à qualidade. Este fato ressalta a necessidade da conservação da água, buscando técnicas alternativas e sustentáveis que venham contribuir para seu uso eficiente. Dentre essas técnicas destaca-se o aproveitamento de água pluvial.

O aproveitamento de água pluvial consiste em captar água da chuva na superfície onde essa água escoar, encaminhando-a para um tratamento quando necessário, para um armazenamento e posterior uso, em geral não potável.

Um sistema de aproveitamento de água pluvial de captação pode possibilitar a utilização desta água como um recurso complementar e alternativo, e com isto contribuir para prevenir os impactos decorrentes das adversidades climáticas.

Alta demanda de água potável, altos custos com captação e tratamento, problemas decorrentes da alta taxa de urbanização e impermeabilização do solo fazem com que as técnicas de aproveitamento de água pluvial sejam medidas de gestão de recursos hídricos bastante difundidas em países desenvolvidos. A detenção das águas de chuva coletadas nas coberturas das edificações, residências e indústrias, constitui-se em importante ação no controle de cheias urbanas e na redução de água fornecida pelas empresas de saneamento para consumo humano.

A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins (MAY; PRADO, 2004).

Diferentes benefícios são possíveis de serem alcançados com relação à captação de água pluvial para diferentes partes do mundo. Isto ocorre por razões diversas, que podem incluir desde a existência ou não de outra fonte do recurso, até a expressividade da tarifa, ou a qualidade da água fornecida pela concessionária (MANO; SCHMITT, 2004).

De acordo Dias et al., (2007) o aproveitamento de água pluvial em locais que dispõem de serviços públicos, mas que passam por crises de desabastecimento, desempenha importante papel na complementação da oferta de água.

Além disso, existem vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois estes possibilitam reduzir o consumo de água potável diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de distribuição; possibilitam ainda minimizar riscos de enchentes e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos (MAY, 2004).

Várias configurações são possíveis para a constituição de um sistema de aproveitamento de água pluvial. De acordo com a disponibilidade de recursos disponíveis para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial associados com a destinação prevista para o uso da água, estes sistemas podem ser dos mais simples aos mais sofisticados tecnologicamente (HERNANDES et al., 2004).

Os componentes e equipamentos empregados em sistemas de aproveitamento de água pluvial variam de acordo com diversos fatores, dentre eles a tipologia e finalidade do sistema, a possibilidade técnica, a viabilidade econômica e aceitação social.

Os elementos constituintes de um sistema de aproveitamento de água pluvial compõem-se dos componentes essenciais e dos acessórios. Os componentes essenciais são aqueles que estão presentes em qualquer tipo de sistema, independente dos recursos necessários para construí-lo. São eles a área de captação (telhado, laje e piso), sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e horizontais) e o reservatório de armazenamento. Podem ainda ser necessários tubulação de recalque, reservatório superior e rede de distribuição (MANO; SCHMITT, 2004).

As coberturas (superfícies de captação) são componentes de sistemas de aproveitamento de água pluvial que possuem grande influência no volume e na qualidade da água da chuva que chega ao reservatório. O material do qual a cobertura é confeccionada pode provocar maior ou menor retenção da água precipitada (GWENZI et al., 2015).

De acordo com Mendez et al., (2011), a qualidade da água da chuva coletada a partir do telhado deve ser cuidadosamente examinada, em especial se a água da chuva for destinada para uso doméstico. Por isso, o material de cobertura é uma consideração importante ao projetar um sistema de captação de água da chuva.

A avaliação do potencial quantitativo de sistemas de aproveitamento de água pluvial e da qualidade de escoamento de águas pluviais a partir de vários tipos de telhados é essencial, a fim de estabelecer critérios para o projeto. Ambos os aspectos (quantidade e qualidade) são necessários para selecionar o telhado mais adequado para o aproveitamento de água pluvial.

O objetivo deste estudo é avaliar a influência de diferentes materiais de coberturas no dimensionamento do volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial e no potencial de economia de água potável gerado por um sistema de aproveitamento de água pluvial projetado para uma edificação residencial. Além disso, visa apresentar critérios obtidos na literatura para a seleção do material da cobertura (área de captação de água

pluvial), a fim de verificar qual tipo de material é mais adequado quantitativa e qualitativamente para aplicação em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1. Área de captação de água pluvial

A captação de água de chuva pode ser realizada em diversas áreas das edificações, como coberturas, telhados, lajes de concreto, varandas, telhados vegetados, diretamente do solo, principalmente em encostas e de preferência áreas gramadas ou com vegetação similar, pavimentos (estradas, estacionamentos, pátios). No entanto, recomenda-se dar preferência para áreas mais limpas, como telhados e coberturas, que não sejam destinadas para o trânsito de pessoas ou animais e que estejam acima do local onde será instalado o reservatório de armazenamento, para sua alimentação ser por gravidade (ANDRADE et al., 2010).

Segundo a Norma Brasileira NBR 15527 (ABNT, 2007) área de captação é a área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal.

Deste modo, a maioria dos sistemas de aproveitamento de água de chuva residenciais utiliza como áreas de captação os telhados, pois frequentemente a água captada nas coberturas é considerada não poluída, ou, pelo menos, apresenta padrões de qualidade relativamente melhores em comparação com a água da chuva captada em outras superfícies (MENDEZ et al., 2011).

A captação de água de chuva nos telhados é simples e muito utilizada. A estrutura de captação já se encontra implantada nas edificações, o que facilita a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tomaz (2003) afirma que geralmente a captação de água pluvial é feita nos telhados, podendo ser os mesmos edificados de telhas de cerâmica, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, telhas de ardósia, podendo estar inclinados, pouco inclinados ou planos. As coberturas também podem ser de telhas de concreto, fibrocimento, polícarbonato, fibra de vidro, fibra vegetal, entre outros tipos.

De acordo com Andrade et al. (2010), os materiais das áreas de captação não devem apresentar toxicidade e substâncias que comprometam a qualidade da água. Por exemplo, devem ser evitados telhados de amianto, com pintura a base de metais pesados. Quando utilizadas telhas cerâmicas, caso a limpeza destas telhas seja realizada com jatos de água, deve-se evitar a utilização de ácido ou outro reagente nocivo, e o efluente desta operação de limpeza, quando realizada, deve ser descartado. Deve-se

ainda evitar coberturas com chumbo, cromo e zinco, entre outros materiais que possam causar efeitos nocivos à saúde ou ao meio ambiente.

Além disso, em telhados para captação de água de chuva as calhas e condutores devem ser fabricados com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos, evitando assim, que partículas tóxicas provenientes destes dispositivos venham a ser levadas para os reservatórios de armazenagem (MACOMBER, 2001).

Outro aspecto importante referente à área de captação de água pluvial a ser avaliado é a eficiência do material adotado para o telhado, pois o volume de água captado é um fator que depende da eficiência do escoamento superficial da área de captação. Assim, devem ser adotados materiais para coberturas que apresentem coeficientes de runoff (coeficiente de escoamento superficial) que maximizem o aproveitamento de água pluvial.

2.2. Coeficiente de runoff

Os materiais utilizados nas áreas de captação de água de chuva apresentam diferentes valores do coeficiente de runoff, também chamado de coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de runoff é um valor adimensional que estima a parcela de chuva que se torna o escoamento, tendo em conta as perdas existentes (FARRENY et al., 2011).

Silva et al. (1984) definem o coeficiente de escoamento superficial como sendo a relação existente entre o volume escoado e o volume precipitado. Esse coeficiente varia com a duração da chuva, com sua intensidade e com as condições físicas da área de captação.

Outros autores referem-se ao coeficiente de runoff como coeficiente de aproveitamento de água pluvial, ou seja, um indicador do volume de água de chuva realmente aproveitável (ANDRADE et al., 2010; GHISI et al., 2009).

De acordo com Tomaz (2003), a diferença entre o volume de água que escoou superficialmente e o volume total de água precipitada é referente às perdas, devido à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras.

O coeficiente de runoff de uma cobertura está diretamente relacionado ao material do qual esta é constituída. Em telhados mais porosos, as perdas são maiores e o coeficiente será menor, o contrário ocorre em telhados menos porosos.

A textura dos diferentes materiais de telhado causa diferente retenção, comportamento de escoamento e diferentes processos de intemperismo. Portanto, cada telhado tem o seu volume de escoamento característico, principalmente explicado por sua inclinação e pela rugosidade dos materiais (FARRENY et al., 2011).

O coeficiente de runoff deve ser adotado com critério, pois dele depende a correta estimativa do volume ideal do reservatório de acumulação e também a estimativa do potencial de economia de água potável.

Diversos autores da literatura nacional e internacional sugerem valores de coeficiente de runoff em função do tipo de material da superfície de cobertura, conforme apresenta a Tabela 01.

Material da cobertura	Coeficiente de runoff	Fonte
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
	0,20	Thomas e Martinson (2007)
Cerâmico	0,56	Khan (2001)
	0,75 – 0,95	Pruski et al., (2004)
	0,80 – 0,90	Hofkes e Frasier (1996)
Metálico	0,81 – 0,84	Liaw and Tsai (2004)
	0,80 – 0,85	UNEP (2004)
	0,95	Lancaster (2006)
	0,90 – 0,95	Wilken (1978)
Cimento	0,62 – 0,69	UNEP (2004)
	0,81	Liaw and Tsai (2004)
Alumínio	0,70	Ward et al. (2010)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Concreto asfáltico	0,90	Lancaster (2006)
Aço galvanizado	> 0,90	Thomas e Martinson (2007)

Tabela 01 - Coeficientes de runoff em função do tipo de material da superfície de cobertura.
Fonte: Adaptado de Farreny et al. (2011); May (2004); Hangemann (2009), Tomaz (2003).

Da análise da Tabela 1, nota-se que os valores de coeficiente de runoff em função do tipo de material da cobertura encontram-se dentro de uma faixa de 0,20 a 0,95. Esta ampla gama de valores de de coeficiente de runoff para um mesmo material resulta da interação de muitos fatores, tanto climáticas (quantidade e intensidade da chuva, a umidade antecedente, os ventos predominantes) e arquitetura (inclinação, material do telhado, vazamentos, infiltração e rugosidade do material).

Na Espanha, Farreny et al. (2011) avaliaram três telhados inclinados compostos por diferentes materiais (telhas cerâmicas, telhas metálicas e telhas de policarbonato), e um telhado plano de cascalho. Os autores estimaram o volume de escoamento e captação inicial de cada telhado. Grandes diferenças no coeficiente de runoff foram observadas, dependendo principalmente da inclinação e da rugosidade do telhado. Verificou-se que telhados inclinados lisos (coeficiente de runoff > 0,90) podem captar até cerca de 50% a mais água da chuva que telhados planos

brutos (coeficiente de runoff = 0,62). Os valores mais altos de coeficiente de runoff (correspondentes a telhados inclinados lisos) são preferíveis para utilização em sistemas de aproveitamento de água pluvial a fim de maximizar a quantidade de água da chuva captada.

Boulomytis (2007) apresentou algumas considerações importantes sobre eficiência de telhas metálicas e cerâmicas em relação ao aproveitamento de água pluvial. De acordo com o autor, as telhas cerâmicas são mais permeáveis do que as telhas metálicas, dessa maneira, sistemas que apresentam telhas cerâmicas na área de captação reservam um volume de água inferior aos que possuem telhas metálicas, para uma mesma precipitação. Além disso, o escoamento das águas pluviais sobre a cobertura de telhas cerâmicas pode superar a resistência à abrasão do material e transportar sedimentos para o reservatório, tanto das partículas de sujeira depositadas superficialmente, quanto do próprio material cerâmico.

Cavalcanti (2010) testou a eficiência de diferentes áreas de captação, visando obtenção de resultados que indiquem qual a área mais adequada para ser utilizada no semiárido brasileiro. Foram avaliados quatro tipos de área de captação: cobertura de argamassa de cimento e areia, cobertura de telha de cerâmica, cobertura de telha de fibrocimento, e cobertura de polietileno. Os resultados indicaram que os maiores coeficientes de escoamento superficial ocorreram nas áreas com cobertura de telhas de fibrocimento e lona plástica de polietileno. Observou-se também que para as chuvas de baixa intensidade, a área de captação de argamassa e a área com telhas cerâmicas absorvem mais água do que as demais áreas, ocasionando desta forma um retardo no escoamento da chuva. Porém, um aumento na intensidade da chuva reduz as diferenças entre o coeficiente de escoamento superficial dos diferentes tipos de áreas de captação. A Figura 01 apresenta as quatro áreas de captação analisadas.

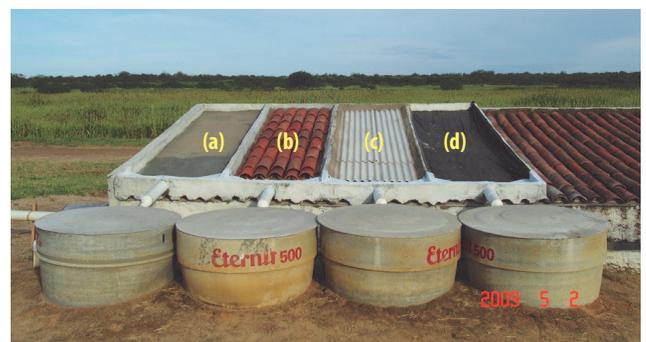


Figura 01 - Áreas de captação analisadas (a) argamassa de cimento e areia; (b) telhas cerâmicas; (c) telha de fibrocimento e (d) lona plástica de polietileno.
Fonte: Adaptado de Cavalcanti (2010).

2.3 Qualidade da água pluvial

O uso da água pluvial requer controle da qualidade da água fornecida ao usuário. É preciso caracterizar o uso para o qual a água pluvial será direcionada para então aplicar normas técnicas que limitem os valores dos parâmetros qualitativos e definir o tratamento a que a água deverá ser submetida. Esta etapa é importante para que se protejam os usuários e os componentes do sistema.

A qualidade requerida para a água de chuva depende da finalidade a que se destina. Assim, no caso de utilizar a água de chuva em pontos de consumo para fins potáveis deve-se atender a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Além disso, as análises da composição física, química e bacteriológica da água pluvial devem ser elaboradas para verificar a necessidade de tratamento, diminuindo riscos à saúde de seus usuários conforme preconiza a NBR 15527 (ABNT, 2007).

Existem vários parâmetros que podem influenciar na qualidade da água de chuva, como a qualidade do ar da região onde será realizada a coleta, o tipo de material da superfície de captação, a limpeza dessa superfície, da calha, da tubulação que transporta a água até o reservatório e do próprio reservatório, bem como os cuidados dos moradores com a manutenção do sistema e o manuseio da água (LEE et al., 2012; GHAFARIANHOSEINI et al., 2015).

Outro fator que também influencia nas características da água pluvial é número de dias de estiagem. Quanto maior o número de dias sem chuva, mais impurezas encontram-se presentes no telhado e a qualidade da água tende a diminuir.

Além disso, antes de atingir o telhado, a qualidade da água da chuva é influenciada pela presença de poluentes atmosféricos. O pH da água da chuva é regulado principalmente pela presença dos gases CO₂ (gás carbônico), SO₂ (dióxido de enxofre), HNO₃ (ácido nítrico) e NH₃ (amônia) presentes na atmosfera. Após escorrer pela superfície de captação, a água da chuva sofre perda de qualidade, pois acumula sujeira, como poeira de diversas origens, fezes de animais e matéria orgânica originária de folhas e detritos de árvores (ANDRADE et al., 2010).

Além disso, a urbanização associada com um alto nível de atividades econômicas das modernas sociedades em pequenos espaços como as cidades, produz uma alta concentração de poluentes (como metais pesados e diversas substâncias químicas decorrentes da queima de derivados de petróleo), que em contato com a água precipitada, podem contaminá-la. Estes fatos afetam a qualidade da água da chuva para algumas aplicações (MACOMBER, 2001).

Devido perda de qualidade que a água da chuva sofre ao passar pela troposfera e pela área de captação, se faz necessária a utilização de dispositivos de descarte de

sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos. Os primeiros milímetros de chuva que precipitam sobre os telhados são os mais poluídos e, ao longo do evento chuvoso ocorre melhoria na qualidade dessa água (ANNECCHINI, 2005).

Segundo Brown et al. (2005), o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. Outras variáveis a serem consideradas são a inclinação e as superfícies dos telhados, a intensidade das chuvas e o período de tempo que ocorrem. Além disso, salienta-se que não há nenhum cálculo exato para definir o volume inicial de água pluvial que necessita ser desviado, devido às muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem das áreas de captação.

Dentre os diferentes fatores que podem influenciar na qualidade da água pluvial captada, buscou-se destacar no presente trabalho o tipo de telha utilizada na cobertura da área de captação, pois o material que compõe a superfície de coleta tem participação no resultado final da qualidade da água.

Estudos realizados em diferentes tipos de telhados na Austrália e Estados Unidos verificaram que materiais galvanizados seriam as principais fontes de zinco em zona urbana. Os materiais de telhados com alguns tipos de tinta e os revestimentos de cobertura seriam suspeitos de serem fontes de contaminação com cobre e chumbo (WATERSHED PROTECTION TECHNIQUES, 1994).

Em telhados de área industrial, as concentrações de chumbo, zinco, sólidos suspensos e turbidez são altas. Já a água coletada dos telhados de área rural tem uma considerável concentração de nitratos e um pH ligeiramente mais elevado. Os níveis de pH, de condutividade e de turbidez costumam ser mais elevados em telhados feitos de concreto (THOMAS; GREENE, 1993).

Mendez et al. (2011) realizaram um estudo nos Estados Unidos analisando o efeito de materiais convencionais de cobertura (telhas asfálticas shingle, telhas metálicas e telhas de concreto) e materiais alternativos de cobertura (telhado verde e telhado frio) na qualidade da água da chuva captada. De acordo com os autores, os telhados metálicos normalmente são recomendados para aplicações em sistemas de captação de água pluvial, pois a água coletada a partir desses telhados tende a ter concentrações mais baixas de bactérias em comparação com outros materiais. Além disso, relatam que o telhado de concreto apresentou qualidade da água

pluvial semelhante ao telhado metálico, indicando que esses materiais também são adequados para aplicações em sistemas de captação de água pluvial. Embora as telhas asfálticas e os telhados verdes produzam qualidade de água comparável em muitos aspectos aos outros materiais analisados, as concentrações de carbono orgânico dissolvido foram muito altas. Além disso, as concentrações de alguns metais (como o arsênico, por exemplo) na água da chuva coletada a partir do telhado verde sugerem que a qualidade da água deve ser cuidadosamente examinada caso seja aproveitada para uso doméstico.

Farreny et al. (2011), já citados anteriormente, avaliaram a contaminação físico-química do escoamento de água pluvial em três telhados inclinados (telhas cerâmicas, telhas metálicas e telhas de policarbonato), e um telhado plano de cascalho. A qualidade físico-química do escoamento na área de estudo de caso (nordeste da Espanha) apresentou-se melhor do que a qualidade média encontrada na revisão da literatura (condutividade: $85,0 \pm 10,0$ mS / cm, sólidos suspensos totais: $5,98 \pm 0,95$ mg / L, carbono orgânico total: $11,6 \pm 1,7$ mg / L pH, : $7,59 \pm 0,07$ UPH). No entanto, diferenças significativas foram encontradas entre os telhados inclinados e os telhados planos para alguns parâmetros (condutividade, carbono orgânico total, sólidos suspensos totais e carbonatos de amônio). O telhado plano de cascalho apresentou níveis mais elevados de todos os poluentes (exceto para NH_4^+) por causa dos processos de deposição de partículas, intemperismo do telhado e colonização de plantas. Em contraste, telhados inclinados apresentam melhor qualidade da água.

No Brasil, Cardoso (2009) realizou uma pesquisa quantitativa sobre a qualidade da água pluvial na cidade de Belo Horizonte. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, turbidez, cor aparente, alcalinidade, dureza, sulfato, ferro, manganês e chumbo) e microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*) da água pluvial captada em uma superfície de captação constituída por telhas cerâmicas e outra superfície de telhas metálicas. O estudo concluiu que os parâmetros coliformes totais, cor aparente, turbidez e ferro não atingiram o padrão recomendado pela NBR 15527 (ABNT, 2007) e Portaria nº 518 do Ministério da Saúde quando foi descartado o volume de 2,0 litros de água pluvial por área de telhado, indicados na referida norma. A água captada pelas telhas metálicas apresentou qualidade microbiológica superior à captada nas telhas cerâmica.

Teixeira et al. (2017) compararam a qualidade da água da chuva coletada em duas residências em Curitiba, uma

construída com telhado verde e a outra com telhado com telhas de concreto. A água da chuva captada no telhado com telhas de concreto apresentou menores valores para turbidez e demanda química de oxigênio na maioria dos resultados. O telhado verde contribuiu para a diminuição da acidez natural da água da chuva.

Tomaz (2003) apresenta valores para análise de contaminação bacteriológica da água de chuva captada em telhados com telhas cerâmicas, chapa galvanizada e concreto, conforme apresentado na Tabela 02.

O tratamento da água pluvial depende da qualidade da água coletada e de seu uso final. A coleta de água para fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação, embora certo grau de filtragem, muitas vezes, seja necessário. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Em caso de uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY; PRADO, 2004).

3. MÉTODO

3.1. Descrição do sistema

O projeto objeto deste estudo refere-se a uma edificação unifamiliar de baixo padrão com área construída igual a $61,30 \text{ m}^2$. Este projeto foi fornecido pela Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina – COHAB/SC.

A Figura 02 apresenta, respectivamente, a Planta baixa e a planta de cobertura da residência objeto de estudo.

O projeto hidrossanitário original da residência não contemplava o aproveitamento de água pluvial, por isso, foi preciso elaborar um novo projeto com sistema de aproveitamento de água pluvial, e dimensionar os seus componentes.

Um esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial da residência está apresentado na Figura 03.

A residência analisada localiza-se no município de Florianópolis – SC, região Sul do Brasil. A escolha deu-se em função da disponibilidade de alguns dados necessários ao estudo, e, além disso, devido ao crescimento populacional e do setor da construção civil ocorrido nas últimas décadas, o que implica em maior consumo dos recursos hídricos. Além disso, Florianópolis é contemplada com boa distribuição temporal e altos índices de precipitação pluviométrica.

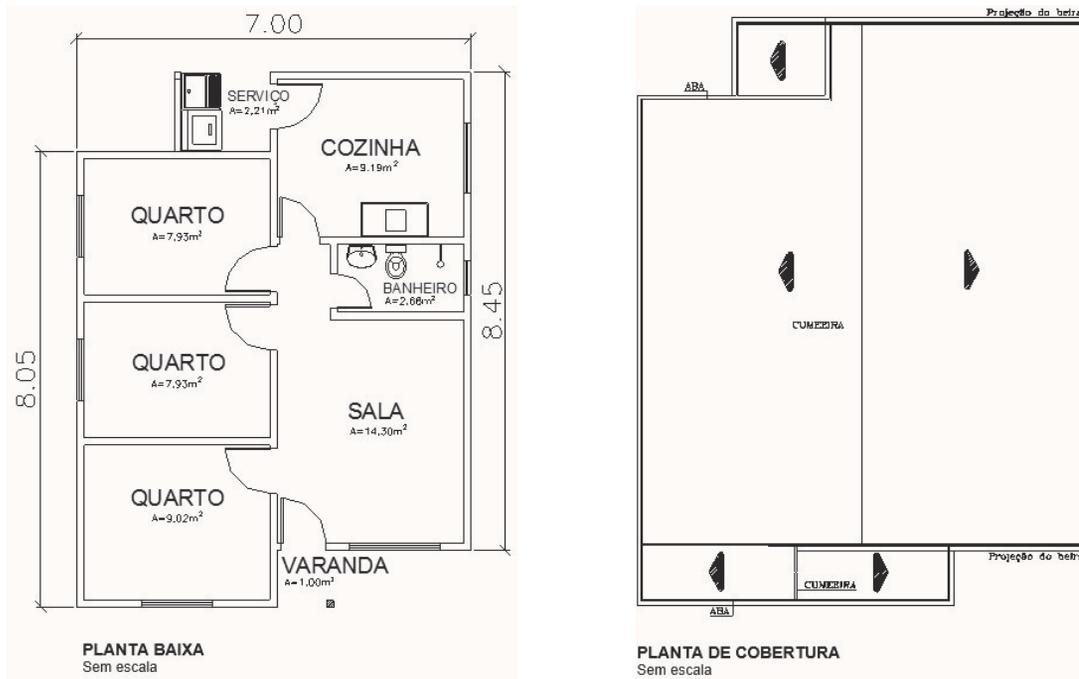


Figura 02 - Projeto da residência objeto de estudo – Sem escala.
Fonte: Adaptado de COHAB, 2008.

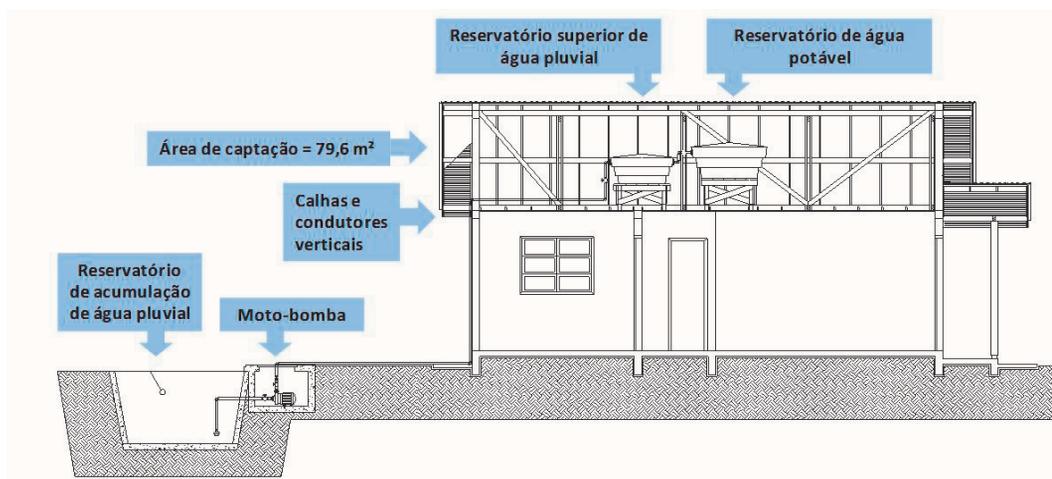


Figura 03 - Esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial da residência – sem escala.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

3.2. Usos finais de água

O objetivo do levantamento dos usos finais de água é verificar o percentual de água potável que poderia ser substituída por pluvial (demanda de água pluvial). Este percentual é necessário para o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento de água pluvial.

Foram utilizados dados disponíveis na literatura obtidos em estudos sobre usos finais realizados por Ghisi e Oliveira (2007), Peters (2006) e Ghisi e Ferreira (2007) em edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares localizadas na região da grande Florianópolis.

Assumiu-se que as edificações consideradas nos estudos supracitados seriam representativas para caracterizar o setor residencial de Florianópolis, e assim adotou-se a faixa de consumo de água para fins não potáveis apresentada na Tabela 03 para definir o perfil de consumo de água pluvial na residência analisada.

A faixa de consumo não potável adotada foi arredondada para 30% a 50%, a qual corresponde à porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial. Variou-se esta faixa de usos finais não potáveis em intervalos de 10%, sendo assim, os percentuais simulados no programa Netuno (GHISI et al., 2010) foram 30%, 40% e 50%.

Ponto de utilização de água não potável	Usos finais (%)		
	Peters (2006)	Ghisi e Oliveira (2007)	Ghisi e Ferreira (2007)
Bacias sanitárias	22,0	28,0	33,2
Máquina de lavar roupas	--	7,2	4,7
Tanque (limpeza geral)	27,0	--	2,9
Total de consumo não potável	49,0	35,2	40,8

Tabela 03 - Usos não potáveis adotados para as residências analisadas.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

3.3. Dimensionamento dos reservatórios

O dimensionamento do reservatório ideal de acumulação de água pluvial e a avaliação do potencial de economia de água potável gerado pelo sistema foram realizados por meio de simulações no Programa Netuno versão 3.0 (Ghisi et al., 2010).

Os dados pluviométricos utilizados neste estudo foram fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI. Estes dados foram coletados da Estação Meteorológica de Florianópolis, e incluem informações sobre precipitações diárias de sete anos, de 01/01/2000 a 31/12/2006. A Figura 04 ilustra os valores de precipitação média mensal do período avaliado.

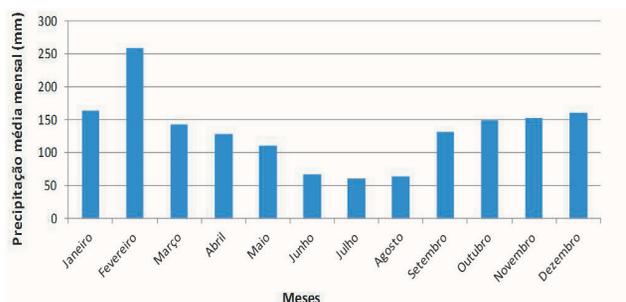


Figura 04 - Precipitação média mensal entre os anos 2000 a 2006 para Florianópolis.
Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

A partir dos dados pluviométricos, verificou-se que a precipitação média mensal do período analisado foi de 132,9 mm/mês e a precipitação média anual foi de 1595 mm/ano. Observou-se que as maiores precipitações médias do período analisado acontecem no verão, e as menores precipitações, nos meses de junho a agosto (inverno).

Foi considerada como área de captação de água pluvial a área de cobertura do telhado disponível no plano horizontal igual a 79,6 m², verificada na planta de cobertura.

O número total de ocupantes das residências baseou-se no número médio de habitantes por domicílio no Brasil, que é de aproximadamente quatro pessoas (IBGE, 2007).

Foi adotada uma demanda per capita de água potável correspondente a 125 litros/pessoa/dia, indicada pela literatura técnica para residências de baixo padrão (MACINTYRE, 1996).

Para todas as simulações, foi adotada uma faixa de porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial (usos não potáveis) de 30% a 50%, em intervalos de 10%.

Foram utilizados nas simulações valores de coeficientes de runoff (CR) verificados através de pesquisa na literatura para os seguintes materiais de coberturas: telhado vegetado (CR=0,20), telhas cerâmicas (CR=0,80), telhas de concreto (CR=0,90) e telhas metálicas (CR=0,95) (THOMAS; MARTINSON, 2007; HOFKES; FRASIER, 1996; LANCASTER, 2006).

A determinação do volume do reservatório superior de água pluvial levou em conta a demanda diária de água pluvial de acordo com o número de moradores adotado, considerando os diferentes percentuais de água potável a ser substituída por pluvial (30%; 40% e 50%). No entanto, em função de não estarem disponíveis no mercado alguns volumes de reservatórios, adotaram-se os volumes mais próximos disponíveis.

O volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial foi determinado pelo programa Netuno quando um aumento de 1.0'00 litros na capacidade do reservatório inferior de água resultava em um aumento igual ou inferior a diferença entre potenciais de economia de 0,50%.

4. RESULTADOS

Depois de realizadas as simulações no programa Netuno utilizando diferentes opções de materiais para a cobertura, obtiveram-se os principais resultados da etapa de dimensionamento do reservatório do sistema analisado: volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial e potencial de economia de água potável.

As Tabelas 04 a 07 apresentam, um resumo dos principais resultados obtidos através das simulações para os quatro materiais de coberturas avaliados: telhado vegetado, telhas cerâmicas, telhas de concreto e telhas metálicas, respectivamente.

Demanda de pluvial (%)	Volume ideal do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia de água potável (litros/dia)	Economia de água potável (litros/mês)
30	2000	13,0	65,1	1954,5
40	2000	13,2	65,9	1977,0
50	2000	13,2	66,2	1987,5

Tabela 04 – Resultados do dimensionamento do reservatório de acumulação de água pluvial (telhado vegetado)
Fonte: Elaborado pelo Autor

Demanda de pluvial (%)	Volume ideal do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia de água potável (litros/dia)	Economia de água potável (litros/mês)
30	4000	27,71	138,55	4156,5
40	7000	35,86	179,30	5379,0
50	11000	43,60	218,00	6540,0

Tabela 05 – Resultados do dimensionamento do reservatório de acumulação de água pluvial (telhas cerâmicas)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Demanda de pluvial (%)	Volume ideal do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia de água potável (litros/dia)	Economia de água potável (litros/mês)
30	3000	27,9	139,5	4186,5
40	6000	36,5	182,5	5476,5
50	10000	45,0	224,9	6748,5

Tabela 07 – Resultados do dimensionamento do reservatório de acumulação de água pluvial (telhas metálicas)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Demanda de pluvial (%)	Volume ideal do reservatório (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Economia de água potável (litros/dia)	Economia de água potável (litros/mês)
30	3000	27,7	138,5	4155,0
40	7000	36,7	183,5	5505,0
50	10000	44,5	222,3	6669,0

Tabela 06 – Resultados do dimensionamento do reservatório de acumulação de água pluvial (telhas de concreto)

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para facilitar a visualização, a Figura 05 apresenta um comparativo entre o volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial para as diferentes opções de materiais para a cobertura analisadas neste estudo, de acordo com as diferentes demandas de água pluvial.

A Figura 06 apresenta um comparativo entre o potencial de economia de água potável em função das opções de materiais para a cobertura.

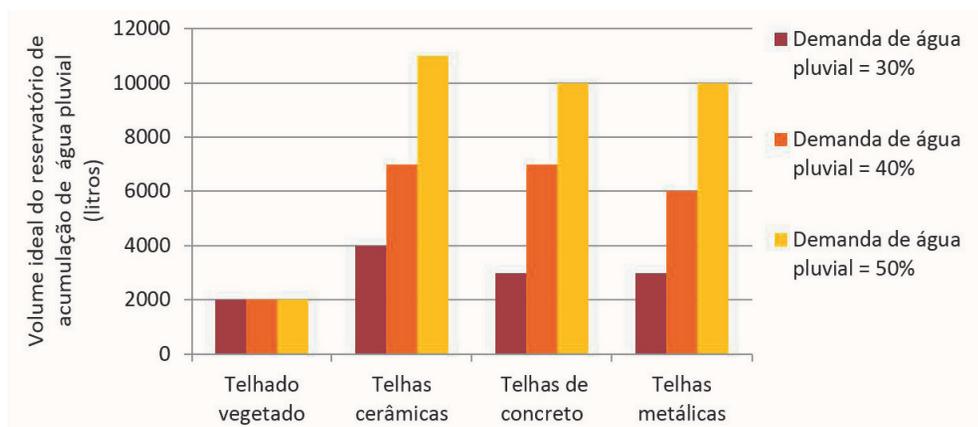


Figura 05 – Volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial para diferentes opções de materiais para a cobertura

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

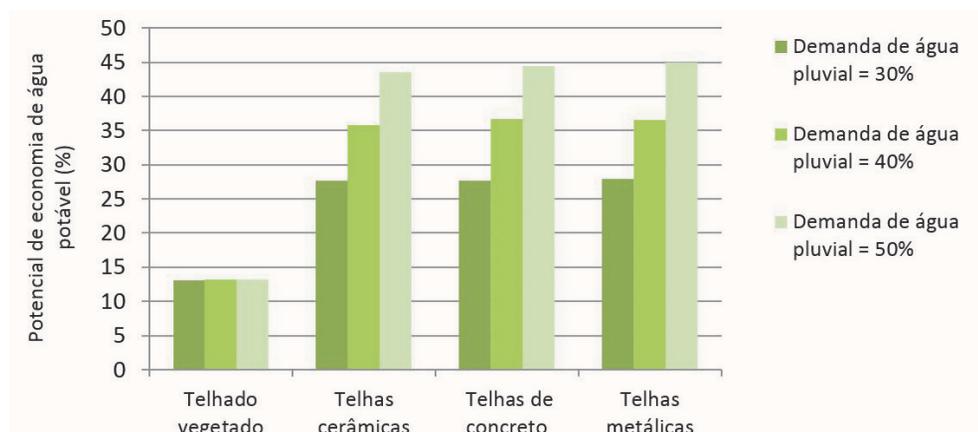


Figura 06 – Potencial de economia de água potável para diferentes opções de materiais para a cobertura.

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2011.

Da análise dos resultados obtidos nas simulações, constatou-se que o telhado vegetado não apresentou variações no volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial (2000 litros) para as diferentes demandas de água pluvial analisadas (30%, 40% e 50%). Além disso, os potenciais de economia de água potável obtidos para este tipo de cobertura foram muito próximos (13,0 a 13,2% de economia). Isso indica que coberturas com baixos valores de coeficientes de runoff, com é o caso do telhado vegetado (CR=0,20), apresentam baixa eficiência no aproveitamento de água pluvial, não atendendo a demanda diária de água pluvial.

Para a cobertura com telhas cerâmicas, o volume ideal de reservatório de acumulação de água pluvial apresentou uma variação de volume de 4000 a 11000 litros. Isso ocorreu devido ao coeficiente de runoff desse material ser maior e assim proporcionar maior captação de volume de água pluvial.

Com relação à cobertura com telhas de concreto, verificou-se que o volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial variou entre 3000 a 10000 litros para as diferentes demandas de água pluvial analisadas. Logo, seria necessário um reservatório de acumulação de água pluvial com volume menor comparado a simulação com cobertura com telha cerâmica, porém com potencial de economia de água potável ligeiramente maior (para 40% e 50% de demanda de água pluvial).

A cobertura com telhas metálicas apresentou resultados semelhantes aos da cobertura com telhas de concreto, pois estes materiais apresentam coeficientes de runoff muito próximos. O volume de acumulação de água pluvial também variou entre 3000 a 10000 litros, porém para a demanda de água pluvial de 40%, o volume ideal do reservatório resultou em 6000 litros, ou seja, um volume menor (1000 litros de diferença) que o indicado para a cobertura de telhas de concreto e também de telhas cerâmicas.

5. CONCLUSÕES

Apresentam-se aqui as conclusões obtidas neste trabalho referentes à análise de materiais para coberturas utilizadas como área de captação em sistemas de aproveitamento de água pluvial. Constatou-se que há uma grande variação de valores de coeficiente de runoff (de 0,20 a 0,95), dependendo principalmente da porosidade e da rugosidade do material adotado, e também da inclinação do telhado. Com relação aos aspectos qualitativos da água da chuva, verificou-se por meio da análise de diversas pesquisas realizadas em diferentes países, que a qualidade da água pluvial coletada é dependente

tanto do tipo de material da cobertura como das condições ambientais, não só do clima do local, mas também da poluição atmosférica local. É consenso na maioria das pesquisas, que as telhas metálicas proporcionam melhor qualidade da água pluvial.

No estudo de caso, foram avaliadas quatro opções de materiais (telhado vegetado, telhas cerâmicas, telhas de concreto e telhas metálicas) para a cobertura de um projeto de uma edificação residencial de baixo padrão, localizada em Florianópolis, sul do Brasil.

A avaliação dos resultados obtidos nas simulações realizadas no programa Netuno permitiu concluir que coberturas de materiais que possuem baixos valores de coeficientes de runoff, como o telhado vegetado, apresentam baixa eficiência no aproveitamento de água pluvial, consequentemente apresentam um baixo potencial de economia de água potável. Por outro lado, os sistemas que possuem coberturas de materiais cujos coeficientes de runoff são mais elevados, com telhas de concreto e telhas metálicas, maximizam a captação e aproveitamento de água pluvial.

Além disso, os resultados confirmam que o material da cobertura influencia no dimensionamento do volume ideal do reservatório de acumulação de água pluvial, que é um dos componentes mais dispendiosos do sistema.

Como muitas cidades estão enfrentando crises de abastecimento de água devido à crescente pressão sobre os recursos hídricos, é muito importante que as novas edificações contemplem sistemas de aproveitamento de água pluvial, incorporando conceitos que possibilitem que as coberturas tenham também a função de áreas de captação, levando em conta o coeficiente de runoff na seleção dos materiais.

Demonstrou-se por meio deste estudo, ser de fundamental importância analisar os aspectos quantitativos e qualitativos antes da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, para que assim possam ser realizadas as melhores escolhas em relação ao material da cobertura da edificação e aos materiais componentes dos sistemas, visando maximizar o aproveitamento de água pluvial e a sustentabilidade nas edificações.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro. 2007.
- ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, H. R. Sistemas de aproveitamento de água de chuva. Casa Eficiente: Uso racional da água. 2010.
- ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da água de

- chuva para fins não-potáveis na cidade de Vitória. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, ES. 2005.
- BOULOMYTIS, V. T. G. Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface. 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Águas De Chuva. Belo Horizonte, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 23 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2011.
- BROWN, C.; JAN G.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. Third Edition. Austin, Texas, 2005. Disponível em:http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf Acesso em: agosto de 2011.
- CARDOSO, P. C. Viabilidade do aproveitamento de águas de chuvas em zonas urbanas: Estudo de caso no município de Belo Horizonte – MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- CAVALCANTI, N. B. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 4, p. 201-210, 2010.
- COHAB/SC. Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina. Disponível em <http://www.cohab.sc.gov.br/>
- DIAS, I. C. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais: Desenvolvimento e inovação. São Carlos, 2007
- FARRENY R., MORALES-PINZO, T.; GUIASOLA, A.; TAYA, C.; RIERADEVALL, J., GABARRELL, X. Roof selection for rainwater harvesting: Quantity and quality assessments in Spain. Water Research. n. 45, p. 3245-3254. 2011.
- FOERSTER, J. Variability of Roof Runoff Quality. Water Science and Technology. v.39, n.5, p. 137-144. 1999.
- GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. State of the Art of Rainwater Harvesting Systems Towards Promoting Green Built Environments: a review. Desalination and Water Treatment, v. 57, n. 1, p. 95-104, 2015.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M.; ROCHA, V. L. Netuno. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://www.la-beee.ufsc.br/downloads/softwares/netuno>>. Acesso em: janeiro de 2010.
- GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-storey Residential Building in Southern Brazil. Building and Environment, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2007.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for Potable Water Savings by Combining the Use of Rainwater and Greywater in Houses in Southern Brazil. Building and Environment, v. 42, n. 4, p. 1731-1742, 2007.
- GWENZL, W. ; DUNJANA, N. ; PISA, C. ; TAURO, T. ; NYAMADZAWO, G. Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. Sustainability of Water Quality and Ecology 6 (2015) 107-118.
- HAGEMANN, S. Avaliação da Qualidade da água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2009.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ-COLLADO, C.; BAPTISTA-LUCIO. Metodología de la investigación (4ª ed.). Cidade do México: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- HOFKES; FRAZIER. Runoff coeficients. In.: PACEY, Arnold; CULLIS, Adrian. Rainwater Harvesting. 1996.
- KHAN. Domestic Roof Water Harvesting Technology in Thar Desert. Índia, 2001.
- LANCASTER, B., 2006. Guiding principles to welcome rain into your life and landscape. In: Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond, vol. 1. Resource Press, Tucson, Arizona.
- LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of Roof-Harvested Rainwater: comparison of different roofing materials. Environmental Pollution, v. 162, p. 422-429, 2012.
- LIAW, C.H., TSAI, Y.L., 2004. Optimum storage volume of rooftop rain water harvesting systems for domestic use. Journal of the American Water Resources Association 40, 901e912.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em:

maio de 2010.

MACINTYRE, A.J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. Livros Técnicos e Científicos Editora, 3ª Edição. 1996.

MACOMBER, S. H. P. Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii. Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não-potável em edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo, SP, 2004.

MAY S.; PRADO R. T. A. Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais...CD Rom, 2004.

MANO, R. S.; SCHMITT C. M. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais...CD Rom, 2004.

MENDEZ, C. B.; KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Research*. n. 45, p. 2049-2059. 2011.

PETERS, M. R. Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D. D. escoamento superficial. Editora UFV. 2ª Ed. 87p. 2004.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q. de; BEZERRA, S. M. da C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr./jun. 2017.

THOMAS, P.R.; GRENNE, G.R. Rainwater quality from different roof catchments. *Water Science*. 1993.

THOMAS, T.H; MARTINSON, D.B. Roofwater Haversting:

A Handbook for Practitioners. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2007.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não-potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

WARD, S., MEMON, F.A., BUTLER, D., 2010. Harvested Rainwater quality: the importance of appropriate design. *Water Science and Technology* 61 (7), 1707 e 1714. WATERSHED PROTECTION TECHNIQUES. Is rooftop runoff really clean. *Articule 8, Technical Note* 25, 1(2): 84-85, TRS, 1994.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio financeiro durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8581-4147>

ANA KELLY MARINOSKI RIBEIRO, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina | DEGR | Florianópolis (SC) - Brasil | Endereço: Campus Universitário – CCE-DEGR – Campus Trindade - Florianópolis – SC | e-mail: anakmarinoski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4696-1985>

DEIVIS LUIS MARINOSKI, Dr. | Universidade Federal de Santa Catarina | DEGR | Florianópolis (SC) - Brasil | Endereço: Campus Universitário – CCE-DEGR – Campus Trindade - Florianópolis – SC | e-mail: deivis.marinowski@ufsc.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

RIBEIRO, Ana Kelly Marinowski, MARINOSKI, Deivis Luis. Estudo sobre Materiais para Coberturas Utilizadas em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial Residenciais. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 53-66, mai. 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.n2.53-66>.

DATA DE ENVIO: 30/04/2020

DATA DE ACEITE: 06/05/2020

SOLUÇÕES URBANAS SUSTENTÁVEIS: AVALIAÇÃO INTEGRADA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE ESGOTO A PARTIR DE GRADIENTES DE DENSIDADE

SUSTAINABLE URBAN SOLUTIONS: INTEGRATED ASSESSMENT OF WATER SUPPLY AND SEWAGE TREATMENT FROM DENSITY GRADIENTS.

ALLINE GOMES LAMENHA E SILVA, M.Sc. | UFRGS

MÁRCIA DE MORAIS STEIN | UFRGS

DANIELA TATSCH BAPTISTA | UFRGS

MIGUEL ALOYSIO SATTLER, PhD. | UFRGS

RESUMO

Com o crescimento urbano, torna-se necessário definir as formas de atendimento às necessidades humanas por água, em qualidade e quantidade adequadas. O presente artigo busca identificar como o conceito de gradientes de densidades populacionais pode contribuir na definição de soluções mais sustentáveis, tanto para o suprimento de água, como para o tratamento de esgoto, na escala de pequenas municipalidades. Partiu-se da definição de áreas estratégicas, em termos de sustentabilidade, buscando-se determinar, com base em dados disponibilizados gratuitamente, incluindo: a densidade urbana do município de Feliz/RS; bem como a distribuição espacial do abastecimento de água e da destinação dos efluentes domésticos. A partir desse diagnóstico, que considera as particularidades do município, foram propostas soluções alternativas e descentralizadas para as áreas avaliadas. Os resultados mostram que a avaliação integrada e espacial pode conduzir a soluções mais sustentáveis, que envolvam e empoderem a comunidade local, quanto ao uso e cuidado com a água e como potencial de suporte à tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Densidades Populacionais; Abastecimento de Água; Efluentes Domésticos; Sustentabilidade Urbana

ABSTRACT

As cities grow, it becomes necessary to define ways of meeting the human needs for water in adequate quality and quantity. In this article, it was identified how population densities gradients can contribute to the definition of sustainable solutions, for water supply and sewage treatment in small municipalities. Strategic areas were defined, in terms of sustainability, seeking to determine, based on free and publicly available data, the urban density of the municipality of Feliz/RS; the spatial distribution of water supply and solutions for domestic effluents. Based on this diagnosis, which considers the particularities of the municipality, alternative and decentralized solutions were proposed for the assessed areas. The results show that the integrated and spatial assessment can lead to more sustainable solutions, which involve and empower the local community, with regard to the use and care with water, in addition to supporting decision making.

KEYWORDS: Population Densities; Water supply; Domestic Effluents; Urban Sustainability



1. INTRODUÇÃO

No debate sobre as necessidades urbanas, a água é um fator central: seja no âmbito do abastecimento de água potável ou da destinação dos efluentes domésticos, as decisões tomadas precisam refletir as particularidades de cada região, de maneira a atender as demandas, sem promover um desequilíbrio que coloque em risco a qualidade do ambiente.

Ao considerar a cidade um ecossistema vivo, é possível adotar estratégias que considerem os recursos hídricos de forma holística. A ação antrópica pode, assim, se constituir em uma catalisadora de processos positivos junto ao meio ambiente.

Neste contexto, conhecer com mais profundidade as necessidades de cada cidade é fundamental, na definição de seus pontos de vulnerabilidade e para a proposição de estratégias mais sustentáveis. Poder-se-á, desta maneira, contribuir para que os recursos naturais permaneçam disponíveis às gerações futuras e que a vida urbana possa se harmonizar com os sistemas naturais.

Esse entendimento holístico vem fundamentando diversos estudos, que propõem diferentes metodologias para a gestão das águas nas cidades, sob uma ótica mais sustentável e, conseqüentemente, mais eficiente (ARDEN; MA; BROWN, 2019; KIRSHEN et al., 2018; SERRAO-NEUMANN et al., 2019).

As soluções de infraestrutura urbana convencionais, entretanto, geralmente envolvem sistemas centralizados, que nem sempre resolvem adequadamente os problemas locais. A proposição de soluções eficientes deve considerar como as comunidades podem trabalhar de forma harmônica com a natureza, criando uma infraestrutura que trabalhe sinergicamente com os processos e sistemas naturais.

O planejamento urbano que leva em consideração as necessidades de infraestrutura específicas de cada local e a disponibilidade de recursos financeiros, humanos, materiais e territoriais, tende a apresentar soluções mais efetivas, ao envolver a comunidade e gerar empregos localmente. Conforme explicita Bettencourt (2015), é preciso destacar a diferença entre a implementação de uma solução padrão e a concepção de um plano que seja, ao mesmo tempo, mais útil para o serviço à comunidade e realizável, em termos de aquisição.

Para equacionar essa questão, é importante destacar que o lugar e a forma com que as cidades crescem e se estabelecem se mostram cruciais no processo de proteção das bacias hidrográficas – as densidades urbanas podem ser tomadas, dessa forma, como estratégias para o estabelecimento de soluções mais eficientes e sustentáveis (FARR, 2013).

As densidades populacionais podem conduzir a práticas urbanas mais sustentáveis, uma vez que estão diretamente associadas a questões como: o uso e ocupação do solo; a produção de alimentos e a acessibilidade aos serviços. O acesso à água limpa e a destinação adequada dos efluentes domésticos, destacam-se como necessidades humanas fundamentais, cujo atendimento revela-se um desafio urbano, diante de padrões de vida que repercutem além dos limites da cidade (NEWMAN E JENNINGS, 2008).

Farr (2013) considera a densidade como a “*silver bullet*” da sustentabilidade, já que permite reduções quanto ao uso de recursos *per capita*, fornecendo benefícios locais, regionais e globais. Destaca, ainda, indicativos de que a premissa da baixa densidade, como fator de proteção aos recursos hídricos, pode estar equivocada, uma vez que densidades mais altas consomem menos solo, per capita, ao acomodar o mesmo número de pessoas, criando, assim, menos coberturas impermeáveis.

Alexander et al. (1977) também conduzem a discussão da gestão urbana, à luz das densidades das cidades, sugerindo que aumentem, com a proximidade ao seu centro comercial, a partir de gradientes de densidade estáveis, que mesclam, de maneira espacial, o acesso aos serviços e conveniências das regiões mais densamente povoadas, à calmaria típica das regiões menos densas.

Evidencia-se, dessa forma, a relação entre as densidades populacionais e as alternativas adotadas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, conduzindo a soluções mais ou menos centralizadas.

Libralato et al. (2012) destacam que a descentralização possibilita a redução da proporção da população sem acesso sustentável à água potável e ao esgotamento sanitário, ao passo que reverte a perda de recursos ambientais. Aumentar a acessibilidade ao saneamento não implica, necessariamente, na exploração excessiva dos recursos existentes, mas em melhorar sua gestão de redução, reciclagem e reutilização, além de identificar novas fontes de água, como águas pluviais e águas residuais recuperadas.

Em termos de custo, a vantagem comparativa de modelos descentralizados de gerenciamento de águas residuais varia com o *layout* e o grau de descentralização: quando configurada estrategicamente, a descentralização pode tornar-se uma alternativa competitiva (JUNG et al., 2018).

No campo das propostas supracitadas, Tonetti et al. (2018) orientam que as tecnologias relacionadas ao saneamento se voltem à melhoria das condições de saúde e higiene das comunidades, por meio de técnicas de baixo custo, que, além de ambientalmente sustentáveis, considerem a cultura e os conhecimentos locais. As propostas

apresentadas pelos autores, como alternativas de tratamento de esgoto doméstico, objetivam auxiliar moradores, gestores públicos e técnicos na tomada de decisão.

Apesar de, em geral, consideradas como inferiores a outras soluções disponíveis para os grandes centros urbanos, e tidas, muitas vezes, como sinônimos de precariedade e subdesenvolvimento, as soluções descentralizadas podem ser, considerando o contexto social e técnico, alternativas mais adequadas (TONETTI et al., 2018).

Soluções descentralizadas podem ser consideradas confiáveis e de longo prazo para pequenas comunidades e, geralmente, mais econômicas para o gerenciamento de águas residuais, em áreas rurais, do que os sistemas centralizados (MASSOUD et al, 2009).

Além disso, podem representar alternativas eficientes, uma vez que consomem menos energia. Por meio de respostas locais para a demanda por infraestrutura, é possível oferecer soluções mais efetivas, além de diminuir a pegada ecológica, ao depender menos de recursos e sistemas distantes.

Embora direcionadas, em geral, às comunidades isoladas, essas soluções podem ser implementadas com sucesso em núcleos urbanos de pequenas municipalidades, de maneira a introduzir, ainda em sua fase inicial de expansão, soluções mais sustentáveis e que envolvam a comunidade local.

Dessa forma, a integração entre a maneira como a comunidade ocupa o espaço urbano e as soluções adotadas para o abastecimento de água e tratamento de esgoto, podem representar uma ferramenta importante no direcionamento do crescimento da cidade em direção à sustentabilidade.

O presente artigo tem como objetivo descrever alternativas para o suprimento de água e tratamento de esgotos de uma pequena municipalidade, empregando o conceito de gradientes de densidade populacional. Como contribuições do estudo, resultaram propostas de estratégias sustentáveis, associadas à preservação do solo e da bacia hidrográfica, sempre considerando a realidade local.

2. METODOLOGIA

Para a análise, foram utilizadas ferramentas da geostatística e um sistema de informações georreferenciadas, de maneira a potencializar as análises propostas por Alexander et al. (1977), em seu Padrão 29 (Anéis de Densidade), e construir um diagnóstico especializado das soluções adotadas para o abastecimento de água e esgotamento sanitário, buscando conceber uma metodologia orientadora da sustentabilidade na concepção da cidade.

Os procedimentos metodológicos encontram-se descritos a seguir.

2.1 Área de Estudo

Como estudo de caso, foi tomado o município de Feliz/RS. O município situa-se a cerca de 80 km da capital, possui uma população de 12.359 habitantes e ocupa uma área de 95,371 km² (IBGE, 2010). A localidade possui baixa densidade habitacional e é rica em recursos naturais e culturais, conformando uma próspera região do estado do Rio Grande do Sul. O mapa de localização pode ser observado na Figura 1:

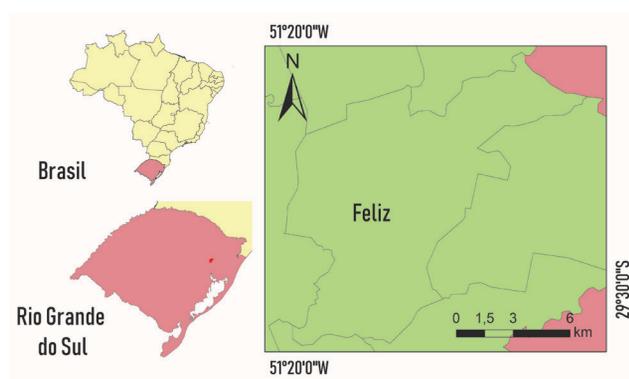


Figura 1 - Localização do município de Feliz/RS
Fonte: elaborado pelas autoras

Devido ao elevado Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e aos bons resultados apresentados pelo Indicador Social de Desenvolvimento dos Municípios (ISDM), o município vem sendo estudado pelo grupo de pesquisadores de Edificações e Comunidades Sustentáveis, do NORIE, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Os projetos desenvolvidos, de pesquisa, ensino e extensão, abordam as questões de sustentabilidade em suas vertentes social, econômica, ecológica, geográfica e cultural, buscando incorporá-las na proposição de soluções, tanto na escala da edificação, quanto na de comunidades (SATTLE, 2007).

O foco adotado, no desenvolvimento de pesquisas e propostas para a região, conforma um vasto banco de dados, que podem apoiar outros estudos e orientar a aplicação, a outras pequenas municipalidades, de diretrizes de desenvolvimento mais sustentável.

2.2 Centro e Gradientes de Densidade

O centro médio de uma região pode ser associado à média das coordenadas correspondentes a cada atributo considerado. A concentração habitacional, entretanto, pode levar a um centro ponderado, que considera o ponto mais representativo do núcleo urbano, em termos de densidade populacional, expressa pela Equação (1):

$$\bar{X}_w = \frac{\sum_i^n x_i w_i}{\sum_i^n w_i}; \bar{Y}_w = \frac{\sum_i^n y_i w_i}{\sum_i^n w_i} \quad (1)$$

Sendo $x_{(i)}$ e $y_{(i)}$, as coordenadas da unidade de informação (o setor, por município); e $w_{(i)}$, o atributo ponderador (as densidades populacionais).

Para a medição do grau em que as densidades estão concentradas ou dispersas em torno do centro médio ponderado, foi avaliada a distribuição direcional das concentrações, a partir da elaboração de elipses de desvio padrão. O padrão proposto por Alexander et al. (1977) indica que, partindo da região central de maior densidade, envolvida por um círculo de raio R (ou semicírculo, considerado o padrão de núcleos excêntricos dos autores), os três anéis de densidades gradativas possuem raios equivalentes médios iguais a $R/6$, $3R/6$ e $5R/6$. Dessa maneira, propõe-se uma adaptação dessa abordagem aos aspectos explorados, por meio de elipses de distribuição direcional, com base no sistema de informações geográficas, como ilustrado na Figura 2.

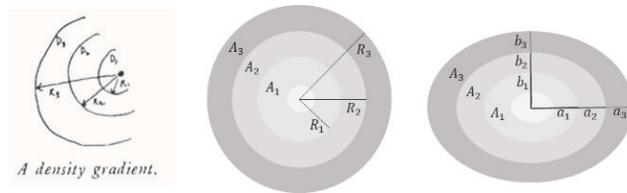


Figura 2 - Adaptação do padrão “Anéis de Densidade”, considerando as elipses de distribuição direcional.
Fonte: elaborado pelas autoras, adaptado de Alexander et al. (1977).

Tomou-se, como ponto central, o centro médio ponderado pelas densidades populacionais, quantificadas e espacializadas a partir dos setores censitários. A direcionalidade observada no crescimento do município foi considerada, adotando-se uma elipse de distribuição direcional de um desvio padrão, como delimitadora do anel externo. Os anéis elípticos foram traçados mantendo-se as proporções propostas por Alexander et al. (1977), porém preservando-se as excentricidades das elipses decorrentes da tendência de ocupação, conforme cada aspecto sendo investigado.

2.3 Indicadores de Abastecimento de Água e Tratamento de Esgotos

A fim de avaliar as soluções adotadas no município de Feliz/RS, no tocante a abastecimento de água e esgotamento sanitário, foram obtidos seus respectivos índices, tendo como referência os dados levantados no censo realizado pelo IBGE (2010), que foram espacializados de acordo com os setores censitários. Os dados básicos utilizados, para a elaboração dos índices e confecção dos mapas gráficos, estão acessíveis na planilha “Domicílio01_RS”,

disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. As variáveis utilizadas no presente estudo são apresentadas na Tabela 1.

Descrição	Variável
Domicílios particulares permanentes.	Var002
Abastecimento de água, a partir da rede geral.	Var012
Abastecimento de água, com origem em poço ou nascente na propriedade.	Var013
Abastecimento contando com coleta pluvial e armazenamento em cisterna.	Var014
Outra forma de abastecimento de água	Var015
Esgotamento sanitário, via rede de coleta esgotos ou pluvial.	Var017
Esgotamento sanitário, com emprego de fossa séptica.	Var018
Esgotamento sanitário, com emprego de fossa rudimentar.	Var019
Esgotamento sanitário, via coleta em vala.	Var020
Esgotamento sanitário, via lançamento em rio, lago ou mar	Var021
Esgotamento sanitário via outro escoadouro.	Var022

Tabela 1 - Variáveis utilizadas para avaliação do abastecimento de água e esgotamento sanitário
Fonte: elaborado pelas autoras com dados do IBGE (2010)

O Índice de Abastecimento de Água identifica a proporção dos domicílios particulares permanentes, que são abastecidos pela rede de água, por poços e nascentes ou por água da chuva, sendo obtido por meio da Equação 2:

$$IAA = \frac{VAR012+VAR013+VAR014}{VAR002} \quad (2)$$

O Índice de Esgotamento Sanitário identifica a proporção de domicílios que destinam seus efluentes domésticos a fossas sépticas, que sejam consideradas seguras no presente contexto, desde que resultantes de implantação correta e contando com manutenção adequada. Seu cálculo foi realizado conforme a Equação 3:

$$IES = \frac{VAR018}{VAR002} \quad (3)$$

As demais soluções foram computadas, considerando sua totalidade no município, de maneira a fornecer um diagnóstico e revelar potenciais soluções inexploradas e que possibilitem a tomada de decisão direcionadas à sustentabilidade.

2.4 Soluções Propostas

As propostas de intervenção consideraram a variável densidade e os conceitos de sustentabilidade, procurando a

aplicação de soluções otimizadas e adequadas a cada contexto. Neste sentido, sempre a comunidade é envolvida no processo, de modo a buscar a alternativa que melhor responde às suas necessidades e à realidade específica do lugar.

É importante ressaltar que nunca há o intuito de apresentar soluções únicas, definitivas ou aplicáveis a qualquer situação, mas soluções simples de sistemas unifamiliares ou semicoletivos, aplicáveis localmente e que sejam de baixo custo, para que, inclusive, possam servir como diretrizes para intervenções públicas ou privadas.

As tecnologias sugeridas, e que são específicas para cada lugar, buscam a melhoria da qualidade da água, com a redução da poluição e a preservação da vida e da diversidade. Sua aplicação é direcionada à área urbana da municipalidade específica em análise e seu entorno.

Não serão abordadas alternativas de grande porte, tais como as tradicionalmente utilizadas em projetos de estações de tratamento de grandes proporções, tanto de água,

como de esgoto, usualmente complexas de instalar e operar, em adição aos seus altos custos de implantação, e normalmente requerendo a participação do poder público.

3. RESULTADOS

3.1 Centros e Gradientes de Densidade

É possível observar, na Figura 3: as densidades populacionais, em distintos setores censitários da municipalidade; o centro médio geométrico; o centro médio ponderado pela densidade; a elipse resultante da distribuição direcional das distintas densidades populacionais; e os anéis indicativos dos gradientes de densidades populacionais.

Esses elementos constituem a base para a avaliação da ocupação da área de estudo, constituindo-se, em um dos fatores a serem considerados para a proposição de soluções integradas para o abastecimento de água e tratamento de efluentes na municipalidade.

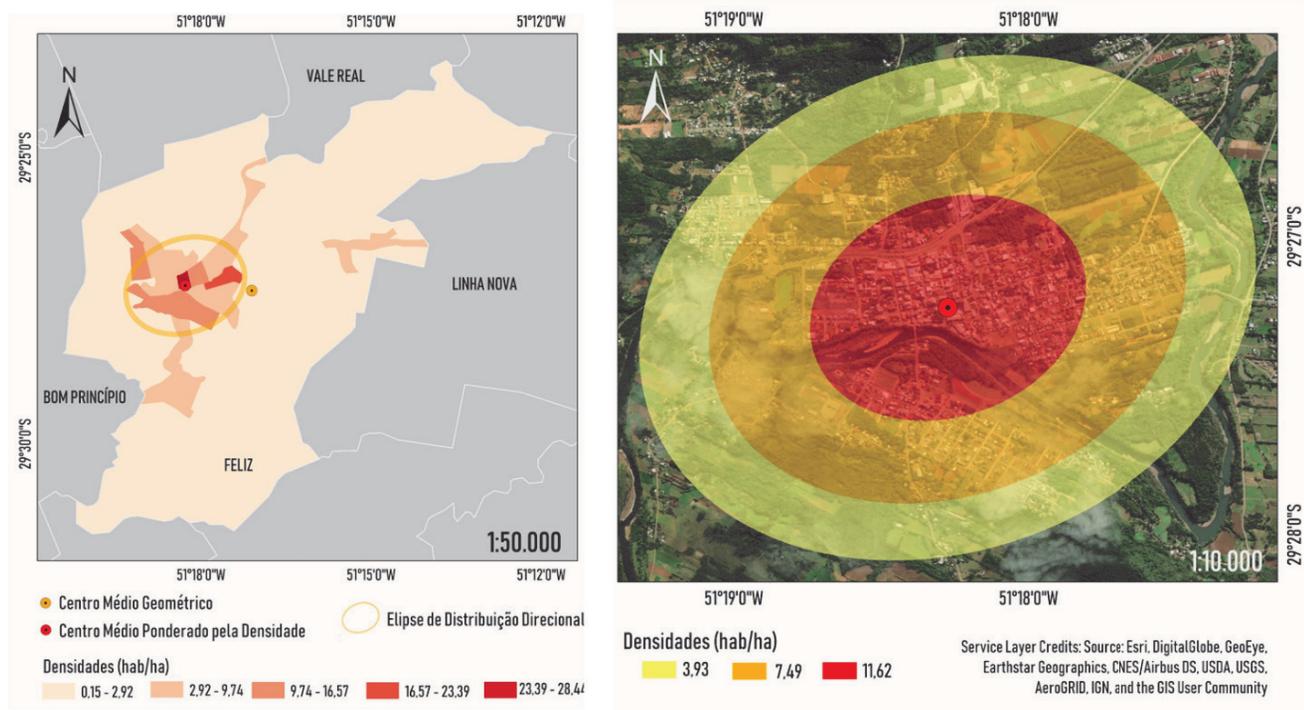


Figura 3 - Avaliação das densidades populacionais (à esquerda) e anéis de densidade populacional (à direita), em Feliz (RS).
Fonte: elaborado pelas autoras com dados do IBGE (2010)

A caracterização de densidades, por setores censitários, permite inferir que a ocupação do município apresenta um núcleo (elíptico) central, facilmente caracterizável, no qual está posicionado um centro médio, resultante da ponderação das distintas densidades populacionais. Esse cenário alinha-se ao exposto por Alexander et al. (1977), no que concerne ao estabelecimento de densidades locais, a partir de um ponto de máxima densidade. Os autores

acrescentam, ainda, que tais densidades locais influenciam, tanto a forma, como as comunidades que ocupam tais áreas, no tocante ao perfil cultural dos seus habitantes.

No estudo realizado na municipalidade de Feliz, observou-se uma significativa ocupação de maior densidade em áreas localizadas a oeste do centro médio ponderado pela densidade, ocupação essa ocorrendo em direção oposta ao centro médio geométrico do município.

Além da topografia da área e da proximidade com o rio Caí, essa ocupação ocorreu, principalmente em direção aos municípios vizinhos de Bom Princípio, a oeste, e Vale Real, a norte. Entre os núcleos principais dos municípios de Feliz e Linha Nova, é observado um núcleo secundário, com densidade superior que a das áreas no seu entorno, chegando a alcançar uma densidade de 4,0 hab/ha, cerca de 17 vezes superior à média dos setores vizinhos.

Apesar de não estar inserida na elipse de distribuição direcional de densidades, para o traçado das quais foi adotado um espaçamento de um desvio padrão, essa área externa às elipses exerce uma observável influência sobre a direcionalidade da distribuição de densidade.

A elipse de distribuição direcional identifica o padrão de densidades localmente ocorrente, em termos de

centralidade, dispersão e tendência direcional, tendo sido adotada para localizar o anel externo de densidade.

Os gradientes de densidade observados reforçam a relação entre a comunidade e seus recursos hídricos, uma vez que a ocupação no município foi orientada pela localização do rio Caí, que exerce perceptível centralidade, em termos de concentração, na distribuição das densidades. Esta constatação reforça a necessidade de aprofundamento da compreensão dos impactos diretos das mútuas e múltiplas interações que se estabeleceram entre o rio e a cidade.

3.2 Abastecimento de Água

A avaliação das soluções adotadas para o abastecimento de água na municipalidade de Feliz está indicada na Figura 4.

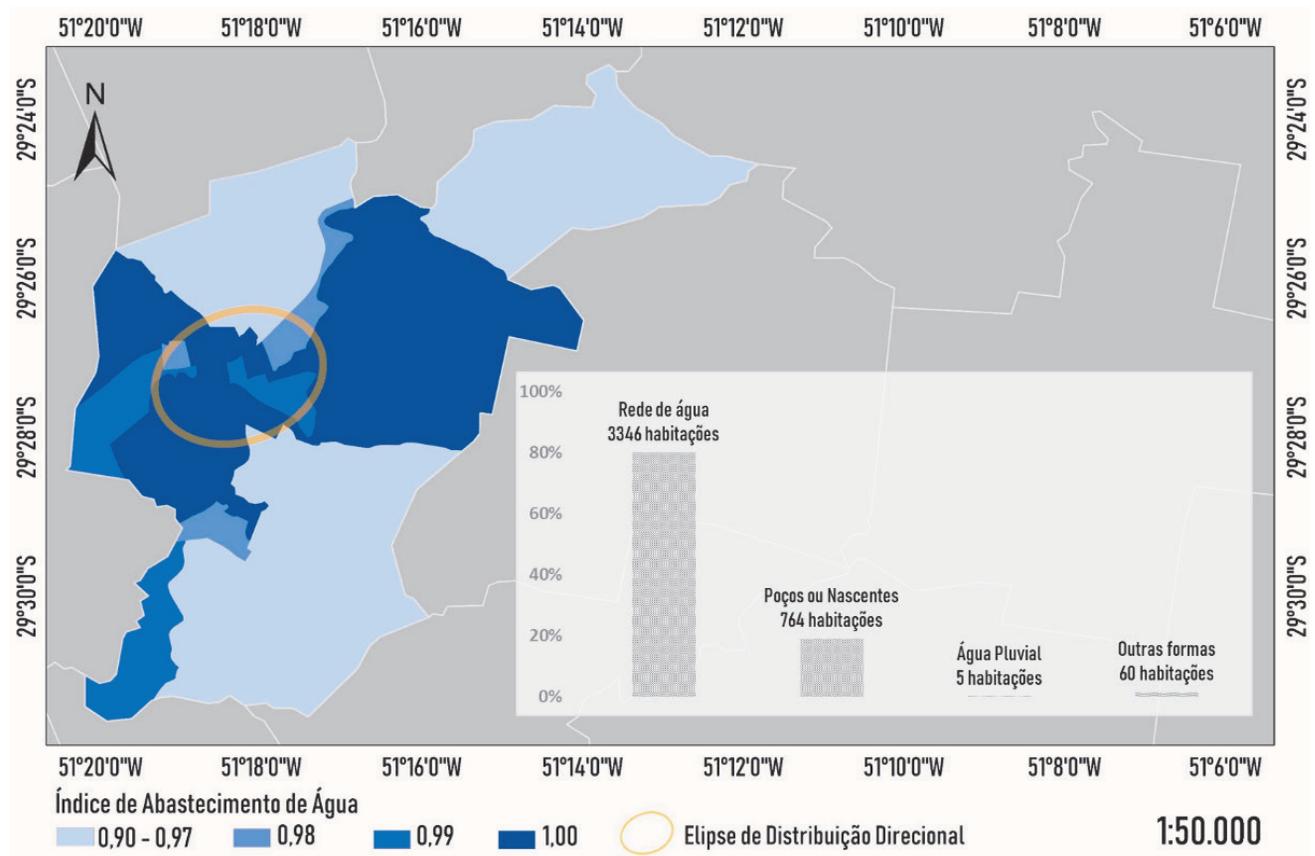


Figura 4 - Índice de Abastecimento de Água e soluções de abastecimento de água adotadas no município de Feliz/RS.
Fonte: elaborado pelos autores, a partir de dados do IBGE (2010).

O abastecimento é realizado, predominantemente, via rede de abastecimento de água, cujo suprimento ocorre, de acordo com a Agência Nacional de Águas (2007), a partir de um conjunto de 10 poços, com tratamento simplificado.

A segunda forma de abastecimento mais relevante ocorre individualmente, a partir de poços ou nascentes. Esta forma de acesso à água, em adição à anterior,

demonstra a grande dependência do município de seu aquífero subterrâneo e reafirma a necessidade de proteção dos recursos hídricos, a nível de bacia hidrográfica.

É importante ressaltar, ainda, que o uso de poços ou nascentes para o abastecimento de água, de forma autônoma, requer o monitoramento da qualidade da água, de forma periódica, para a garantia da adequabilidade de seu consumo.

Merece destaque o fato de o abastecimento com o emprego de águas pluviais ser adotado apenas por 5 habitações, em todo o município. Destaca-se que as precipitações mensais médias variam: de 80,8 mm, em maio; a 156,6 mm, em janeiro, conforme dados da Estação 02951014, situada em Feliz (dados referentes ao período de 1950 a 1978); e de 120,4 mm, em abril, a 169,1 mm, em julho, na Estação 02951027, de São Vendelino (dados referentes ao período de 1970 a 2019). A variação da precipitação média mensal pode ser observada na Figura 5.

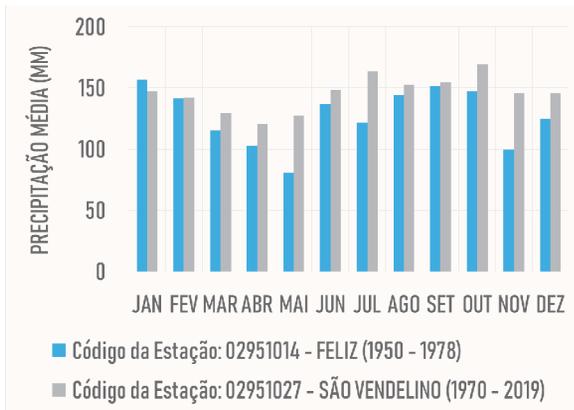


Figura 5 - Precipitações registradas na região de Feliz (RS)
Fonte: elaborado pelas autoras, com base em dados de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (2019)

O aproveitamento da água da chuva constitui uma fonte potencial relevante de abastecimento de água, no sentido de complementar o atendimento às necessidades do município. Essa alternativa poderia ser explorada, tanto a nível individual, nas regiões de menor densidade, quanto para complementar ou parcialmente substituir o suprimento de água realizado pelos sistemas locais coletivos, nas regiões mais densificadas.

O cuidado com a água envolve, também, ações mais abrangentes, que estão relacionadas diretamente à qualidade das águas do lençol freático, que, em última instância, são as que abastecem o município. Algumas técnicas de baixo impacto ambiental poderiam contribuir para a proteção das águas, na escala do município, uma vez aplicadas na bacia hidrográfica. É importante pontuar, também, os riscos associados ao uso agrícola da terra, a nível regional, considerando a correlação direta existente entre o tipo de agricultura praticado (com ou sem o uso de agrotóxicos) e a qualidade da água suprida à população.

3.3 Tratamento de Esgotos

A situação que, entretanto, requer maior atenção, no contexto avaliado, está associada às soluções adotadas para os efluentes domésticos, conforme ilustra o Índice de Esgotamento Sanitário, na Figura 6.

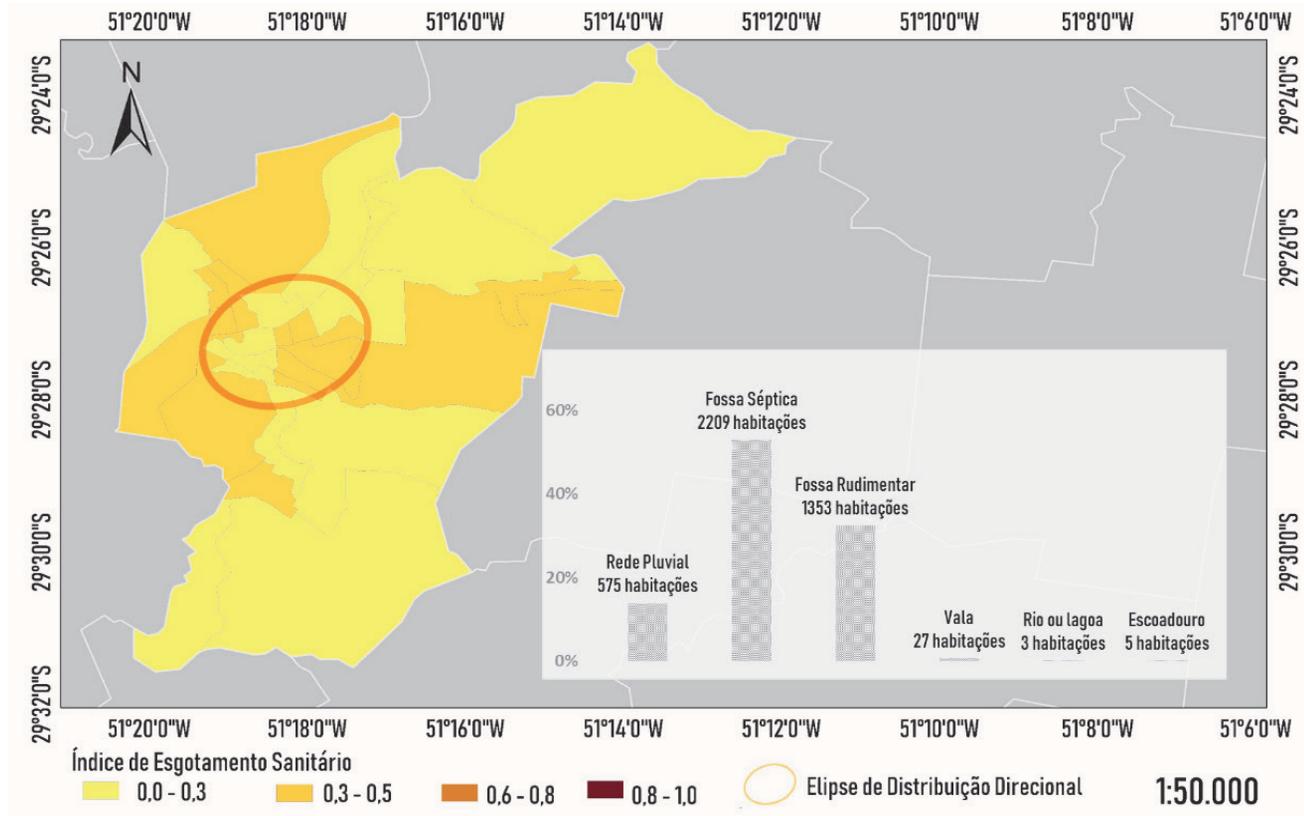


Figura 6 - Índice de Esgotamento Sanitário e soluções para o esgotamento sanitário no município de Feliz/RS.
Fonte: elaborado pelos autores com dados do IBGE (2010)

Apesar de a maior parte das habitações contarem com fossas sépticas para o esgotamento sanitário, o que se constitui em solução relativamente segura, a ligação à rede pluvial e o uso de fossas rudimentares é expressivo.

Verifica-se que regiões próximas do rio Caí apresentaram soluções com risco de contaminação por carga orgânica às águas e ao solo da região.

Diante deste quadro, foram pesquisadas soluções, que poderiam complementar os sistemas já utilizados para o esgotamento sanitário doméstico, como alternativas às soluções inadequadas e que colocam em risco a segurança da comunidade e a qualidade do meio ambiente.

Na busca por possíveis alternativas, foram identificadas as propostas de Tonetti et al. (2018) e Ercole (2003). Tais propostas se destacam pelas seguintes características: a área necessária para a implantação; o custo de implantação; a facilidade de manutenção e sua periodicidade.

Quanto à operação de tais dos sistemas, são requeridas: a remoção de matéria orgânica e a remoção de lodo. Uma vez selecionados tais sistemas, eles podem ser combinados de forma a atender às particulares necessidades e características de tratamento dos efluentes de distintas origens.

Tecnicamente e ambientalmente, ambos sistemas de tratamento atendem a propósitos e conduzem a resultados diferenciados, quando comparados às soluções tradicionais.

Os tratamentos convencionais, de grande escala (centralizados), requerem altos investimentos e usualmente são vistos como os mais adequados, por grande parte das pessoas. No entanto, é preciso reconhecer que os resultados científicos já indicam que os sistemas alternativos (descentralizados) são capazes de tratar o esgoto de forma tão ou mais eficaz (ERCOLE, 2003; JUNG et al., 2018; TONETTI et al., 2018)

Esses sistemas alternativos tratam o efluente, deixando-o apto para retornar ao ciclo natural, em adição ao fato de nutrirem o solo e contribuírem para o sadio desenvolvimento da vegetação existente. Em um novo paradigma de urbanismo, é possível imaginar tais sistemas fertilizando áreas verdes urbanas de diferentes escalas.

Além de sua possível implementação nos grandes centros urbanos, essas opções não convencionais são igualmente ou até mais compatíveis na escala das pequenas municipalidades, tendo em vista requerer: reduzido investimento; imediata condição de utilização; facilidade de adaptação à densidade populacional existente; e viabilidade de reutilização dos nutrientes presentes no esgoto, junto à sua origem.

O aproveitamento do potencial oferecido por dejetos bem encaminhados, resgatando costumes ancestrais de implementar sistemas naturais, aplicando-os com base em uma visão holística, permite tirar proveito deste recurso continuamente gerado em nosso cotidiano. Alexander et al. (1977) consideram este entendimento como presente entre fazendeiros chineses, que disponibilizam banheiros secos à beira das estradas, como um convite aos transeuntes a presentear-los com um apreciado fertilizante. O que se pode perceber, diante de tais procedimentos, é tratar este tema, não como um empecilho, mas reconhecer e tirar proveito dos recursos disponibilizados gratuitamente pela natureza; ao proceder de forma contrária, estaremos desperdiçando a nossa capacidade de compreender e agir com que a natureza nos contemplou.

Além das diversas vantagens resultantes da implantação de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, é fundamental enfatizar a importância e as consequências destes pequenos passos em direção à autonomia. Assim como os integrantes de uma família podem ser capacitados a aproveitar os potenciais nutrientes por eles próprios gerados, por meio de sua incorporação ao solo, ao se organizar para tal, uma comunidade pode se unir para se beneficiar com a implementação de um sistema de tal natureza. E, certamente, estas ações de autonomia naturalmente podem reverberar para outros aspectos de cuidado com o entorno onde se habita.

Na Figura 7, são identificadas diferentes soluções de tratamento de resíduos líquidos domiciliares, na escala local, bem como um comparativo as áreas requeridas e os custos associados a cada solução (referentes a um sistema que atenda a até 5 pessoas).

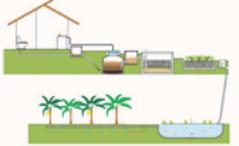
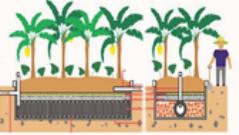
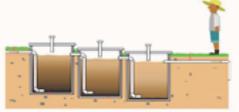
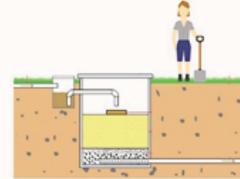
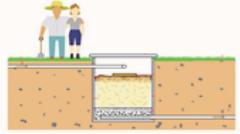
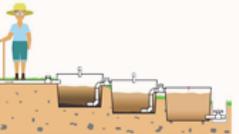
SISTEMA DE TRATAMENTO			
SOLUÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	SOLUÇÃO	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
1. Círculo de Bananeiras 	Área necessária: 3 a 5m ² Custo: Até R\$ 500,00 Remoção da matéria orgânica: Não Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não	8. Biosistema Integrado 	Área necessária: 25 a 100 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Sim
2. Tanque ou Fossa Séptica conforme 	Área necessária: 1,5 a 4 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim	9. Fossa Verde 	Área necessária: 7 a 10 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Talvez
3. Filtro Anaeróbico 	Área necessária: 1,5 a 4 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$ 1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim	10. Reator Anaeróbico 	Área necessária: 3 a 8 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 1 X/ano Remoção de Lodo: Sim
4. Filtro de Areia 	Área necessária: 2 a 5 m ² Custo: R\$ 500,00 a R\$1.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Não	11. SAC - Sistemas Alagados Construídos 	Área necessária: 7,5 a 15 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não
5. Vermifiltro 	Área necessária: 2 a 5 m ² Custo: até R\$ 500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Sim (Humus)	12. Fossa Séptica Biodigestora 	Área necessária: 10 a 12 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 5 ou mais X/ano Remoção de Lodo: Não
6. Sistema Modular com Separação das Águas e LETI 	Área necessária: 10 m ² Custo: até R\$ 400,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = Até 98% Manutenção: 10 anos Remoção de Lodo: Sim (Humus)	13. Vala de Infiltração conforme NBR 	Área necessária: 7,5 a 15 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Alta = 80% ou mais Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Não
7. Reator anaeróbico de Fluxo Ascendente RAF 	Área necessária: 1,5 a 5 m ² Custo: R\$1.500,00 a R\$2.500,00 Remoção da matéria orgânica: Média = 50 a 79% Manutenção: 2 a 4 X/ano Remoção de Lodo: Sim	** Observações: 1. Área e custo calculadas para um sistema que atende até 5 pessoas. Em sistemas coletivos, multiplicar pelo número de residências de 5 pessoas. 2. Todos os esgotos provenientes de cozinha, deverão passar primeiramente por caixa de gordura.	

Figura 7 - Possíveis alternativas de tratamento, para fins de esgotamento sanitário.
 Fonte: elaborado pelas autoras, adaptado de Tonetti et al. (2018) e Ercole (2003)

As soluções supracitadas foram classificadas em dois grupos principais, podendo os diferentes sistemas serem aplicados para uso unifamiliar ou em sistemas coletivos ou semi-coletivos. Na Figura 8 são apresentados, dentro

de um panorama mais amplo, e até o limite das zonas que caracterizam o gradiente de densidades populacionais da cidade de Feliz, diversos sistemas de gestão de resíduos líquidos passíveis de emprego.



Figura 8 - Soluções para esgotamento sanitário, com base na densidade, para o município de Feliz/RS. Fonte: elaborado pelas autoras

No setor contornado pela Elipse 1, que identifica o centro urbano da cidade de Feliz e caracteriza a área de maior densidade do município, foi identificado um menor número de áreas verdes relativamente à área construída. Como resultado da análise realizada, é proposta a utilização de um sistema de esgoto coletivo ou semicoletivo, que poderia ser implementado a partir da divisão de custos entre as moradias, que assumiriam a sua manutenção, de forma autônoma.

No segundo setor, limitado pela Elipse 2, identifica-se uma área de transição entre o miolo urbano e a área rural, que poderia ser denominado de rururbano, onde são identificados aglomerados de moradias. Para esta região é sugerida a mesma solução indicada para a Elipse 1, ou seja, também a implementação de tratamentos coletivos ou semicoletivos, uma vez que exista proximidade entre as moradias e espaço para a inserção de tais sistemas de tratamento. Para o caso das demais moradias, que por qualquer motivo não aderirem à alternativa de implementação de um sistema coletivo ou semicoletivo, seria adequada a adoção de um sistema unifamiliar, que requer menos espaço para a sua inserção, podendo vir a requerer um modelo específico de tratamento, de acordo com a particularidade de cada moradia, e desde que atenda às normas de segurança definidas na norma regulamentadora.

Na Elipse 3, que abrange parte da área rural do município, pode ser identificada uma vasta área verde, que possibilita a implementação de distintos sistemas, sendo importante salientar que a proximidade entre o local de tratamento de esgoto e o das moradias é de grande importância, para que os benefícios de um sistema descentralizado não sejam comprometidos. Assim como na Elipse 2, esta zona também é composta por moradias aglomeradas ou isoladas. Assim sendo, sugere-se as mesmas medidas propostas para a zona intermediária, acima referidas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É reconhecida a importância de a infraestrutura urbana contar com saneamento básico, de forma ampla e sistêmica, a fim de oferecer condições de vida adequadas para a população, sem comprometer a preservação do meio ambiente. Especificamente no âmbito abordado neste trabalho, entende-se que as estratégias apresentadas sejam viáveis de serem implementadas, principalmente pelo fato de serem de baixo custo, quando comparadas aos modelos convencionais centralizados, e por promoverem, adicionalmente, a autonomia civil. Esse cenário permite que as comunidades possam gerir, seja de forma conjunta ou individualmente, tais serviços. Aventa-se a possibilidade

de as comunidades em questão, tentarem negociar com o poder público a utilização dos recursos que seriam investidos em um modelo convencional, no sentido de investir em melhorias locais que promovam avanços, em termos de qualidade de vida e sustentabilidade.

O conceito de gradientes de densidades populacionais, como orientador do estudo, foi considerado simples, eficiente e de baixo custo, no sentido de articular informações sobre a maneira de melhor ocupar um determinado território, além de melhor embasar a tomada de decisão. Essa estratégia pode ser extrapolada para a avaliação de ações mais abrangentes, também relacionadas diretamente à qualidade do lençol freático, que, em última instância, abastece o município, de modo a contribuir para a saúde e resiliência da comunidade.

Em termos de trabalhos futuros, é sugerida a avaliação de outras técnicas e sistemas de baixo impacto, segundo a mesma abordagem, que possam ser empregadas também no sentido de contribuir para a proteção das águas, na escala do município, e dentro da inserção deste na bacia hidrográfica da qual faz parte. Um projeto nesta direção contemplaria estudos que se relacionam ao uso do solo, à drenagem urbana e ao manejo de resíduos sólidos.

Com relação a questões relacionadas às águas pluviais, considerando a sua baixa adoção no abastecimento residencial, identifica-se aí uma possibilidade para o desenvolvimento de projetos que reconheçam os benefícios deste sistema. Tais estudos, vinculados, principalmente, ao meio urbano, poderiam incluir o estudo, diretamente associado, de infraestruturas urbanas permeáveis, de modo a direcionar adequadamente os excedentes não armazenados, no sentido de alimentar o lençol freático, e, neste percurso, fazendo com que o solo faça a filtragem natural das águas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas>>, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HidroWeb**: sistemas de informações hidrológicas, 2019.
- ALEXANDER, C.; SILVERSTEIN, M.; ISHIKAWA, S. **A Pattern Language**. Berkeley: Oxford University Press, 1977.
- ARDEN, S.; MA, X. (Cissy); BROWN, M. Holistic analysis of urban water systems in the Greater Cincinnati region: (2) resource use profiles by emergy accounting approach. **Water Research X**, v. 2, p. 100012, 2019.
- BETTENCOURT, L. Cidades como sistemas complexos.

In: FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLLI, M. H. (Eds.). **Modelagem de Sistemas Complexos para Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 2015.

ERCOLE, L. A. dos S. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

FARR, D. **Urbanismo sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**, 2013.

IBGE. **Censo de 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: nov. 2019.

JUNG, Y. T.; NARAYANAN, N. C.; CHENG, Y.-L. Cost comparison of centralized and decentralized wastewater management systems using optimization model. **Journal of Environmental Management**, v. 213, p. 90–97, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718300975>>

KIRSHEN, P. et al. Integrated urban water management applied to adaptation to climate change. **Urban Climate**, v. 24, n. August 2017, p. 247–263, 2018.

LIBRALATO, G.; VOLPI GHIRARDINI, A.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmental Management**, v. 94, n. 1, p. 61–68, 2012.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 652–659, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479708001618>>

NEWMAN, P.; JENNINGS, I. **Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices**. Island Press, 2008.

SATTLER, M. A. **Habitacões de Baixo Custo Mais Sustentáveis: A Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitar, 8). Disponível em: <www.habitar.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao9/livro_completo.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2008.

SERRAO-NEUMANN, S. et al. Urban water metabolism information for planning water sensitive city-regions. **Land Use Policy**, v. 88, n. July, p. 104144, 2019.

TONETTI, A. L. et al, **Tratamento de esgotos domésticos em comunidade isoladas**: referencial para a escolha de soluções. 1 ed. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil. 2018.

AUTORES

ORCID: 0000-0002-1064-4876

ALLINE GOMES LAMENHA E SILVA, M.Sc. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI) | Porto Alegre, RS - Brasil | Correspondência para: Av. Osvaldo Aranha, 99, Núcleo Orientado para a Inovação da Construção - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190 | e-mail: allinelamenha@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4619-0244

MÁRCIA DE MORAIS STEIN | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI) | Porto Alegre, RS - Brasil | Correspondência para: Rua Visconde Duprat, 212/201, Petrópolis, Porto Alegre - RS, 90.690/430 | e-mail: marciamstein@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4794-9638

DANIELA TATSCH BAPTISTA | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI) | Porto Alegre, RS - Brasil | Correspondência para: Rua Olinda, 126/401, São Geraldo, Porto Alegre - RS, 90240-570 | e-mail: danibaptisch@gmail.com

ORCID: 0000-0001-5113-4074

MIGUEL ALOYSIO SATTLER, Ph.D. | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI) | Porto Alegre, RS - Brasil | Endereço para correspondência: Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3o andar | email: masattler@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Alline Gomes Lamemha e; STEIN, Márcia De Moraes; BAPTISTA, Daniela Tatsch; SATTLER, Miguel Aloysio. Soluções Urbanas Sustentáveis: Avaliação Integrada do Abastecimento de Água e Tratamento de Esgoto A Partir de Gradientes de Densidade. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 67-78, mai. 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.n2.67-78>.

DATA DE ENVIO: 30/04/2020

DATA DE ACEITE: 03/05/2010

PROPOSTA DE USO DO CIMENTO FOTOCATALÍTICO EM MOBILIÁRIO URBANO – ESTUDO DE CASO EM PORTUGAL

PROPOSAL FOR THE USE OF PHOTOCATALYTIC CEMENT IN URBAN FURNITURE - A CASE STUDY IN PORTUGAL

BERNARDO METZNER SERRA REYNAULD DA SILVA | ILP
JOSÉ MANUEL COUCEIRO BAROSA CORREA FRADE, DR. | ILP
PAULO CESAR MACHADO FERROLI, DR. | UFSC

RESUMO

O cimento fotocatalítico tem a propriedade de limpar a poluição do ar, através da introdução de dióxido de titânio na pasta original. O uso deste material no mobiliário urbano pode proporcionar uma redução significativa no índice de poluição. Este artigo apresenta algumas propostas projetuais de mobiliário urbano com esse material em Portugal. A pesquisa foi realizada durante o período de agosto de 2019 a janeiro de 2020, na região de Leiria.

PALAVRAS CHAVE: Materiais; Mobiliário Urbano; Sustentabilidade

ABSTRACT

Photocatalytic cement has the property of cleaning the air pollution by introducing titanium dioxide into the original paste. The use of this material in urban furniture can provide a significant reduction in the pollution index. This article presents some project proposals of urban furniture with this material in Portugal. The research was conducted during the period of August 2019 to January 2020, in the region of Leiria.

KEY WORDS: *Materials; Urban furniture; Sustainability*



1. INTRODUÇÃO

Considera-se mobiliário urbano um conjunto de instalações no espaço público que tem por propósito atender as necessidades urbanas da comunidade. De acordo com a legislação mais recente, o termo mobiliário urbano significa “todo o elemento ou conjunto de elementos que, mediante instalação total ou parcial na via pública, por si ou instrumentalmente, se destine a satisfazer uma necessidade social ou a prestar um serviço, a título sazonal ou precário” (GIL, 2011).

Desta maneira, de acordo com esse Decreto-Lei, são exemplos de mobiliário urbano: paragens de autocarro, parques infantis, luminárias, ginásio ao ar livre, WC para animais, entre outros.

Ainda de acordo com Gil (2011) mobiliário urbano é definido como um conjunto de equipamentos de rua que estão inseridos em um espaço público com o propósito de oferecer serviços específicos e diferentes funções com resposta às necessidades da população. É de suma importância sua relação com arquitetura, design e engenharia, uma vez que esse tipo de interferência altera a paisagem urbana, sendo portanto necessário que tanto na forma, quanto nos materiais utilizados tenha-se o devido cuidado com fatores mercadológicos e culturais da região.

Com o passar do tempo o conceito foi mudando, consequência das novas tecnologias, mentalidade e crescimento das cidades. Isso levou a procura de novas formas e métodos de desenvolver este tipo de mobiliário e acrescentou itens que antes não eram usuais em espaços públicos. A consciência sustentável e ambiental tem vindo a ter grande influência e procura nos mercados nacionais e internacionais, onde o mercado do mobiliário de espaços públicos não é exceção. Neste contexto, a sustentabilidade é definida como a capacidade que o ser humano tem de interagir com o mundo, preservando a natureza e as gerações futuras e respeitando os três pilares básicos, o fator económico, o fator social e o fator ambiental. (LIBRELOTTO, 2009)

De acordo com as medidas ambientais europeias a legislação deve ser “respeitada por empresas e cidadãos para evitar custos mais altos com saúde, perda de receita pública e concorrência desleal entre empresas. Em todo o território europeu, diferentes autoridades públicas são responsáveis por promover, monitorar e fazer cumprir a legislação ambiental da UE. No entanto, eles enfrentam obstáculos como sistemas nacionais ineficientes, treinamento técnico insuficiente, baixo envolvimento da população e procedimentos inadequados de avaliação.

Com seu plano de ação de nove pontos para garantir a conformidade com os regulamentos ambientais, a Comissão Europeia pretende ajudar as autoridades públicas a promover, monitorar e fazer cumprir a legislação ambiental. A Comissão Europeia apresentou em meados de Dezembro do ano passado uma estratégia de políticas em prol do meio ambiente – o chamado Acordo Verde Europeu – contendo uma série de propostas para lidar com temas diversos que incluíram a perda de biodiversidade, agricultura sustentável, novas regras ambientais, além de possíveis penalidades para os poluidores.

Com o Acordo Verde a Europa se comprometeu a tornar-se o primeiro continente do mundo a atingir a neutralidade climática, que na prática significa zerar o nível de emissões líquidas de carbono até 2050. (Deutsche Welle, 2019). Outras metas previstas no Acordo Verde incluem a redução do uso de pesticidas e fertilizantes na agricultura, e a introdução de um “ajuste de carbono nas fronteiras”, com a intenção de incentivar emissores de gases do efeito estufa estrangeiros a tornarem-se mais ecologicamente corretos.

Visto que o desenvolvimento sustentável é um fio condutor para este projeto, é importante salientar a preservação das matérias-primas necessárias para produzir os materiais necessários para a fabricação deste tipo de produto. Posto isso, surge a urgência de otimizar o uso destes materiais.

Sendo que estes produtos são para uso público, a sua produção terá de ser suportada ecologicamente para uma produção em grande quantidade. Neste artigo são também apresentados conjuntos de propostas que demonstram inovação e sustentabilidade no uso do betão e cimento como material de construção de mobiliário urbano. Concluindo assim com a forma mais eficiente de introduzir e utilizar o cimento e ou betão fotocatalítico na produção de mobiliários urbanos.

O presente artigo inova no sentido de considerar o enfoque de mobiliário urbano sob a óptica de diversos profissionais que, direta ou indiretamente, participam do projeto de mobiliários urbanos, sejam estes artigos solitários na paisagem urbana ou integrantes de conjuntos pré-existentes ou complementares.

2. REVISÃO

Apesar do presente estudo de caso ter sido realizado em Portugal, com vistas a propostas futuras considerou-se também referências brasileiras, como a NBR 9050.

A norma NBR 9283 substituída pela NBR 9050 define mobiliário urbano como “Todos os objetos, elementos e pequenas construções integrantes da paisagem urbana, de natureza utilitária ou não, implantados mediante

autorização do poder público em espaços públicos e privados” (ABNT, 2004, p.3). Considerando-se pois a referida norma pode-se considerar como mobiliário urbano: abrigos de ônibus, acessos ao metrô, esculturas, painéis, *playgrounds*, cabines telefônicas, postes, lixeiras, quiosques, relógios, bancos, e assim por diante.

A sustentabilidade é compreendida como uma ciência complexa, que resgata a importância do conhecimento generalizado, de forma integrada; ou seja, não se pode separar por eixos imaginários de conhecimento, onde necessariamente cada vertente (econômica, social ou ambiental) tem seu limite.

Neste contexto, a abordagem de um problema dificilmente pode ser resolvida por um único profissional de forma generalista, mas sim, obriga a integração de vários profissionais, ainda que especialistas em áreas específicas, cuja reunião de suas diferentes visões na resolução do referido problema, poderá trazer uma solução satisfatória.

A atividade projetual (que neste artigo aborda design de produto, arquitetura e engenharia) foi se alterando ao longo dos anos, acompanhando a própria evolução do conceito de eco-design e projeto sustentável.

Sendo a questão da sustentabilidade, principalmente em seus aspectos econômicos e ambientais, incorporada nas atividades pré-projetuais, sob a perspectiva inicial do eco-design, que foi definido por Manzini e Vezzoli (2002) como a atividade que liga o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, favoreceu o surgimento de novas propostas social e culturalmente aceitáveis. Com isso, as etapas iniciais do projeto do produto referem-se ao desenvolvimento de um novo conceito, a organização do projeto piloto e a seleção de materiais.

A finalização da evolução até o momento atual é o eco-design sendo acrescido, diante da realidade encontrada, para a plenitude do conceito (pelo menos da tríade moderna da sustentabilidade), com os eixos econômico, social e ambiental sendo considerados de forma integrada (modelo ESA – LIBRELOTTO, 2009).

Se tradicionalmente projetos desenvolvidos por engenheiros possuem mais evidência nos aspectos quantitativos, os projetos desenvolvidos por arquitetos e designers priorizam aspectos estético-sensoriais. Neste aspecto a sustentabilidade contribuiu para uma abordagem interdisciplinar, onde todos estes aspectos devem estar equilibrados na linguagem projetual de designers, arquitetos e engenheiros.

Montenegro (2005) explica que, diferente do mobiliário doméstico, o urbano não é adquirido pelo próprio usuário, que apenas faz uso dele. O usuário não é um

cliente principal, pois não “escolhe” o objeto, tarefa realizada pelo poder público. Portanto, é possível que os gostos pessoais e específicos do indivíduo sejam protelados em prol de um senso comum. Cabe então ao profissional projetista de mobiliários urbanos um duplo desafio: o produto em questão deve estar ao mesmo tempo em conformidade com a herança cultural e histórica da comunidade regional, atento aos seus costumes, mas também deve buscar atrair visitantes, auxiliando na renda proporcionada pelo turismo.

Outra característica relevante é que existem vários tipos de mobiliários urbanos. Tem-se aqueles que de fato as pessoas utilizam (bancos e lixeiras, por exemplo), aqueles não utilizáveis, mas com viés informativo permanente ou para utilização indireta, como postes e placas (dentre outros), também existem os não utilizáveis com viés informativo ocasional e também aqueles com finalidades puramente artísticas, com esculturas e obras de arte em geral. A figura 1 mostra exemplos destes quatro tipos de mobiliários urbanos. A primeira imagem é da cidade de Poznan (Polônia), mostrando alguns mobiliários urbanos utilizáveis, a segunda imagem da figura 1 mostra uma placa informativa, também da cidade de Poznan; a terceira imagem mostra um exemplo encontrado em Lisboa (Portugal) sobre mobiliário urbano com caráter informativo ocasional e a última imagem mostra um exemplo artístico.

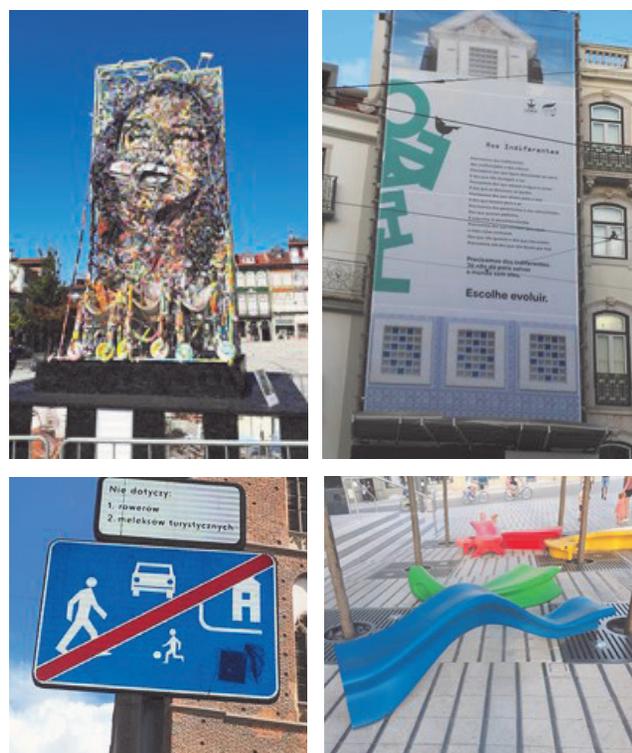


Figura 1 – Tipos de mobiliários urbanos.
Fonte: própria.

O que se entende por “espírito” de uma cidade pode ser relacionado e compreendido através de seu mobiliário urbano. Isso é o que afirma Heskett (2005). Acompanhando essa linha de raciocínio, pode-se encontrar relatos em entrevistas para jornais, revistas e sites, de designers e arquitetos (principalmente) explicando que esse “espírito” é alimentado hoje pela inclusão dos fatores ecológicos/ambientais no mobiliário urbano. Objetiva-se com isso, transmitir a mensagem: nossa cidade (nosso país, nosso povo) se preocupa com o meio ambiente, com as questões econômicas, sociais e culturais vinculadas a isso.

Observa-se que esse tipo de mensagem é muito poderosa, influenciando diretamente no comportamento das pessoas. O vandalismo comporta-se como uma correlação negativa com relação a limpeza geral do ambiente (chão limpo, lixeiras higienizadas, paredes sem riscos ou pixadas, etc.). O contrário também é visível: um ambiente sujo e mal cuidado favorece atitudes desleixadas com relação aos mobiliários urbanos disponibilizados. Considera-se portanto, desse modo, que um mobiliário urbano projetado de forma harmoniosa com o entorno é uma condição básica para a valorização da cidade e de sua população.

Yucel (2013) considera que um projeto em que o mobiliário for planejado e coordenado em conformidade com o conceito de design mais abrangente é melhor do que aqueles que foram selecionados de uma forma fragmentada sem ter em conta as necessidades dos utilizadores, o caráter arquitetônico ou as condições do local.

2.1 Procedimentos metodológicos

Durante a pesquisa realizada nas cidades de Caldas da Rainha, Fátima e Leiria (Portugal), procurou-se definir qual é o tipo de mobiliário urbano mais utilizado pelo público, onde constatou-se que os mais usados são os bancos de jardim, em madeira e ferro, geralmente, e os ginásios ao ar livre, normalmente em aço e compósitos poliméricos. Ampliando-se a pesquisa, com imagens coletadas em viagens e também de estudos preliminares encontrados em Ferroli e outros (2019). Mostra-se na sequência alguns mobiliários urbanos encontrados em cidades europeias com a presença de cimento ou betão, em geral acompanhados de outros materiais.

Na figura 2, tem-se, na primeira imagem, um mobiliário urbano encontrado na cidade de Innsbruck (Áustria), com o concreto de base para uma estrutura em madeira; na segunda imagem tem-se um mobiliário urbano encontrado na cidade de Bruxelas (Bélgica), também com o concreto usado de base para uma estrutura de madeira.



Figura 2 - Mobiliários urbanos em Innsbruck (Áustria) e em Bruxelas (Bélgica).
Fonte: própria.

A figura 3 mostra, na primeira imagem, um mobiliário urbano encontrado em Sevilla (Espanha) com uma proposta interessante de união entre concreto e madeira. A segunda imagem da mesma figura mostra um mobiliário urbano encontrado em Nazaré (Portugal), com o cimento atuando como base, novamente com uso em comum com a madeira.





Figura 3 - Mobiliário urbano em Sevilla (Espanha) e Nazaré (Portugal).
Fonte: própria.

Para o desenvolvimento deste artigo realizou-se uma pesquisa sobre vários materiais, sendo o cimento como base de toda a estrutura mobiliária e resíduos industriais que poderiam ser adicionados ao cimento e que formariam então um novo material sustentável.

O referido cimento é um aglomerante hidráulico que, em contato com a água, produz reação exotérmica de cristalização de produtos hidratados, ganhando assim resistência mecânica. É considerado o principal material de construção obtido a partir do cozimento de calcários naturais ou artificiais. Misturado com água forma um composto que endurece em contato com o ar. É também usado com a cal e a areia na composição das argamassas. O cimento mais utilizado e conhecido, sobretudo na construção civil, é o cimento Portland. (CALLISTER JR e outros, 2016).

O primeiro passo no desenvolvimento do cimento foi em 1756 através de John Sematton, que conseguiu um produto de alta resistência por meio de calcinação e de calcários moles. Já em 1818, o francês Louis Vicat obteve resultados semelhantes adicionando uma mistura de compostos argilosos e calcários, tendo recebido o título de inventor do cimento artificial. Em 1824 o construtor civil Joseph Aspdin queimou uma mistura de pedras calcárias e argilas, que após seca, tornou-se tão dura como as pedras que eram utilizadas até então na construção. Esta mistura foi patenteada por Aspdin com o nome de cimento Portland, nome escolhido devido a sua coloração e dureza, semelhantes as rochas da ilha de Portland.

Com a evolução dos tempos, o material e as técnicas de construção foram se alterando. Houve o desenvolvimento

do tijolo, das telhas e do asfalto (dentre outros), sendo que atualmente estes materiais são utilizados numa larga escala para produção de edifícios, casas, pontes, etc.

A figura 4 mostra exemplos de mobiliários urbanos modernos, mostrando que o material continua em evidência. O mobiliário, encontrado na cidade de Cracóvia (Polónia), mostra a composição do cimento com os polímeros industriais. A segunda imagem da figura detalha o mobiliário urbano mostrando que o mesmo possui placa solar, que permite aos usuários o carregamento de telemóveis, tablets e afins. Colocado neste nível, o cimento mostra-se como um material perfeitamente adequado as novas exigências sócio-ambientais.

Outro exemplo interessante é mostrado na figura 5, onde o cimento foi usado para composição de um mobiliário urbano para lazer. No primeiro, encontrado na cidade de Frankfurt (Alemanha), o mobiliário mostrado faz parte de um amplo conjunto de mobiliários urbanos construído para lazer e entretenimento, muitos deles em cimento e concreto. No exemplo o cimento foi usado para construção de uma mesa de ping pong. Na segunda imagem, encontrado em Badajoz (Espanha) um tradicional banco de praça.



Figura 4 - Mobiliário urbano em Cracóvia (Polónia).
Fonte: própria.



Figura 6 - Mobiliários urbanos em Mérida (Espanha) e Aveiro (Portugal).
Fonte: própria.



Figura 5 - Mobiliários urbanos em Frankfurt (Alemanha) e Badajoz (Espanha).
Fonte: própria.

Em relação composição, o cimento é um pó fino que resulta na mistura de várias substâncias, nomeadamente gesso e escória silicosa. Geralmente o cimento Portland simples é composto por aproximadamente 96% de clí-quer e 4% de gesso. Já em relação aos resíduos industriais, foram selecionados para experimentação: resíduos de madeira, papel e fibra.



A figura 6 mostra mais dois exemplos do uso do cimento em mobiliários urbanos. A primeira imagem é de um mobiliário encontrado na cidade de Mérida, Espanha. A segunda é um exemplo de composição entre madeira e cimento, encontrado na cidade de Aveiro, Portugal. A figura 7 complementa as exemplificações mostrando, na primeira imagem um mobiliário urbano encontrado em Paris (França) com o cimento usado sem materiais compostos e na segunda imagem, de Lisboa (Portugal) um exemplo do cimento em composição com aço.



Figura 7 - Mobiliários urbanos em Paris (França) e Lisboa (Portugal).
Fonte: própria.

3. PROJETOS COM USO DE CIMENTO FOTOCATALÍTICO

O cimento fotocatalítico tem a propriedade de limpar a poluição do ar. Isto é conseguido introduzindo dióxido de titânio na pasta. Este agente reage a radiação solar, transformando agentes poluentes como óxidos de azoto em nitratos. Este material é maioritariamente usado como estrutural porém este projeto estuda a potencial utilização deste na construção de mobiliário urbano.

De acordo com Melo (2012), o uso de dióxido de Titânio (TiO₂) tem sido bastante utilizado como elemento fotocatalítico para redução da poluição no Japão, especialmente para pavimentação de calçadas e margens de estradas.

O Dióxido de Titânio age principalmente na degradação de Óxidos de Nitrogênio (NO_x) presentes na atmosfera, sem influenciar nas propriedades mecânicas da argamassa. No estudo de Melo (2012) constatou-se uma eficiência na degradação de NO_x entre 45% a 95%, dependendo do tipo e da porcentagem de TiO₂ incorporado. Outros fatores relevantes foram a textura superficial da peça e condições ambientais, tais como concentração de poluente, radiação UV, umidade relativa do ar e velocidade do fluxo.

3.1 Experimentos complementares para projeto

Considerando o objetivo da pesquisa definida previamente, o grupo foi ao laboratório testar possibilidades de uso de resíduos na massa, de forma a diminuir os custos e proporcionar uma destinação aos resíduos. Os procedimentos adotados podem ser melhor verificados em Pinto e outros (2020) e apresenta-se aqui apenas alguns procedimentos e testes realizados para exemplificação.

Para verificar o efeito do cimento misturado com os resíduos referidos anteriormente, realizamos experiências usando o cimento Portland escuro e o claro (branco). A figura 8 mostra alguns resultados de testes com a aplicação de resíduos no cimento Portland escuro. Na primeira imagem foi usado resíduo de madeira, na segunda imagem resíduo de papel e na terceira, resíduo têxtil.

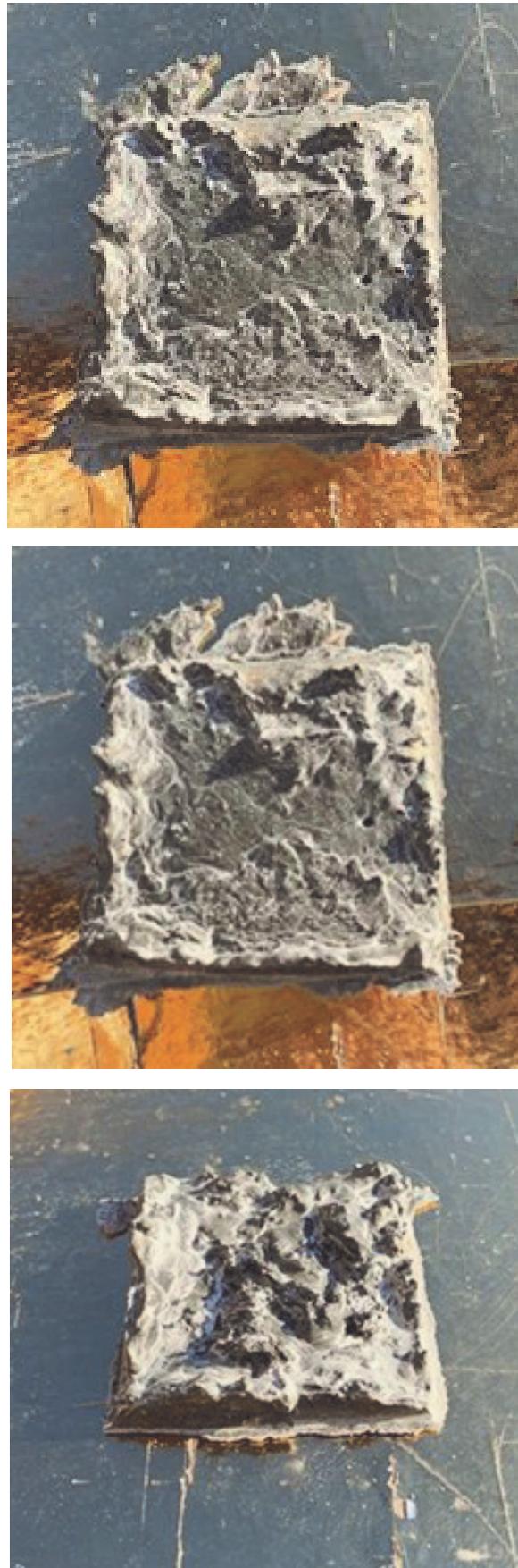


Figura 8 - Experimentos no cimento Portland escuro.
Fonte: Pinto e outros (2020).

3.2 Projeto de mobiliário urbano

A proposta de projeto aqui demonstrada é o resultado de várias propostas elaboradas ao longo da disciplina Design e Desenvolvimento Sustentável, do curso de Design de Produto – Cerâmica e Vidro da Escola Superior de Artes e Design das Caldas da Rainha, em Portugal. A prática projetual transcorreu durante o período de Setembro de 2019 a Janeiro de 2020.

Diversas propostas foram obtidas com a aplicação das metodologias tradicionais de desenvolvimento de produtos. Após a etapa de geração de alternativas, duas propostas foram selecionadas, sendo que a proposta mostrada na figura 9 apresentou melhores resultados para uso em concreto comum. Maiores detalhes sobre esse projeto podem ser encontrados em Pinto e outros (2020).

A primeira imagem da figura 9 mostra o projeto de uma parada de ônibus e a segunda imagem mostra variações do projeto original, objetivando adequar a proposta para diferentes níveis de exigências em termos de número de usuários e fluxo de ônibus.

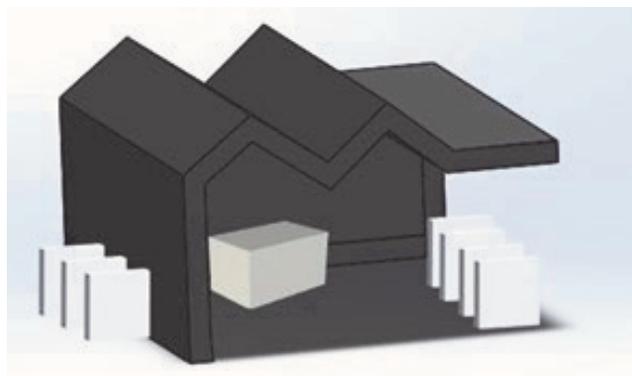
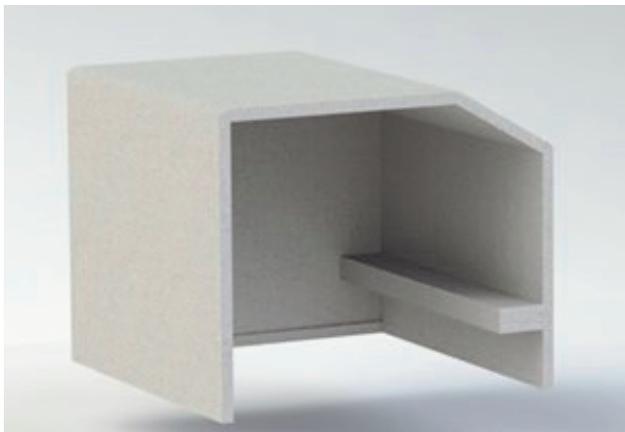


Figura 9 - Propostas projetuais com cimento.
Fonte: Pintos e outros (2020)

Após a aplicação de metodologias projetuais foi escolhido a opção denominada equipamento urbano “J”. Este projeto tem como objetivo desenvolver um equipamento

de mobiliário urbano que sirva mais do que uma função. Ou seja, o equipamento muda a sua função conforme este é apresentado no espaço evolvente.

O produto consiste numa lastra de betão fotocatalítico reforçado com varão de aço nervurado, que adapta um perfil com uma forma em “J”. As peças podem ser usadas em conjunto ou individualmente e apresentadas de formas diferentes, conforme mostra a figura 10.

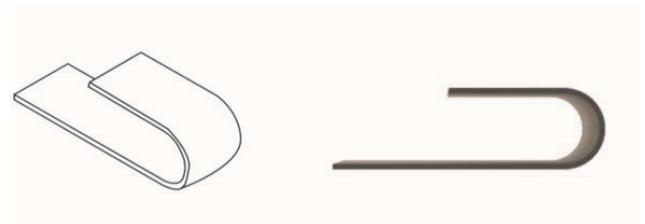


Figura 10 - Projeto proposto.
Fonte: própria.

O produto escolhido é inteiramente projetado para construção em cimento fotocatalítico, que consiste numa mistura de argamassa de cal hidráulica aditivada com dióxido de titânio. Este agente (dióxido de titânio) reage, com a ajuda da radiação solar, com os óxidos poluentes do ar (exp. Óxido de azoto), transformando-os em nitratos. Este material é maioritariamente usado como estrutural em zonas de tráfego automóvel elevado.

A figura 11 mostra a proposta projetual em uso, colocando a peça com a sua face mais comprida criando desse modo um assento. Colocando as peças na mesma posição repetidamente umas ao lado das outras tem-se a possibilidade de ajustar o comprimento do assento, permitindo desse modo um dimensionamento em função do número de usuários previstos.

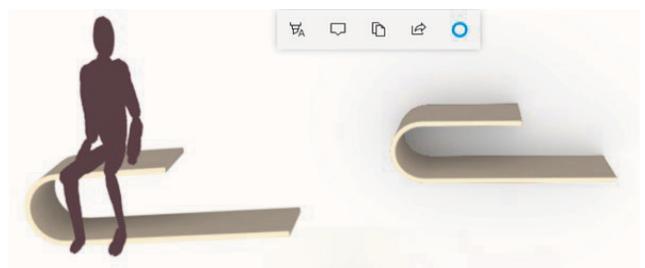


Figura 11 - Projeto proposto – possibilidades de uso.
Fonte: própria.

A figura 12 mostra outra possibilidade de uso. Invertendo a posição de assento da peça, criou-se uma superfície de repouso para o utilizador. Esta, tal como o assento, pode ser regulada em seu comprimento de acordo com o número de peças que são repetidas.

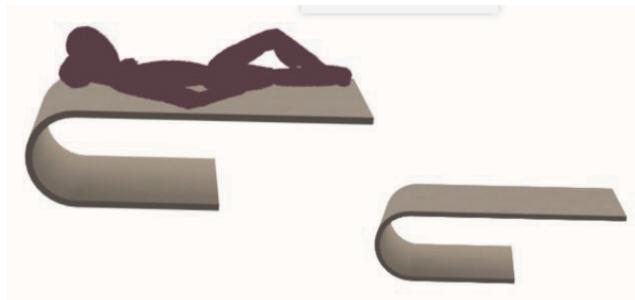


Figura 12 - Projeto proposto – outra possibilidade de uso.
Fonte: própria.

Complementando o projeto, na figura 13, apresenta-se um conjunto de duas destas peças, com as quais pode-se criar uma canteiro. Isso é obtido colocando as duas peças na lateral e juntando a face de maior comprimento com a de menor.



Figura 13 - Projeto proposto – possibilidade alternativa de uso.
Fonte: própria.

As propostas foram submetidas a experimentos laboratoriais com construção de modelos computacionais e de escala reduzida. Posteriormente, com o desenvolvimento de protótipos, os testes serão melhor validados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve por objetivo uma análise qualitativa para emprego do cimento fotocatalítico no mobiliário urbano. Isto está diretamente relacionado com o processo de escolha de materiais de um produto e com as dimensões da sustentabilidade (econômica, social e ambiental).

O mobiliário urbano foi utilizado como fator de análise em virtude de ser um produto presente em todo mundo, sendo de interesse geral nas áreas projetuais, com projetos realizados por arquitetos, engenheiros, designers, escultores, artistas, etc.

Por ser quantitativo e qualitativo por essência, o modelo ESA é ideal para ser utilizado no presente estudo, assim como toda e qualquer análise que envolva a

sustentabilidade. Sua consideração abrange análise de critérios econômicos, de fabricação e ambientais que são facilmente mensurados mediante análise estatística, bem como considerações ergonômicas, de segurança e de mercado que não são tão fáceis de serem mensurados, exigindo uma boa interpretação qualitativa nas análises.

Também é possível considerar aspectos cujas análises envolvem emoção, sentimento, preconceitos e cultura, totalmente qualitativos e difíceis de mensuração.

Dentro desse cenário, este artigo teve como objetivo a análise e exploração de possíveis aplicações do cimento fotocatalítico em mobiliário urbano. Com a introdução deste material cria-se oportunidades de criar estruturas que purifiquem o ar do local onde estes são colocados.

A conclusão conceitual é que essa prática irá melhorar a qualidade de vida da população dos grandes centros urbanos, porque o cimento fotocatalítico tem características similares ao cimento comum como durabilidade, resistência e boa relação custo x benefício, acrescidas do bom desempenho do ponto de vista ambiental.

Entende-se desta forma que o uso consciente deste material poderá vir a melhorar o meio ambiente, proporcionando também ganhos industriais e desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2004.
- CALLISTER JR, William D, RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia de Materiais** – uma introdução. 9 ed. Rio de Janeiro, LTC, 2016.
- GIL, Erica Alexandra Balata. **O banco público – significado e importância deste equipamento no espaço público**. Mestrado em Design de Equipamento – Universidade de Lisboa (dissertação de mestrado). 2011.
- HESKETT, John. **El diseño en la vida cotidiana**. Barcelona: Gustavo Gili SA, 2005.
- LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Modelo para Avaliação de Sustentabilidade na Construção Civil nas Dimensões Econômica, Social e Ambiental (ESA): Aplicação no setor de edificações**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2009.
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: requisitos ambientais dos produtos industriais**. SÃO PAULO: EDUSP, 2002.
- MELO, João Victor Staub de. Desenvolvimento de peças pré-moldadas de concreto fotocatalíticas para

pavimentação e purificação do ar. **Dissertação de mestrado**. PPGEC – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2012.

MONTENEGRO, Glidson Megomeceno. **A produção de mobiliário urbano em espaços públicos** – o desenho de mobiliário urbano nos projetos de reordenamento das orlas do Rio Grande do Norte. PPGAU – UFRN, Natal, 2005 (dissertação de mestrado)

PINTO, Ana Filipa Nunes; RODRIGUES, Liliane Abegão; FRADE, José Manuel Couceiro Barosa Correia; FERROLI, Paulo Cesar Machado. Cimento e resíduos industriais no mobiliário urbano. **ENSUS 2020** – VIII Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Anais, volume 4, p. 58-67. YÜCEL, Gökçen Firdevs. **Street furniture and amenities**: Designing the user-oriented urban landscape. *Advances in Landscape Architecture*. IntechOpen, 2013 <http://dx.doi.org/10.5772/55770>.

AUTORES

ORCID: -

BERNARDO METZNER SERRA REYNAULD DA SILVA | Instituto Politécnico de Leiria | IPL - LIDA – ESAD-CR| Caldas da Rainha - Portugal | Correspondência para: Rua Isidoro Inácio Alves de Carvalho, Campus 3, 2500-321 Caldas da Rainha - Portugal | E-mail: bmsrsilva@gmail.com

ORCID: -

JOSÉ MANUEL COUCEIRO BAROSA CORREA FRADE, Dr. | Instituto Politécnico de Leiria | IPL - LIDA – ESAD-CR| Caldas da Rainha - Portugal | Correspondência para: Rua Isidoro Inácio Alves de Carvalho, Campus 3, 2500-321 Caldas da Rainha - Portugal | E-mail: jose.frade@ipleiria.pt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6675-672X>

PAULO CESAR MACHADO FERROLI, Dr. | Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC | Virtuhab| Florianópolis, SC. Brasil | Correspondência para: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº Trindade – Florianópolis – SC CEP: 88040-900 | E-mail: pcferroli@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Bernardo Metzner Serra Reynauld da; FRADE, José Manuel Couceiro Barosa Correia; FERROLI, Paulo Cesar Machado. Proposta de Uso do Cimento Fotocatalítico em Mobiliário Urbano – Estudo de Caso em Portugal. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 79-88, mai. 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.n2.79-88>.

DATA DE ENVIO: 08/05/2020

DATA DE ACEITE: 11/05/2020

O IMPACTO DA VEGETAÇÃO URBANA NO CONFORTO TÉRMICO NA ESCALA LOCAL DO DISTRITO FEDERAL – DF.

THE IMPACT OF URBAN VEGETATION ON THERMAL COMFORT IN THE LOCAL SCALE IN FEDERAL DISTRICT (DF) OF BRAZIL

BÁRBARA GOMES SILVA, M.Sc. | UNB
CAIO FREDERICO E SILVA, Dr. | UNB

RESUMO

Em um mundo cada vez mais urbano, a vegetação mostra-se como uma das principais contribuintes para o aumento do conforto térmico no microclima. O objetivo deste estudo é analisar o impacto do acréscimo de vegetação urbana no conforto térmico na escala local do Distrito Federal. Os procedimentos metodológicos dividem-se em três etapas: (1) modelam-se dois cenários para a Zona Climática Local 3, com o software ENVI-met 4.4.4, o cenário original e com acréscimo de vegetação (hipotético); (2) simula-se o microclima para diferentes horários do dia no período quente-seco e (3) geram-se gráficos de manchas referentes ao parâmetro Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), à temperatura do ar e velocidade dos ventos. Os resultados apontam que às 9 e 15 horas a vegetação disposta de forma linear proporciona maior conforto térmico do que dispostas em grupos. Às 21 horas, apesar de não haver alteração na percepção térmica, há a amenização da temperatura do ar em até 1° C, o que é benéfico para o microclima.

PALAVRAS CHAVE: Zona Climática Local; Simulação Computacional; Vegetação Urbana; Microclima; Temperatura Fisiológica Equivalente

ABSTRACT

Urban vegetation contributes to the increase of thermal comfort on the microclimate scale. The objective is to analyze the impact of adding urban vegetation on thermal comfort at the local level of the Federal District. The methodological procedures have three phases: (1) modeling of two scenarios for the Local Climate Zone 3, by ENVI-met software (scientific version 4.4.4), the original scenario and adding vegetation (hypothetical). (2), the microclimate is simulated for different times of the day for the hot-dry period and (3), stain graphics are generated for the parameter Physiological Equivalent Temperature (PET), air temperature and wind speed. The results show that at 9 am and 15 pm the vegetation arranged linearly provides greater thermal comfort than arranged in groups. At 9 pm, although there is no change in thermal perception, there is an easing of the air temperature in up to 1° C, which is beneficial for the microclimate.

KEY WORDS: Local Climate Zones; Computer Simulation; Intra-urban Vegetation; Microclimate; Physiological Equivalent Temperature



1. INTRODUÇÃO

Num contexto de mudanças climáticas, a preservação dos elementos ambientais no contexto urbano como corpos d'água e massas vegetadas são excelentes estratégias de resiliência urbana. Torna-se ainda mais essencial a preservação do meio ambiente num contexto em que o mundo se torna mais urbano, com mais 70% da população global vivendo nas cidades até 2050 (fonte).

O processo de urbanização, que tem se intensificado com o aumento da população global, naturalmente requer uma redução dos elementos ambientais. A paisagem da cidade torna-se árida, seca e com baixa qualidade do ar, o que impacta diretamente da qualidade de vida da população urbana, aliado a isto, a falta de vegetação urbana aliada intensificam o desconforto térmico. Isso ocorre porque a cobertura do solo, a vegetação e a topografia são os principais responsáveis pelas alterações referentes ao clima quando se discute a escala microclimática (ROMERO, 2011), e são elementos fortemente alterados pela ação humana.

Neste contexto, a demanda de estudos relacionados ao microclima urbano vem crescendo, a fim de encontrar soluções que consigam mitigar os problemas microclimáticos, contribuindo com uma cidade mais resiliente. Além disto, a atual disponibilidade de ferramentas computacionais que facilitam esta análise urbana pode ser uma grande esperança na tentativa de comprovar a eficácia e o impacto dos elementos naturais no meio urbano.

Dentre tantos aspectos que podem afetar o microclima urbano, a vegetação se destaca, visto que são muitos os estudos que comprovam seus benefícios para o meio ambiente e a população (MORO, 1976; ABREU-HARBICH e LABAKI, 2010; LÓIS, LABAKI e SANTOS, 2011; LABAKI et al., 2011; SHINZATO e DUARTE, 2018 FERREIRA e DUARTE, 2019). Segundo Labaki et al. 2011, a vegetação proporciona benefícios relacionados ao conforto térmico no ambiente construído.

Em climas tropicais, Silva (2009) afirma que a vegetação é fundamental para a manutenção do microclima quando utilizada de forma adequada. Além disso, ela capta grande quantidade de CO₂, auxiliando nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas (RIBEIRO, BORGIO, & MARANHÃO, 2013). Aliado a isto, Szeremeta e Zannin (2013) afirmam que as áreas verdes podem contribuir para a saúde e o bem-estar da população, pois estimulam a prática de exercícios.

A falta de informações climáticas locais que auxiliem em tomadas de decisões mais precisas e individualizadas afeta a qualidade do planejamento urbano. Muitos planos diretores, por exemplo, são genéricos ao proporem a implantação de áreas arborizadas. Este contexto leva os profissionais envolvidos com o planejamento urbano como o

arquiteto, paisagista, geógrafo, entre outros, ao equívoco quanto às decisões de conforto térmico. Para isso, torna-se necessária a compreensão da configuração da paisagem urbana e das características climáticas, levando em consideração a peculiaridade de cada espaço.

Assim, Stewart e Oke (2012) propõem um sistema de classificação do clima e da paisagem urbana e rural em microescala, as Zonas Climáticas Locais (ZCL), que permitem visualizar e investigar, de forma mais eficiente, a realidade climática dessas áreas. Esta metodologia vem sendo constantemente utilizada para compreender a relação de diversos aspectos da cidade com o clima urbano, como o adensamento populacional, as ilhas de calor, o uso e ocupação do solo (CARDOSO, 2015; ZHAO et al., 2018, MONTEIRO, 2018; SOEIRA, 2019; SILVA, 2020).

O conforto térmico é uma percepção individual que implica um senso neutro para o corpo em um ambiente específico (Lin, 2009), não sendo necessário esfriar ou aquecer a temperatura do ar, a umidade ou a velocidade do vento. Em sua norma 55, a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE, 2010) afirma que o conforto térmico é uma "condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliada por avaliação subjetiva" (p. 3) Nesse sentido, a troca de energia térmica resulta nas condições térmicas do ambiente (Costa, 1974).

Como muitas das estratégias de conforto térmico podem ser desenvolvidas por meio de simulações computacionais, os autores decidiram usar essa abordagem para avaliar o impacto da vegetação no ambiente construído.

A maioria dos estudos nesse campo, especialmente em climas quentes, concentra-se no desempenho do edifício e de seus sistemas de refrigeração (Olivieria, Olivieri, & Neila, 2014). No entanto, Reinhart e Davila (2016) desenvolveram uma proposta de compressão climática para lançar estratégias de mitigação, e Panchen et al. (2014) destacaram o papel da vegetação nos estudos de sazonalidade climática, e essa é a discussão promovida nesta pesquisa.

Neste sentido, este trabalho avalia o impacto da vegetação na escala local. Para isso, analisa comparativamente a contribuição do acréscimo de vegetação urbana para o conforto térmico, na escala local do Distrito Federal do Brasil, portanto, no contexto climático do clima tropical de altitude, na cidade de Brasília.

2. ANÁLISE DO VERDE URBANOS COM O ENVI-MET

Muitas pesquisas dedicam seus objetivos a entender como o desenvolvimento urbano e a falta de vegetação natural contribuem para o aumento da temperatura nas

idades. Alguns estudos discutem a relação entre a vegetação como meio de promover o conforto térmico em um contexto ambiental. A maioria desses estudos utilizou o ENVI-met como modelo de avaliação. Os autores selecionados têm diferentes tipos de pesquisa em diferentes contextos climáticos e de escala.

A escala das ilhas urbanas de calor (UHI) oferece pesquisas relevantes em dois contextos climáticos diferentes. Maleki e Mahdavi (2016) discutem estratégias de mitigação usando um modelo de microclima urbano tridimensional. Em seu estudo, eles investigaram os efeitos da variação das propriedades físicas e geométricas do tecido urbano no microclima urbano e no conforto térmico ao ar livre usando o ENVI-met. Os autores concluíram que resultados que aumentam a quantidade de vegetação e pavimentos permeáveis podem resfriar a temperatura do ar em até 3K.

Em outro clima, Razzaghamanesh, Beecham e Salemi (2016) apresentam uma investigação experimental nos vários níveis climáticos. Eles usam simulação na micro e macro escala de um ambiente urbano típico na África do Sul, avaliando o potencial de mitigação do efeito UHI na cidade de Adelaide. Eles discutem a mudança de um ambiente urbano e a substituição de superfícies vegetadas por materiais com baixo teor de albedo é uma das razões para o aumento da temperatura em um ambiente urbano e, conseqüentemente, também uma das causas essenciais dos efeitos de UHI. Os resultados também mostraram que eles têm efeitos significativos de resfriamento no verão e podem se comportar como uma camada de isolamento para manter os edifícios mais quentes no inverno. Finalmente, os autores afirmam que o uso de paredes verdes e árvores de rua, juntamente com a adoção de materiais com alto índice de albedo, é recomendado para alcançar a eficiência ideal em termos de redução da temperatura urbana e mitigação dos efeitos da UHI.

Pastore, Corrao e Kvoles Heiselberg (2017) mostram uma nova metodologia usando um micro-banco para uma avaliação em escala de construção, vinculando o *software* ENVI-met ao programa de simulação de energia de construção *EnergyPlus*. Os autores desenvolveram um método para analisar a influência das plantas nos microclimas urbanos para aumentar a temperatura externa e interna. Além disso, este método permite avaliar os benefícios de diferentes soluções técnicas aplicadas aos edifícios. As descobertas desses autores indicaram uma redução significativa em ambas as áreas, nas temperaturas externa e interna. Seu trabalho destacou a importância de abordagens de várias e várias escalas para investigações de alta precisão sobre o desempenho térmico de edifícios.

Morakinyo *et al.* (2019) apontam as técnicas passivas, pois fachadas verdes podem ser uma ótima estratégia para melhorar o ambiente térmico ao ar livre e reduzir o uso de energia em ambientes fechados. Especificamente, em cidades de alta densidade como Hong Kong, a área de superfície dos edifícios é muito maior do que as áreas de telhado e solo combinadas, oferecendo uma plataforma vertical para o esverdeamento. Os autores usaram a simulação do modelo ENVI-met para entender o potencial resfriamento do ar e a melhoria do conforto térmico de uma vizinhança de densidades variadas. Eles descobriram que 30 a 50% das fachadas no ambiente urbano de alta densidade de Hong Kong devem ser esverdeadas para causar potencialmente uma redução de cerca de 1° C na temperatura do ar durante o dia e a noite. Ao mesmo tempo, ajuda a melhorar o conforto térmico para pedestres durante o dia em pelo menos uma classe termal.

Ahmad, Babak, Davoud e Suhardi (2019) discutem como o clima local afeta negativamente os UHIs e o conforto térmico ao ar livre. Esses autores apresentam estudos recentes que enfocam os efeitos de espaços verdes e plantas no microclima e no conforto térmico dos últimos anos. Como metodologia, esta pesquisa aborda diferentes parâmetros, como propriedades físicas das plantas, localização e cobertura vegetal, densidades de plantio e densidade de copas, elemento da planta, tipo de folha, padrões e arranjos de plantio e albedo. Os resultados destacaram que vários fatores com impacto no efeito de resfriamento das plantas ainda não haviam recebido atenção adequada em estudos anteriores.

As pesquisas de Zölch, Maderspacher, Wamsler e Pauleit (2016) concentram-se no entendimento do desempenho da infraestrutura verde urbana (UGI). Esses autores discutem como faltam informações comparáveis sobre o desempenho de diferentes tipos de UGI para moderar esses impactos. Esta pesquisa investiga como diferentes tipos e quantidades de UGI (ou seja, árvores, telhados verdes e fachadas verdes) afetam o conforto térmico dos pedestres. O estudo mostra os valores fisiológicos de temperatura equivalente (PET) em 2,4 K. No entanto, isso pode ser bastante reduzido por diferentes cenários de UGI. O artigo provou que o plantio de árvores teve o impacto mais positivo, com uma redução média de 13% no PET, em comparação com a vegetação existente. Especificamente, em fachadas verdes, tem efeitos atenuantes de 5 a 10%. Outros resultados indicam que o aumento da participação na cobertura verde também não corresponde diretamente à magnitude da redução do PET.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como método, utiliza-se da Zona Climática Local 3 do Distrito Federal (DF) com base na Temperatura Fisiológica Equivalente - PET (HÖPPE, 1999) e da temperatura do ar, e é resultado da dissertação de mestrado de Silva (2020) que classifica as ZCLs de Regiões Administrativas do DF e desenvolve um método de avaliação da contribuição da vegetação em ZCLs por meio de simulações computacionais.

O método deste trabalho consiste na modelagem e simulação computacional, da ZCL 3 classificada por Silva (2020), considerando dois cenários: o cenário original, que representa a ZCL como se encontra hoje; e o cenário hipotético, com acréscimo de vegetação em áreas livres e canteiros centrais, conforme critérios apresentados por Lóis, Labaki e Santos (2011) e Silva (2009).

No âmbito do *software*, é modelada a área de 160.000 m², resultante de um quadrilátero de 400 m, configurando o cenário. Após a simulação computacional, faz-se a extração dos gráficos de manchas com os resultados de PET, temperatura do ar e velocidade dos ventos para às 9, 15 e 21 horas para o período climático quente-seco do Distrito Federal, com o auxílio dos plugins Biomet e Leonardo.

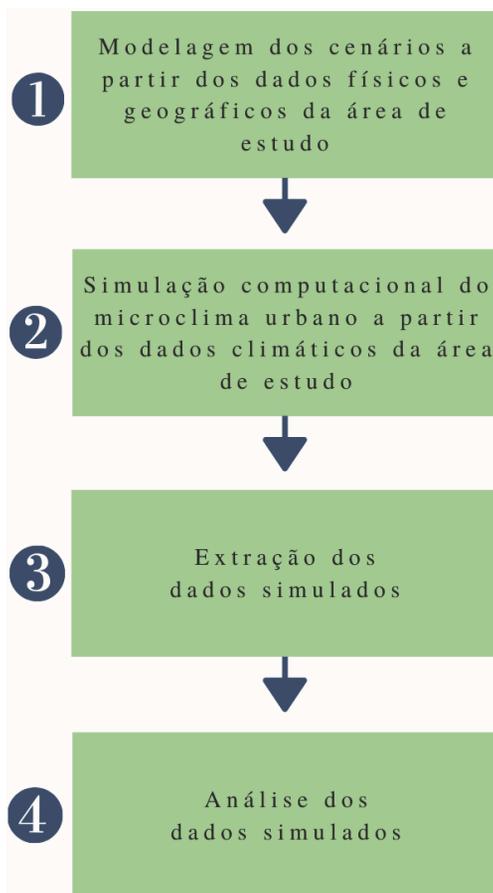


Figura 01 – Fluxo das etapas metodológicas
Fonte: os autores, 2020

3.1. Modelagem

A ZCL 3 é uma área residencial com construções de até 3 andares, possui bastante área impermeável e poucas árvores, que estão localizadas principalmente na via central. A área de estudo localiza-se na Região Administrativa XXI – Riacho Fundo II no DF (Figura 03), portanto, utiliza-se a latitude e longitude de Brasília, -15,78° e -47,93°, respectivamente, e localização acima do nível do mar de 1.172 metros.



Figura 02 – Localização da DF no contexto nacional
Fonte: os autores, 2020

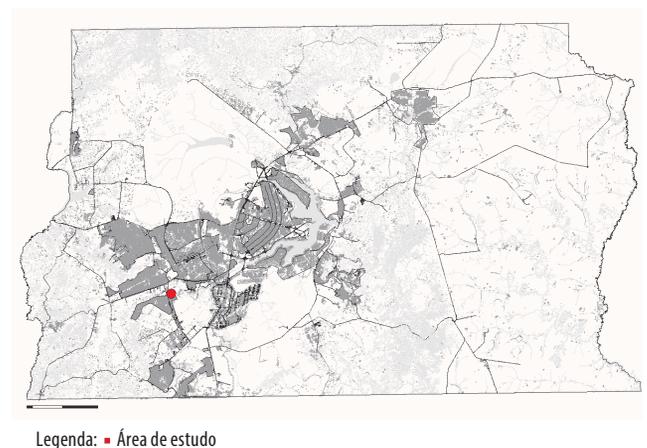


Figura 03 – Localização da ZCL 3 no contexto do DF
Fonte: os autores, 2020

Para a modelagem dos cenários, considera-se as dimensões das edificações, os materiais de cobertura do solo, a quantidade de vegetação, bem como sua distribuição no espaço e faz-se a simplificação do cenário. Em seguida, posiciona-se a área da forma mais ortogonal

possível, o que facilita a modelagem no *software*, que é realizada em uma malha quadriculada de 100x100 grids, onde cada grid corresponde a 4 metros. Para correção do norte geográfico, é necessário inserir o valor do grau de rotação do Norte no ENVI-met (Quadro 1).

Imagem satélite do cenário original	Cenário original simplificado	
		-18°

Quadro 01 – Grau de rotação do Norte
 Fonte: Geoportal, 2019

Assim, modelam-se os dois cenários, sendo que estes são diferenciados pela área permeável e impermeável, considerando as características da geometria urbana, dos materiais de cobertura do solo, além da quantidade de vegetação. Os cenários são diferenciados pela quantidade de vegetação, considerando as características da geometria urbana e dos materiais de cobertura do solo.

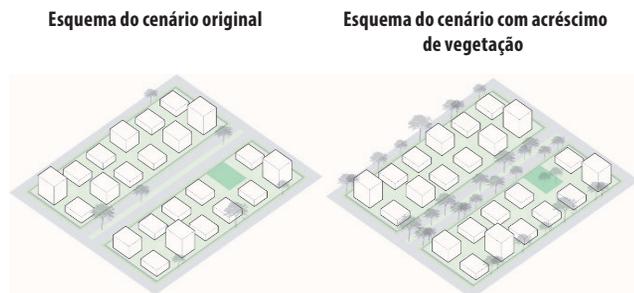


Figura 04 - Diagrama dos cenários de modelagem microclimática de uma ZCL
 Fonte: os autores, 2020

Há o acréscimo de vegetação no canteiro central da via principal e nas calçadas de forma linear, onde há maior fluxo de veículos e pessoas. Além disso, adiciona-se vegetação arbórea agrupada nos espaços livres, como praças.

Modelagem do cenário original	Modelagem do cenário com acréscimo de vegetação
	

Quadro 02 – Modelagem do cenário original e com acréscimo de vegetação
 Fonte: os autores, 2020

Os materiais utilizados na modelagem devem se aproximar das características reais dos materiais encontrados na área, sendo que neste estudo define-se: grama (*grass*), asfalto (*asphalt*), pavimento de concreto cinza (*concrete pavement gray*) para calçadas e solo argiloso (*loamy soil*) para solo exposto e abaixo de edificações. Além disso, definem-se os materiais de parede e cobertura das edificações, sendo: parede de concreto (*concrete wall*) e telhado de material cerâmico (*roofing: terracota*), considerando que as coberturas existentes são, em sua maioria, telhado colonial.

3.2. Simulação computacional microclimática

A simulação computacional microclimática do meio urbano consiste em uma simplificação de cenários reais que pretende representar as características dos elementos que constituem o espaço, porém, é importante ressaltar que “o mundo real se mostra tão complexo que é impossível reproduzir todas as suas características, as suas relações funcionais e todo o conjunto de interdependências” (ANJOS, 2008).

Assume-se que esta pesquisa estuda a camada intraurbana simulando as interações edifício-meio urbano. Neste sentido, adota-se o *software* ENVI-met 4.4.4 para simulações referentes ao conforto térmico urbano visto que este é o único programa que considera a fisiologia da vegetação para simular dados de conforto térmico urbano.

Existem dois métodos para inserção de dados climáticos para o ENVI-met 4.4.4: *Simple Forcing* e *Full Forcing*. No método *Simple Forcing* é necessária a coleta, pelo próprio pesquisador, de cada dado climático da cidade onde localiza-se a área de estudo, sendo: velocidade e direção do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar mínimas e máximas para o dia simulado; dessa forma, o *software* forçará o comportamento dos parâmetros climáticos durante um dia inteiro. Já no método *Full Forcing*, que força o comportamento do vento, temperatura, umidade e cobertura de nuvens em intervalos de 30 minutos para o período de até 1 ano, é possível utilizar um arquivo climático já configurado, por exemplo, em formato “EPW” (*Energy Plus Weather*) obtido no portal do *EnergyPlus*, para a cidade onde localiza-se a área de estudo, sendo que esta opção diminui as chances de erro, visto que não há a necessidade de que o próprio pesquisador insira os dados individualmente. Assim, neste estudo opta-se pelo uso do método *Full Forcing*.

Os dados climáticos para simulação são configurados a partir do arquivo climático de formato EPW para a Região Administrativa de Brasília, sendo esta a cidade com dados meteorológicos registrados mais próxima da área de estudo. Assim, cria-se o arquivo em formato FOX nomeado como “Brasília_Período-Quente-Seco.fox”.

3.3. Extração de dados

Os dados das simulações computacionais são extraídos por meio dos *plugins* Biomet e Leonardo para o dia 29 de setembro de 2018, o mais quente do ano, nos horários de 09, 15 e 21 horas, estes indicados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para registro de dados meteorológicas, e são apresentados em forma de gráficos de manchas.

Para a análise dos dados de conforto, utiliza-se o parâmetro de conforto térmico *Physiological Equivalent Temperature* (PET), ou Temperatura Fisiológica Equivalente quando traduzido para português, desenvolvido por Höpfe (1999), que considera a fisiologia do corpo humano em condições de estabilidade e as variáveis climáticas da área de estudo para avaliar o balanço térmico do corpo conforme Tabela 1, além da temperatura do ar e velocidade dos ventos.

O *software* ENVI-met 4.4.4 utiliza como padrão para extração de dados de PET, um ser humano com as características definidas pela ISO 7730/2005: homem com 35 anos de idade, 75 kg, altura de 1,75m e taxa metabólica igual a 86,21 W/m².

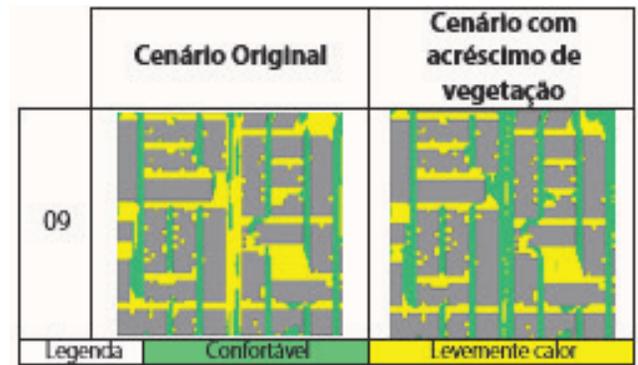
PET	Percepção térmica	Grau de estresse fisiológico
< 4	Frio extremo	Estresse por frio extremo
4-8	Muito frio	Estresse por frio elevado
8.1-13	Frio	Estresse por frio
13.1-18	Levemente frio	Estresse por frio moderado
18.1-23	Confortável	Sem estresse térmico
23.1-29	Levemente calor	Estresse por calor moderado
29.1-35	Calor	Estresse por calor
35.1-41	Muito calor	Estresse por calor elevado
>41	Calor extremo	Estresse por calor extremo

Tabela 01 – Valores de PET
 Fonte: os autores, 2020

4. RESULTADOS

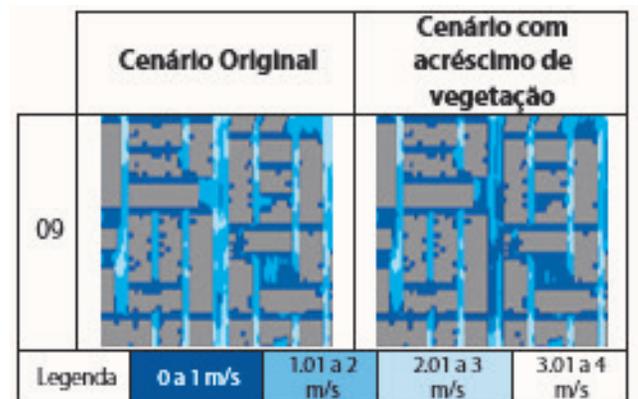
De uma maneira geral, o resultado do acréscimo de vegetação na ZCL foi positivo.

Observa-se que às 9 horas (Quadro 03) o cenário original apresenta áreas de leve calor localizadas na via principal, nas calçadas entre os conjuntos residenciais e em áreas livres. Já no cenário com acréscimo de vegetação há melhora do conforto térmico, principalmente no canteiro central da via principal, onde há arborização com distanciamento de 4 metros entre as copas. Não houve melhora do conforto nas calçadas às 09h.



Quadro 03 – Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 09 h
 Fonte: os autores, 2020

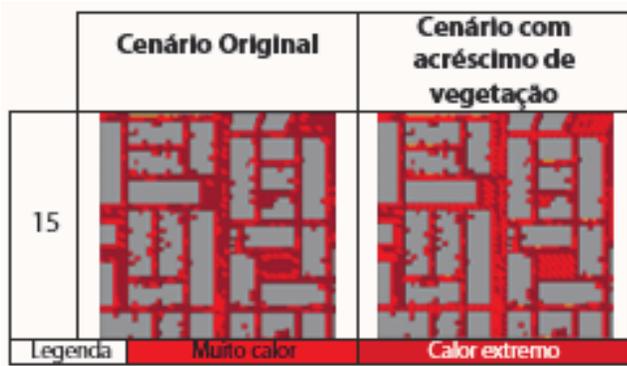
A praça entre os conjuntos residenciais onde houve o acréscimo de árvores continua apresentando leve calor, podendo ser justificada pela pouca alteração na velocidade dos ventos (Quadro 04), que continua a apresentar valores entre 0 e 1 m/s. A configuração do espaço, praça rodeada por conjuntos de residências de até 3 andares, pode ter contribuído para esse resultado, pois forma uma barreira para o vento. Além disso, as árvores acrescidas estão dispostas em conjunto, configurando uma espécie de pequeno bosque, sendo um obstáculo para a ventilação.



Quadro 04 – Resultados de velocidade dos ventos para às 09h
 Fonte: os autores, 2020

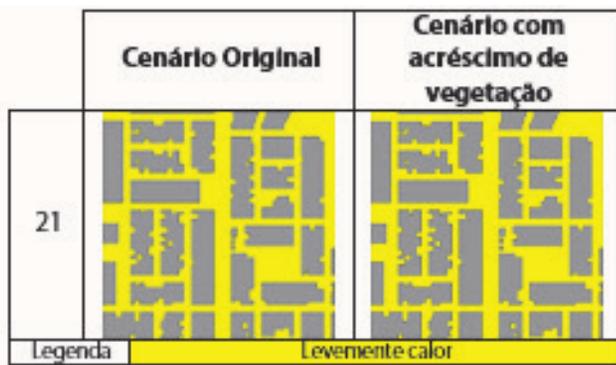
A via central, apesar do acréscimo de árvores causar a diminuição da velocidade do vento, apresenta conforto térmico. Mesmo com a velocidade reduzida, observam-se valores entre 1 e 3 m/s. As árvores estão dispostas de forma linear, o que pode ter contribuído para que a passagem do vento não fosse completamente impedida.

Para às 15h (Quadro 05) percebe-se apenas áreas com muito calor ou calor extremo, tanto no cenário original quanto com acréscimo de vegetação, porém a vegetação melhora o conforto térmico nos espaços onde há a implantação de árvores, incluindo a praça entre as residências e nas calçadas.



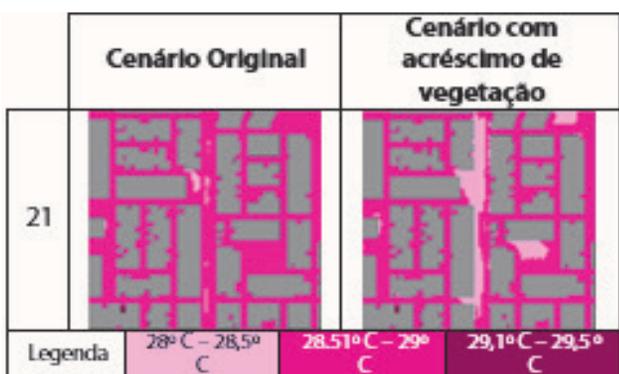
Quadro 05 – Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 15 h
Fonte: os autores, 2020

Às 21h não há alteração quanto ao grau de estresse fisiológico (Quadro 06), sendo que os dois cenários apresentam leve calor, o que não significa que não houve alguma melhora, visto que a Temperatura Fisiológica Equivalente a “levemente calor” encontra-se entre 23.1° C e 29° C.



Quadro 06 – Resultados de Temperatura Fisiológica Equivalente para às 21 h
Fonte: os autores, 2020

Assim, analisa-se a temperatura do ar (Quadro 07) e observa-se que houve a amenização do calor em algumas áreas com o aumento da vegetação arbórea, principalmente na via central, com diferenças de até 1° C.



Quadro 07 – Resultados de temperatura do ar para às 21 h
Fonte: os autores, 2020

A ZCL 3, com característica residencial de baixa permeabilidade do solo, apresentou em seu cenário original Temperatura Fisiológica Equivalente máxima de 48,2° C e mínimo de 21° C. O acréscimo de vegetação significou uma amenização de até 3,78° C, diminuindo o grau de estresse fisiológico do pedestre.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o acréscimo de vegetação na Zona Climática Local 3 melhora o conforto térmico em 3,78° C, principalmente onde as árvores encontram-se dispostas de forma linear, como ocorre nos canteiros centrais às 9 horas. Quando dispostas em grupos, formando uma espécie de bosque, a vegetação cria uma barreira que dificulta a ventilação, melhorando o conforto apenas próximo à árvore.

No horário mais quente do dia, às 15h, a vegetação ameniza o desconforto térmico, mesmo que ainda apresente resultados de percepção térmica equivalentes a muito calor, tanto em áreas onde a vegetação encontra-se disposta em grupos, quanto de forma linear.

O PET é dado por meio de intervalos que variam entre 4° C e 6° C, sendo assim, às 21 horas não é possível observar com clareza os efeitos da vegetação na amenização do calor, sendo necessária a análise de dados complementares, como a temperatura do ar. Neste horário, percebe-se, então, que apesar de não haver alteração na percepção térmica, há a amenização da temperatura do ar devido ao acréscimo de vegetação, o que é benéfico para o microclima, visto a necessidade de amenização das alterações climáticas nas cidades.

O método de simulação computacional mostra-se adequado para a análise da contribuição da vegetação no microclima urbano, pois permite a extração de diversos dados que se complementam. Assim, é possível compreender as possíveis causas para os resultados apresentados.

REFERÊNCIAS

- ABREU-HARBICH, L. V., & LABAKI, L. C. (dezembro de 2010). Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído*, 10(4), 103-117.
- Ahmad, H., Babak, A., Davoud, Z., & Suhardi, B. (Agosto de 2019). Assessing the thermal comfort effects of green spaces: A systematic review of methods, parameters, and plants' attributes. *Sustainable Cities and Society*.
- ANJOS, R. S. (2008). *Dinâmica Territorial: cartografia, monitoramento e modelagem*. Brasília: Mapas Editora

& Consultoria.

ASHRAE. (2010). ANSI/ASHRAE Standard 55-2010: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.

BRUSE, M., & FLEER, H. (outubro de 1998). Simulating SurfacePlant-Air Interactions Inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model. *Environmental Software and Modeling*, 13(3), 373-384.

CARDOSO, R. S. (2015). Classificação De Potenciais Unidades Climáticas Em Presidente Prudente - SP. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

Costa, E. C. (1974). Física aplicada à construção: Conforto térmico. São Paulo: Blücher.

FERREIRA, L. S., & DUARTE, D. H. (março de 2019). Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a sub-tropical megacity. *Urban Climate*, 27, 105-123.

HÖPPE, P. (1999). The Physiological Equivalent Temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75.

LABAKI, L. C., SANTOS, R. F., BUENO-BARTHOLOMEI, C. L., & ABREU, L. V. (2011). Vegetação e Conforto Térmico Em Espaços Urbanos Abertos. *Fórum Patrimônio*, 4(1), 23-42.

Lin, P. (2009). Thermal perception, adaptation, and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, pp. 2017-2026.

LÓIS, E., LABAKI, L. C., & SANTOS, R. F. (junho de 2011). Efeitos de diferentes estruturas de vegetação ciliar sobre as variáveis de microclima e a sensação de conforto térmico. *Revista do Instituto Florestal*, 23(1), 117-136.

MALEKI A., M. A. (2016). EVALUATION OF URBAN HEAT ISLANDS MITIGATION STRATEGIES USING 3DIMENTIONAL URBAN MICRO-CLIMATE MODEL ENVI-MET. *ASIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING (BUILDING AND HOUSING)*, 17(3), pp. 357-371.

MONTEIRO, V. S. (2018). Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana. Estudo de caso: Campinas - SP. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas.

Morakinyoa, T. E., Lai, A., Ka-Lun Lau, K., & Ng, E. (Janeiro de 2019). Thermal benefits of vertical greening

in a high-density city: Case study of Hong Kong. *Urban Forestry & Urban Greening*, pp. 42-55.

MORO, D. Á. (1976). As Áreas Verdes e Seu Papel na Ecologia Urbana e no Clima Urbano. *Separata da Revista UNIMAR*, 1, 15-20.

Olivieria, F., Olivieri, L., & Neila, J. (Julho de 2014). Experimental study of the thermal-energy performance of an insulated vegetal façade under summer conditions in a continental mediterranean climate. *Building and Environment*, pp. 61-76.

Panchen, Z., Primack, R., Nordt, B., Ellwood, E., Stevens, A., Renner, S., . . . Davis, C. (Setembro de 2014). Leaf out times of temperate woody plants are related to phylogeny, deciduousness, growth habit and wood anatomy. *New Phitology*, pp. 1208-1219.

Pastore, L., Corrao, R., & Heiselberg, P. (2017). The effects of vegetation on indoor thermal comfort: The application of a multi-scale simulation methodology on a residential neighborhood renovation case study. *Energy and Buildings*, pp. 1-11.

Razzaghmanesh, M., Beecham, S., & Salemi, T. (2016). The Role of Green Roofs in Mitigating Urban Heat Island Effects in the Metropolitan Area of Adelaide, South Australia. *Urban Forestry and Urban Greening*, pp. 89-102.

Reinhart, C., & Davila, C. (Fevereiro de 2016). Urban building energy modeling – A review of a nascent field. *Building and Environment*, pp. 196-202.

RIBEIRO, J., BORGGO, M., & MARANHO, L. (junho de 2013). Áreas protegidas de Curitiba (pr, brasil) como sumidouros de CO2. *Floresta*, 43(2), 181-190.

ROMERO, M. A. (2011). Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília. *Fórum Patrimônio*, 4(1), 9-22.

SHINZATO, P., & DUARTE, D. H. (junho de 2018). Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. *Ambiente Construído*, 18(2), 197-215.

SILVA, B. G. (2020). A Contribuição da Vegetação intraurbana em Zonas Climáticas Locais no Distrito Federal. Dissertação de mestrado. Programa de Pósgraduação em Arquitetura e Urbanismo, Univerdidade de Brasília., Brasília.

Silva, B. G., Adário, J., & Silva, C. F. (2019). Aplicação do Arquivo Climático na Análise do Microclima Urbano da Cidade de Juiz de Fora – Minas Gerais. 2º Seminário de Pesquisa em Ambiente Construído, (p. 5). Juiz de Fora.

SILVA, C. F. (2009). Caminhos Bioclimáticos: Desempenho Ambiental de Vias. (Dissertação de

mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

SOEIRA, M. R. (2019). A relação entre o fator de visão do céu e a temperatura do ar em diferentes zonas climáticas locais. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas.

STEWART, I. D., & OKE, T. R. (dezembro de 2012). Local Climate Zones For Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1879-1900.

SZEREMETA, B., & ZANNIN, P. H. (dezembro de 2013). A importância dos parques urbanos e áreas verdes na promoção da qualidade de vida em cidades. *Ra'e Ga - O espaço geográfico em análise*, 29, 177-193.

ZHAOA, C., JENSENA, J., WENGC, Q., CURRITA, N., & WEAVERA, R. (novembro de 2018). Application of air-borne remote sensing data on mapping local climate zones: Cases of three metropolitan areas of Texas, U.S. *Computers, Environment and Urban Systems*, 74, 175-193.

Zölcha, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., & Pauleit, S. (Dezembro de 2016). Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, pp. 305-316.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da equipe do software ENVI-met que disponibilizou a versão *Student* do *plugin* Biomet e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal do Brasil (FAP-DF) pelo apoio financeiro na bolsa de Pós-doutorado do segundo autor.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2494-7365>

BÁRBARA GOMES SILVA, M.Sc. | Universidade de Brasília | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Brasília, DF - Brasil | Correspondência para: Quadra 06 Conjunto D Lote 24 Setor Sul, Gama - DF, 72415-304 | e-mail: barbarag.arquitetura@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8910-1841>

CAIO FREDERICO E SILVA, Dr. | Universidade de Brasília | Faculdade de Arquitetura e Urbanismo | Brasília, DF - Brasil | Correspondência para: Campus Darcy Ribeiro. ICC Norte FAU SN, 70910-900 | e-mail: caiosilva@unb.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Bárbara Gomes; SILVA, Caio Frederico e. O Impacto da Vegetação Urbana no Conforto Térmico na Escala Local do Distrito Federal – DF. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 89-98, mai. 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.n2.89-98>.

DATA DE ENVIO: 20/05/2020

DATA DE ACEITE: 21/05/2020

EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO: USO DAS CORES COMO ESTRATÉGIA PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

ZERO ENERGY BUILDINGS: USE OF COLORS AS A STRATEGY TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION

ARTUR MARTINS KAMIMURA | UFSC
VERÔNICA MARTINS GNECCO | UFSC
RAFAEL FERNANDO GIARETTA | UFSC
MICHELE FOSSATI, Dra. | UFSC

RESUMO

Dado o aumento mundial do consumo energético em edificações, uma alternativa para minimizá-lo são as Edificações de Energia Zero (EEZ). Assim, estratégias para redução do consumo energético são necessárias, como a redução da absorvância à radiação solar (ARS) da envoltória da edificação. Partindo de simulações termo energéticas para quatro cidades brasileiras - São Joaquim, Florianópolis, Teresina e Porto Velho - e da utilização de diferentes cores nas paredes e coberturas, com absorvâncias de 30%, 60% e 90%, foram obtidos os consumos para condicionamento dos ambientes de uma edificação residencial. Calculou-se o percentual de redução de carga térmica de cada uma das soluções propostas, quando comparadas àquela de maior consumo em cada cidade. Observou-se que para os locais onde a demanda predominante é por resfriamento, ARS mais baixas são a melhor solução; o contrário vale para locais com demanda maior por aquecimento. Estimou-se ainda a redução da área de painéis fotovoltaicos resultante de cada solução, sendo Porto Velho a cidade que apresentou maior diminuição da área absoluta de painéis, 12,7m², a partir da redução de 39,5% da demanda energética para condicionamento. Nesse caso, a redução é proporcional àquela da carga térmica, mas também depende dos valores de irradiação solar de cada localidade.

PALAVRAS CHAVE: Absorvância à radiação solar; Edificações de Energia Zero; Energia fotovoltaica; Cargas térmicas.

ABSTRACT

Due to the increasing energy consumption of buildings worldwide, the Zero Energy Buildings (ZEB) are an alternative. Thus, strategies to reduce energy consumption are necessary. One of the strategies is to reduce the absorption to solar radiation (ARS) of the building envelope. From the thermo-energetic simulations of four Brazilian cities - São Joaquim, Florianópolis, Teresina and Porto Velho - and the use of different colors on the walls and roofs, with absorbances of 30%, 60% and 90%, consumption for conditioning of the residential building environments. The percentage of thermal load reduction for each of proposed solutions was calculated, when compared to the one with the highest consumption in each city. It was observed that for locations where the predominant demand is cooling, lower ARS are the best solution; where the main demand is for heating, higher ARS values provide a reduction in the thermal load. The reduction in the area of photovoltaic panels resulting from each solution was also estimated, where Porto Velho presented 12,7m² of reduction, with 39,5% less energy consumption for conditioning. In this case, the reduction is proportional to the thermal load, but it also depends on the solar radiation values of each location.

KEY WORDS: Solar absorptance; Zero Energy Buildings, Photovoltaic energy; Thermal loads



1. INTRODUÇÃO

Pouco mais da metade da eletricidade consumida no Brasil é utilizada nas edificações. Essa soma é dividida entre as edificações residenciais (25,4%), comerciais (16,9%) e públicas (8,2%) (MME, 2019). Esse elevado percentual gera uma crescente preocupação quanto à melhoria da eficiência energética das edificações.

As edificações residenciais representam a maior porção desse consumo de energia elétrica e ainda apresentam tendência ao crescimento, de forma que o estudo dessa tipologia no contexto nacional e de edificações populares faz-se importante e necessário.

A partir desse contexto, busca-se estratégias para a redução do consumo energético de edificações, como por exemplo estratégias passivas e adequações na envoltória da edificação (RODRIGUEZ-UBINAS, 2014). A Absortância à Radiação Solar (ARS), mostra-se como uma solução com resultados muito relevantes quando se busca reduzir o consumo (BELUSSI *et al.*, 2019). Para medição da influência das cores de paredes e coberturas, são indicadas as simulações energéticas, as quais envolvem modelagens térmicas dinâmicas que buscam aproximações da realidade em modelos computacionais (BORGSTEIN; LAMBERTS; HENSEN, 2018).

A redução do consumo energético pode, ainda, viabilizar o projeto das Edificações de Energia Zero (EEZ), uma vez que a sua produção energética é renovável e local (TORCELLINI *et al.*, 2006). Reduzir a quantidade de painéis fotovoltaicos, por exemplo, reduz também o custo para o proprietário da edificação.

Portanto, o objetivo deste artigo é analisar como o uso de diferentes cores (diferentes absortâncias à radiação solar) em paredes e coberturas pode afetar o consumo de energia para resfriamento e aquecimento de uma edificação, quando localizada em diferentes condições climáticas. Através desse estudo, será possível demonstrar como a escolha mais adequada das cores pode reduzir o consumo de eletricidade, dependendo do clima da região, e assim facilitar a implantação de Edificações de Energia Zero.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O consumo de energia aumentou substancialmente em edifícios na última década. Isso pode ser explicado pelo crescimento da população, pelo aumento da demanda de áreas edificadas e também por mudanças climáticas globais (UN ENVIRONMENT, 2017). Didoné, Wagner e Pereira (2014), apontam, todavia, que esse setor também possui grande potencial de economia de energia, por meio, por exemplo, de edificações que adotem estratégias de eficiência energética e tecnologias de geração local de energia.

Assim sendo, as Edificações de Energia Zero (EEZ), ou do inglês *Zero Energy Buildings* (ZEBs), mostram-se como uma alternativa viável e crescente para a redução do volume energético consumido por edifícios (CAO; DAI; LIU, 2016). A adoção mais ampla dessas edificações ocorre em países europeus e nos Estados Unidos, através da Diretiva do Parlamento Europeu sobre Eficiência Energética de Edifícios (EPBD) (EUROPEAN UNION, 2012), e do Ato de Segurança e Independência Energética de 2007 (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2007), respectivamente.

Em termos gerais, as EEZ são edificações com consumos de energia minimizadas através da implementação de estratégias de eficiência energética e têm geração local por fonte renovável de tanta ou mais energia do que aquela consumida no período de um ano (TORCELLINI *et al.*, 2006).

Dessa forma, no projeto de uma EEZ, existem dois fundamentos básicos: aplicação de medidas de eficiência energética e o uso de energia de fontes renováveis. A primeira questão está relacionada diretamente à envoltória da edificação, suas técnicas construtivas, soluções arquitetônicas ou pela inclusão de sistemas eficientes (BELUSSI *et al.*, 2019). Alguns fatores que influenciam o desempenho energético das edificações, como o projeto arquitetônico, o clima local, os sistemas construtivos e suas propriedades térmicas, inclusive suas cores, são, portanto, importantes elementos a serem estudados, de forma que a demanda energética alimentada por fontes renováveis seja a menor possível (BRITO, AKUTSU, 2015).

Tratando especificamente dos materiais das envoltórias dos edifícios, sabe-se que os mesmos influenciam de forma significativa não só no ambiente urbano, mas também no conforto dos usuários e no consumo energético dos edifícios (SANTAMOURIS; SYNNEFA; KARLESSI, 2011).

Diversos estudos no Brasil analisaram as propriedades térmicas dos materiais das coberturas das edificações, sobretudo para investigar os efeitos da variação de sua coloração (BRITO; AKUTSU, 2015), dos tipos de cobertura (SILVEIRA; MARINOSKI; LAMBERTS, 2012; SILVA; ALMEIDA; GHISI, 2016; LIZ; ORDENES; GUTHS, 2018) ou envolvendo as duas análises anteriores (MUNIZ-GAAL *et al.*, 2018).

Ainda, Santamouris, Synnefa e Karlessi (2011) verificaram que a escolha dos elementos construtivos da cobertura pode reduzir a demanda energética para resfriamento, além de influenciar positivamente no clima urbano do entorno, conclusões relevantes principalmente para países de clima quente. Muniz-Gaal *et al.*, (2018) constataram grande sensibilidade da eficiência térmica dos materiais e cores empregados em uma cobertura. Um importante fator ligado ao desempenho térmico das coberturas

e paredes é a absorvância à radiação solar (ARS), muitas vezes negligenciada (SUEHRCKE; PETERSON; SELBY, 2008).

Outro fator que pode afetar o desempenho térmico das coberturas é o acúmulo de sujeira na superfície, alterando os valores de ARS, ocorrendo principalmente no primeiro ano de uso (MUNIZ-GAAL *et al.*, 2018). Suehrke, Peterson e Selby (2008) concluíram que coberturas claras não mantêm sua ARS original. A pesquisa testou 13 amostras, que tiveram aumento da ARS de 12% após três anos de uso, revelando a importância da manutenção periódica da edificação.

Da mesma maneira, as paredes, ainda que recebendo uma intensidade de incidência solar menor, também são sensíveis ao valor da ARS, como ilustrado em Silva, Almeida e Ghisi (2016), e em Barrios *et al.* (2012). Portanto, a ARS torna-se um fator de grande impacto no projeto de edifícios de alto desempenho energético, tais como os Edifícios de Energia Zero.

A absorvância à radiação solar é definida pela NBR 15220-1 como o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (ABNT, 2005a, p. 3). Faz necessário diferenciar este conceito de “absortividade”, empregado erroneamente na literatura e tendo relação às propriedades específicas de materiais ou substâncias, enquanto absorvância refere-se às propriedades de um corpo físico (DORNELLES, 2008).

Determina-se para a ARS que, quanto menor seu valor, mais clara a cor associada. Entretanto, segundo Dornelles (2008), o tipo de tinta utilizado também pode apresentar diferentes absorvâncias: a rugosidade da tinta aumenta linearmente a absorvância de cada superfície, sendo as amostras pintadas com tintas semi-brilho mais sensíveis às variações que as tintas foscas. O método e o equipamento utilizado para medição da absorvância também deve ser levado em conta, uma vez que, naquele estudo, o procedimento com o espectrômetro ALTA II mostrou-se mais preciso e confiável.

Essa discussão é importante para esclarecer que a relação entre cor e absorvância não é direta e depende de outros fatores, uma vez que cores são sensações visuais e que podem ter variações dependendo do observador. Como Newton comprovou, a radiação não tem cor, não sendo esses indicadores confiáveis de propriedades físicas de uma superfície (DORNELLES, 2008).

O CB3E (2015) estabelece uma relação entre refletância e absorvância à radiação solar, sendo a soma das duas parcelas o total incidente na superfície, já que muitas vezes os valores tabelados não são exatos e o mais recomendado seria a medição das propriedades radiantes de cada superfície. A equação (1) demonstra o explicado:

$$\alpha = 1 - \rho \quad (1)$$

Sendo:

α = absorvância à radiação solar;

ρ = refletância solar.

Dornelles, Caram e Sichieri (2013) estudaram diferentes cores de tintas acrílicas, entre convencionais e refletivas, para pintura de coberturas e paredes. Após a medição da refletância solar, chegou-se à conclusão que a ARS afeta diretamente o desempenho térmico das superfícies pintadas e quanto menor a ARS for, menor a temperatura das superfícies do edifício. A pesquisa desenvolvida por Barrios *et al.*, (2012), por sua vez, envolveu especificamente edifícios não condicionados, concluindo que a energia transferida pelas paredes ou coberturas depende das condições climáticas e da ARS. Essas condições climáticas têm importância na avaliação porque influenciam diretamente na energia transferida do exterior para o interior da edificação através da envoltória.

O estudo do processo decisório dos sistemas construtivos de uma edificação mostrou através de simulações computacionais que a transmitância e a ARS estão entre as variáveis mais determinantes do desempenho térmico e energético (SILVA; ALMEIDA, GHISI, 2016; SILVA; GHISI, 2019).

No setor residencial brasileiro, o aumento do consumo de energia elétrica para condicionamento do ar mais que triplicou entre 2005 e 2017, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (BRASIL, 2018), estimulado pelo crescimento de 9% no número de equipamentos nas residências no mesmo período.

O consumo cada vez mais representativo introduz o conceito de carga térmica, sendo, segundo a Proposta de Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INMETRO, 2018a), a quantidade de calor a ser fornecida ou retirada do ar para manter, em um ambiente, as condições desejadas, sendo de aquecimento ou resfriamento, respectivamente.

A produção de energia renovável e local pode ser realizada de diversas maneiras, como turbinas eólicas e sistemas de biomassa, entretanto a mais difundida é a geração fotovoltaica (LI; YANG; LAM, 2013; TORCELLINI *et al.*, 2006). Os painéis fotovoltaicos, instalados sobre a cobertura (BAPV) gerar energia ocupando pouco espaço e de maneira integrada à arquitetura.

O Brasil possui ao longo de seu território um excelente potencial para a geração de energia fotovoltaica, onde os menores valores de incidência de radiação solar são ainda superiores àqueles presentes na Alemanha, país

onde a implementação das tecnologias de geração de energia solar fotovoltaica são amplamente difundidas (CRONEMBERGER; CAAMAÑO-MARTÍN; SÁNCHEZ, 2012)

Ao analisar o zoneamento bioclimático brasileiro, disposto na NBR 15220-3 (ABNT, 2005b), percebe-se que o Brasil é dividido em 8 zonas bioclimáticas. Este agrupamento facilita a identificação de particularidades regionais e a formulação de estratégias de eficiência energética para cada uma (RORIZ; GHISI; LAMBERTS, 2001). Nota-se, portanto, a importância de se analisar e demonstrar os efeitos do uso de diferentes cores em coberturas e paredes em diferentes condições climáticas brasileiras.

3. MÉTODO

Neste trabalho foram analisados os valores de carga térmica anual de resfriamento e aquecimento de uma edificação, quando situada em quatro cidades diferentes e com três variações de cores para coberturas e paredes. Para obtenção dos valores de carga térmica para resfriamento e aquecimento foram realizadas simulações computacionais por meio do *software EnergyPlus*, versão 9.2 (ENERGYPLUS, 2019). A modelagem da carga térmica anual de refrigeração e aquecimento foi realizada por meio do uso do grupo de objetos chamado de *Ideal Loads Air System*.

Como delimitações da pesquisa, não foram definidas cores específicas para a realização das análises, mas sim três valores de absorvância comumente aplicáveis às cores mais claras, escuras e um valor intermediário entre elas. Admite-se, como explicado na seção de Revisão Bibliográfica, que cores não correspondem necessariamente a valores de absorvância, dependendo ainda de outros fatores. Relativamente às simulações não foram considerados os efeitos da precipitação.

3.1 Edificação analisada

A edificação analisada deriva do trabalho de Montes (2016). A escolha deste modelo deu-se pelo fato de a edificação estudada ser representativa para edificações residenciais unifamiliares de baixa renda, visto que foi concebida pela autora a partir de um extenso banco de dados de projetos e de edificações reais. A Figura 1 ilustra a planta baixa e uma vista da edificação, que é composta por sala e cozinha conjugadas, dois dormitórios e um banheiro, totalizando 40 m² de área construída.

O sistema construtivo mais utilizado atualmente em habitações de interesse social (HIS) no Brasil é o de paredes de concreto. No ano de 2016, 52% das unidades habitacionais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foram construídas utilizando paredes de concreto; em 2015 esse

sistema representava 36% (ABCP, 2018). Para as coberturas, o sistema construtivo mais comum são as telhas de fibrocimento, presentes em cerca de metade do total de telhados no país, devido, sobretudo, ao seu baixo custo (COELHO; GOMEZ, DORNELLES, 2016). A partir disso, para a edificação analisada foram consideradas paredes de concreto e telhas de fibrocimento com forro de madeira.

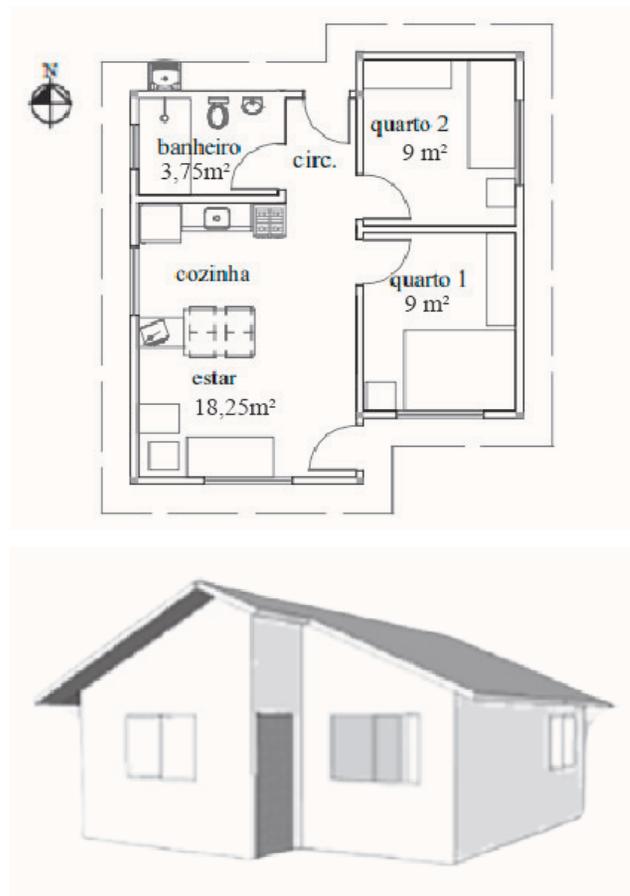


Figura 01 - Ilustração da edificação analisada
Fonte: adaptado de Montes (2016)

Os vidros são do tipo simples de 3 mm nas aberturas, com fator solar de 0,87 e transmitância térmica de 5,7 W/m².K; as aberturas não possuem venezianas e nem projeção que proporcione sombreamento. As portas têm 30 mm de madeira, o piso tem estrutura de concreto e acabamento cerâmico.

3.2 Considerações para as simulações

A edificação descrita no item 3.1 foi simulada para as condições climáticas de quatro cidades brasileiras, considerando três valores diferentes de absorvância à radiação solar para coberturas e paredes.

As cidades e zonas bioclimáticas escolhidas foram São Joaquim-SC (ZB1), Florianópolis-SC (ZB3), Teresina-PI (ZB7) e Porto Velho-RO (ZB-8). O objetivo com as escolhas

foi abranger maior variedade de temperaturas médias anuais, compreendendo, nesse estudo, uma faixa que vai desde de 13,6 °C em São Joaquim até 29,1°C em Teresina. Além disso, essas cidades apresentam potenciais de geração fotovoltaica bastante distintos, devido, sobretudo, às diferentes latitudes e condições de nebulosidade.

Foram definidos três valores de absorvância à radiação solar para paredes e coberturas: 30, 60 e 90%. Com isso tem-se um valor relativo a uma cor mais clara (30%, próxima à cor branca), uma cor escura (90%, próxima à cor preta) e um valor intermediário entre elas (60%). As paredes foram nomeadas como par03, par06 e par09 e as coberturas como cob03, cob06 e cob09, respectivamente à absorvância adotada.

O uso da ventilação natural foi considerado nos ambientes sempre que a temperatura do ar externo estivesse superior a 19°C e menor que a temperatura interna do ambiente. Ademais, utilizou-se do objeto *Energy Management System* do *EnergyPlus* para variar o acionamento do condicionamento artificial quando o ambiente estivesse ocupado e a ventilação natural não atendesse às temperaturas máximas e mínimas desejadas.

As cargas internas de equipamentos e iluminação foram consideradas apenas para a soma de energia dissipada no ambiente, mas seus consumos não foram

considerados, já que o objetivo é analisar apenas a variação do consumo para aquecimento e resfriamento. As temperaturas para acionamento do condicionamento artificial e os padrões de ocupação seguiram o que preconiza a Proposta de Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INMETRO, 2018a), da seguinte forma:

- O consumo anual de energia para aquecimento (em kWh) é aquele necessário para aquecimento do ambiente durante o período compreendido entre 14h e 22h para as salas e durante o período compreendido entre 22h e 08h para os dormitórios. São consideradas duas pessoas por dormitório; duas pessoas por sala entre 14h e 18h e quatro pessoas por sala entre 18h e 22h; todos os dias do ano, com termostato em 18°C. O acionamento do sistema de aquecimento é realizado sempre que a temperatura operativa for inferior a 16°C. A representação dessa ocupação está no Quadro 01, onde cada linha, em um tom diferente de cinza, simboliza uma pessoa.

- O consumo anual de energia para refrigeração (em kWh) é o consumo para refrigeração do ambiente considerando o mesmo padrão de ocupação descrito anteriormente, mas com termostato em 23°C. O acionamento do sistema de refrigeração é realizado sempre que a temperatura operativa for superior a 26oC.

Hora \ Ambiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sala																								
Dormitórios																								

Quadro 01 - Representação dos horários de ocupação da sala e dos dormitórios
Fonte: Autores.

3.3 Análise da redução do consumo de eletricidade para condicionamento

As análises comparativas entre as diferentes combinações de ARS foram feitas analisando as reduções de consumo para condicionamento da edificação.

Para a obtenção dos valores de consumo em kWh, os valores de carga térmica obtidos através das simulações computacionais foram divididos por um coeficiente de eficiência energética igual a 3,25. O valor foi escolhido pois o INMETRO exige um coeficiente de eficiência energética (CEE) maior que 3,23 em aparelhos de condicionamento

de ar do tipo split para obtenção da classificação A na etiqueta de eficiência energética (INMETRO, 2018b).

Buscando demonstrar tendências nos comportamentos das edificações conforme o clima onde ela estiver inserida e as cores de suas coberturas e paredes, foram calculadas as reduções percentuais do total de carga térmica para condicionamento dos ambientes, sendo a soma das cargas para resfriamento e aquecimento. As reduções foram sempre comparadas à pior situação para cada cidade, ou seja, o caso base. A pior situação de cada cidade foi definida após a realização das simulações.

3.4 Análise da redução do uso de painéis fotovoltaicos

A fim de demonstrar o potencial de cada estratégia no projeto de uma Edificação de Energia Zero, foi calculada qual seria a variação da área, em metros quadrados de painéis fotovoltaicos, resultante da redução de consumo em cada solução, quando comparadas ao pior caso (aquele de maior consumo) em cada cidade.

A geração estimada de eletricidade pelos painéis fotovoltaicos foi calculada multiplicando-se a irradiação média anual em cada localidade (corrigida para o plano inclinado em 30°, conforme o telhado, e orientado para

leste), pelo rendimento do sistema e pela eficiência do painel fotovoltaico.

A geração média por metro quadrado foi tomada considerando os valores de irradiação solar média anual descritos no Atlas Solar Brasileiro (PEREIRA et al., 2017). Foi ainda considerado o rendimento do sistema de 76% (DGS, 2013) e um painel fotovoltaico com 17% e eficiência- valor médio encontrado para os painéis de silício multicristalino (FRAUNHOFER, 2019).

A geração estimada por metro quadrado de painel fotovoltaico, para as quatro cidades analisadas, está descrita na Tabela 01.

	Irradiação média anual no plano inclinado (kWh/m ² . dia)	Rendimento do sistema (%)	Eficiência do painel fotovoltaico (%)	Geração estimada (kWh/m ² . ano)
São Joaquim	4,23	76%	17%	199,5
Florianópolis	4,05	76%	17%	191,0
Porto Velho	5,31	76%	17%	250,4
Teresina	5,45	76%	17%	257,0

Tabela 01 - Potencial estimado de geração fotovoltaica

Fonte: Autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da redução do consumo de eletricidade para condicionamento

Nas Tabelas 02, 03, 04 e 05 são expostos os resultados obtidos para cada solução analisada, nas cidades de São Joaquim, Florianópolis, Porto Velho e Teresina, respectivamente. Nas tabelas, as soluções estudadas aparecem na ordem crescente de ARS para paredes e coberturas.

Nota-se que para Florianópolis, Porto Velho e Teresina a solução que proporcionou o melhor consumo foi a combinação de paredes e coberturas com cores cuja ARS é igual a 30% (cores claras). Isso é justificado pelo fato de que o maior consumo nessas cidades é relativo ao resfriamento dos ambientes. Para a cidade de São Joaquim, onde o maior consumo é relativo ao aquecimento dos ambientes, a melhor solução (que apresentou menor consumo para condicionamento dos ambientes) é aquela cujas ARS de paredes e coberturas são iguais a 90%.

São Joaquim (valores em kWh/ano)									
Medida	Par03 + Cob03	Par03 + Cob06	Par03 + Cob09	Par06 + Cob03	Par06 + Cob06	Par06 + Cob09	Par09 + Cob03	Par09 + Cob06	Par09 + Cob09
Resfriamento	0,00	9,32	59,22	3,09	60,26	166,44	52,09	173,23	360,28
Aquecimento	3726,20	3365,01	3067,02	3095,64	2793,42	2563,04	2581,69	2349,52	2157,91
Carga térmica total	3726,20	3374,33	3126,24	3098,73	2853,68	2729,48	2633,78	2522,76	2518,19
Consumo	1157,2	1047,9	970,9	962,3	886,2	847,7	817,9	783,5	782,0
%Red	0,0%	-9,4%	-16,1%	-16,8%	-23,4%	-26,7%	-29,3%	-32,3%	-32,4%
m ² de painel	0,0	-0,5	-0,9	-1,0	-1,4	-1,6	-1,7	-1,9	-1,9

Tabela 02 - Percentual de redução de consumo em energia elétrica anual em São Joaquim

Fonte: Autores.

Florianópolis (valores em kWh/ano)									
Medida	Par03 + Cob03	Par03 + Cob06	Par03 + Cob09	Par06 + Cob03	Par06 + Cob06	Par06 + Cob09	Par09 + Cob03	Par09 + Cob06	Par09 + Cob09
Resfriamento	3593,83	4639,52	5627,20	5312,02	6431,68	7525,49	7257,35	8509,12	9733,49
Aquecimento	69,82	53,31	42,24	37,22	29,15	22,96	20,68	14,93	11,69
Carga térmica total	3663,6	4692,8	5669,4	5349,2	6460,8	7548,5	7278,0	8524,0	9745,2
Consumo	1137,8	1457,4	1760,7	1661,3	2006,5	2344,2	2260,3	2647,2	3026,5
%Red	-62,4%	-51,8%	-41,8%	-45,1%	-33,7%	-22,5%	-25%	-13%	0%
m ² de painel	-9,9	-8,2	-6,6	-7,1	-5,3	-3,6	-4,0	-2,0	0,0

Tabela 03 - Percentual de redução de consumo em energia elétrica anual em Florianópolis
 Fonte: Autores.

Porto Velho (valores em kWh/ano)									
Medida	Par03 + Cob03	Par03 + Cob06	Par03 + Cob09	Par06 + Cob03	Par06 + Cob06	Par06 + Cob09	Par09 + Cob03	Par09 + Cob06	Par09 + Cob09
Resfriamento	15672,16	17656,24	19350,00	19053,00	20977,18	22687,64	22335,96	24221,76	25909,30
Aquecimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carga térmica total	15672,2	17656,2	19350,0	19053,0	20977,2	22687,6	22336,0	24221,8	25909,3
Consumo	4867,1	5483,3	6009,3	5917,1	6514,7	7045,9	6936,6	7522,3	8046,4
%Red	-39,5%	-31,9%	-25,3%	-26,5%	-19,0%	-12,4%	-13,8%	-6,5%	0,0%
m ² de painel	-12,7	-10,2	-8,1	-8,5	-6,1	-4,0	-4,4	-2,1	0,0

Tabela 04 - Percentual de redução de consumo em energia elétrica anual em Porto Velho
 Fonte: Autores.

Teresina (valores em kWh/ano)									
Medida	Par03 + Cob03	Par03 + Cob06	Par03 + Cob09	Par06 + Cob03	Par06 + Cob06	Par06 + Cob09	Par09 + Cob03	Par09 + Cob06	Par09 + Cob09
Resfriamento	18574,04	20335,54	21848,81	21588,45	23296,92	24829,55	24525,26	26229,52	27764,06
Aquecimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Carga térmica total	18574,0	20335,5	21848,8	21588,4	23296,9	24829,5	24525,3	26229,5	27764,1
Consumo	5768,3	6315,4	6785,3	6704,5	7235,1	7711,0	7616,5	8145,8	8622,4
%Red	-33,1%	-26,8%	-21,3%	-22,2%	-16,1%	-10,6%	-11,7%	-5,5%	0,0%
m ² de painel	-11,1	-9,0	-7,1	-7,5	-5,4	-3,5	-3,9	-1,9	0,0

Tabela 02 - Percentual de redução de consumo em energia elétrica anual em Teresina
 Fonte: Autores.

4.2 Análise da redução da área de painéis fotovoltaicos

A redução da área de painéis fotovoltaicos proporcionada pela redução de consumo energético foi calculada para cada solução, em cada uma das cidades. O Gráfico 01 abaixo mostra a redução da área de painéis fotovoltaicos de acordo com cada solução proposta. Nota-se que, com

exceção da cidade de São Joaquim, os valores relativos ao caso base (par09+cob09) não aparecem no gráfico, visto que sua redução é igual a zero. Para São Joaquim o valor de redução da combinação par03+cob03 foi zero. Pelo Gráfico 01, percebe-se ainda que a redução da área de painéis foi maior em climas mais quentes e amenos, uma vez que a redução da demanda nesses locais também foi maior.

Pode-se dizer que a redução da área de painéis depende não só do clima da região, mas também da radiação solar incidente. Porto Velho, por exemplo, tem médias de temperaturas anuais e irradiação solar inferiores às de Teresina e obteve maior redução em termos de consumo e também maior redução em área de painéis fotovoltaicos. Quanto menor a geração por m² de painel, maior será

a redução em área resultante da diminuição do consumo energético. Os elevados valores de redução (por exemplo, 12,7 m² entre o pior e o melhor caso para Porto Velho,) justificam-se pela grande diferença entre os valores de ARS entre o caso base e o melhor caso, que resultaram em mais de 38% de economia energética.

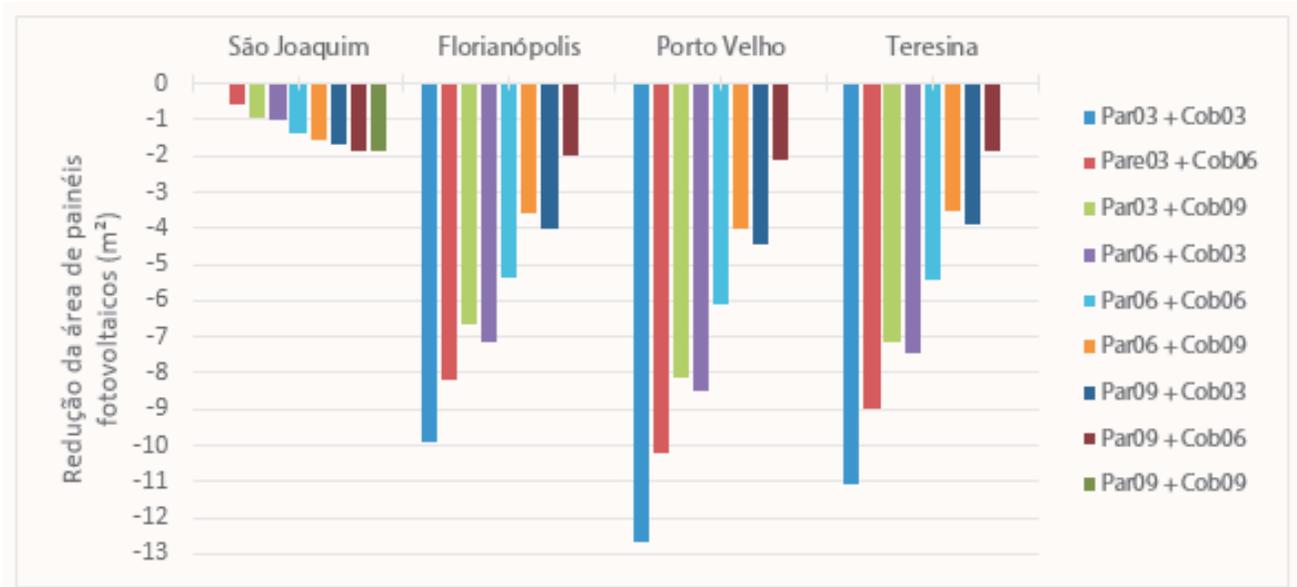


Gráfico 01 - Redução da área de painéis fotovoltaicos para cada solução
Fonte: Autores.

5. CONCLUSÃO

A cor da cobertura e paredes de uma edificação residencial tem papel fundamental na resposta térmica dos ambientes. Em locais cuja maior demanda é por resfriamento, com menores valores de absorvância à radiação solar (ARS) é possível reduzir significativamente os valores de carga térmica dos ambientes.

Em locais cuja maior demanda energética é para o aquecimento dos ambientes, valores mais altos de ARS favorecem a redução da carga térmica. Em locais com climas mais amenos e quentes, como Florianópolis, Porto Velho e Teresina a estratégia de variação ARS mostrou-se mais importante na redução de consumo.

Em São Joaquim a demanda para condicionamento foi menos impactada pela mudança das cores. Nesse caso, a demanda maior era para aquecimento e também a temperatura média anual é de 13,6°C, sendo esse o local mais frio do Brasil. Ambos fatores podem ser motivo para o menor impacto da troca das cores da cobertura e das paredes na redução de cargas térmicas.

A área de painéis fotovoltaicos é reduzida quando a demanda de consumo por resfriamento ou aquecimento

também diminuir. Essa redução depende fortemente de adaptações da edificação ao clima local, ou seja, de como o projeto da edificação incorpora estratégias para melhor se adaptar às condições climáticas locais, que podem demandar, a depender de suas características, maior consumo para resfriamento ou aquecimento

Dessa forma, ressalta-se como a consideração da ARS pode ser um importante elemento projetual visando a redução de consumo energético. Os resultados desse trabalho indicaram que a mudança desse elemento pode gerar importantes reduções de consumo e consequente redução de área de painéis fotovoltaicos para atender essa demanda. Com a adoção da combinação de ARS em paredes e coberturas mais adequada, foi possível a redução de 12,7 m² de painéis fotovoltaicos em Porto Velho, quando comparado ao pior caso.

Portanto, ao projetar uma Edificação de Energia Zero (EEZ) com geração fotovoltaica, devem ser inicialmente levadas em conta as estratégias de eficiência energética mais adequadas. Com isso, os custos para implantação do sistema de geração de energia de uma EEZ podem ser menores e o projeto viabilizado.

Sugere-se, para trabalhos futuros, que seja feita a análise de uma edificação implantada em uma maior quantidade de cidades e também com diferentes soluções construtivas associadas às mudanças de cores, de forma que se possa comparar mais precisamente o impacto da ARS na redução de cargas térmicas e na quantidade de painéis fotovoltaicos. Além disso, a validação dos efeitos da ARS sobre o consumo para condicionamento de edificações pode também ser feita através de estudos experimentais.

REFERÊNCIAS

- ABCP – Associação Brasileira de Concreto Portland. **Sistema de paredes de concreto** Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2018/02/Link2_cc3.pdf>
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-1**: Desempenho térmico de edificações: parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-3**: Desempenho térmico de edificações: parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.
- BARRIOS, G.; HUELSZ, G.; ROJAS, J.; OCHOA, J. M.; MARINCIC, I. Envelope wall/roof thermal performance parameters for non air-conditioned buildings. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 50, p.120-127, jul. 2012. Elsevier BV.
- BELUSSI, L.; BAROZZI, B.; BELLAZZI, A.; DANZA, L.; DAVITOFRANCESCO, A.; FANCIULLI, C.; GHELLERE, M.; GUAZZI, G.; MERONI, I.; SALAMONE, F.; SCAMONI, F.; SCROSATI, C. A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. **Journal Of Building Engineering**, [s.l.], v. 25, p.2-21, set. 2019. Elsevier BV.
- BORGSTEIN, E. H.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. Mapping failures in energy and environmental performance of buildings. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 158, p. 476–485, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.038>>
- BRASIL, EPE. **Nota Técnica nº 030 de 13 de dezembro de 2018**. Uso de ar condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética.
- BRITO, A. C.; AKUTSU, M.. Contribuição da cor da cobertura na melhoria do desempenho térmico de habitação no período de verão. In: ENCAC, 8., 2015, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2015. p. 2 - 10.
- CAO, X.; DAI, X.; LIU, J. Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 128, p. 198–213, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>>
- CB3E. **Guia de medição e cálculo para refletância e ARS em superfícies opacas**. Florianópolis: LabEEE, 2015. 23 p.
- COELHO, T. C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A.. Desempenho térmico e ARS de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.147-161, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO).
- CRONEMBERGER, J.; CAAMAÑO-MARTÍN, E.; SÁNCHEZ, S. V. Assessing the solar irradiation potential for solar photovoltaic applications in buildings at low latitudes - Making the case for Brazil. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 55, p. 264–272, 2012.
- DGS - German Solar Energy Society. **Planning and Installing Photovoltaic Systems**. 2013.
- DIDONÉ, E. L.; WAGNER, A.; PEREIRA, F. O. R. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 27-42, jul./set. 2014.
- DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. ARS e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [s.l.], n. 12, p.55-64, 31 dez. 2013. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Univ. de Brasília.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- ENERGYPLUS. **EnergyPlus**. Disponível em: < <https://energyplus.net/> > .
- EUROPEAN UNION. **Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the council of 25 October 2012 on energy efficiency**. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=EN>>
- FRAUNHOFER. **Photovoltaics Report 2019 from FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS**. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Proposta de Instrução Normativa INMETRO para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Florianópolis: INMETRO, 2018a.

INMETRO. **Tabelas de eficiência energética**. 2018b. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indiceno-vo.pdf>.

LI, Danny H. W.; YANG, Liu; LAM, Joseph C. Zero energy buildings and sustainable development implications - A review. **Energy**, [s. l.], v. 54, p. 1-10, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.070>>

LIZ, D.S.; ORDENES, M.; GUTHS, S. Análise experimental do comportamento térmico do telhado verde extensivo para Florianópolis. **Oculum Ensaios**, v.15, n.2, p.315-333, 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Balanco Energético Nacional 2019**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>.

MONTES, M. A. T. **Abordagem Integrada no Ciclo de Vida de Habitação de Interesse Social Considerando Mudanças Climáticas**. 2016. 473 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H.; MOTA, L. T. M. Eficiência térmica de materiais de cobertura. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 1, p.503-518, mar. 2018. FapUNIFESP (SciELO).

PEREIRA, E.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2a Edição**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017

RODRIGUEZ-UBINAS, Edwin; MONTERO, C.; PORTEROS, M.; VEGA, S.; NAVARRO, I.; CASTILLO-CAGIGAL, M.; MATALANAS, E.; GUTIERREZ, A.. Passive design strategies and performance of Net Energy Plus Houses. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 83, p. 10-22, 2014.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Um Zoneamento Bioclimático Para a Arquitetura no Brasil. In: Jornada sobre Clima e Aplicação na Comunidade de Países de Língua Oficial Portuguesa, 2., Maceió, AL, 2001. **Anais...** Maceió: UFAL, 2001. p. 1-7.

SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; KARLESSI, T. Using Advanced Cool Materials in the Urban Built Environment to Mitigate Heat Island and Improve

Thermal Comfort Conditions. **Solar Energy**, v. 85, n. 12, p. 3085-3102, 2011.

SILVA, A. S.; GHISI, E.. Estimating the sensitivity of design variables in the thermal and energy performance of buildings through a systematic procedure. **Journal Of Cleaner Production**, [s.l.], v. 244, p.1-19, jan. 2019. Elsevier BV.

SILVA, A.S.; ALMEIDA, L. S. S.; GHISI, E. Decision-Making Process for Improving Thermal and Energy Performance of Residential Buildings: A Case Study of Constructive Systems in Brazil. **Energy and Buildings**, v.128, n.18, p.270-286, 2016.

SILVEIRA, R.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Avaliação da Absortância à Radiação Solar e Temperatura Superficial de Telhas de Fibrocimento Utilizadas nas Coberturas de Edificações do Campus da UFSC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., Juiz de Fora, 2012. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

SUEHRCKE, H.; PETERSON, E. L.; SELBY, N.. Effect of roof solar reflectance on the building heat gain in a hot climate. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 40, n. 12, p.2224-2235, jan. 2008. Elsevier BV.

TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M.. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **ACEEE Summer Study Pacific Grove**, [s. l.], p. 15, 2006. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>>

US DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Independence and Security Act of 2007**. Washington Dc: Doe/ee, 2007.

UN Environment and International Energy Agency (2017): **Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector**. Global Status Report 2017.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3496-4153>

ARTUR MARTINS KAMIMURA | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5473-5075>

VERÔNICA MARTINS GNECCO | Universidade Federal de Santa Catarina | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6243-3114>

RAFAEL FERNANDO GIARETTA | UFSC | Arquitetura e Urbanismo | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6989-5381>

MICHELE FOSSATI, ENGENHEIRA CIVIL, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina | Engenharia Civil | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis - SC

COMO CITAR ESTE ARTIGO

KAMIMURA, Artur Martins; GNECCO, Verônica Martins; GIARETTA, Rafael Fernando; FOSSATI, Michele. Edificações de Energia Zero: Uso das Cores como Estratégia para a Redução do Consumo de Energia. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 99-110, mai. 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.n2.99-110>.

DATA DE ENVIO: 18/04/2020

DATA DE ACEITE: 27/04/2020

INSPEÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE FACHADAS EM EDIFÍCIO DE GRANDE ALTURA COM VANT

FACADES PATHOLOGICAL MANIFESTATION INSPECTION ON A HIGH-RISE BUILDING WITH UAV

MOEMÍ BARBOSA LIMA | UPE

ALBERTO CASADO LORDSLEEM JÚNIOR, Dr. | UPE

RAMIRO DANIEL BALLESTEROS RUIZ, M.Sc. | UPE

BRUNO JOSÉ TORRES FERNANDES, Dr. | UPE

SÉRGIO CAMPELLO OLIVEIRA, Dr. | UPE

OTÁVIO JOSÉ DOS SANTOS, M.Sc. | UPE

RESUMO

As fachadas são elementos da edificação que estão inexoravelmente expostas às intempéries, a inspeção segura e econômica das fachadas carece de novas tecnologias em contraponto ao tradicional processo de alpinismo industrial. Objetiva-se apresentar a associação da inspeção de manifestações patológicas de fachadas com o emprego de veículo aéreo não tripulado (VANT), buscando verificar a viabilidade de sua utilização em edifícios de elevadas alturas. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a temática e em seguida, foi realizado um estudo de caso, através da varredura das quatro fachadas de uma edificação localizada na cidade do Recife, Estado de Pernambuco, onde se conseguiu constatar as manifestações patológicas presentes na envoltória do prédio. Os resultados demonstram que o equipamento se mostrou eficiente mediante a aplicação de específico protocolo. A principal contribuição da pesquisa consiste em poder mapear e identificar as manifestações patológicas em edifícios de elevadas alturas.

PALAVRAS CHAVE: Manifestações Patológicas; VANT; Fachadas

ABSTRACT

The facades are elements of the building that are inexorably exposed to the weather, the safe and economical inspection of the facades lacks new technologies as a counterpoint to the traditional industrial mountaineering process. The objective is to present the association of inspection of pathological manifestations of facades with the use of an unmanned aerial vehicle (UAV), seeking to verify the feasibility of its use in buildings of high heights. A bibliographic review on the theme was carried out and then a case study was carried out, by scanning the four facades of a building located in the city of Recife, State of Pernambuco, where it was possible to verify the pathological manifestations present in the building envelope. The results demonstrate that the equipment proved to be efficient through the application of a specific protocol. The main contribution of the research is to be able to map and identify the pathological manifestations in high-rise buildings.

KEY WORDS: Pathological Manifestations; UAV; Facades



1. INTRODUÇÃO

Alguns dos principais motivos que influenciam diretamente na inserção de novas formas de inspeções em fachadas de edifícios, são decorrentes da necessidade em minimizar a logística, por métodos tradicionais, que envolvem todo o contexto com a locação de andaimes – devido à altura dos edifícios –, bem como a montagem e desmontagem destes, que demandam além de tempo e custo com equipes. Vale destacar que os andaimes são equipamentos que demandam uma quantidade considerável de matéria-prima para sua fabricação, em contrapartida com a utilização do VANT, apesar de ainda haver a necessidade da utilização de matéria-prima – principalmente se tratando da bateria –, medidas sustentáveis podem ser tomadas para os procedimentos de fabricação e descarte de material, como exemplo a reutilização de peças e acessórios de outros equipamentos.

Outro ponto importante a ser destacado se dá pelo risco de vida que os trabalhadores que desempenham a função de inspecionar as fachadas correm, e também, que mesmo com a utilização de andaimes, Roca, et al. (2013, p. 1) informam que geralmente há oclusões e difícil acesso de áreas onde as medições não são possíveis, ou seja, a altura dos edifícios cria locais de difícil acesso para os colaboradores, resultando em uma inspeção, em alguns casos, com falhas nos resultados finais.

Considerando o contexto, busca-se neste artigo investigar a realização da inspeção de manifestações patológicas de fachadas com o emprego de drone ou Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), com o intuito de verificar a viabilidade de sua utilização em edifícios de grandes alturas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com aplicação dos VANTs, esta logística simplifica-se com a utilização de um único aparelho manipulado por um operador qualificado e orientado um profissional da área (TONDELO, et al. 2019). Além da minimização do tempo de inspeção, que pode ser realizado de forma rápida e com grande qualidade de imagens e riqueza de detalhes, a possibilidade da redução considerável com os acidentes de trabalho é outro ponto a ser destacado.

Russo et al. (2018, p.2) destacam que:

O levantamento de fachadas urbanas representa um passo fundamental para entender arquiteturas, envolvendo histórico, estrutura, análises geométricas e de materiais, que contribuem para melhorar o conhecimento de construções e para preparar as informações preliminares para qualquer projeto arquitetônico ou projetos de restauração.

A ocorrência de manifestações patológicas em edificações, é resultante, em grande parte (THOMAZ, 1989; COSTA E SILVA, 2008; RIBEIRO, 2014; ALVES, 2016) da adoção de procedimentos de execução inadequados, pelo não atendimento das recomendações da normalização e falhas nas especificações de projeto e dos materiais.

Segundo Lisboa et al. (2018, p. 2), “as fachadas atuam como o envelope das edificações, ou seja, são as partes mais expostas aos agentes externos como o sol, a umidade, o vento, a chuva e a variação de temperatura”.

De acordo com Resende et al. (2001, p. 10), o revestimento de fachada, “está submetido a um maior número de fatores de degradação, sendo o subsistema em que estes atuam primeiramente”.

As principais manifestações patológicas incidentes nas fachadas, são comumente associadas ao destacamento do revestimento, fissuras/trincas e umidade (LORDSLEEM JR., 1997); (COSTA e SILVA, 2001); (GALLETO e ANDRELLO, 2013). Também pode-se acrescentar aos tipos de manifestações patológicas comumente encontrados em fachadas, a eflorescência e as patologias decorrentes de processos biológicos (HORSTH et al., 2018), (CORREA e MIRANDA, 2013) e (FERREIRA, 2007), conforme tabela 01.

Tipos de manifestações patológicas	Principais características
Fissuras/trincas	A principal característica destes fenômenos é aparência de rupturas que ocorrem na superfície ou corpo da placa cerâmica, gerando a perda da integridade do revestimento de fachada em alguns de seus componentes expostos, as placas ou as juntas. (ALMEIDA, 2004)
Destacamento	Entre os sinais que podem indicar um possível destacamento está a ocorrência de um som cavo nas placas cerâmicas quando percutidas. (CAMPANTE; SABBATINI, 1999).
Eflorescência	Caracterizada como depósitos salinos, tendo como principais, os alcalinos e alcalinos terrosos, presentes nas superfícies de revestimentos ou alvenarias, devido a migração de sais solúveis contidos nos materiais ou componentes da alvenaria. (BAUER, 1997).
Patologias decorrentes de processos biológicos	Presença de microrganismos invisíveis a olho nu, como por exemplo, algas, bactérias, cianobactérias e fungos, que podem causar uma camada indesejada na superfície dos materiais, o biofilme. (SILVA, 2007).

Tabela 01 - Tipos de manifestações patológicas mais comumente encontradas em revestimentos cerâmicos e suas características.

Fonte: Autores.

A finalidade das técnicas de inspeção é a determinação das falhas, anomalias ou manifestações patológicas conseqüentes do uso, operação ou manutenção que possam afetar algum dos aspectos relevantes à vida útil de uma edificação (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2009).

De acordo com Tondelo et al. (2019, p. 4),

O propósito das inspeções das manifestações patológicas é identificar de modo sistemático as anomalias e suas prováveis causas com o intuito de fornecer subsídios suficientes para intervenções de reparo e manutenção que objetivam impedir a obsolescência precoce do subsistema construtivo examinado.

2.1 Classificação de uma edificação quanto a sua altura

O Conselho de Edifícios Altos e Habitat Urbano em inglês, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH), é uma instituição internacional, sediada nos Estados Unidos, que classifica as edificações em 3 tipos conforme a altura, quais sejam: Mega alto (*Mega Tall*) com altura igual ou superior a 600 metros, super alto (*Super Tall*) com altura entre 300 e 600 metros, e alto (*Tall*) tendo a altura menor que 300 metros (CTBUH, 2019).

Porém, o contexto local em que a edificação se encontra relativiza esses critérios citados anteriormente, como por exemplo, uma edificação que é considerada alta na Austrália não é considerada alta nos Emirados Árabes Unidos. A tabela 02 demonstra de forma concisa as diferentes classificações entre as alturas das edificações em distintos países.

Sarnento et al. (2012, p. 1), apontam que “a construção de edifícios altos em todo o mundo tem sofrido grande aumento, fato que ocorre devido ao crescimento populacional, urbanização de grandes centros, redução de áreas úteis à construção, entre outros”.

Particularmente, na cidade de Recife, situada no nordeste do Brasil, Fonte et al. (2005), apontaram que nas três últimas décadas observou-se a evolução das alturas das maiores edificações que passaram de 20 pavimentos em 1970 para 50 pavimentos nos dias atuais. Esta constatação considera o parâmetro temporal para a classificação dos edifícios altos.

Borges (2009, p. 2), conclui que alguns dos edifícios modernos construídos na cidade do Recife estão incluídos entre os mais esbeltos do mundo.

País	Classificação das alturas dos edifícios	Fonte
Emirados Árabes Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Edificação alta: altura menor que 300 m. • Edificação super alta: edifício que possua altura entre 300 e 600 m. • Edificação mega alta: altura superior a 600 m. 	(CTBUH, 2019)

China	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena altura: edifício deve possuir de 1 a 3 pisos. • Mediana altura: edifícios que possuam entre 7 e 9 pisos. • Elevada altura: edifício possua entre 10 e 39 pisos. • Edificação super alta: edifícios com 40 pisos ou mais. 	(J. YANG et al., 2019)
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Edificação alta: edifício maior que 100 m e menor que 300 m. • Edificação super Alta: edifício que possua altura entre 300 e 600 m. • Edificação mega Alta: edifício superior a 600 m. 	(CTBUH, 2019; EMPORIS, 2020)
Austrália	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena altura: entre 2 e 4 pavimentos. • Mediana altura: entre 5 e 7 pavimentos. • Mediana/elevada altura: 8 pavimentos. • Elevada altura: de 9 a 25 pavimentos, porém, de acordo com a região este parâmetro pode ser alterado. 	(NWS, 2020)
Portugal	<ul style="list-style-type: none"> • Pequena altura: edifícios que possuam até 9 m. • Mediana altura: edifícios com altura maior que 9 m e menor que 28 m. • Elevada altura: edifícios que possuam altura superior a 28 m. 	(PORTUGAL, 1999)

Tabela 02 - Comparação entre países quanto à classificação dos edifícios em relação à altura
Fonte: Autores.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia, tabela 03, utilizada para este trabalho consistiu nas seguintes etapas:

• **Etapa 1:** Realizar uma revisão bibliográfica através do Portal de Periódicos CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior), em diversas bases de dados, como DOAJ, Scielo e Scopus, utilizando a metodologia de revisão sistemática PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), para a busca dos artigos, também foi feita a coleta de trabalhos de conclusão de curso e dissertações – nos idiomas inglês e português –, com temas que contribuíssem de forma substancial para este artigo, temas estes voltados às análises de manifestações patológicas em fachadas, os tipos mais comuns de manifestações patológicas encontradas em revestimentos cerâmicos, funcionalidade do VANT, características a serem observadas quanto ao tipo de equipamento a ser utilizado no levantamento, classificação das edificações de acordo com sua altura e principais características observadas por outros autores quando realizados levantamentos com VANT.

• **Etapa 2:** Foi realizada uma avaliação de qual edificação de elevada altura poderia estar dentro dos parâmetros necessários para a realização de um voo com o VANT. Após a identificação da edificação, houve a descrição detalhada das atividades e a determinação dos parâmetros utilizados para a realização do levantamento, utilizando os dados da tabela 3.

• **Etapa 3:** Realização do estudo de caso, com a obtenção de imagens aéreas a partir da câmera de alta definição do próprio equipamento, buscou-se capturar o máximo de imagens possíveis ao longo das quatro fachadas da edificação para melhor identificação dos tipos de manifestações patológicas

já existentes em suas fachadas. E o processamento das imagens, com a utilização do software de foto de fotogrametria digital, AGISOFT PhotoScan, para a realização dos modelos tridimensionais da edificação e análise dos tipos de manifestações patológicas encontradas nas fachadas analisadas.

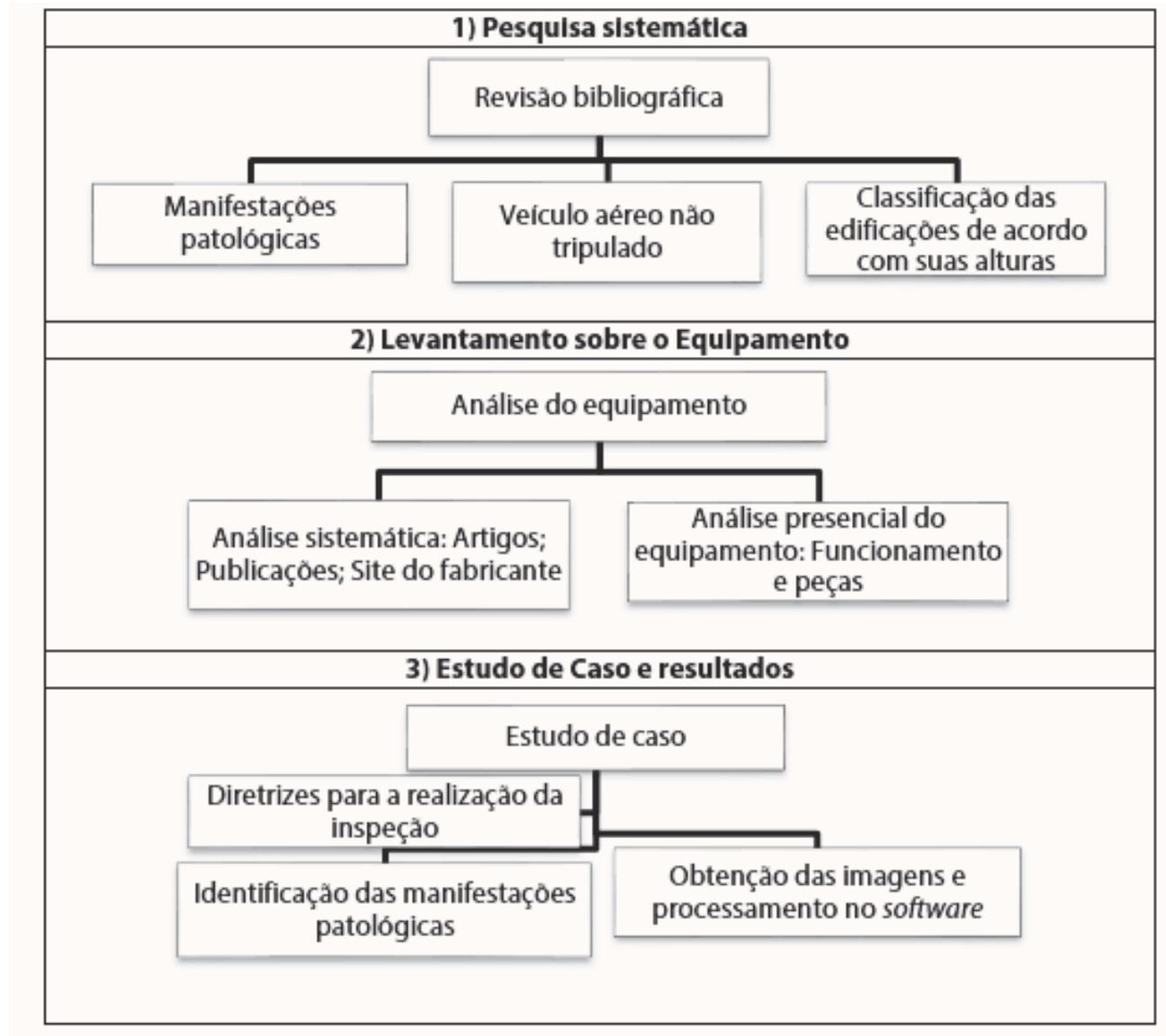


Tabela 03 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos
Fonte: Autores.

3.1 Estudo de Caso

O estudo de caso foi realizado em uma edificação residencial (figura 01), considerada de alto padrão, localizada na Zona Norte do Recife, no Estado de Pernambuco, construída em meados de 2014 e possui cerca de 120,5 metros de altura, o qual, de acordo com os parâmetros anteriormente informados, é considerado um edifício alto.

3.2 Equipamento utilizado

Foi utilizado o VANT do tipo quadricóptero, no modelo DJI Phantom 4 Pro V 2.0, como demonstrado nas figuras 02 e 03, todo o levantamento foi controlado de forma remota por toda a extensão de fachadas – Norte, Sul, Leste e Oeste – da edificação utilizada como estudo de caso



Figura 01 – Edifício do Estudo de Caso
Fonte: Site de Vendas de imóveis



Figura 02 – VANT Phantom 4 Pro V 2.0
Fonte: Site do Fabricante



Figura 03 – Controle Remoto do VANT
Fonte: Site do Fabricante

4. RESULTADOS OBITOS

A coleta e processamento das imagens foi realizada seguindo uma sequência, descrita na tabela 04, foram observadas as condições climáticas, para que o levantamento não fosse prejudicado por falta de luz natural nem mesmo pela presença de chuva, que poderiam comprometer o equipamento, em seguida, fora escolhido o ponto de partida, buscando um local adequado para segurança tanto para quem estava realizando o levantamento, quanto para os moradores do edifício.

É importante ressaltar que o equipamento deve estar posicionado de forma perpendicular em relação a posição da fachada que será alvo da captura das imagens, dessa forma conseguimos fazer a captura das imagens adequada e com uma qualidade melhor.

Formulário de Planejamento	Nome: Estudo de Caso; Localização: Zona Norte da cidade do Recife; Tipo da Edificação: Residencial; Revestimento da fachada: Cerâmico; Idade: 5 anos; Área construída: 12.450,00 m ² ; Altura: 120,50m; Número de andares: 37; Número de Fachadas: 4 (Fachada 1 Sul; Fachada 2: Oeste; Fachada 3: Norte; Fachada 4: Leste); Geometria das fachadas (m): Fachada 1: Altura: 120,50 m; Largura: 9,60m; Área: 1.156,80 m ² ; Fachada 2: Altura: 120,50 m; Largura: 30,40 m; Área: 3.663,20 m ² ; Fachada 3: Altura: 120,50 m; Largura: 9,60 m; Área: 1.156,80 m ² ; Fachada 4: Altura: 120,50 m; Largura: 30,40 m; Área: 3.663,20 m ² ; Total de Fotografias: 942.
Planejamento de voo	Modelo de VANT: DJI Phantom 4 Pro V2.0; Número estimado de baterias para operação: 3; Data e Horário da operação: 09/09/2019 às 08:00 horas; Previsão das condições meteorológicas: Temperatura: 25°C; Chance de Chuva: Visibilidade: 11,3 Km; Tipo de Operação: VLOS (Visual LineofSight); Características da localização da edificação: • Distância maior 5 Km de aeroportos e aeródromos; • Distância de 30 m de terceiros; • Não sobrevoar instalações militares/prisões; Identificação de obstáculos adjacentes: Norte: 0; • Sul: Casa de 3 andares; • Leste: Rua com fluxo veicular alto; • Oeste: Edifício de 20 andares; Modelo de câmera digital: CMOS 1" 20MP; Distância câmera-fachada para captura de imagens: 8 m; Ampliação de margens para captura de imagens: Sobre altura: 1 m; sobre largura: 1 m; Dimensões cobertas por cada fotografia: Altura: 7,30 m; Largura: 12,97 m.
Checklist missão com VANT	Bateria 1: Início: 08:28; Término: 08:56; Fachadas: 1 e 3; Quantidade de imagens: 125; Bateria 2: Início: 10:35; Término: 11:02; Fachada: 2; Quantidade de imagens: 412; Bateria 3: Início: 13:15; Término: 13:41; Fachadas: 4; Quantidade de imagens: 405. Regulamentações para operação de VANT: Licença/ habilitação piloto; • Homologação e cadastro da aeronave na ANATEL; Seguro contra danos a terceiros; • Pilotos e observadores com 18 anos cumpridos.

Checklist missão com VANT (continuação)	Preparação do equipamento: • Ligar controle remoto e levantar antenas; • Checar peças e acessórios do VANT, após encaixe; • Remover proteção da câmera; • Ligar bateria do VANT; • Ligar aplicativo de controle (DJI go); • Verificar visualização da câmera; • Verificar níveis de bateria para um voo seguro (VANT e Controle remoto) %; • Verificar a indicação de "Safe to fly" no aplicativo do controle; • Decolar. Teste de manobrabilidade: • Planar o VANT a aproximadamente 3 m – 10 pés acima do chão e confirmar se ele está sobre controle. • Verificar se todos os comandos de direcionamento estão operando corretamente enquanto o VANT plana. Para ambas as baterias: Verificar visualização da câmera; verificar local de pouso; pousar em local aberto e seguro. Trocar bateria por outra carregada, ou realizar uma nova carga; verificar novamente todos os itens da Preparação do Equipamento. Checklist Pós-pouso e retomada de voo imediatamente: Desligar VANT; Processo para finalizar missão: • Pousar em local aberto e seguro; • Desligar bateria do VANT; • Desligar controle remoto; • Remover bateria do VANT; • Remover hélices; • Colocar proteção da câmera; • Guardar VANT na caixa; • Guardar Controle remoto na caixa.
--	---

Tabela 04 - Protocolo para missão com VANT
Fonte: Autores.

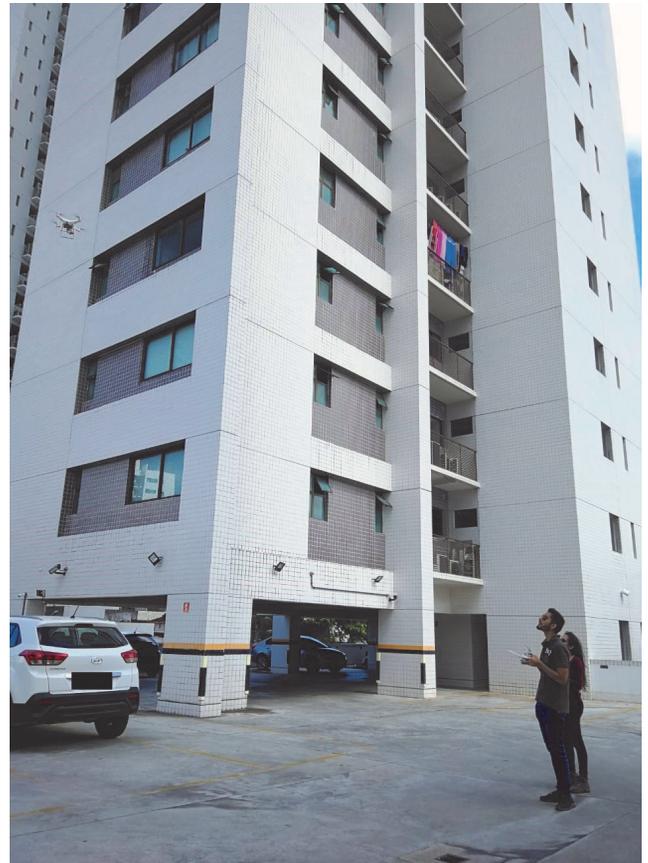


Figura 05 – Registros da execução do levantamento
Fonte: Autores

A varredura das fachadas foi realizada de forma consecutiva, à medida que o VANT alçava voo, realizou-se a coleta das imagens tentando capturar todas as áreas, obedecendo a perpendicularidade do equipamento em relação a fachada inspecionada.

A sequência da varredura seguiu o seguinte esquema: de baixo para cima e da esquerda para a direita, ver figura 04, sempre realizando a captura das imagens em todas as fachadas da edificação, até a conclusão de todo o levantamento (ver figura 05 com os registros da realização do levantamento)

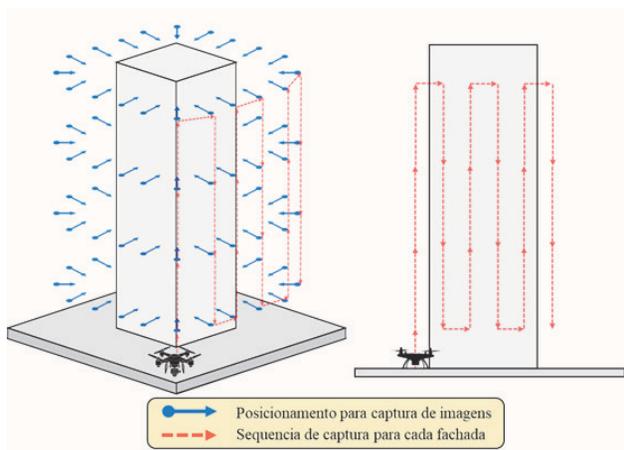


Figura 04 – Posicionamento do VANT para captura de imagens e sequência de execução
Fonte: Autores

Outro ponto a ser destacado, é que foi necessário realizar o levantamento em três etapas, ambas no mesmo dia, já que se tinha apenas uma bateria. Então, foi realizado uma parte do levantamento, posterior carregamento da bateria – em torno de 2 horas para estar totalmente carregada –, realizar a segunda parte, realizar uma nova carga na bateria e finalmente concluir o levantamento.

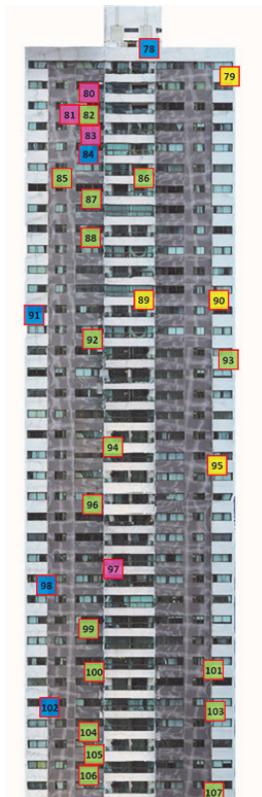
Com a utilização do VANT para inspeção realizado no estudo de caso, foi possível identificar a presença de: manifestações patológicas decorrentes de processos biológicos, principalmente o mofo, fissuras/ trincas, destacamento e eflorescência; a qualidade de resolução da câmera do equipamento foi de suma importância para as identificações de formas adequadas destas manifestações patológicas, ver mapa de danos da fachada Leste (figura 6).

A identificação das manifestações patológicas foi realizada através das fotografias digitais obtidas durante a execução do estudo de caso, e através das imagens processadas no *software* AGISOFT *PhotoScan*, conforme imagens binarizadas apresentadas mais adiante, onde foi possível destacar todos os quatro tipos de manifestações patológicas descritas neste trabalho, em ambas as fachadas da edificação analisada.

A fachada Norte, foi a fachada que menos apresentou a presença de distintas manifestações patológicas, em sua grande maioria restritas as fissuras e trincas, figura 07. Já a fachada Sul, foi a fachada que mais apresentou a presença de manifestações patológicas, sendo a principal decorrente de processos biológicos, no caso o mofo. (Figura 08).

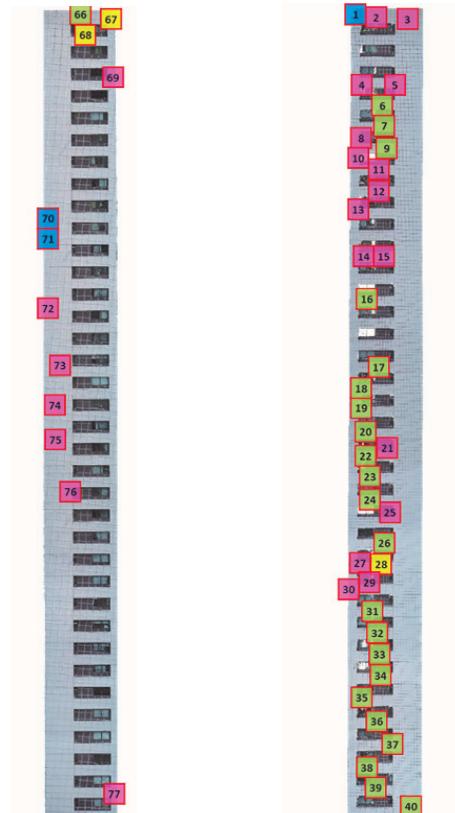
A presença de fissuras/trincas foi localizada em sua grande parte nas regiões superiores das fachadas. (Figura 09).

Foi identificada a presença de eflorescência, principalmente na fachada Oeste, umas das manifestações patológicas apresentadas em menor número em ambas fachadas. (Figura 10).



■ Eflorescência ■ Trinca e fissura ■ Destacamento ■ Mofo

Figura 06 – Mapa de danos da fachada Leste
Fonte: Autores



■ Eflorescência ■ Trinca e fissura ■ Destacamento ■ Mofo

Figura 07 e 08 – Mapa de danos da fachada Norte (esquerda) e Sul (direita)
Fonte: Autores

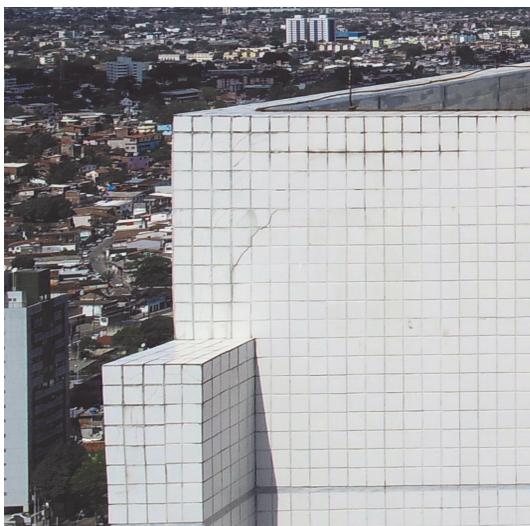


Figura 09 – Presença de trinca na fachada Oeste
Fonte: Autores

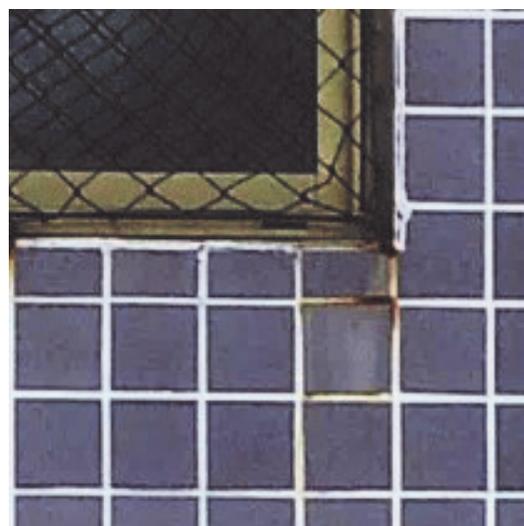


Figura 10 – Presença de eflorescência na fachada Sul
Fonte: Autores

Assim como a eflorescência, a apresentação de destacamento foi localizada em menor quantidade, e esta foi principalmente encontrada nas partes superiores das fachadas da edificação. (Figura 11).

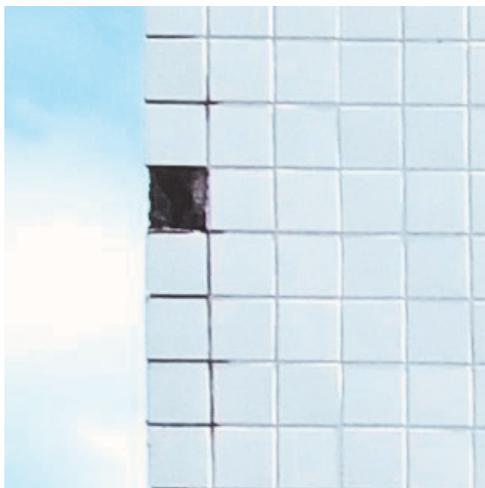


Figura 11 – Presença de destacamento na fachada Norte
Fonte: Autores

As patologias decorrentes de processos biológicos foram identificadas de forma mais concentrada nas lajes técnicas e nas varandas, porém esta foi encontrada ao longo de todas as fachadas da edificação (Figura 12).

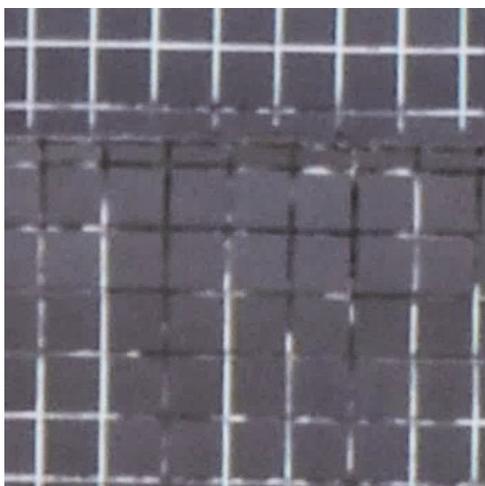


Figura 12 – Presença de mofo na fachada Leste
Fonte: Autores

4.1 Imagens Binarizadas

As figuras 13, 14, 15 e 16, representam as figuras, 09, 10, 11 e 12 respectivamente, após serem processadas no software AGISOFT PhotoScan e binarizadas.

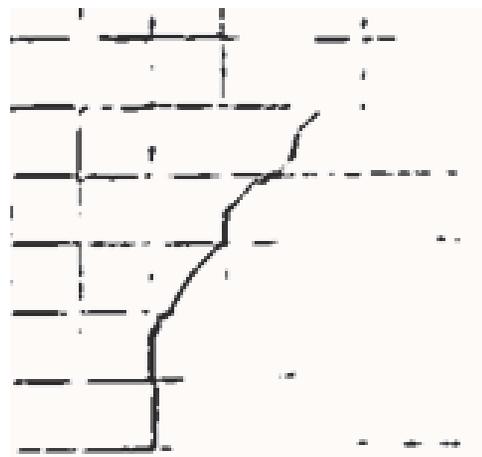


Figura 13 – Imagem da manifestação patológica binarizada: presença de trinca na fachada Oeste
Fonte: Autores



Figura 14 – Imagem da manifestação patológica binarizada: presença de eflorescência na fachada Sul
Fonte: Autores

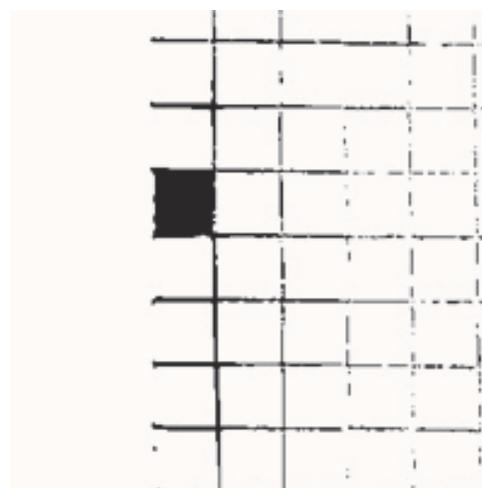


Figura 15 – Imagem da manifestação patológica binarizada: presença de destacamento na fachada Norte
Fonte: Autores

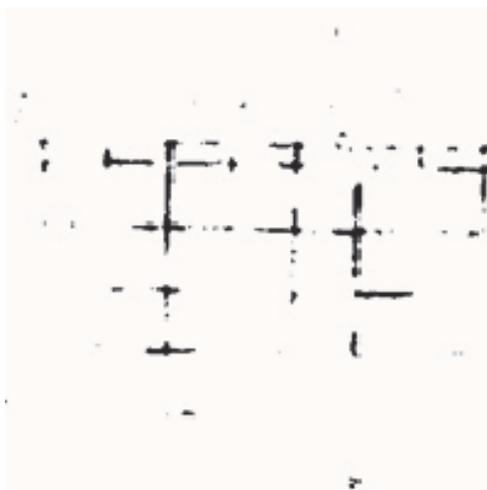


Figura 16 – Imagem da manifestação patológica binarizada: Presença de mofo na fachada Leste
Fonte: Autores

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que é possível, eficiente e eficaz a utilização do VANT para a identificação de manifestações patológicas em fachadas, principalmente em se tratando de edificações de grandes alturas, visto que se obteve êxito na análise apresentada no estudo de caso. Foi possível identificar as manifestações patológicas de forma clara e em pouco tempo quando comparado a uma inspeção realizada pelo método tradicional (alpinismo industrial), o qual duraria mais de um dia para ser concluída. Outro aspecto vantajoso está associado a boa qualidade das imagens obtidas facilitando a identificação das manifestações patológicas presentes nas fachadas. A utilização do VANT nas inspeções de fachadas possibilita, de forma racional e segura, a realização de mais de uma inspeção por dia, desde que haja baterias reservas para o equipamento, principalmente em edificações de elevadas alturas, uma vez que a logística de montagem e desmontagem do equipamento para a realização do levantamento através do alpinismo industrial, ou equipamento equivalente, não possibilitaria essa flexibilidade em realizar mais de um levantamento por dia.

Pode-se considerar que a utilização do VANT na inspeção de fachadas é inovadora na construção civil, visto que altera a prática tradicional com o benefício da redução de tempo e custo associado a uma maior eficiência na obtenção das imagens, ainda mais numa situação desafiadora das fachadas de edifícios de grandes alturas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada em três**

estudos de caso na cidade de balneário Camboriú. Florianópolis, 2004. 174p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

ALVES, K. C. C. **O processo de assistência técnica de empresas de construção:** estudos de caso. Recife, 2016. 117p. Dissertação –Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco.

BAUER, R.J.F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica.** In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Salvador, 1997. Anais. P 321-33.

BORGES, A. C. L. (2009). **Metodologia para avaliação do comportamento estrutural de edifícios altos em concreto armado com consideração da interação solo-estrutura.** Recife, 2009 205p. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco.

CAMPANTE, E. F.; SABBATINI, F. H. **Durabilidade de revestimentos cerâmicos de fachada.** In.: Congresso Ibero-americano de Patologia de las Construcciones, V, CONPAT, 1, 1999. Montevideo. Anais... Montevideo, 1999.

CORREA, A.; MIRANDA, P. **Patologias de Fachadas.** Revista Pensar Engenharia. 1 jul. 2013, Vol. 1 (2). Belo Horizonte, 2013.

COSTA E SILVA, A. J. **Descolamento nos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife.** São Paulo, 2001. 221p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

COSTA E SILVA, A. J. **Método para gestão das atividades de manutenção de revestimentos de fachada.** São Paulo, 2008. 221p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT. CTBUH, c2019. **CTBUH HEIGHT CRITERIA.** Disponível em: <<https://www.ctbuh.org/resource/height>>. Acesso em: 15 de out. De 2019.

DJI. **Dà-Jiāng Innovations Science and Technology.** Phantom4PROV2.0.2019. Disponível em: <<https://www.dji.com/br/phantom=4--pro-2v?site=brandsite&from-nav>> Acesso em: setembro de 2019.

EMPORIS. Emporis Standards Committee, c2020. **Emporis high-rise Building.** Disponível em: <<https://www.emporis.com/building/standard/3/high-rise-building>>. Acesso em: 31 de jan. 2020.

FERREIRA, L. B. **Patologia em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios estudo regionalizado para a cidade de Divinópolis.** Belo Horizonte,

2007. 94p. Monografia (Especialização). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

FONTE, A. O. C.; FONTE, F. L. F.; CASTILLO, A. A. H. E.; PEREIRA, A. V. A. C. **Características e Parâmetros Estruturais de Edifícios de Múltiplos Andares em Concreto Armado Construídos na Cidade do Recife**. In: 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005, Recife. 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005. v. 01.

GALLETTO, A.; ANDRELO, J. M. **Patologia em fachadas com revestimentos cerâmicos**. In: IX Congreso internacional sobre Patologías y Recuperación de Estructuras CINPAR, 1. 2013. Paraíba. Anais. João Pessoa, 2013.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral Pereira; GULLO, Marco Antônio. **Normas técnicas para engenharia diagnóstica em edificações**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 245 p.

HORSTH, A. A.; BARRELETE, F. N.; MACIEL JR., J. A.; MIRANDA, L. R. **Pathology in facade ceramic coating**. Revista educação, meio ambiente e saúde. Jan. 2018, Vol. 8 n. 1. Curitiba, 2018.

J. YANG, S. JIN, X. XIAO, C. JIN, J. C. XIA, X. LI, S. WANG, (2019). **Local climate zone ventilation and urban land surface temperatures: Towards a performance-based and wind-sensitive planning proposal in megacities**. Elsevier Ltd, Sustainable Cities and Society. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718324569?via%3Dihub>>Acesso em 29 de Jan. De 2020.

LISBOA, DIOGO WANDERSON BORGES et al. **Utilização de VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Maceió, 2018.

LORDSLEEM JR., A. C. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação**. São Paulo, 1997. 195p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Michele Russo, Laura Carnevali, Valentina Russo, Davide Savastano & Yuri Taddia (2018): **Modeling and deterioration mapping of façades in historical urban context by close-range ultra-lightweight UAVs photogrammetry**, International Journal of Architectural Heritage. Roma, Itália. Disponível em < <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1440030>> Acesso em: 09 de mar. De 2020.

NWS GOVERNMENT. **NSW Department of Planning,**

Industry and Environment, c.2020. Disponível em: <<https://www.planning.nsw.gov.au/Plans-for-your-area/Priority-Growth-Areas-and-Precincts/Sydenham-to-Bankstown-Urban-Renewal-Corridor/~media/27794C9C3ED6450B94E94EE-3C318E9B6.ashx>>. Acesso em: 29 de jan. De 2020.

PORTUGAL. Decreto-Lei nº 414/98 de 31-12-1999, **Regulamento de segurança contra incêndio em edifícios: Artigo 5.º - Classificação dos edifícios de acordo com a altura**, Lisboa, Cap. 1, Sec. 1, maio/jun. 1999.

RESENDE, Maurício Marques, M. M. S. B. Barros, and J. S. Campos. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios**. Workdur-II Workshop sobre durabilidade das construções, São José dos Campos (Brasil). 2001.

RIBEIRO, D.V. **Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análises**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

Roca, D., Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Armesto, J., & Arias, P. (2013). **Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades**. Automation in Construction, 36, 128–135. doi:10.1016/j.autcon.2013.08.020.

SARMENTO, C. V. S.; FONTE, A. O. C.; LIMA, F. J. **MONITORAÇÃO DE EDIFÍCIOS ALTOS PARA AÇÕES DINÂMICAS DO VENTO**. 2012. 119p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2012.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Florianópolis, 2007. 190p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**. São Paulo, IPT/EPUSP/PINI, 1989.

TONDELO, P. G.; BARTH, F. Análise das manifestações patológicas em fachadas por meio de inspeção com VANT. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 10, p. e019009, 26 fev. 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/UPE por financiar a bolsa de pesquisa e ao grupo POLITECH por disponibilizar ambiente de aprendizado e contribuir para o desenvolvimento da construção civil.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4718-9635>

MOEMÍ BARBOSA LIMA | Universidade de Pernambuco | Engenharia Civil | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: R. Caldas Brandão, 60 A - Capibaribe, São Lourenço da Mata - PE, 54705-075 | e-mail: moemilima@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3276-0621

ALBERTO CASADO LORDSLEEM JÚNIOR, Dr. | Universidade de São Paulo (USP) | Engenharia de Construção Civil e Urbana | SÃO PAULO, SP - BRASIL | Correspondência para: Escola Politécnica de Pernambuco - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Rua Benfica, 455, Recife - PE, 50.720-001 | e-mail: acasado@poli.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3974-5977>

RAMIRO DANIEL BALLESTEROS RUIZ, M.Sc. | Universidade de Pernambuco | Mestrado em Engenharia Civil | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Av. Hilário Pereira de Souza, 492 – Apto. 124ª Jacarandá, Osasco – SP, 06010-170) | e-mail: ramiro.dbr@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-6001-3925

BRUNO JOSÉ TORRES FERNANDES, Dr. | Universidade Federal de Pernambuco | Doutorado em Ciência da Computação | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Escola Politécnica de Pernambuco - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Computação. Rua Benfica, 455, Recife - PE, 50.720-001 | e-mail: bjtf@ecom.poli.br

ORCID: 0000 0003 1058 1139

SÉRGIO CAMPELLO OLIVEIRA, Dr. | Universidade Federal de Pernambuco | Doutorado em Engenharia Elétrica | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Escola Politécnica de Pernambuco - Mestrado em sistemas, R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001 | e-mail: scampello@yahoo.com

ORCID: 0000-0001-7785-5435

OTÁVIO JOSÉ DOS SANTOS, M.Sc. - | Universidade de Pernambuco | Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas (PPGES) | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Escola Politécnica de Pernambuco - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas, R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001 | e-mail: s.otavio@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LIMA, Moemi Barbosa; JUNIOR, Alberto Casado Lordsleem; RUIZ, Ramiro Daniel Ballesteros; FERNANDES, Bruno José Torre, OLIVEIRA, Sérgio Campello; SANTOS, Otávio José dos. Inspecção de Manifestações Patológicas de Fachadas em Edifício de Grande Altura com VANT. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 111-122, mai. 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.n2.111-122>.

DATA DE ENVIO: 25/04/2020

DATA DE ACEITE: 27/04/2020

ESTÉTICA DA SUSTENTABILIDADE: O VALOR AMBIENTAL PERCEBIDO POR MEIO DOS ASPECTOS VISUAIS DO PRODUTO

AESTHETICS OF SUSTAINABILITY: THE ENVIRONMENTAL VALUE PERCEIVED THROUGH THE VISUAL ASPECTS OF THE PRODUCT

THAMYRES OLIVEIRA CLEMENTINO, M.Sc. | UFPE

AMILTON J. V. DE ARRUDA, PhD. | UFPE

ITAMAR FERREIRA DA SILVA, Dr. | UFCG

RESUMO

O presente artigo expõe uma discussão sobre a estética da sustentabilidade aplicada em produtos industriais como forma de comunicar aos consumidores o valor ambiental agregado. Aborda a percepção do público como recurso para investigar quais e como os aspectos visuais estéticos podem ser adotados para caracterizar produtos ecologicamente corretos, por meio da estética empírica. Nesta perspectiva, apresenta uma breve revisão de literatura, contextualizando a estética do objeto e a atual conjuntura do debate sobre a estética da sustentabilidade em produtos industriais. Por fim, apresenta o resultado de uma revisão sistemática que objetivou levantar trabalhos com foco nos aspectos visuais estéticos associados ao valor ambiental agregado, com a finalidade de expor dados comprovados e aplicáveis no âmbito projetual.

PALAVRAS CHAVE: Design de produto; sustentabilidade; estética.

ABSTRACT

This article presents a discussion on the aesthetics of sustainability applied to industrial products as a way of communicating to consumers the added environmental value. It addresses the public's perception as a resource to investigate which and how the visual aesthetic aspects can be adopted to characterize ecologically correct products, through empirical aesthetics. In this perspective, it presents a brief literature review, contextualizing the aesthetics of the object and the current situation of the debate on the aesthetics of sustainability in industrial products. Finally, it presents the result of a systematic review that aimed to survey works with a focus on aesthetic visual aspects associated with the added environmental value, in order to expose proven and applicable data in the project scope.

KEY WORDS: Product design; sustainability; aesthetic



1. INTRODUÇÃO

Produtos que adotam soluções ambientalmente mais sustentáveis vêm surgindo como uma alternativa aos convencionais – mais danosos, empregando, para isto, estratégias como a minimização de recursos (matéria prima, energia, transporte, entre outros); a escolha de processos de baixo impacto ambiental (seleção de materiais e processos atóxicos); a otimização da vida dos produtos (durabilidade dos produtos, reaproveitamento de componentes e reciclagem); a extensão de vida dos materiais; e a facilidade de desmontagem e reparo (flexibilidade, adaptabilidade, desmontagem autorizada) (MANZINI e VEZZOLI, 2016; VEZZOLI, 2010; KAZAZIAN, 2005).

Pode-se afirmar que o emprego destas diretrizes projetuais, pautadas na sustentabilidade ambiental, fomentaram o surgimento de uma nova categoria de produtos que se afastam das práticas insustentáveis convencionais e se comprometem com a questão ambiental. Os "*ecologically oriented products*" utilizam estratégias visando a diferenciação baseada em atributos ecológicos, fornecendo benefícios ambientais maiores ou impondo custos ambientais menores do que os demais (ORSATO, 2006; ORSATO, 2002, p.14). Segundo Manzini e Vezzoli (2016), estes produtos buscam atender as necessidades de bem-estar social, utilizando uma quantidade drasticamente inferior de recursos ambientais aos níveis atualmente praticados.

Este assunto conduz a uma questão importante discutida neste artigo, a comunicação entre estes produtos ecologicamente orientados e os consumidores. O Instituto AKATU (2018) trata deste tema ao indicar a falta de informação como uma questão-chave, que representa barreiras para o consumidor brasileiro. De acordo com a pesquisa realizada pelo instituto "nota-se que o consumidor quer e precisa saber mais sobre tais produtos, para derrubar barreiras e para acionar gatilhos". Neste cenário descrito, a distinção entre os produtos convencionais e aqueles que adotam práticas menos danosas ao meio ambiente se torna relevante, já que, de acordo com Vezzoli (2010, p.49), "uma inovação ambientalmente sustentável, sem ser percebida como uma melhoria (comparada com as soluções obsoletas), não é suficiente", isto porque segundo o autor, inviabiliza que consumidores as diferenciem das demais soluções - insustentáveis, o que por sua vez impede o posicionamento favorável ao consumo mais consciente, que pode surgir a partir do valor agregado a estes produtos.

Segundo Cardoso (2013), valor agregado consiste no valor a mais que um bom projeto pode acrescentar ao produto em comparação aos concorrentes, que de acordo com Kruken e Trusen (2009), pode ser indicado por meio

da qualidade percebida, que é o conjunto de dimensões de valor inerentes ao produto, sendo elas: valor funcional ou utilitário; valor emocional; valor social; valor econômico; e valor ambiental. Este artigo ocupa-se do 'valor ambiental' agregado ao produto, que segundo estes autores, consiste na percepção dos consumidores sobre a "prestação de serviços ambientais por meio do uso sustentável dos recursos naturais". Segundo eles, o valor ambiental deve ser trabalhado de maneira estratégica, objetivando facilitar a percepção do consumidor sobre os produtos envolvidos com práticas menos danosas, contribuindo, assim, para a conscientização sobre os valores envolvidos na produção e no consumo.

Mas, como enfatizar para o consumidor o valor ambiental em produtos ecologicamente orientados? Como caminho possível, tem-se a "visualidade", que permite expressar os valores invisíveis do produto através de aspectos visuais estéticos perceptíveis aos olhos dos consumidores. Para Cardoso (2013) por meio da visualidade, o designer pode sugerir atitudes, estimular comportamentos e equacionar problemas complexos. Para compreender a visualidade, parte-se da definição deste autor sobre a forma (IBID, 2013), considerando três aspectos interligados: 1) Aparência: aspecto perceptível pelo olhar; 2) Configuração: arranjo das partes; e 3) Estrutura: dimensão constitutiva.

Nesta perspectiva, é possível adentrar na área da "estética do objeto", em que, afirma Löbach (2001), são descritas as características visuais dos objetos e suas qualidades, por meio de investigações empíricas que permitam avaliar ideias e valores estéticos em grupos determinados de pessoas, por meio de suas preferências. É possível encontrar na literatura algumas pesquisas que se ocupam desta questão, objetivando investigar os efeitos dos aspectos visuais estéticos para a comunicação do valor ambiental agregado em produtos. O objetivo deste artigo é discutir esta questão, bem como apresentar um breve levantamento sobre as indicações já presentes na literatura.

2. ESTÉTICA DO OBJETO

A estética pode ser considerada a ciência da percepção sensorial e dos conhecimentos adquiridos através dela. Estético é tudo aquilo que se percebe sensorialmente através dos sentidos.

O sensorial pertence à relação entre a materialidade daquilo que é percebido e os sentidos do sujeito (BOMFIM, 2001).

Esta perspectiva corrobora para a compreensão dos objetos por meio da percepção visual, favorecendo o entendimento do processo de comunicação entre seres

humanos e o entorno. Bürdek (2006) afirma que o design é uma disciplina que produz não apenas realidades materiais, mas também comunicação. O autor aborda o tema ao expor a teoria de Theodor Elligner (1966), em que é apresentado o conceito de “informação do produto”, considerando que há uma linguagem do produto constituída por aspectos como dimensão, forma, superfície, material, configuração, entre outros fatores que podem influenciar positiva ou negativamente o potencial comprador. Segundo o autor o conceito de “linguagem do produto”, confirmou que o design deve se encarregar principalmente das relações homem-objeto, ou seja, das ligações entre usuário e objeto, em especial nas funções perceptivas, por meio das quais se intermediam os sentimentos das pessoas (IBID, 2006, p.293).

Löbach (2001) aborda que as funções exercidas pelo produto criam um relacionamento com o usuário a partir do uso, que por sua vez, torna possível o estabelecimento de impressões positivas ou não. É importante lembrar que cada produto convive com diferentes funções, que devem ser pensadas a fim de suprir as necessidades do usuário e do projeto, sendo elas a função prática, estética e simbólica (Figura 01).

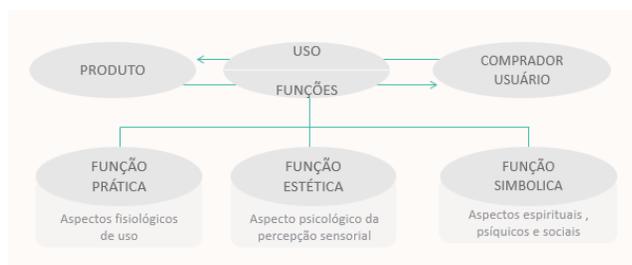


Figura 01 - Embalagem confeccionada em material com aparência sustentável
Fonte: LÖBACH (2001).

Segundo Löbach (2001) a função estética está vinculada à configuração da aparência do produto, que para Cardoso (2013), corresponde ao aspecto perceptível pelo olhar. Bürdek (2006) afirma que a função formal-estética está relacionada à vivência de impressões sensoriais de elementos formais, em que, afirma Löbach (2001), ocorre à relação entre o produto e o usuário no nível dos processos sensoriais.

Para Silveira (2018) deve-se salientar que a função estética de um produto não se resume, ao fator sensorial, pois quando se experimenta o funcionamento estético, também se adentra no crivo do juízo, a partir do discernimento do usuário, o que indica que a função estética é de natureza sensorio-cognitiva/sensorio-comunicativa. Esta afirmação vai ao encontro do que afirma Löbach (2001), ao indicar que a função estética e a função simbólica têm estreita relação

e interdependência, isto porque a função simbólica visa estabelecer ligações entre os produtos e as experiências e sensações vividas anteriormente pelo usuário, criando associações. Para isto depende dos aspectos visuais estéticos empregados no produto, como forma, cor, superfície, entre outros, que permitam a associação de ideias.

Para Cardoso (2013) as características visuais e morfológicas dos produtos sugerem significados e relações, permitindo que se crie uma especificidade discursiva própria. Deste modo, pode-se afirmar que “a função simbólica é, antes de tudo, uma função estética, que ultrapassa a realidade imediata proporcionada pela aparência do artefato, e adquire natureza simbólica” (SILVEIRA, 2018, p. 80).

Para criar a função estética de um produto é preciso levar em consideração as condições perceptivas de indivíduos, que seja capaz de dotar os produtos com características alinhadas à percepção sensorial do usuário. Ao projetar a função estética, a partir de aspectos visuais estéticos, o designer contribuirá para que o indivíduo reconheça o ambiente artificial que o cerca, atendendo às condições de percepção (LÖBACH, 2001). Para compreender o uso sensorial dos produtos, dois fatores são essenciais (IBID, 2001): (1) Experiências anteriores com as características estéticas, aqui entendidas como os aspectos visuais estéticos (forma, cor etc.); e (2) Percepção consciente dessas características. Nesta perspectiva é possível citar Bense (2009), que considera as relações de natureza estética como um processo de comunicação, correspondendo a duas vias de um processo único, como observa-se a seguir no esquema proposto pelo autor (Figura 02):

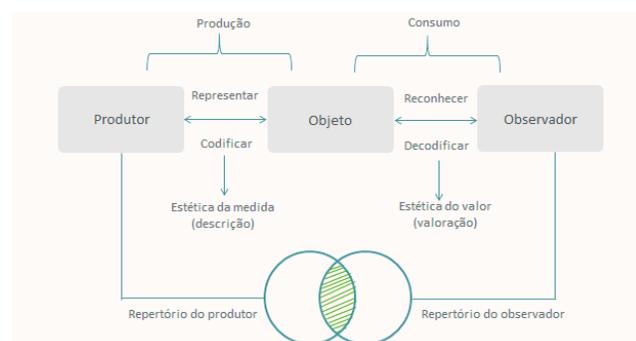


Figura 02 - Diagrama da comunicação estética
Fonte: baseado em Bense (2009, P.142).

Nele, representa-se o processo de comunicação estética a partir de dois polos que culminam no objeto que significa (aqui entendido como a embalagem) e gera efeitos de ordem estética. O primeiro polo consiste no produtor, ocorrendo a comunicação criativa, que corrobora para os processos gerativos e de manipulação, estando ainda, a

responsabilidade de julgamento e seleção, organização da forma, tornando-a tangível e sujeita a apreciação. Já o outro polo corresponde a comunicação ajuizadora, em que o observador aprecia a forma, julgando-a e avaliando-a sob critérios de valor.

Segundo Silveira (2018) “Essas fases distintas se sobrepõem o tempo todo, e fazem parte de um fenômeno maior que é, na integralidade, a comunicação estética. O modelo preserva diferenças de natureza, comunicacional-estética entre os interagentes, produtor e observador”. Semelhante ao diagrama de comunicação proposto por Bense, Löbach (2001), propôs uma versão baseada na teoria da informação e focada na área do design (Figura 03):

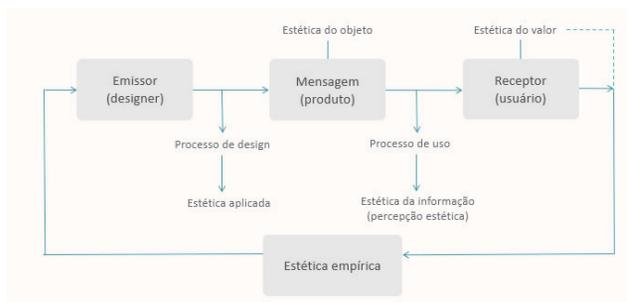


Figura 03 - A comunicação estética do design industrial.
Fonte: baseado em Löbach (2001)

Nela, o autor coloca o designer como o emissor de mensagens em forma de produtos e o usuário como receptor das mensagens estéticas inerentes aos produtos, criando a relação entre designer, produto e usuário. Segundo Silveira (2018) “no processo da comunicação estética há uma série de outros processos e inter-relações, entre as quais ganham relevo o processo que acontece da relação entre designer e produtos e o que ocorre no domínio estabelecido entre produto e usuário”. No processo existente entre o designer e o produto (Emissor/mensagem) ocorre a produção estética ou processo de design, englobando a estética aplicada, que se encarrega de questões relativas à configuração dos produtos. Já no processo que envolve produto e usuário (mensagem/receptor), define-se o que Löbach (2001) descreve como a estética da informação, a estética do valor e a estética empírica, que direciona os estudos para a busca pela compreensão entre o usuário e à percepção estética do produto. Para Silveira (2018), é neste ponto que se fecha o círculo da comunicação estética, já que nele se apresenta de forma sistemática a cadeia de fenômenos estéticos suscitados pelos produtos criados pelos seres humanos e suas relações com o designer e o usuário. Segundo a autora “tais inter-relações entre essas

várias ocorrências possibilitam, de modo abrangente, a percepção e compreensão do processo de comunicação estética no âmbito do design”.

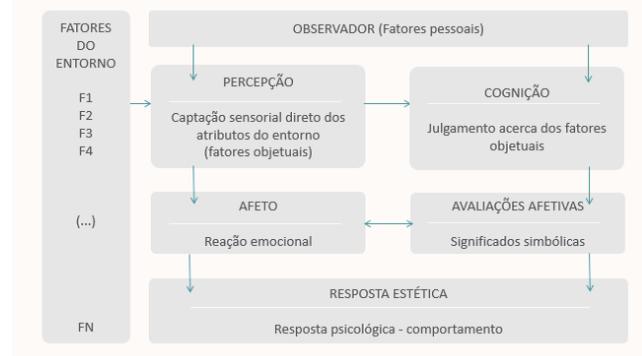


Figura 04 - Diagrama da comunicação estética
Fonte: baseado em Nasar (2000)

A escolha correta de aspectos visuais estéticos pode contribuir para a percepção adequada acerca do valor ambiental agregado em produtos, podendo uma configuração obter respostas melhores que outras a partir da percepção do público, que está atrelada a experiências anteriores. Deste modo, é possível conjecturar que a comunicação de produtos com valor ambiental deva ser pautada na percepção do consumidor, permitindo a facilitação do contato entre o produto ecologicamente orientado, e o consumidor consciente, mediante estratégias ligadas a estética empírica, que gere dados para análise das melhores alternativas compositivas.

Mas, para que isso ocorra, é necessário que todos os aspectos visuais estéticos dos produtos sejam conhecidos e enumerados, tornando-se possível projetar um produto industrial novo, que atenda aos valores fixados no processo de design pelo designer industrial e que corresponda às necessidades estético-perceptivas do usuário. (LÖBACH, 2001, p.158). Walker (2005) afirma que para construir uma tipologia estética, certos identificadores estéticos podem ser propostos, de modo a serem comuns a muitos bens de consumo, e desta forma vir a ser “coletivamente” úteis na distinção de práticas insustentáveis.

Na discussão mantida neste artigo, é proposto que os indicadores estéticos para comunicação do valor ambiental agregado partam da configuração estético simbólico-funcional do produto, o que é compreendido a partir dos aspectos visuais estéticos, tal qual abordados por Löbach (2001), ao dividi-los, para melhor compreensão, em:

- Figura: consiste na soma dos elementos configuradores e das relações estabelecidas por eles;

- Elementos: responsáveis por constituir uma figura, sendo também portadores da informação estética do produto. Entre os elementos mais relevantes, segundo o autor, são a forma, o material, a superfície e a cor, mas outros são admitidos; e

- Constituição da figura: consiste no tipo de elementos configurativos, seu conjunto, distribuição quantitativa e relação com o todo.

Para o autor (IBID, 2001, p.159-160), a configuração estético simbólico-funcional é determinada pelo conjunto de seus elementos configuradores, que podem influenciar a sensibilidade e ideias dos usuários. Os elementos configurativos podem ser descritos como portadores da informação estética de um produto, e sua seleção e combinação, pelo designer industrial, definirá a reação que o futuro usuário apresentará frente ao produto, podendo o uso correto destes interferir positivamente na comunicação acerca do valor agregado em produtos.

2.1. Estética Empírica

Qualquer “coisa” que provoque uma reação em algum órgão do sentido é considerada como um estímulo, sendo passível de gerar resposta por parte de um observador a partir da percepção, que é considerada como um processo baseado na ação, na probabilidade e na experiência (FARINA et al, 2011). Para Löbach (2001), a percepção estética do entorno material apresenta-se mediante dois processos parciais:

A primeira fase consiste na visão, que capta a imagem, e a segunda fase é a percepção, que tem como objetivo tornar consciente a imagem que foi captada. Assim, é possível afirmar que a “percepção é um processo pelo qual uma aparência estética se transforma em significado” (LÖBACH, 2011, p. 171), ou seja, os aspectos visuais estéticos presentes no produto tornam-se responsáveis por gerar nos indivíduos estímulos que culminarão no julgamento acerca dos fenômenos visuais. Isto é exposto por Nasar (2000) ao abordar as respostas avaliativas do entorno. Para o autor, os estímulos do entorno moldam nossos sentimentos, pensamentos e comportamento a partir do processo a seguir:

Em que, observa-se inicialmente o indivíduo sendo exposto aos fatores do entorno, compreendidos aqui como os aspectos visuais estéticos adotados para a configuração dos produtos, como formas, cores, superfícies, entre outros atributos que juntos são percebidos sensorialmente pelos observadores, munidos de fatores pessoais provenientes de suas experiências anteriores e propósitos. Essa combinação, entre fatores do entorno e fatores pessoais, resulta na percepção estética, que consiste na captação sensorial direta do entorno através da visão (1ª fase,

objetiva), influenciando os pensamentos dos indivíduos, que buscam estruturar, reconhecer e apreender as informações captadas (cognição – 2ª fase subjetiva). A partir disto é possível transformar “produtos” em significado, pois a percepção das características do entorno evoca sentimentos viscerais, que combinados aos pensamentos (avaliações emocionais), produzem pensamentos reflexivos (avaliações cognitivas), que podem afetar o comportamento humano (NASAR, 2000).

Isto foi endossado por Cardoso (2013), ao afirmar que toda vez que um indivíduo olha para um produto associa-o a uma série de valores e juízos ligados à história individual e coletiva, o que faz com que os artefatos materiais possuam sua própria linguagem, que podem ser traduzidas para registro por meio de características visuais e morfológicas. Trata-se de um processo subjetivo, influenciado pela imagem atual da percepção, pela memória de cada pessoa, experiências anteriores, conceitos de valor e normas socioculturais.

Ainda segundo o autor, é possível que os conceitos presentes no imaginário da população encontrem expressão material, pois as formas são expressivas de um processo de significação, que consiste na troca entre aquilo que está embutido em sua materialidade e aquilo que pode ser compreendido/percebido deles por nossas experiências. Sendo assim, qualquer objeto é mediado por sistemas simbólicos.

O significado reside, assim, na percepção dos usuários, sendo a comunidade determinante para o que o produto quer dizer, a partir da experiência, que é um dos fatores mais determinantes do significado. Os designers podem fazer uso estratégico da memória para refinar seus projetos, sendo muitos os modos de criar correspondência entre design, memória e identidade. O repertório existente pode ser utilizado para introduzir ruídos e criar dissonâncias, tanto quanto para reforçar significados aparentes, sendo possível afirmar que as coisas materiais falam de si em termos próprios a sua configuração. (CARDOSO, 2013). Neste contexto, torna-se razoável pensar que, a escolha correta de aspectos visuais estéticos pode contribuir para a percepção adequada acerca do valor ambiental agregado aos produtos, podendo uma configuração obter respostas melhores que outras, a partir do que foi estabelecido mediante aplicação da estética empírica.

Para Löbach (2001), a estética do objeto é parte do processo estético por meio do qual os aspectos perceptivos são avaliados em relação a percepção dos usuários. Nela se descrevem as características visuais do objeto e suas qualidades, que podem ser investigadas por meio da estética

empírica, responsável por pesquisar ideias sobre valores estéticos em grupos determinados de pessoas, por meio de suas preferências, que no caso desta pesquisa, consiste na escolha de estratégias configuracionais estético simbólico-funcional que melhor comuniquem o valor ambiental agregado. Os dados apresentados por este modelo fornecem base para o desenvolvimento de diretrizes projetuais aplicáveis pelo designer, o que torna este profissional emissor de mensagens em forma de produtos industriais.

Seguindo o pensamento da estética empírica, o usuário se torna peça fundamental para a configuração de produtos, sendo as informações referentes as suas preferências, determinantes no projeto. Isso ocorre pois, de acordo com o autor, os usuários desenvolvem seus próprios conceitos estéticos, elaborados por meio de suas vivências e experiências do passado e o designer pode se valer deles mediante métodos que permitam sua averiguação (estética empírica).

Mas, para que isso ocorra, é necessário que todos os aspectos visuais estéticos dos produtos sejam conhecidos e enumerados, tornando-se possível projetar um produto industrial novo, que atenda aos valores fixados no processo de design pelo designer industrial e que corresponda às necessidades estético-perceptivas do usuário (LÖBACH, 2001, p.158).

3. ESTÉTICA DA SUSTENTABILIDADE

Neste artigo a abordagem estética adotada é a que se ocupa da aparência, conectando a percepção dos indivíduos aos produtos. Mas, torna-se importante ressaltar, ao discutir a estética da sustentabilidade¹ especificamente, que o termo está atrelado, geralmente, a duas linhas de discussão mais consistentes, que de certo modo estão relacionadas, sendo a primeira referente a ética² (MANZINI, 2006; CASTRO, 2008) e a segunda promovendo o debate sobre a aparência dos produtos com valor ambiental agregado. Este tópico se debruça na linha de pesquisa referente a aparência de produtos com valor ambiental, trazendo autores que contribuíram com a discussão, sobretudo aqueles que expõem o papel do design para a diferenciação estética destes produtos.

Para Zafarmand et al. (2003) o estudo da estética é um fator fundamental para a sustentabilidade, pois consiste em uma das características tangíveis do processo de Desenvolvimento Sustentável, capaz de gerar efeitos nos usuários, incluindo a atração, satisfação, comportamento, atitude e cultura. Para eles, a estética do produto pode atrair clientes antes e durante a compra; afetar emocionalmente o comportamento e a interação do usuário com

o produto; influenciar a imaginação, os gostos e as atitudes dos usuários em relação ao produto e sua marca, o ambiente e os valores de mercado; e pode gradualmente transmitir a sensação de um novo estilo de vida, valores socioculturais reais e toda a filosofia da sustentabilidade. Isto demonstra a importância de pesquisas que objetivem desenvolver estratégias neste campo, diferenciando os produtos ecologicamente orientados dos demais, favorecendo assim o reconhecimento do valor ambiental agregado. Neste viés, é possível promover discussões sobre (IBID, 2003):

1) A importância da estética para a sustentabilidade em geral:

Nesta perspectiva, Manzini (2008) afirma que as habilidades do design devem dar coerência aos produtos e serviços, criando soluções sustentáveis, mas além disto, devem comunicar visões e sistemas de forma adequada, para que o reconhecimento e avaliação de produtos ecologicamente mais coerentes sejam favorecidos. Vezzoli (2010, p.49) acrescenta que a estética tem papel fundamental na efetivação de soluções sustentáveis, já que um produto ecologicamente orientado sem ser percebido como melhoria, comparada a soluções obsoletas, “não é suficiente”.

2) A estética especial de produtos sustentáveis,

Defendido por Walker (2005) em seu trabalho “Desmascarando o objeto: reestruturando o design para a sustentabilidade”. Nele o autor afirma que os objetos sustentáveis “serão” marcadamente diferentes dos produtos existentes, bem como “terão” tipologia estética bastante diferenciada. Alinhado a este pensamento o autor propôs identificadores estéticos que, coletivamente, fossem úteis na distinção de práticas danosas proveniente dos produtos, capazes de caracterizar tipos de bens de consumo “insustentáveis”, sendo eles (IBID, p.49): (a) ser culturalmente neutro ou moderado; (b) livre de impurezas, polido e frágil; (c) oculto e disfarçado; (d) frio ou distante; (e) curvo, arredondado e suave; (f) da moda ou atraente; e (g) completo e inviolável.

Neste viés, Walker (2005) propôs que a estética de produtos com valor ambiental se distanciasse de tais abordagens, trazendo para ilustrar tal situação o “Design de grupo”, em que novos produtos são projetados mediante união de partes obsoletas. Nele, diferentes objetos descartados são colocados lado a lado, a fim de recontextualizá-los para criação de um novo produto funcional. A intenção do autor estava em indicar possibilidades estéticas para a diferenciação entre produtos com valor ambiental agregado e os demais, insustentáveis.

Esta medida pode ser compreendida a partir do que foi exposto por Zafarmand et al. (2003), ao indicar que alguns aspectos inerentes ao valor ambiental agregado à

¹Vezzoli (2010, p.48-49) apresenta no livro “Design de sistemas para sustentabilidade” a necessidade de discutir a “estética da sustentabilidade”. Ele expõe que nestes produtos devem ser vistos como “todo o conjunto de características percebidas que, de alguma forma, fazem com que o produto seja considerado mais atrativo”. Para o autor “deve-se descobrir de alguns exemplos de estética pseudoambiental emergentes: tendências na qual apenas são copiados alguns ícones dos movimentos ambientalistas e criados objetos horríveis, como telefones em forma de baleia, feita de materiais reciclados”. Para ele “esta ideia de design de produtos panda-verde-reciclado”, produzidos em larga escala é um grande engano”.

²Manzini aborda no livro Design, ethics and sustainability: guideline for a transition phase, que o designer se encontra em um amplo campo de atuação, que corrobora para o surgimento de confrontos diversos. Estes culminam em escolhas que podem direcionar a resultados sociais e éticos mais ou menos positivos. Assim, ele é responsável por estabelecer critérios de ação que considere os resultados eticamente relevantes para o contexto ao qual está inserido. Para Castro (2008), tais escolhas são conduzidas a partir das pressões eminentes a cada época, sendo nos últimos anos crescente a consciência ambiental, incorporada aos poucos a agenda do design.

produtos provocam mudanças em sua estética. Para eles, se um produto é projetado para ser sustentável, ou seja, durável, atualizável, reparável, renovável, modular, reparável, reutilizável e/ou reciclável, a sua estética não envolve as particularidades estéticas atribuídas anteriormente a produtos não sustentáveis. Seria o exemplo da embalagem biodegradável abaixo, produzida com fibra de coco, sendo uma alternativa as embalagens de polímero, e atingindo, com o material, uma aparência de produto com valor ambiental e do e dos óculos confeccionados a partir de canudos reciclados, que mostra uma estética diferenciada.



Figura 05 - embalagem de fibra e óculos confeccionado com canudos descartados
Fonte: Google imagens

Debruçada neste ponto, Clementino e Arruda (2018) investigaram a estética sustentável com foco no desenvolvimento de embalagens ecologicamente orientadas, objetivando compreender se os requisitos projetuais sustentáveis atualmente praticados poderia apresentavam potencial para interferir na aparência deste produto. A partir de uma revisão de literatura, elencaram os principais elementos configurativos dos produtos industriais, relacionando-os aos requisitos inerentes ao projeto de embalagens com valor ambiental agregado. Os dados, demonstraram que os requisitos ambientais adotados no projeto podem interferir na aparência do produto.

Os requisitos estudados se mostraram aptos a intervir no modo como se comportam os elementos presentes na estética das embalagens – forma, superfície, material, cor, entre outros, o que por sua vez permitiu o

desenvolvimento de indicativos estéticos que dialogassem com uma ampla quantidade de embalagens sustentáveis produzidas na atualidade. Os esboços iniciais, apresentados no artigo desenvolvido, sugerem os seguintes marcadores estéticos evidentes nas embalagens com valor ambiental (IBID2018):

Indicadores estéticos para projeto de embalagens ecologicamente orientadas
Tamanho reduzido;
Integração entre as partes - unidade;
Sem partes/adereços/componentes excedentes;
Partes conectadas com mesmo material ou encaixe;
Preferencialmente adoção de um material, ou menor quantidade possível;
Resistência aparente;
Adaptabilidade;
Material reciclado ou passível de reciclagem;
Superfícies sem ranhuras/protuberâncias que dificultem limpeza para reciclagem;
Redução na quantidade de cor adotada.
Redução nos níveis de saturação na cor;
Redução na quantidade de imagens utilizadas;
Imagens simbólicas/icônicas;
informações em locais apropriados/visíveis;
Redução da quantidade de fontes adotadas;
Redução no emprego de cor tipográfica;
Adoção de poucos recursos de acabamento nas superfícies.
Apelo afetivo;
Limpeza visual;
Pequeno número de elementos configurativos;

Quadro 01 - Indicadores estéticos
Fonte: Clementino e Arruda, 2018.

Isto ocorre, segundo Zafarmand et. al (2003), pois idealmente, no caso de mudanças na tecnologia, produção e sistema socioeconômico, a estética do produto mudaria acentuadamente. Portanto, um sistema socioeconômico sustentável ao lado de uma tecnologia sustentável, produção e mercado lançaria produtos excepcionais, revelando sua estética especial (IBID, 2003). Alinhado a este pensamento, Walker (2005) “conceitua” produtos ecologicamente orientados como aqueles que consigam romper completamente com os processos de fabricação/tecnologias disponíveis na atualidade, o que por sua vez proporcionaria um novo modelo estético, com resultados diferentes dos presenciados nos produtos convencionais atuais.

Porém, ao analisar alguns produtos com valor ambiental agregado, considerados na atualidade, percebe-se, na verdade, grande semelhança com os produtos

convencionais, diferente do que foi apresentado pelos autores. Como a exemplo da garrafa de polímero produzida pela Coca-Cola, em que é substituído o petróleo por cana-de-açúcar ou a coleção de canetas BIC, confeccionadas com material de descarte (Figura 06 e 07). Observa-se que a aparência dos produtos mantém a estética dos convencionais, insustentáveis, sendo apenas diferenciadas pelos símbolos/informação que remetem ao seu valor ambiental.



Figura 06 - canetas Bic Linha Ecolutions
Fonte: Google imagens



Figura 07 - Embalagem PlantBottle
Fonte: Google imagens

Observa-se que a aparência dos produtos mantém a estética dos convencionais, insustentáveis, sendo apenas diferenciadas pelos símbolos/informação que remetem ao seu valor ambiental, ou por outros aspectos visuais estéticos, como observa-se na Figura 08, a sacola solúvel em água. Seu design adota textos com fontes em caixa alta, ocupando quase todo o produto, e a cor verde, muitas vezes associada ao valor ambiental agregado.



Figura 08 - Embalagem solúvel em água produzida em Bali, na indonésia
Fonte: Google imagens

Esta semelhança, ocorre provavelmente, pois os produtos com valor ambiental agregado são derivados de processos de fabricação e técnicas, que embora sigam diretrizes projetuais diferentes, ainda consistem predominantemente, em produtos produzidos industrialmente, com o mesmo tipo de concepção dos produtos convencionais. Este fator torna-se difícil de alterar, já que segundo Vezzoli (2010, p.29), a reorientação para soluções sustentáveis pode trazer muito mais resultados efetivos do que, provavelmente, retomar os velhos modelos de produção e consumo, como os propostos por Walker (2005, p.62), com a rejeição de fatores de design tais como perfeição estética e estilização. O que se busca na verdade, é que a indústria siga modelos similares aos presentes na natureza, como na ecologia industrial, em que a organização se aproxima do funcionamento do sistema natural, combinando os tecno-ciclos e os biociclos entre si, mas, não que seja extinta como processo produtivo (MANZINI e VEZZOLI, 2016, p.54).

Assim, pode-se afirmar que muitos dos produtos ecologicamente orientados no contexto atual continuarão sendo produzidos de forma similar aos produtos convencionais, sendo o seu resultado estético, provavelmente, predominantemente similar a estes produtos. Nem sempre as soluções munidas de valor ambiental terão aparência diferente dos produtos convencionais. Então, qual seria o caminho para levar estes produtos a serem percebidos como ecologicamente orientados? A resposta pode ser encontrada no próximo ponto proposto por Zafarmand et al. (2003).

3) critérios estéticos relacionados à sustentabilidade do produto.

Este último ponto foi contemplado neste artigo, com o objetivo de discutir o design como responsável por encontrar caminhos para melhorar a comunicação do valor ambiental agregado, nem sempre evidenciado nos produtos ecologicamente orientados. Walter (2005) argumenta, neste sentido, que “uma tipologia estética não

está baseada na função do produto, mas, sim, em pontos tácteis e visíveis de forma e acabamento”, que poderiam conectar os aspectos visuais estéticos dos produtos aos seus modos de produção, que podem ser sustentáveis ou não. Para o autor “uma tipologia estética seria um meio de estabelecer o problema em termos de design”, revelando o que não deveríamos fazer, a partir da estética.

Neste sentido, Pantaleão (2016), expõe o resultado formal-estético como reflexo da manifestação do pensamento do design, capaz de refletir na experiência estética, que por sua vez, abrange espaços além da contemplação formal (física, material). O autor discorre que um design voltado a sustentabilidade deve ser acompanhado de uma postura diferenciada por parte do designer, sendo este fator um agente de modificação na qualidade dos produtos. Ele argumenta que para que haja uma “função estética sustentável” – termo cunhado por Walter, é necessário equilibrar a função estética e prática, mediante intermediação da função simbólica. Neste sentido, ele indica que haja por parte do designer (autor) a subversão na lógica do planejamento, geralmente com foco no objeto, para a promoção de uma psicologia do consumo, capaz de prover o bem-estar pessoal, sociocultural e ambiental. O autor segue afirmando que o design (obra), deve priorizar identificadores estéticos que fortaleçam a relação entre usuário e produto. Além disto, também expõe o usuário (integrante), como atuante no desenvolvimento do produto.

Nesta perspectiva, é possível perceber a relevância em repensar os produtos ecologicamente orientados, integrando a função prática e estética à função simbólica, a fim de estabelecer produtos com valor ambiental agregado como diferenciados dos demais. Neste viés, conjectura-se que o designer deve trabalhar a função prática atrelada a valores estéticos que comuniquem o valor ambiental através da função simbólica, que parte da compreensão acerca do repertório da população sobre o tema, traduzindo tais informações para aspectos visuais estéticos do produto.

De acordo com Luchs e Kumar (2014), para que esse sinal seja eficaz, o produto deve ser intencionalmente projetado para se diferenciar visualmente dos produtos comuns. Embora projetar um produto para parecer visualmente distinto possa parecer arriscado, a pesquisa realizada por eles sugere que as empresas realmente têm alguma margem para buscar uma estratégia de design estético diferenciado. Mesmo que o produto seja considerado esteticamente inferior aos produtos concorrentes, os autores sugerem que esse é um *trade-off* que não impede a preferência de consumidores que valorizam especialmente a sustentabilidade.

Fica evidente que para alcançar resultados eficazes para a estética de produtos com valor ambiental, a resposta reside no âmbito da comunicação estética, que ocorre entre designer, produto e consumidor. O designer, por meio de sua competência ligada a configuração dos produtos, favorece a busca por soluções capazes de materializar o conceito de valor ambiental, já arraigado no imaginário da sociedade; e a sociedade, que vem amadurecendo seu entendimento sobre o conceito de sustentabilidade ambiental, e por sua vez pode, por meio de seu repertório, apresentar caminhos para a construção de indicadores estéticos capazes de diferenciar os produtos ecologicamente orientados (Figura 09).



Figura 09 - Esquema proposto pela autora para construção de indicadores estéticos focados no valor ambiental
Fonte: Autora

Para Cardoso (2012, p.250), o embate entre o ‘consumir mais, para gerar riquezas’ e o ‘consumir menos, para preservar recursos’ ainda é uma das questões mais difíceis no campo do design no século XXI, sendo uma tarefa para toda a sociedade, já que no mundo complexo os problemas demandam soluções coletivas e não se concentram apenas em um único campo de conhecimento. Nesta pesquisa esta questão é direcionada ao designer juntamente com o consumidor, que segundo Löbach (2001, p.187), desenvolve seus próprios conceitos, elaborados por meio de suas vivências e experiências do passado. Caminho razoável, visto a necessidade, segundo Vezzoli (2001), de se buscar um pluralismo estético para a estética da sustentabilidade.

Walker (2005), já apresentava a necessidade de construir uma tipologia estética divergente entre produtos sustentáveis e convencionais, sendo necessário para isto trazer indicadores estéticos que possam se tornar comuns a muitos bens de consumo, podendo ser coletivamente úteis na distinção de práticas insustentáveis. Vezzoli (2010) afirma que a estética deve se originar nos valores sustentáveis

presentes na população, podendo assumir várias formas, dependendo do contexto e do designer. Mas, onde buscar estes valores para o estabelecimento de uma estética própria aos produtos ecologicamente orientados?

O tópico a seguir apresenta pesquisas que expõem a percepção do público como parte da construção estética dos produtos, bem como trabalhos que já demonstram resultados na busca por indicadores estéticos que favoreçam o desenvolvimento de produtos com valor ambiental, contribuindo para que o designer consiga trazer diferenciação ao produto, mesmo quando este não contar com produção que propicie uma aparência sustentável. Nesta perspectiva Bonsiepe (2011) afirma que a ciência do design deve fornecer subsídios para melhorar a prática, favorecendo a criação de disciplinas projetuais que capacitem os alunos para reflexão e os auxiliem, sobretudo, nas áreas de comunicação e design industrial. O autor ilustra esta necessidade afirmando que se um design recebe hoje a incumbência de projetar uma embalagem sustentável não poderá evitar a busca por conhecimentos científicos que o dê embasamento para a atividade projetual.

3.1. Trabalhos Afins: aspectos visuais estéticos e percepção do valor ambiental agregado

A percepção acerca dos aspectos visuais estéticos aparece em pesquisas de diversas áreas do design, objetivando trazer compreensão acerca dos melhores meios para proporcionar comunicação entre os produtos e os consumidores. Tendo como finalidade a integração das decisões do projeto à percepção do público.

Adentrando no tema deste artigo, na busca pela comunicação do valor ambiental agregado Zafarmand et al. (2003), realizaram uma revisão de literatura objetivando elencar estudos que abordassem os atributos estéticos práticos para a sustentabilidade do produto. Para isto, selecionaram 160 palavras-chave sobre estética do produto, provenientes de 50 referências sobre design de produto sustentável, publicados de 1984 a 2002. Na pesquisa, foram discriminadas sete categorias principais: "durabilidade estética"; "Atualização estética e modularidade"; "Simplicidade e minimalismo"; "Lógica e funcionalidade"; "Formas e materiais naturais"; "Identidade estética e cultural local"; e "individualidade e diversidade". De acordo com os autores, para melhorar as tendências e os valores estéticos do mercado e fortalecer o valor ambiental, esses atributos poderiam fornecer aos designers instruções para novos projetos e negócios, além de permitirem a aplicação como diretrizes para o gerenciamento e desenvolvimento da estética de produtos com valor ambiental.

Santos (2012) em sua dissertação *Avaliação da percepção dos usuários sobre a comunicação da sustentabilidade em produtos: o modelo persus*, investigou a comunicação de produtos ecologicamente orientados, centrando o projeto na forma como o usuário percebia as estratégias de sustentabilidade. O objetivo estava em apresentar um modelo experimental de métodos da percepção aplicados ao design de produtos, buscando informações relevantes sobre o processo de comunicação de estratégias e recursos do design para a sustentabilidade, por meio do discurso dos usuários acerca dos produtos apresentados. O contato com informações sobre características técnicas foi visto como um fator capaz de alterar a percepção dos usuários sobre produtos, sendo a informação reforçada pelos indivíduos participantes aos associarem o valor ambiental, predominantemente ao tipo de material (Monomaterial ou biodegradável) e através de tamanho e peso do produto.

Salek e Formiga (2015) em artigo intitulado *Greenwash my hair: um estudo de caso acerca das percepções de sustentabilidade em embalagens de xampu e condicionador sob a ótica do consumidor*, investigaram as percepções do consumidor na relação entre sustentabilidade e embalagens de condicionador e xampu. Eles concluem que a cor da embalagem é o primeiro aspecto observado, sendo o uso do verde um forte indicador de sustentabilidade. Também apontam para o uso de transparência, clareza e limpeza visual como artifício para atrair a percepção acerca da sustentabilidade em xampus e condicionadores, além de palavras e imagens relacionadas à sustentabilidade como "eco", "verde" e "sustentável".

No artigo intitulado *Avaliação da percepção dos consumidores sobre a dimensão ecológica das embalagens alimentícias: uma análise visual* a autora Clementino et al. (2017), avaliou graficamente as embalagens com valor ambiental a partir da percepção do público. Os dados apontaram para a importância da percepção do público na construção de estéticas que facilitem a comunicação da orientação da embalagem, sendo eles: a forma de trabalhar a composição visual da embalagem, com alta pregnância; e a forma de empregar os elementos constitutivos, reduzindo a paleta de cor e a saturação, adotando o uso do verde em detalhes, imagens com detalhes que remetam a imagens naturais e fundo com conceitos que se oponham ao industrial (CLEMENTINO et al., 2017).

Ampliando a descoberta da autora supracitada sobre a cor, ela afirma que alguns aspectos se mostram relevantes para a percepção do valor ambiental em embalagens, sendo eles:

- Paleta reduzida de cores: as embalagens que utilizaram a menor quantidade de cores em sua composição gráfica foram mais associadas à sustentabilidade pelos respondentes (253 no total). A associação foi decaindo de acordo com o aumento de novas cores, fator visto em dois casos experimentados. Segundo os participantes a redução na paleta de cor é associado a diminuição no uso de materiais (tinta) no processo de impressão;

- Redução no nível de saturação e claridade: os dados demonstram padrão na percepção acerca do nível de saturação e claridade empregadas na composição de embalagens alimentícias, tendo as embalagens com baixo valor de saturação e alta claridade, atingido valores altos de escolha. Na medida em que foram sendo aumentados os valores de saturação e reduzida a claridade, as embalagens passaram a perder a comunicação acerca da sustentabilidade, sendo considerável a diferença entre a escolha das embalagens com baixa saturação e as com valores mais altos. Essa associação é feita, segundo os participantes, porque cores dessaturadas aparentam requerer menor quantidade de química no seu processo de produção, o que por sua vez, traria menores danos ao meio ambiente, além disto, as cores com baixa saturação remeteriam a tintas com composição mais naturais.

Para Magnier e Schoormans (2017) no artigo *How Do Packaging Material, Colour and Environmental Claim Influence Package, Brand and Product Evaluations?* o sucesso de embalagens com valor ambiental depende muito da compreensão e aceitação dos consumidores. Para os autores, há necessidade de pesquisas sobre a influência dos aspectos visuais das embalagens nas avaliações acerca do valor ambiental, apresentando este campo como uma lacuna no conhecimento. Os pesquisadores realizam um experimento com 207 consumidores holandês, testando empiricamente se o material e a cor utilizados na embalagem, bem como a presença de uma reivindicação ambiental pela empresa, afetam a avaliação sobre a percepção do valor ambiental. Eles constataram que os aspectos visuais e a reivindicação ambiental influenciam as avaliações da embalagem quanto a responsabilidade da marca.

Segundo os autores, a pesquisa supracitada contribui para a literatura atual sobre sustentabilidade de embalagens, pois mostra que é possível comunicar o valor ambiental por meio de aspectos visuais estéticos. Ao analisar a influência do material e cor na avaliação da compatibilidade com o meio ambiente da embalagem, foi demonstrado especificamente que a embalagem feita de um material à base de fibra foi percebida como mais favorável ao meio ambiente do que as embalagens plásticas. Esses

resultados corroboram com a literatura anterior sobre a influência do material na avaliação do valor ambiental em embalagens. Mais precisamente, confirma em um contexto experimental que os materiais à base de papel são vistos como tendo menor impacto ambiental do que os materiais plásticos. Além disso, o estudo mostra que a cor do plástico também pode influenciar a percepção do valor ambiental. A embalagem de plástico branco foi percebida como mais ecológica do que a mesma embalagem de plástico vermelho. Mais precisamente, os resultados mostram que é provável que as cores vermelhas tenham uma influência negativa na percepção de respeito pelo ambiente. Esses resultados apoiam a hipótese de que a cor desempenha um papel nas avaliações dos consumidores quanto à compatibilidade com o ambiente (IBID, 2017).

Moritz e Brockhaus (2017) no artigo *Dancing in the dark: Challenges for product developers to improve and communicate product sustainability*, expõem que os designers de produtos “dançam no escuro” com relação à sinalização de sustentabilidade, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que supram esta lacuna. Baseado nisto, os autores apresentam as conclusões de um experimento comportamental sobre as reações dos consumidores aos esforços de sustentáveis das empresas. Na pesquisa, foram investigados como o emprego de “materiais mais sustentáveis” e “design exterior verde” influenciam as percepções dos consumidores sobre qualidade, sustentabilidade e estética dos produtos. Como resultado a análise sugere que os esforços de design exterior “verde”, que aqui podemos chamar de aparência, bem como o uso de materiais mais sustentáveis, geralmente têm um efeito positivo na sustentabilidade geral percebida. No entanto, o tamanho do efeito pode variar dependendo da natureza do produto. Além disso, é revelado que ambas as estratégias podem surgir como um impedimento à qualidade percebida, assim, os designers devem examinar atentamente as preferências do cliente antes de embarcar em uma jornada para buscar um design “verde”, bem como abordagens de materiais sustentáveis.

A pesquisa supracitada sugere ainda que pistas visuais através da aparência “verde” levam a reações muito mais fortes do que as descrições do material. Conclui-se assim, que a sinalização de valor ambiental é facilitada por dicas visuais, e não por escolhas de materiais que podem permanecer opacas para o cliente, apesar das informações por escrito. Deste modo, os pesquisadores alertam para que, se o objetivo for comunicar sustentabilidade, deve-se adotar pistas visuais sem perder o foco das compensações referentes à qualidade e à percepção de desempenho quando o produto tenta comunicar alto valor.

Nas pesquisas supracitadas, é possível perceber esforços iniciais para trazer ao campo do design informações acerca dos aspectos visuais estéticos de modo a tornar as decisões dos designers mais efetivas quanto a comunicação do valor ambiental agregado. De fato, é notável o avanço nos dados trazidos a partir destas pesquisas, porém, é importante ressaltar que em todas elas os aspectos são estudados de modo isolado, ou relacionados a poucos elementos, sem que seja levado em consideração a percepção quanto ao conjunto de recursos adotados para a configuração do produto, diferente do que é proposto por vários teóricos que expressam que o processo de avaliação visual é realizado de forma global pelo indivíduo, em que são observadas as relações entre todos os elementos presentes, e não apenas as partes isoladas (LÖBACH, 2001; NASAR, 2000; GOMES FILHO, 2009).

O isolamento das informações pode trazer para o designer a percepção de que a adoção de um único recurso já se faz pertinente para a comunicação do valor ambiental, enquanto na verdade, os demais utilizados não contribuem para efetivar a mensagem. Além disto, os dados trazidos por meio das pesquisas podem não serem passíveis de adoção em todos os produtos que serão projetados, inviabilizando a melhoria na comunicação do valor ambiental. Esta constatação expõe a necessidade de soluções que possam auxiliar o designer em projetos específicos, em que os recursos passíveis de alteração possam ser levados em consideração em detrimento dos que não podem sofrer alteração, devido linguagem da marca ou qualquer outra limitação do projeto.

Pode-se afirmar ainda que, embora o designer tenha papel importante na construção de novos produtos e serviços ambientalmente corretos, o mesmo deve estar trabalhando junto à sociedade - e a outros campos do conhecimento, levando em consideração não só a sua percepção, sobre a problemática ambiental e suas possíveis soluções, mas também incorporando as percepções dos demais envolvidos. Só deste modo o designer conseguirá avançar e transitar para busca de "Novos cenários que correspondam a estilos de vida sustentáveis" (Manzini e Vezzoli, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos são compostos por três funções que demandam decisões do designer durante o projeto. Entre elas, duas recebem destaque na estética atrelada ao valor ambiental de produtos que não transpareçam tal informação. A primeira é a função estética, em que o designer seleciona quais aspectos visuais serão utilizados para configurar o produto. A partir do que foi exposto, os aspectos

podem ser compreendidos como estímulos ou fatores visuais que despertarão a atenção do consumidor, evocando interpretações/julgamentos mediados pelo repertório do observador, o que compõe a função simbólica. Ao estabelecer a função estética, ou seja, ao selecionar os aspectos visuais, o designer interferirá no modo como o produto será percebido, sendo isto crucial para o desenvolvimento da comunicação a partir da função simbólica, e imprescindível para o estabelecimento de uma estética sustentável para o produto.

Esta situação expõe a importância do designer para o estabelecimento e eficácia da mensagem pretendida para o produto, fortalecendo a necessidade de ferramentas que possam auxiliá-lo na tomada de decisões estéticas a partir da consulta ao público (avaliação), visto que parte destes o repertório que configurará a resposta a mensagem visual apresentada em forma de produto.

Diante da revisão realizada em variadas bases de dados de conhecimento disponíveis, foi possível destacar a pertinência de estudos focados na percepção dos indivíduos sobre os problemas provenientes do ambiente artificial que os cercam, como é o caso da comunicação do valor ambiental, sendo um anseio da sociedade voltada a mudança de paradigmas de consumo no contexto atual. É possível introduzir o repertório existente em investigações de cunho empírico. Na estética empírica encontra-se meios para compreensão das respostas subjetivas, capazes de indicar caminhos para a melhoria do processo comunicativo acerca do valor ambiental, que ocorre ao levar em consideração todos os agentes envolvidos (produtor/emissor, a mensagem e o observador/receptor).

A partir dos estudos empíricos torna-se possível compreender como a configuração das mensagens visuais poderia comunicar o valor imbuído no produto. Sendo para isto necessário expor o consumidor a alternativas munidos dos recursos visuais recorrentes para a construção da mensagem (figura, elementos e constituição da figura) e buscar entender como estes podem ser adotados para facilitar o processo comunicativo acerca do valor ambiental. Tais informações podem gerar diretrizes mais assertivas para o projeto, bem como facilitar as decisões projetuais.

Deste modo, é possível conjecturar que as informações expressas pelo público podem contribuir para o estabelecimento de quais e como os aspectos visuais estéticos poderiam diferenciar os produtos ecologicamente orientados dos demais, a partir da avaliação do público. Este caminho pode viabilizar a redução dos ruídos presentes em produtos que, mesmo contendo valor ambiental, aparentemente tem similaridade com os produtos

convencionais. Os designers podem, a partir dos dados gerados, criar uma aparência coerente ao produto, relacionando as funções prática e estética à função simbólica dos produtos com valor ambiental agregado.

Para avaliar a Qualidade Visual atrelada ao valor ambiental, parte-se do princípio de que os aspectos visuais estéticos podem ser configurados de modo a comunicar informações acerca da orientação do produto, podendo uma mensagem ser mais eficaz que outra a partir da configuração. Assim, entende-se que, existem formas de organizar os aspectos visuais estéticos de modo a desenvolver uma mensagem mais clara, sendo este um problema de design.

Para estudar como os aspectos visuais podem contribuir para o estabelecimento de uma estética sustentável, ficou evidente a relevância da correlação entre eles, visto que os indivíduos não observam isoladamente cada recurso visual utilizado, mas aprecia a completude. É pertinente que haja ferramentas capazes de auxiliar o designer a selecionar os recursos visuais mais adequados, favorecendo a comunicação do valor ambiental, considerando os demais, inclusive os que não corroboram com a mensagem estabelecida (limitações).

5. CONCLUSÕES

É possível perceber esforços iniciais para trazer ao campo do design informações acerca dos aspectos visuais estéticos de modo a tornar as decisões dos designers mais efetivas quanto a comunicação do valor ambiental agregado. Pode-se afirmar que embora o designer tenha papel importante na construção de novos produtos e serviços ambientalmente corretos, deve também estar trabalhando junto à sociedade para buscar alternativas que contribuam para melhorar a comunicação entre os produtos ecologicamente orientados e os consumidores.

É preciso considerar não só a problemática ambiental e suas possíveis soluções, mas também incorporar as percepções dos demais envolvidos para o processo de diferenciação dos produtos com valor ambiental, sendo um caminho pertinente, pesquisas de cunho estético mediante métodos pautados na estética empírica.

REFERÊNCIAS

- BENSE, Max. **Pequena estética**. 3 ed. São Paulo: Perspectiva, 2009. ISBN: 978-85-273-0385-9.
- BOMFIM, Gustavo Amarante. **Notas de Aula sobre Design e Estética**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, Departamento de Artes & Design - Laboratório da Representação Sensível, 2001.
- BONSIEPE, Gui. **Design, Cultura e Sociedade**. São

Paulo: Blucher, 2011.

BÜRDEK, Bernard E. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgard, 2006. ISBN 85-212-0375-6

CARDOSO, Rafael. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: COSAC NAIFY, 2013. 264 p. ISBN 978-85-405-0098-3.

CASTRO, Maria Luiza A. C. Da ética construtivista à ética sustentável: a trajetória do design. **Cadernos de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**. v. 8, n. 1, 2008.

CLEMENTINO, Thamyres Oliveira; SILVA, Itamar Ferreira; FERNANDES, Tânila Kassimura. Avaliação da percepção dos consumidores sobre a dimensão ecológica das embalagens alimentícias: uma análise visual. **REVISTA EDUCAÇÃO GRÁFICA**, v. 21, p. 1-23, 2017.

CLEMENTINO, T.O.; ARRUDA, A. J. V. . A influência dos requisitos projetuais sustentáveis na estética das embalagens ecologicamente orientadas. **ESTUDOS EM DESIGN (ONLINE)**, v. 26, p. 2, 2018.

FARINA, Modesto. **Psicodinâmica das cores em comunicação**. São Paulo: Edgard Blucher. 2011.

GOMES FILHO, João. **Gestalt do Objeto: síntese de Leitura Visual da Forma**. 9 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2009. 133 p. ISBN 978-85-86303-57-9.

INSTITUTO AKATU. **Pesquisa Akatu 2018: panorama do consumo consciente no brasil: desafios, barreiras e motivações**. Disponível em: < https://www.akatu.org.br/arquivos/Pesquisa_akatu_apresentacao.pdf. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

KAZAZIAN, Thierry. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2009. 193 p. ISBN 978-85-7359-803-2.

KRUKEN, Lia; TRUSEN, Christoph. A comunicação da sustentabilidade em produtos e serviços. In: MORAES, D.; _____ (org.). **Cadernos de estudos avançados em Design: sustentabilidade I**. Barbacena, MG: Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais – EdUEMG, 2009. p. 59-68. ISBN 978-85-62578-00-7.

LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração de produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 208 p. ISBN 85-212-0288-1.

LUCHS, Michael G; kumar, Minu. “Yes, but this Other One Looks Better/Works Better”: How do Consumers Respond to Trade-offs Between Sustainability and Other Valued Attributes? **J Bus Ethics** (2017) 140: 567–584. DOI 10.1007/s10551-015-2695-0.

MAGNIER, Lise; SCHOORMANS, Jan. How Do Packaging

Material, Colour and Environmental Claim Influence Package, Brand and Product Evaluations? *Packaging Technology and Science*, 2017. 30(11), 735–751. doi:10.1002/pts.2318

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016. 366 p. ISBN 978-85-314-0731-4.

MORITZ, Petersen; BROCKHAUS, Sebastian. (2017). Dancing in the dark: Challenges for product developers to improve and communicate product sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 161, 345–354. doi:10.1016/j.jclepro.2017.05.127

NASAR, J. **The evaluative image of places**. In W. Bruce Walsh; Kenneth H Craik; Richard H. Price. 2000. 2nd ed. (Eds). *Person-environment psychology: new directions and perspectives*, pp 117-168. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

ORSATO, Renato J. Posicionamento ambiental estratégico. Identificando quando vale a pena investir no verde. **READ – Revista Eletrônica de Administração**. UFRGS, v. 8, n. 6, p. 1-29, nov. 2002

ORSATO, Renato J. Competitive Environmental Strategies: WHEN DOES IT PAY TO BE GREEN? **California management review**. University of California, Berkeley, v. 48, n.2, p.127-142. 2006.

PANTALEÃO, Lucas Farinelli; PINHEIRO, Olympio José; MENEZES, M. S. **Teoria e prática, ética e estética no design de produtos: questões de sustentabilidade como alternativa para subversão da atual cultura material de consumo**. CIMODE 2016 - 3º Congresso Internacional de Moda e Design, 2016.

SALEK, Felipe Lopes de Lima; FORMIGA, Eliana. Green wash my hair: um estudo acerca das percepções de sustentabilidade em embalagens de xampu e condicionador sob a ótica do consumidor. In: SEMIC – Seminário de iniciação científica, 2015. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ESPM. ISSN 2358-2138.

SANTOS, Ivan Mota. **Avaliação da percepção dos usuários sobre a comunicação da sustentabilidade em produtos: o modelo Persus**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte 2012.

SILVEIRA, N. B. da M. **Morfologia do objeto: uma abordagem da gramática visual/formal aplicada ao design de artefatos materiais tridimensionais**. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. 181 f.

WALKER, Stuart. Desmascarando o objeto: reestruturando o design para sustentabilidade. **Revista Design em Foco**, Bahia, vol.2, n.2, p. 47-62. 2005.

VEZZOLI, Carlo. **Design de sistemas para a sustentabilidade**. 1 ed. Salvador: EDUFBA, 2010. 342 p. ISBN 978-85-232-0722-9

ZAFARMAND, Seyed Javad; SUGIYAMA, Kazuo; WATANABE, Makoto. Aesthetic and Sustainability: The Aesthetic Attributes Promoting Product Sustainability. **The Journal of Sustainable Product Design**, 2003. 3(3-4), p. 173–186. doi:10.1007/s10970-005-6157-0

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES pelo fomento a esta pesquisa; ao PPGDesign da UFPE e PPGDesign da UFCG, pelo suporte fornecido através dos professores orientadores deste trabalho; e ao grupo de pesquisa BIODESIGN ao qual fazemos parte.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1323-2831>

THAMYRES OLIVEIRA CLEMENTINO, M.Sc. | Professora de Design na Unidade Acadêmica de Design - UFCG, Campina Grande, Paraíba (PB) - Brasil | Correspondência para: R. Tv. Américo Carneiro, 301 - Jardim 40, Campina Grande - PB, 58416-053 | e-mail: thamyres.oliveira.clementino@gmail.com | Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7207288359171040>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4551-4497>

AMILTON JOSÉ VIEIRA DE ARRUDA, Ph.D. | Universidade Federal de Pernambuco | Programa de Pós-graduação em Design | Recife, PERNAMBUCO (PE) - Brasil | Correspondência para: R. General Aduino Gomes Barbosa, 94 Apt 302 - Várzea, Recife - PE, 50741-280 | E-mail: arruda.amilton@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0874-9345>

ITAMAR FERREIRA DA SILVA, Dr. | Coordenador do PPGDesign - UFCG | Professor na Unidade Acadêmica de Design - UFCG, Campina Grande, Paraíba (PB) - Brasil | Correspondência para: Universidade Federal de Campina Grande, Unidade acadêmica de Design, 58429900 - Campina Grande, PB - Brasil | e-mail: itamarfs0210@gmail.com | Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7437181641061519>

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CLEMENTINO, Thamyres Oliveira; ARRUDA, Amilton José Vieira de; SILVA, Itamar Ferreira da. Estética da Sustentabilidade: O Valor Ambiental Percebido Por Meio dos Aspectos Visuais do Produto. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 123-138, mai. 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.n2.123-138>.

DATA DE ENVIO: 16/04/2020

DATA DE ACEITE: 26/04/2020

THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF A ETICS LAYER: A CASE OF STUDY WITH LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) FROM ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) IN PORTUGAL

IMPACTO AMBIENTAL DE UMA CAMADA DO SISTEMA ETICS: UM ESTUDO DE CASO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) A PARTIR DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO (DAP) EM PORTUGAL

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, Dra. | UFSC

MARIJA KEKEZ | ESTG

HELENA MARIA GALHA BÁRTOLO, Dra. | UFSC

ABSTRACT

This paper is focused on LCA (Life Cycle Assessment) of specific product based on lime used in Portugal how a more sustainable solution for building construction. This product is decorative mineral render based on lime used as final layer to an External Thermal Insulation Composite System (ETICS) based on cork boards (ICB). The case under study presents as differentials the use of cork, a natural product that has Portugal as the largest supplier in the world and mortars with a greater amount of lime and less use of cement. This is an attempt to reduce the ecological footprint by the manufacturer. In this way, this article analyses the data provided in the Environmental Product Declaration (EPD) by the manufacturer, trying to establish a comparative impact reduction with other similar products.

KEY WORDS: LCA (Life Cycle Assessment); External Thermal Insulation Composite System (ETICS); EPD (Environmental Product Declaration)

RESUMO

Este artigo está focado na ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) de um produto específico à base de cal utilizado em Portugal como uma solução mais sustentável para a construção civil. Este produto é um revestimento mineral decorativo à base de cal empregado como camada final em um Sistema Composto de Isolamento Térmico Externo (ETICS) constituído por placas de cortiça (ICB). O caso em estudo apresenta como diferenciais o uso da cortiça, um produto natural que tem Portugal como maior fornecedor mundial e argamassas com maior quantidade de cal e menor uso de cimento, na tentativa de reduzir a pegada ecológica do produto para o fabricante. Dessa forma, este artigo analisa os dados fornecidos pela Declaração Ambiental do Produto (DAP) do fabricante, tentando estabelecer um comparativo da redução do impacto com outros produtos de uso similar.

PALAVRAS-CHAVE: ACV (Avaliação do Ciclo de Vida); Sistema Compósito de Isolamento Térmico Externo (ETICS); DAP (Declaração Ambiental de Produto)



1. INTRODUCTION

Many things affect the quality of the life on Earth. Due to that, scientists and engineers are working on improving the quality of life by innovating new technologies and implementing new methods for the industries that are decreasing the life quality. Nowadays, it is important to be sustainable, due to climate crisis and many environmental issues.

The sustainable building must be efficient in the management of water, waste and energy, among many other things. For the building to be energy efficient, it must have good insulation systems in order to reduce energy consumption. One of the most important elements, in this point of view, is the building's façades, where 70% of the term changes occur in buildings with more than three floors. In European countries, like Portugal, the importance of ensuring good thermal insulation for the facades is even greater, as the thermal variations can range from 30 °C until -10 °C.

However, the sustainability of the insulation system is not only in its contribution to energy expenditure in the building use stage, but also in reducing the impacts on its production of its components during the initial stages of the life cycle.

Life Cycle Assessment (LCA) is the tool by which a product's impact on the environment through its lifetime is evaluated. In the context of recycling, it helps to determine if waste reduction, recycle, resource recovery or disposal is the best practicable environmental option. It has been extensively applied in solid waste management (MCDonough and Braungart, 2010), but also is applied in assessment of others impacts, like energy consume, water and GEE – Greenhouse Gases Emissions.

Life Cycle Assessment (LCA) methodologies were developed to create decision support tools for distinguishing between products, product systems, or services on environmental grounds. The evolution of the methodology brings a number of related applications like its use as basis to communicate the environmental performance of the products to stakeholders. (DEL BORGHI, 2013). This communication of the environmental impacts of the products can be accomplished through environmental declarations made by the manufacturers.

There are specific standards for LCA-based environmental labels and declarations (ISO 14021 (1999), ISO 14024 (2006), and ISO 14025 (2009). According to Del Borghi (2013) an Environmental Product Declaration (EPD), is a type III of environmental declaration standardized by ISO 14025 (2009) and LCA-based tool to communicate the environmental performance of a product. The EPD must meet a number of requirements for how the LCA should be performed to be used as basis for an EPD.

This paper is concentrated on LCA of specific alternative product based on lime. This product is decorative mineral render based on lime used as final layer to an External Thermal Insulation Composite System (ETICS) based on corkboards. The Figure 1 shows a generic ETICS system and its components available in Portuguese market. ETICS are often used in Europe since the 70's, both in new buildings and in retrofitting (BARREIRA; FREITAS, 2014).

In other countries, such as the United States and Canada, ETICS is known by other names, such as EIFS (External Insulation and Finishing System), also called External Wall Insulation Systems in Ireland and the United Kingdom, and in the case of Spain it is known as SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior) (PERDIGÃO, 2013). In Portugal, it is commonly referred as CAPOTO.

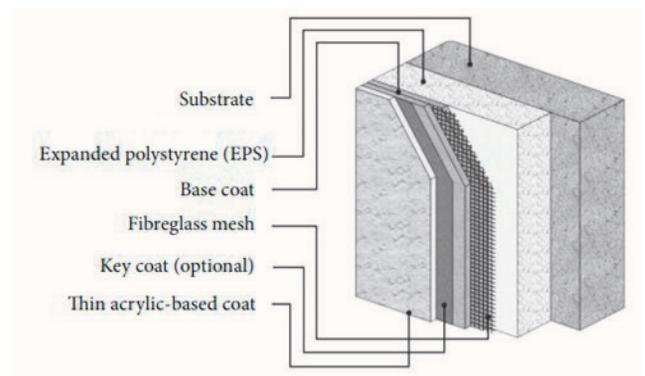


Figure 1 - Schematic example of ETICS available in the Portuguese market.
 Source: BARREIRA; FREITAS (2014), FREITAS (2002).

Perdigão (2013) realized a comparison of the environmental impact of two ETICS systems of the same composition in the layers, with modification only of the insulation layer: one with EPS board (Expanded Polystyrene) and the other with ICB (Insulation Coark Board). A summary of the comparison made regarding the main environmental impacts is presented in table 1, highlighting in green for the system that has less impact in the evaluated categories.

	System A		System B	
	Characterization	Normalization	Characterization	Normalization
Embodied energy (MJ/m ²)	257,3117		79,037	
Global warming (kg CO ₂ eq)	27,14077	0,002212	25,7015	0,002095
Ozone depletion (kg CFC-11 eq)	4,1E-06	1,37E-05	4,06E-06	1,35E-05
Photochemical oxidation (kg C ₂ H ₄ eq)	0,031765	0,000986	0,023891	0,000742

Acidification (Kg SO2 eq)	0,131233	0,002228	0,132384	0,002248
Eutrophication (kg PO4 3- eq)	0,04953	0,006191	0,051671	0,006459
Primary energy (MJ eq)	530,1171	0,003475	473,0208	0,003101

Table 1 - Comparative summary ETICS with EPS (system A) versus ICB (system B) in the characterization and normalization steps.

Source: PERDIGÃO (2013).

Table 1 shows the lower environmental impact of the ETICS composed of cork boards. However, some characteristics such as the finishing layers may suffer alterations, which justifies this research.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. About ETICS

An External Thermal Insulation Composite System (ETICS), as its name indicates, is a system in which insulation is applied from the outside of the building. According to Collina (2007) ETICS is a “system usually including an adhesive, a leveling mortar, an insulation panel, an alkali-resistant reinforcement grid, a primer and a finishing coat, as well as sealants and accessory materials for the installation.” Its benefits are:

“guarantees the reduction of the thermal bridges and greater thermal comfort due to the higher interior thermal inertia, providing a finished appearance similar to the traditional rendering. From the construction point of view, ETICS allows thinner exterior walls and increases the facades’ durability. To the pointed advantages, three very relevant aspects in the construction industry must be added: low cost, ease of application, and possibility to be installed without disturbing the building’s dwellers, which is particularly important in refurbishment.” (BARRREIRA; FREITAS, 2014)

However, ETICS practical applications, normally in Portugal with EPS (Expanded Polystyrene) boards, showed some problems: (i) low impact resistance; (ii) cladding detachment due to biological growth; (iii) lack of flatness; (iv) cracks along the insulation board joints or windows corners; (v) accumulated dirt; (vi) blistering or delamination of the finishing coating or of all rendering layers; and (vii) lack of adhesiveness of the system. The scientific community has performed studies to characterise these systems: properties of its components, main problems, and, to develop solutions (BARRREIRA; FREITAS, 2014; KÜNZEL et. al., 2006).

Other authors, such as Michałowski et. al. (2020), have analyzed the behavior of the external layers of ETICS systems. This research assumes special relevance for this paper.

The Figure 2 shows ETICS system used on this research and its components. The case under study presents as differentials the use of cork in boards and mortars. Cork is a natural product that has Portugal as the largest supplier in the world. The focus of this research is the layer 9 that use a mortar with a greater amount of lime and less use of cement, in an attempt to reduce the ecological footprint by the manufacturer. In this way, this article analyzes the data provided in the Environmental Product Declaration by the manufacturer, trying to establish a comparative impact reduction with other products. (UNOPS, 2009; MATOS et. al., 2020)

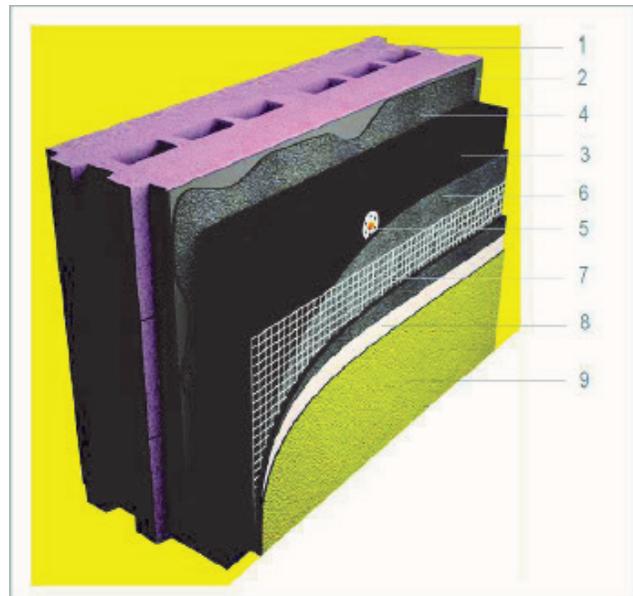


Figure 2 - Composition of insulating coating for exterior (ETICS).
 Source: Weber Naturcork (2020).

- 1) Base (wall)
- 2) Regularization mortar layer. Mortar adhesive naturcork
- 3) Insulation board: thermo cork
- 4) Mortar adhesive with cork
- 5) Mechanical fixings
- 6) Mortar coating (2 layers): Weber. Therm naturcork.
- 7) Fiber mesh cloth
- 8) Finishing: natural skin. Naturkal

The scope of the analysis is restricted to the production of the lime mortar for the ETICS system finishing layer. Soon the production stages analyzed comprise A1 (Raw Material Extraction and Processing), A2 (Raw

Material Transportation for Lime Production), A3 (Lime Mortar Production). Stages A4 (Transport of the Product to the building site) and A5 (Construction and Installation Process) was not considered. For this research, the data provided by the manufacturer from A1 to A3 are analysed from cradle-to-gate method.

It is very difficult for suppliers to report the data for the A4 and A5 steps, because the construction site distance differs and consequently transport distances change and construction processes (A5) also need the support of builders to be obtained. When the supplier enters these data into the EPD, it is because he has carried out some case study on a specific site. Thus, these studies are generally unrepresentative.

2.2. Case of study

The product analysed on this research is a mineral lime based colored finishing product for interior and exterior walls. It is composed of aerial lime, cement, aggregates and organic and/or inorganic specific additives. Table 2 shows the components for finishing layer on ETICS and its technical characteristics (figure 1, layer 9).

Component	Percentage (mass)
Hydrated lime	15%
Cement	6,5%
Inert material	73,5%
Additives	5%

CE mark: EN 998-1:2010	Testing / Decision	Declared value	Units
Density	EN 1015-10]1000-1200]	kg/m ³
Adherence	EN 1015-12	≥ 0,30	N/mm ²
Thermal conductivity	EN 1745 Tabulated value; P=50%	(λ10,dry) 0,33	W/m.K
Water absorption	EN 1015-18	W1	---
Permeability to water vapor	EN 1015-19	< 15	---
Class of reaction to fire	Comission decision 2000/147/CE	Class F	---

Table 2 - Composition of layer 9 (for finishing) and technical characteristics of lime mortar for ETICS system.

Source: Weber Naturkal (2020).

2.3. Procedure

This article analyses the data provided in the Environmental Product Declaration (EPD) by the manufacturer, trying to establish a comparative impact reduction with other products based on cement. The environmental impact was

analysed only for one layer of ETCIS: the finishing layer considering de fabrication process for Carregado, an unit for Saint Gobain Factory in Portugal.

The EPD was analysed. The scope used for ACV is known as the "cradle to gate " and the following life cycle stages have been considered: raw materials supply (A1); transport (A2) and manufacturing (A3) (WEBER, 2020).

The impact indicators analysed was:

Global Warming Potential (GWP) is mostly affected by emission of global warming gases produced while burning fossil fuels to produce thermal energy or electricity, for instance;

Depletion Potential of the Stratospheric Ozone Layer (ODP) - Ozone layer depletion is caused by different substances, where the most relevant are fluorinechlorine- hydrocarbons (CFC's) and nitrogen oxides;

Acidification Potential of land and water (AP) has very damaging effects on ecosystems and is caused by transformation of air pollutants into acids;

Eutrophication Potential (EP) - Eutrophication is caused by anthropogenic emissions, pollutants in wastewater and fertilization of soils. It results in an increased concentration of nutrients, causing various damages to the ecosystems. Phosphate, nitrites and ammonia are the main pollutants that contribute to this effect;

Photochemical Ozone Creation Potential (POCP) - Production of ozone at ground-level (troposphere) is harmful for ecosystems and humans. It is caused by the chemical reaction between nitrogen oxides with hydrocarbons (VOCs), producing different pollutants, including ozone. Most of the tropospheric ozone is created from the reactions between substances emitted from vehicles, industrial plants and vegetation;

Potential for abiotic depletion of resources – elements for non-fossil resources (ADPE) - This category characterizes the depletion of non-energetic resources, reflecting the shortage of these materials in the geosphere; e,

Potential for abiotic depletion of resources – fossil fuels (ADPF) - This category characterizes the depletion of fossil fuels used in the production process.

2.4 Comparative

Some materials have been chosen that can replace the focus finish coat of this research as a way of establishing a comparison. The data of the mortars used for comparison were extracted from the research of and Toledo Filho (2018), keeping the same thickness of the layer (0.5 centimeters). These products are:

- Single mortar 1 (ciment) :3 (sand) (volume); single mortar 1 (ciment) :5 (sand) (volume); mortar 1 (ciment):2 (hydrated lime) :9 (sand) (volume) for single layer; mortar 1 (ciment): 3 (hydrated lime) :12 (sand) (volum) for a single layer.

3. LITERATURE REVIEW

3.1 Life Cycle Analysis (LCA)

Life Cycle Analysis (LCA) is a method used to evaluate the environmental impact of a product through its life cycle encompassing extraction and processing of the raw materials, manufacturing, distribution, use, recycling, and final disposal.

As written by Ok et al. (2018)

“life cycle analysis can be dated back to the 1960s when worldwide concerns on the rapid depletion of limited raw materials and energy resources sparked interest in finding ways to understand and forecast the supply and utilization of energy and resources in the future. During the 1970s, the energy crisis caused by the oil shortage prompted a critical review of the energy-intensive nature of process industries. This motivated the need for a system-oriented tool, such as LCA, to track materials and energy flows in industrial systems.”

The concept of Life Cycle Analysis is used for the analysis stage of life cycle assessment. The most important component of LCA is goal definition (ISO 14040), and the inventory analysis can be qualitative and/or quantitative, it is an analysis of the resources used and the emissions generated in the life cycle.

Approximately 5% of global carbon emissions are produced in the manufacture of cement. Engineers and scientists are working on reducing that percentage, by exploring new techniques and materials that can be used instead of cement powder in concrete or mortar production. The resulting by products of cement production have a large effect on the environment because cement production requires large quantities of raw materials and energy.

3.2 LCA on ETICS

Michałowski et. al. (2020) compared the environmental impact allocated to the 1 m² of the produced system by taking into account the thickness of EPS (10, 15 and 20 cm) and within different environmental impact categories on ETICS for 4 renderings types: MR (Mineral Render), AR (Acrylic Render), SR (Silicon Render) and Si-SIR (Silicon-Silicate Render). The authors considered the consumptions of the table 3 for this research.

Category	Component Description	Quantity per m ²
Adhesives for bonding the EPS	Cement-based adhesives modified with redispersible polymers, fibers, and mineral fillers	4.5 kg
Insulation	Prefabricated EPS board	1.35 kg
Adhesive for base coat	Cement-based adhesives modified with redispersible polymers, fibers, and mineral fillers	≥ 0.15 kg
Glass fiber meshes	Alkaline-resistant glass mesh with a nominal weight of 150 or 165 g/cm ²	ca. 0.2 kg
Key coats	Acrylic key coat with quartz filler Mineral key coat with mineral/quartz filler	2.0–4.5 kg
Finishing coats	Mineral render	0.1 kg
	Acrylic render	
	Silicone render	
	Silicone-silicate render	
Primers (optional)	Silicate (potassium water glass) primer	0.2 kg
	Silicone-silicate primer	
Decorative coats (optional)	Silicate mineral-based paint	-
	Acrylic-based paint	
	Silicone-based paint	
Ancillary materials	Anchors, special fittings	

Table 3 – ETICS system components as described in the National Technical for buildings in Poland (ITB AT-15-9090/2016).

Source: Michałowski et. al. (2020).

Michalowski et al showed “that the main influences of ETICS systems on the environment were neither the production process of system components, nor the internal transport at the manufacturing site, but the choice of raw materials used to produce system components, and suitable system components themselves”.

In the comparison between the four types of plasters, through the survey, the authors found the lowest environmental impact for the MR layer in the GWP, AP, EP, POCP, ADPF, categories, except in category ODP and ADP the where SR and AR had equal or lower results for 1 m².

3.3 Application in construction

The lime mortar is used as finishing layer to a ETICS system based on cork boards. The layer is applied as finishing colored mineral lime based for interior and exterior walls. It is composited of hydraulic lime, hydraulic binder, fillers selected, synthetic fibers and specific adjuvants.

The ETICS system mentioned is exterior thermal insulating system to install in building facade walls, incorporating insulating boards of natural origin, with high contribution to environmental sustainability. Also, functional rehabilitation (waterproofing, cracking and aesthetics) and improved

thermal insulation of facades in buildings with existing type system incorporating ETICS insulating boards of natural origin. It allows the realisation of work entirely outdoors, without interference with the use of interior spaces.

The product also requires the addition of water and the use of a mixer to blend the water and the powder. The information on the data sheets regarding consumption of water in this product is showed on table 4.

Product used	Quantity per m ² of system	Unit
Weber .rev natural	3	kg/m ² of wall
Water	8	L/bag

Input	Data set used	Quantity per m ² of system
Water	Tap water, at user/RER U	0,96 L = 0,96 kg

Table 4 - Information on technical data sheet - water consumption.
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

Considering that each bag has 25 kg of product, the amount of water used at this stage is 0,96 L/m².

4. DATA COLLECTION

4.1 Production of based lime mortar for finishing

As seen in table 2, this finishing mortar consists of cement, lime, inert materials and additives. The detailed composition is showed on table 5.

When arriving at the factory, the cement is placed in storage silos. When the production order is received, the materials are weighted on scales and sent to a mixer, where all the elements are blended. The final product is then discharged into bags. The bags are then placed on wood pallets and wrapped with plastic film.

The raw materials are received in tankers, bags or big-bags. The final powder product is obtained from the mixture of different components, following a pre-established formulation. The weighing of the different components is performed within one of the three weighing hoppers. Once dosed the components are discharged into the empty blender through pneumatic valves for homogenisation. The figure 3 present the entire process for production the lime mortar for finishing.

The raw materials and pre-products used in weber.rev natural product are shown in the Table 5.

Product	Raw materials / pre-products	Quantity per ton of product	Unit	Quantity per kg of product
weber. rev natural	White cement	6,50E+01	kg	6,50E-02
	Lime	1,50E+02	kg	1,50E-01
	Calcium carbonate	6,98E+02	kg	6,98E-01

weber. rev natural	Calcium carbonate < 100mm	3,00E+01	kg	3,00E-02
	Cellulose ether	2,00E+00	kg	2,00E-03
	Starch Ether	1,00E+00	kg	1,00E-03
	Polymer	3,00E+01	kg	3,00E-02
	Polyacrylonitrile fibers	1,00E+00	kg	1,00E-03
	Superplasticizer	1,00E+00	kg	1,00E-03
	zinc stearate	5,00E+00	kg	5,00E-03
	Sodium oleate	2,00E+00	kg	2,00E-03
	Perlite	1,50E+01	kg	1,50E-02
	Biocide / Algacide	2,50E-01	kg	2,50E-04

Table 5 - Materials used in production process of mortar powder in Carregado Industrial Plant / Portugal.
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

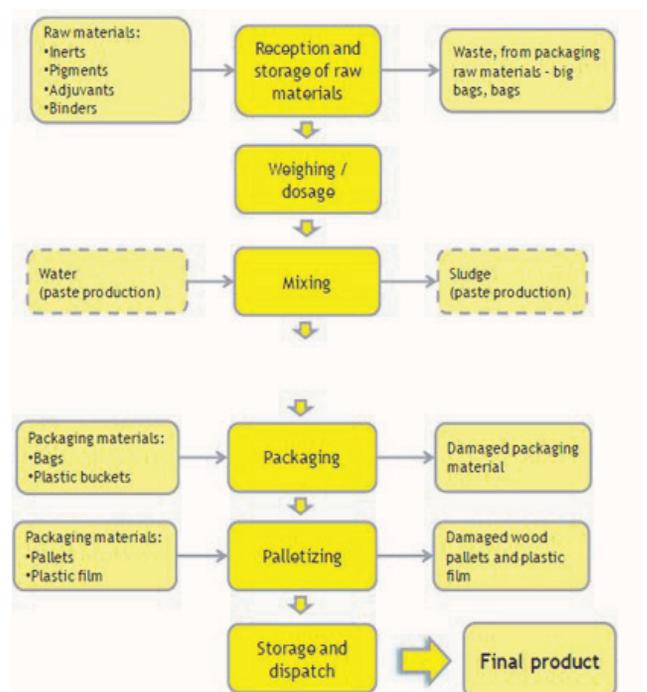


Figure 3 - Production Process
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

4.2 Impacts from EPD (Environmental Product Declaration)

The table 6 presents the resume for inputs and outputs per ETICS with CIB. The consumption of the finishing coat made of lime mortar is highlighted in red in table 6.

System	Material	Module	Quantity per m ² of system	Units
Weber. therm natural	Alluminium profile	A5	1,94E-01	kg
	Metallic screws with plastic dowels	A5	4	units

Weber.therm natura l	Plastic screws	A5	8	units
	Electricity (drill)	A5	4,72E-03	kWh
	Weber.therm naturcork	A1-A3	6	kg
	Water (mixing)	A5	1,68	kg
	Electricity (low voltage)	A5	7,00E-03	kWh
	Insulation board of ICB	A1-A3	40 mm * 1m ² * 110kg/m ³ = 4,40E+00	kg
	Electricity (low voltage)	A5	5,67E-03	kWh
	Fiber glass mesh	A5	160 gm ² * 1m ² = 0,16	kg
	Weber.therm naturcork	A1-A3	5	kg
	Water (mixing)	A5	1,2	kg
	Electricity (low voltage)	A5	5,83E-03	kWh
	Weber.rev naturkal	A1-A3	3	kg
	Water (mixing)	A5	0,96	kg
	Electricity (low voltage)	A5	3,53E-03	kWh

Table 6 - Inputs and outputs of ETICS Weber.therm natura l.
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

4.3. Module A1-A3 – Lime Mortar production

The indicator “Use of renewable primary energy resources used as raw materials” should consider the amount of energy resources used as raw materials to be incorporated in the product or in packaging. It was considered the amount of incorporated energy in wood products and paper in the products manufactured.

Product	Raw materials / pre-products	Quantity per ton of product	Unit	Quantity per kg of product
weber.therm pro	wood pallet	7,10E-01	unit	7,10E-04
	Bag (kraft, paper and film)	4,00E+00	kg	4,00E-03
weber.therm naturcork	wood pallet	7,10E-01	unit	7,10E-04
	Bag (kraft, paper and film)	4,00E+00	kg	4,00E-03
weber.rev naturkal	wood pallet	9,50E-01	unit	9,50E-04
	Bag (kraft, paper and film)	4,00E+00	kg	4,00E+03

Table 7 - Renewable resources used in mortar powder products.
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

At the graph of the figure 4, the potential impact associated to production of the main components is shown, including, the impacts of lime mortar (green color).

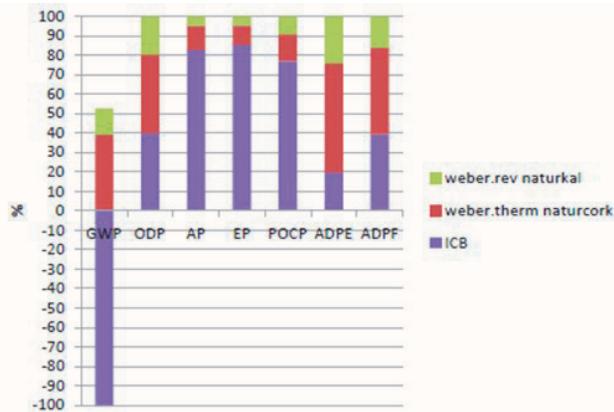


Figure 4 - Comparative Impact characterisation of system components with relation of lime mortar (green color).
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

The system indicated at red color has a global positive impact in the category of GWP. This occurs due to the use of cork that contributes to fixation of carbon dioxide during photosynthesis. The negative impacts are associated to the use of the mortar products. Production of clinker and hydraulic lime are the processes that represent the most significant impacts in this category, due to the emission of pollutants during combustion of fossil fuels to produce energy.

The main responsible for the impacts in ODP category are the mortar with coark and ciment and hydraulic lime (red color) followed by ICB. In this case, the main processes responsible for the impacts are the combustion of heavy fuel oil during production of hydraulic lime and crude oil in production of propane. The impacts of these products result from emission of organic halides and CFC during the combustion of these fossil fuels.

Depletion of abiotic resources – elements category is mostly influenced by mortars. Impacts associated with these products are due to the use of polymer and cellulose ether. The production of the polymer is associated to extraction of zinc.

Impacts on the category ADPF are associated to mortar with ciment, followed by ICB and the lime mortar (green color). The impacts are associated to extraction of fossil fuels to produce energy.

Regarding the ETICS, the insulation material (ICB) is the one with the greatest impacts in most of the categories. In ODP and ADPF categories it has almost the same percentage of impacts as weber.therm naturcork and the fiber glass mesh, while in ADPE it has a low impact (<5%).

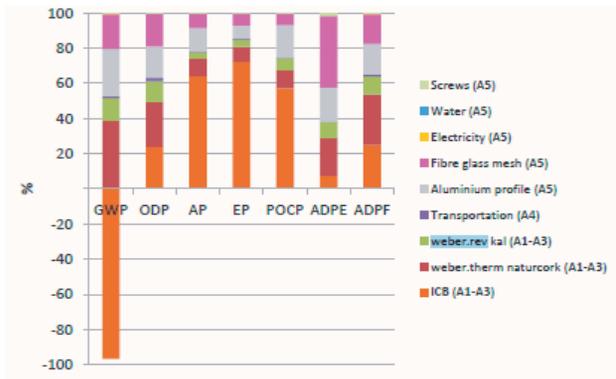


Figure 5 - Comparative of Impact characterisation of mortar lime (green color) with another components of the ETICS.
 Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020).

The table 8 shows the quantitative impacts for lime mortar (finish layer of the ETICS) versus mortars with ciment (1:3; 1:5; 1:2:9 and 1:3:12). The least impact was highlighted with the color green. It can be observed that the finishing layer using lime mortar, as less cement incorporated is the one with the lowest impact in almost all categories, considering the same thickness of coating (with consumption of 0.05m3/m2).

	Mortar lime	Mortar 1:3	Mortar 1:5	Mortar 1:2:9	Mortar 1:3:12
GWP - Global warming potential (kg CO2 eq)	2,88 E ⁻¹	1,87E+01	1,33E+01	1,79E+01	1,71E+01
ODP - Ozone layer depletion potential (kg CFC-11 eq)	2,77 E ⁻⁸	1,23E-06	9,45E-07	1,32E-06	1,29E-06
Photochemical ozone creation potential (POCP) (kg C2H4 eq)	8,51 E ⁻⁵	2,72E-03	1,98E-03	3,20E-03	3,17E-03
AP - Acidification potential (Kg SO2 eq)	1,03 E ⁻³	4,44E-02	3,35E-02	3,89E-02	3,68E-02
EP - Eutrophication potential (kg (PO4) 3- eq)	6,43 E ⁻⁴	6,25E-03	4,90E-03	5,55E-03	5,30E-03
Abiotic depletion potential for non - fossil resources (kg Sb eq) ADP e	7,83E ⁻⁷	1,36E-06	9,65E-07	9,55E-07	8,70E-07
Abiotic depletion potential for fossil resource (MJ P.C.I) ADPff	4,28	1,16E+02	8,70E+01	1,15E+02	1,11E+02

Table 8 - Comparative of impacts. Source: Weber; Centro Habitat Portugal (2020); Caldas; Toledo Filho (2018).

5. CONCLUSION

On the unit of 1kg of product in powder, the tests were made, considering its applications conditions in ETICS. In this case, it was considered the product with the worst case scenario in according with supplier information. The raw materials are received in the industrial units in tanke-rs, plastic bags or big-bags. Storing bulk materials in silos can be made directly or through a pneumatic conveying system. The final powder product is obtained from the mixture of different components, following a pre-esta-blished formulation. The dosage of the raw materials can be carried out by a worm screw with frequency controller and volumetric dosage through a rotary valve. The wei-ghing of the different components is performed within one of the three weighing hoppers.

Once dosed the components are discharged into the empty blender through pneumatic valves for homogeni-zation. The mixing time varies depending on the specific composition of the product. After this, the product falls into the hopper of the blender and is then discharged.

The last stage consists in packing and palletizing the product. Regarding powder products, they are packed in printed kraft paper bags (coated on the inside with PE film) through electric equipment and then placed on a pallet. At last, the pallet and bags are wrapped in a plastic film and covered with a plastic bag. The packed product is transported by forklift and stored until dispatch.

In this research, it was observed that the data provided in the manufacturer's EPD for the product can provide a good source for consultation and allow comparison of impacts throughout its life cycle. The research highlighted the lower impact of ETICS composed of cork panels. Furthermore, considering the final finishing layer, it was possible to obtain the environmental impacts and prove the good en-vironmental performance of the products in the aspects analysed as compared to other finishing possibilities made up of mortars with a greater amount of cement.

Finally, it can be stated that the EPDs made available by manufacturers can become important tools for choo-sing materials and components in building design.

REFERÊNCIAS

- BARREIRA, E.; FREITAS, V. P. de. External Thermal Insulation Composite Systems: Critical Parameters for Surface Hygrothermal Behaviour. Journal Advances in Materials Science and Engineering/2014/ Article. In: < https://www.hindawi.com/journals/amse/2014/650752/>. Acess: 2020.
 Building Research Insitute. National Technical Approval

ITB-AT-9090/2016 Zestaw Wyrobów do Wykonywania Ocieplen Scian Zewnętrznych Budynków Systemem Atlas ETICS; Building Research Insitute: Warsaw, Poland, 2016.

CALDAS, Lucas Rosse; TOLEDO FILHO, Romildo Dias. Avaliação do Ciclo de Vida de materiais cimentícios utilizados no Brasil: estudo para o bloco de concreto e diferentes argamassas. LALCA-Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida, v. 2, n. 2, p. 34-61, 2018. <https://doi.org/10.18225/lalca.v2i2.4143>.

Collina, A. Comfort and energy saving: the External Thermal Insulation Composite System (ETICS). 2nd Portuguese Congress on Construction Mortars (APFAC), Lisboa, Portugal, 2007.

Del Borghi, A. LCA and communication: Environmental Product Declaration. Int J Life Cycle Assess 18, 293–295 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0513-9>.

Freitas, V. P. “Isolamento térmico de fachadas pelo exterior. Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido— ETICS,” Prof. Eng. Vasco Peixoto de Freitas, L.da-Relatorio HT ´ 191A/02. Portugal, 2002ISO 14021. Environmental labels and declarations—self-declared environmental claims (type II environmental labelling). European Standard EN ISO 14021. International Organization for Standardization. 1999.

ISO 14024 Environmental labels and declarations—type I environmental labelling—principles and procedures. European Standard EN ISO 14024. International Organization for Standardization. 1999.

ISO (2006a) Environmental labels and declarations—type III environmental declarations—principles and procedures. European Standard EN ISO 14025. International Organization for Standardization

ISO (2006b) Environmental management—life cycle assessment— principles and framework. European Standard EN ISO 14040. International Organization for Standardization

ISO (2006c) Environmental management—life cycle assessment— requirements and guidelines. European Standard EN ISO 14044. International Organization for Standardization

ISO (2007) Sustainability in building construction— environmental declaration of building products. European Standard EN ISO 21930. International Organization for Standardization.

KÜNZEL, Helmut; KÜNZEL, Hartwig M.; SEDLBAUER, Klaus. Long-term performance of external thermal insulation systems (ETICS). Acta Architectura, v. 5, n. 1, p. 11-24, 2006.

Matos, M.; Soares, L; Silva L.; Sequeira, P; Carvalho, J. Life Cycle Assessment of an ETICS system composed of a natural insulation material: a case study of a system using an insulation cork board (ICB). In: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26483.pdf>. Acess: janeiro de 2020.

MICHAŁOWSKI, B.; Marcinek, M.; Tomaszewska, J., Czernik, S., Piasecki, M., Geryło, R., & Michalak, J.. Influence of Rendering Type on the Environmental Characteristics of Expanded Polystyrene-Based External Thermal Insulation Composite System. Buildings, v. 10, n. 3, p. 47, 2020.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. Cradle to cradle: Remaking the way we make things. North point press, 2010.

OK, Yong Sik et al. (Ed.). Biochar from Biomass and Waste: Fundamentals and Applications. Elsevier, 2018
PERDIGÃO, Mário Nuno Lopes Vitorino. Análise de Ciclo de Vida de duas soluções de ETICS. 2013. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Disponível em: < <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3408/1/Disserta%20a7%20a30.pdf>>

UNOPS (2009) A guide to environmental labels for procurement practitioners of the United Nations system. <http://www.ungm.org>. Access: 26 September 2012.

Weber; Centro Habitat Portugal. Sistema DAP Ambiental. Declaração ambiental do Produto: Weber Naturcork. Disponível em: < https://www.pt.weber/files/pt/2019-05/Dap_weberevnturkal.pdf>. Acess: Jan, 2020.

Weber. ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: In accordance with EN 15804 and ISO 14025. In: <https://www.lt.weber/files/lt/2020-02/EPD_LT_weber%20ip18_VF%20%2822.01.20%29.pdf> Acess: Jan, 2020.

Weber; Centro Habitat Portugal. Sistema DAP Ambiental. Declaração Ambiental do Produto: SISTEMA WEBER.THERM NATURA. 2016 Disponível em: < https://daphabitat.pt/assets/Uploads/dap/pdfs/9d6b5b1d24/Dap_Weber_w.therm_natura_CO2bio_PT_publicada_a_23.03.2016.pdf>. Acess: Jan, 2020.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3250-7813>

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, Dra. | Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC | Pos-ARQ - Virtuhab| Florianópolis, SC. Brasil | Correspondência para: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº Trindade – Florianópolis – SC CEP: 88040-900 | e-mail: pferroli@gmail.com

ORCID: -

MARIJA KEKEZ | Polytechnic of Leiria (IPLeiria) - ESTG (Portugal) and Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia, Faculty of Civil Engineering and Architecture | e-mail: helena.bartolo@ipleiria.pt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0261-9259>

HELENA MARIA COELHO DA ROCHA TERREIRO GALHA BÁRTOLO, Dra. | Instituto Politécnico de Leiria | IPL - ESTG| Leiria - Portugal | Correspondência para: R. Gen. Norton de Matos, 2411901 Leiria | E-mail: helena.bartolo@ipleiria.pt

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; KEKEZ, Marija; BÁRTOLO, Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha. The Environmental Impact Of A Etics Layer: A Case Of Study With Life Cycle Assessment (Lca) From Environmental Product Declaration (Epd) In Portugal. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 139-148, mai. 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.n2.139-148>.

DATA DE ENVIO: 19/05/2020

DATA DE ACEITE: 20/05/2020

COLEÇÃO AUTORAL DE JOIAS: UMA EXPERIÊNCIA PRÁTICA A PARTIR DA RECICLAGEM ARTESANAL DE POLÍMEROS

AUTHORIAL JEWELRY COLLECTION: A PRACTICAL EXPERIENCE BY HANDMADE POLYMER RECYCLING

CHIARA ALINE BEPLER | UNIVILLE

ISADORA BURMEISTER DICKIE, Dra. | UNIVILLE

ADRIANE SHIBATA SANTOS, Dra. | UNIVILLE

RESUMO

O plástico se tornou um dos materiais cujos resíduos mais agredem o meio ambiente, isso devido tanto às suas propriedades e características, como também pela quantidade gerada a cada ano. Observa-se um aumento exponencial no consumo de produtos plásticos, porém sua reciclagem e reutilização se mantêm estagnadas. Assim, para que deixe de ser um problema, é essencial que a gestão do seu uso e descarte seja reformulada. Este artigo apresenta os resultados de um trabalho de conclusão de curso em Design que visou o desenvolvimento de uma coleção autoral de joias, a partir da reciclagem artesanal de resíduos plásticos. A metodologia projetual aplicou as etapas propostas por Hanington e Martin (2012), enfatizando a experimentação do material plástico, essencial para a composição final da coleção. Como resultado, a coleção elaborada a partir de embalagens de plástico PEAD procura disseminar a cultura de um ciclo sustentável de consumo, assim como a ressignificação deste material.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos plásticos; Design sustentável; Design de acessórios

ABSTRACT

Plastic has become one of the materials whose residues are most damaging to the environment, due both to its properties and characteristics, as well as the amount generated each year. There is an exponential increase in the consumption of plastic products, however, its recycling and reuse remain stagnant. Therefore, to stop being a problem, it is essential to reformulate the use and disposal management. This article presents the results of the course conclusion work in Design whose objective was to develop an authorial jewelry collection from the artisanal recycling of plastic waste. The design methodology applied the steps proposed by Hanington and Martin (2012) were applied, emphasizing the experimentation with plastic, essential for the final composition of the collection. As a result, the collection produced from HDPE plastic packaging, which aims to disseminate the culture of a sustainable consumption cycle, as well as the resignification of this material.

KEY WORDS: Plastic waste; Sustainable design; Design of accessories



1. INTRODUÇÃO

O plástico, material desenvolvido no início da década de 1920, veio para revolucionar diversos âmbitos da sociedade: da medicina às principais tecnologias utilizadas no cotidiano. Dificilmente é possível imaginar como essa e outras áreas teriam progredido sem o uso dos polímeros sintéticos. Passados mais de meio século de seu descobrimento, e com o aumento exponencial da população mundial, observa-se a propagação dos polímeros por meio de um crescimento elevado de sua aplicação e consumo.

As discussões acerca de um modelo de produção e consumo em equilíbrio com os recursos disponíveis iniciaram em contrapartida à industrialização já no século XIX, porém apenas em 1972 a Organização das Nações Unidas realizou a primeira conferência mundial sobre o meio ambiente. A partir dela, outras conferências foram realizadas e vieram a definir o conceito de desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento pensado para a utilização consciente de todos os recursos naturais, atendendo às necessidades das gerações atuais e das futuras (ONU, 2019, web).

O Design está diretamente ligado ao desenvolvimento de produtos e por isso tem grande responsabilidade na construção de uma cultura de consumo e de desenvolvimento sustentável. Uma das vertentes do Design que se encarrega de ilustrar pontualmente a sustentabilidade é o Design Sustentável. Segundo Pazmino (2007), trata-se de um processo que deve considerar a viabilidade econômica, equidade social e as práticas ecologicamente corretas no desenvolvimento de um produto.

Tendo em vista o impacto ambiental gerado pelos resíduos plásticos, a necessidade da produção e consumo sustentáveis, foi desenvolvido em 2019 um Trabalho de Conclusão de Curso de Design com a problemática referente a como o design de produtos pode tornar o uso dos resíduos plásticos parte de um ciclo sustentável de consumo.

Pesquisas mostram o perigo da poluição plástica para a manutenção da vida no planeta, consequentemente uma ameaça para a vida humana. Problema que poderia ser diminuído ou até totalmente resolvido com uma política de reciclagem abrangente, que envolveria desde o princípio da fabricação de produtos que levam plástico, ao ciclo completo de distribuição, varejo, uso e retorno aos fabricantes ou outras organizações para reciclagem e transformação em novos produtos/ materiais.

Os resultados do Trabalho de Conclusão de Curso, apresentados neste artigo, convergem para o desenvolvimento de uma coleção de acessórios de moda a partir da reciclagem artesanal de resíduos plásticos, visando o

papel do Design de Produtos na propagação da cultura de reciclagem e do ciclo sustentável de consumo.

A metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto baseou-se nas etapas propostas por Hanington e Martin (2012), sendo elas: (i) Planejamento, Escopo e Definição: etapa que correspondeu à elaboração do projeto, bem como à condução de uma pesquisa bibliográfica para aprofundamento teórico sobre polímeros e reciclagem artesanal; (ii) Exploração, Síntese e Implicações de Design: etapa que correspondeu à investigação e análise de métodos de reciclagem artesanal de polímeros, a uma análise sincrônica de produtos similares (ou seja, acessórios plásticos) e à definição de usuário; (iii) Geração de Conceito: etapa na qual foi elaborada a proposta conceitual da coleção a partir de experimentações visuais com os materiais, painel de conceito e geração de alternativas, incluindo a confecção de protótipos iniciais; por fim, (IV) Prototipagem: etapa que correspondeu a experimentações com o polímero reciclado, sendo listados os materiais utilizados, e então realizados os protótipos finais das peças da coleção autoral de joias.

As autoras ressaltam que este conteúdo se trata de uma ampliação do artigo "Reciclagem artesanal de polímeros para aplicação no desenvolvimento de coleção de acessórios de moda", aprovado e apresentado no VIII ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto.

No tópico 2 deste artigo é apresentada a síntese da fundamentação teórica, resultante de pesquisa bibliográfica como parte dos procedimentos adotados na etapa de Planejamento, Escopo e Definição do Projeto. O tópico 3 aborda os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento projetual, enquanto o tópico 4 apresenta os principais resultados obtidos no processo de reciclagem artesanal do PEAD. Por fim, é apresentada a discussão que visa disseminar a cultura de um ciclo sustentável de consumo, assim como a ressignificação deste material.

2. DESIGN E O CONSUMO SUSTENTÁVEL DO PLÁSTICO: DA PRODUÇÃO E USO À RECI-CLAGEM E RESSIGNIFICAÇÃO

O descobrimento dos polímeros na forma sintética possibilitou o desenvolvimento de diversas tecnologias, assim como avanços na área da medicina, na indústria têxtil e outros diversos setores. Segundo Nunes e Lopes (2014, p. 41), "O surgimento de polímeros sintéticos [...] contribuiu muito para a revolução tecnológica pela qual passamos atualmente". Por meio das diferentes pesquisas, no decorrer das décadas, novas variações de polímeros foram desenvolvidas, introduzindo ao mercado plásticos hoje comumente usados

como o Poliuretano (PU), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polipropileno (PP) e o Policarbonato (PC), todos introduzidos nos anos 1950 (NUNES e LOPES, 2014).

Os polímeros sintéticos apresentam características que conseguem atender diferentes demandas, trazendo enormes benefícios econômicos aos diversos setores em que se encontram, por juntar versatilidade, baixo-custo, durabilidade e uma alta relação entre força-peso. Essa combinação de fatores gerou um crescimento exponencial em seu uso, atingindo 311 toneladas produzidas em 2014; a previsão é que esse número dobre até 2050. Entre os plásticos que mais circulam, estão incluídos os destinados para a fabricação de embalagens, que representam cerca de 26% da produção mundial de polímeros. Os tipos de plásticos mais usados para embalagens são o PET (Politereftalato de Etileno), PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PP (Polipropileno) e EPS (Poliestireno expandido) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016).

A repercussão positiva que o descobrimento dos polímeros sintéticos obteve ao longo do tempo vem sendo contraposta ao enorme impacto ambiental que o material promove. Uma de suas mais valorizadas propriedades, a durabilidade do material, tornou-se um dos maiores impasses que atingem o meio ambiente e seus ecossistemas. O aumento do consumo de plástico nos dias atuais é favorecido pelo crescimento exponencial da população e pela praticidade proporcionada por embalagens plásticas; conseqüentemente, a quantidade de resíduos descartados anualmente é alarmante.

No mundo são produzidas anualmente cerca de 300 milhões de toneladas de plástico e apenas 14% dessa quantidade é coletada para a reciclagem e reutilização (ONU, 2019). Cerca de 13 milhões de toneladas de plástico vão parar nos oceanos todos os anos. Isso afeta diretamente a manutenção da vida no planeta, prejudicando milhares de ecossistemas. Pesquisas apontam que os oceanos carregam atualmente mais de 150 milhões de toneladas de plástico, sendo que até 2025 haverá uma tonelada de plástico para cada três toneladas de peixe. Se nada mudar até 2050 devemos esperar mais plástico do que peixes nos oceanos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016). Das nove bilhões de toneladas do material já produzidas na história, apenas 9% foi reciclada, sendo que metade dessa quantidade tem como origem plásticos utilizados para fabricação de embalagens. Calcula-se que se o consumo de polímeros continuar na mesma intensidade, em 2050 cerca de 12 bilhões de toneladas de lixo plástico estarão presentes no meio ambiente, em lixões e aterros sanitários (UN ENVIRONMENT, 2018).

O uso linear do plástico, ou seja, o pensamento de que em certo momento esse material de inúmeras qualidades se torna apenas lixo, traz enormes impactos para o planeta

e conseqüentemente para a sociedade, como apontado anteriormente. O descarte, mesmo que conduzido por órgãos capacitados, tem destinos impróprios e os resíduos coletados acabam sendo conduzidos aos oceanos. O Brasil não possui, na totalidade de seu território, sistemas de coleta seletiva (caracterizada por fazer a distinção de resíduos), apenas 70,9% de seus municípios possuem algum tipo de iniciativa, sendo que os que possuem não garantem o serviço em toda sua área urbana (ABRELPE, 2018). Em locais que a coleta seletiva não atua, a reciclagem de plásticos e outros resíduos recicláveis fica totalmente a cargo de catadores de materiais, hoje responsáveis por recolher 90% de todo lixo reciclado no Brasil (IPEA, 2013).

Ainda no Brasil, apenas 22% desse material é reciclado e reinserido na produção de novos produtos. O processo de reciclagem mais utilizado é o processo mecânico, que pode se dividir em reciclagem primária (pós-industrial) e secundária (pós-consumo). A reciclagem pós-industrial se caracteriza pelo processamento do material que se encontra ainda dentro da indústria, resíduos provenientes de rebarbas, peças defeituosas, etc. Por se tratar de um material normalmente sem contaminação de outros resíduos, sua reinserção na indústria é facilitada, sendo esse um material de alto valor no mercado. Já a reciclagem secundária, de pós-consumo, é referente ao plástico já utilizado pelo usuário, resultante, em sua maioria, do descarte de embalagens.

Neste contexto, a sociedade ainda enfrenta muitos problemas para implementar processos que estejam alinhados aos princípios da sustentabilidade. Isso se dá, em grande parte, pelos perpetuados padrões de alto consumo e pelo modelo atual de produção de bens que depende, em sua maioria, da utilização de combustíveis fósseis. Esse padrão tende a se agravar quando a população de determinado país enriquece, gerando assim mais consumo que, conseqüentemente, aumenta a emissão de gases, resíduos e o descarte destes (DIAS, 2015).

O design pode ser um agente transformador neste cenário, uma vez que tem papel fundamental na criação de novos produtos e conseqüentemente, na propagação de uma cultura sustentável de consumo. Por meio do Design Sustentável, o processo de desenvolvimento de um produto deve considerar sua viabilidade financeira, a equidade social e o equilíbrio ecológico (Pazmino, 2007).

Manzini e Vezzoli (2008 p. 9) também já destacavam que "[...] o papel do design industrial pode ser resumido como uma atividade que conecta o tecnologicamente possível com o ecologicamente necessário e tende a dar origem a novas proposições socioculturais significativas", ou seja, o Design carrega a importante oportunidade de

unir necessidades ecológicas com tecnologias viáveis para instauração de importantes mudanças sociais.

O atual modelo de produção e consumo tem contribuído com a degradação socioambiental do planeta. Assim, para a construção de um mundo sustentável, a redução do consumo é essencial, bem como incentivar formas de se repensar como se consome. Um ciclo sustentável de consumo requer um modo de produção que visa diminuir os desequilíbrios socioambientais em toda a trajetória de um produto, desde sua fabricação ao reaproveitamento de seus materiais após o descarte pelo usuário (ZANIRATO e ROTONDARO, 2016).

Ao contrário do modelo linear de extração, transformação, consumo e descarte, o modelo circular é regenerativo e restaurativo, visando produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015). Este modelo deve ser trabalhado para a inclusão da diversidade de culturas e soluções, atendendo-se sempre ao contexto local e às necessidades dos usuários, para assim estabelecer a direção para o desenvolvimento de produtos (GEGER e TENNENBAUM, 2017).

O modo como as pessoas se relacionam com os objetos pode contribuir com a valorização de produtos e materiais em contraponto à cultura do descarte promovido pelo modelo linear de produção. Considerando a relação e significado dados a artefatos durante a história da humanidade, observa-se uma ligação com o repertório existente em relação às coisas que estão à nossa volta. O design tem um grande desafio em sua operação, que é o de agir como propulsor de transformação. Diante do grande problema da obtenção de matérias-primas virgens, do descarte inadequado do plástico e dos impactos ambientais causados por estes, o design tem o papel de agir como agente de ressignificação desses materiais (BELCHIOR, 2017).

Jóias e acessórios foram, por muitos séculos, comumente fabricados a partir de materiais nobres como ouro, prata e pedras preciosas, sendo consideradas símbolos de riqueza e status. Com o descobrimento de materiais diversos, surgiram alternativas mais econômicas para as matérias-primas preciosas. As matérias-primas virgens tendem a se tornar cada vez mais escassas, tornando seu processo de obtenção extremamente caro e de grande impacto ambiental.

O Design como disciplina é um importante protagonista no desenvolvimento de produtos, tendo um papel de grande relevância na ressignificação de materiais. Dispondo de uma posição de decisão, ou pelo menos de enorme peso na escolha da utilização e aplicação de materiais, o designer se torna uma figura essencial no emprego da ressignificação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O projeto de desenvolvimento da coleção autoral aplicou as etapas metodológicas propostas por Hanington e Martin (2012). Desta forma, foi dividido em quatro etapas: (i) Planejamento, Escopo e Definição; (ii) Exploração, Síntese e Implicações de Design; (iii) Geração de Conceito; e (iv) Prototipagem.

Inicialmente, e em cumprimento à primeira etapa proposta por Hanington e Martin (2012), foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que resultou na fundamentação teórica apresentada de forma sintética no tópico anterior.

A etapa seguinte foi caracterizada pela Exploração, Síntese e Implicações de Design (Hanington e Martin, 2012). Esta etapa sugere a pesquisa e análise das temáticas do projeto e um melhor entendimento do mercado e público alvo. No caso deste projeto, esta etapa correspondeu à compreensão e adaptação do processo artesanal de reciclagem de polímeros; ao entendimento de como os produtos similares se apresentam no mercado; como o público enxerga a reciclagem dos materiais plásticos e possíveis produtos oriundos destes materiais, sendo feita, a partir disso, a caracterização dos usuários.

A etapa 3 consistiu na Geração de Conceito. Para tanto, a conceituação e o desenvolvimento da linha de acessórios a partir de resíduos plásticos reciclados considerou os principais temas abordados na fundamentação teórica e na análise das demais temáticas de projeto. Para isso, foram utilizadas ferramentas que auxiliaram na ideação de um conceito, como a experimentação visual a partir de ensaios práticos com o material; a proposta conceitual, por meio de uma modelagem verbal; o painel semântico de conceito; e a geração de alternativas.

Na quarta etapa, a prototipagem se deu após a geração de alternativas e escolha dos acessórios a serem produzidos. Foram listados e selecionados os materiais a serem aplicados e, em seguida, foi realizada a confecção das peças finais, com maior refinamento.

4. RESULTADOS

Neste tópico são apresentados, resumidamente, os principais resultados alcançados durante o desenvolvimento da coleção autoral de acessórios. Neste recorte foi dado destaque para entendimento e adaptação de processos artesanais de reciclagem por meio de experimentos realizados; compreensão das características do público alvo desta coleção; experimentações visuais do material; conceituação e geração de propostas; bem como da prototipagem final da coleção.

4.1 Análise e adaptação do processo artesanal de reciclagem de polímeros

Os processos industriais tradicionais de reciclagem do plástico envolvem etapas que utilizam maquinários específicos para procedimentos, como a granulação, moagem e extrusão do plástico. O tamanho e preço dessas máquinas inviabiliza o processo industrial para pequenos produtores, o que torna popular as adaptações caseiras e os DIY (*Do it Yourself* - Faça você mesmo).

Considerando o processo artesanal de reciclagem foram encontrados conteúdos em livros, plataformas *open source* e vídeos DIY, com apresentação de ferramentas, vídeo aulas e até desenhos técnicos de máquinas possíveis de serem construídas para a reciclagem do plástico

Baseado em Fraga (2014), na plataforma Precious Plastic (HAKKENS, 2013, web) e em vídeos DIY disponíveis no Youtube, foi realizada uma análise dos processos de reciclagem artesanal de plásticos, contemplando as principais etapas do procedimento, incluindo o tempo necessário para cada uma delas. Após as análises, foi realizada a experimentação do processo artesanal de reciclagem.

Na figura 01 são apresentadas as etapas do processo artesanal de reciclagem, baseadas em Fraga (2014), o que possibilita dar um panorama dos procedimentos. O tempo de cada etapa pode variar de acordo com o tipo de plástico e fatores externos como temperatura, umidade, etc.

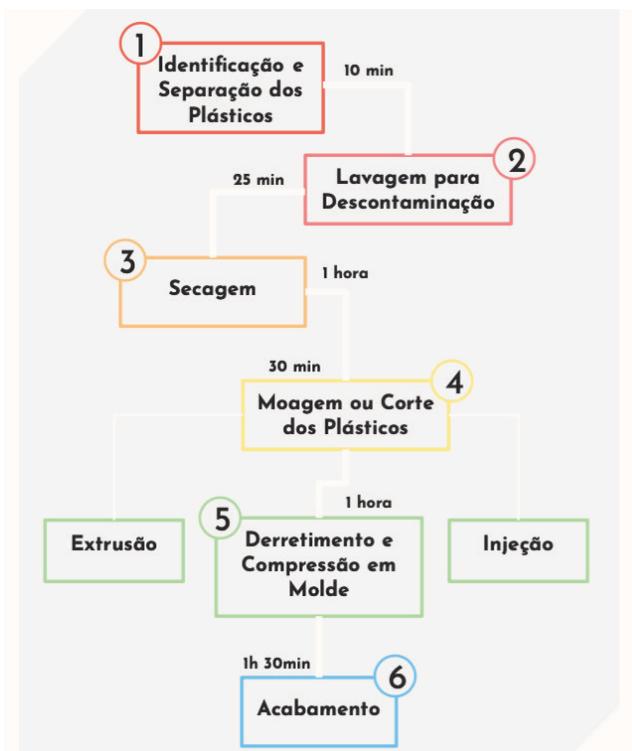


Figura 01 - Análise de Processo Artesanal de Reciclagem.
Fonte: Beppler (2019).

As primeiras etapas, que incluem identificação e separação do material, foram realizadas de forma manual, observando-se os rótulos ou marcações na embalagem. Nos testes iniciais, foi necessário validar a utilização combinada de diferentes tipos de plásticos, também encontrados em embalagens e tampas, normalmente compostas de PVC, PP ou PET, assim como de PEAD, plástico citado anteriormente como visado para este trabalho. As tampas presentes nestas embalagens, por serem peças pequenas, normalmente não acompanham a identificação de sua composição, de modo que foi necessário um derretimento teste para identificação do ponto de fusão.

A partir disso, foi realizada a etapa de lavagem/ descontaminação e em seguida a secagem dos materiais selecionados. A figura 02 ilustra o processo aplicado em uma embalagem de shampoo.



Figura 02 - Lavagem e Descontaminação.
Fonte: Beppler (2019).

Com os materiais secos, sucedeu-se o processo de corte do material em pequenos quadrados, utilizando uma tesoura. Para o derretimento, foi utilizada primeiramente uma fôrma de alumínio e um forno elétrico a 120 graus por 40 minutos, com uma mistura de PEAD (embalagem branca) e outros materiais plásticos, provenientes de tampas (cores amarelo e vermelho) de plásticos não identificados. Após 40 minutos, com uma colher de metal, os plásticos foram levemente pressionados e novamente colocados no forno por outros 30 minutos. Passado esse tempo, o material foi retirado da fôrma de alumínio e posicionado entre duas chapas de vidro, estas em temperatura ambiente, para serem prensados com o auxílio do torno de bancada. Foi possível perceber a falta de homogeneidade na peça final dada pela combinação dos diferentes tipos de plásticos; os materiais não identificados não derreteram em totalidade por não atingirem sua temperatura de fusão. Por isso, optou-se pela realização

de testes exclusivos com o PEAD. A figura 03 mostra as etapas de derretimento e o resultado obtido com um dos primeiros testes realizados.



Figura 03 - Primeiros testes com o material
Fonte: Beppler (2019).

Nos testes em que foi derretido apenas o PEAD, foram obtidos resultados diferentes aos do teste anterior e foi possível observar outros pontos, como o tempo para derretimento total do material; a influência do formato do material a ser derretido; melhor molde e forma para derreter e comprimir o plástico; assim como a necessidade de utilização de desmoldante para facilitar a retirada do material. Na figura 04 é possível verificar a diferença entre as peças oriundas do PEAD isolado, das peças em que foram adicionados plásticos não identificados.

Como citado anteriormente, o ponto de fusão do Polietileno de Alta Densidade é em torno de 130°C. Desse modo, a acadêmica utilizou os valores entre 130°C e 140°C e o tempo aproximado de 30 minutos para os derretimentos. Observou-se, também, que o plástico aderiu à fôrma de alumínio utilizada nos primeiros testes. Foi necessário, então, substituí-las por forminhas de silicone que não aderem ao plástico e possibilitam sua mistura e modelagem. Esse processo auxiliou na criação de padrões e na mistura das cores de diferentes embalagens de PEAD.



Figura 04 - PEAD x PEAD + Não Identificados.
Fonte: Beppler (2019).

Notou-se que além de possibilitar misturar o material quando quente, o formato em que os plásticos eram cortados também influenciava nos padrões e efeitos gerados após o derretimento. Desse modo, como indicado na figura 05, os demais testes foram realizados com as embalagens cortadas em pequenas tiras, quadrados maiores, menores e irregulares para a experimentação de estilos.



Figura 05 - Formatos de corte dos materiais.
Fonte: Beppler (2019).

Nos primeiros testes, independente de serem ou não comprimidos, os plásticos apresentavam formatos e texturas bastante rústicos e irregulares, o que demandou grande tempo de acabamento final. Buscou-se então aprimorar o processo para que as peças apresentassem um maior refinamento. Assim, foi realizado o derretimento do plástico em cima de uma pequena chapa de vidro e após derretido, foi pressionado contra outra chapa de vidro, novamente utilizando-se um torno de bancada. Pode-se perceber com esse teste, como mostra na figura 06, que o lado que derreteu no vidro ficou totalmente liso e homogêneo (número 1), enquanto o lado em que o vidro que estava em temperatura ambiente pressionou, ficou irregular e heterogêneo (número 2). Portanto, entendeu-se ser necessário o aquecimento de ambos os vidros para um acabamento refinado das peças.

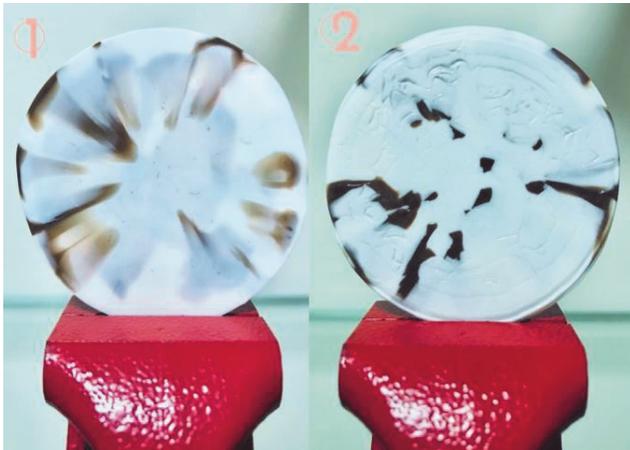


Figura 06 - Teste de Refinamento
Fonte: Beppler (2019).

Com a validação do processo artesanal de reciclagem, foi possível identificar os pontos que ainda demandavam adaptação após a análise do processo, realizada anteriormente. A partir disso, pode-se refinar todas as etapas para a fabricação da coleção de acessórios.

4.2 Caracterização do público alvo

Para identificar o potencial público alvo desta coleção, foi aplicado um questionário online que abrangeu questões relacionadas aos hábitos de consumo dos respondentes e como viam o material plástico. Procurou-se também identificar como os participantes veem as questões ambientais e os impactos gerados pelos resíduos plásticos.

A pesquisa contou com a participação de 114 pessoas, sendo 80% dos respondentes do gênero feminino. Os resultados permitiram tangibilizar informações referentes aos hábitos de consumo destas pessoas, bem como identificar os principais materiais plásticos descartados por eles. Os participantes se mostram conscientes sobre a temática ambiental, embora não consumam produtos de origem sustentável regularmente, sendo essa uma possibilidade de difusão da cultura circular de consumo.

Como resultado da análise dos dados da pesquisa, foi aplicada a ferramenta persona para criar uma representação visual do público ao qual se destina esta coleção de acessórios. Também serviu como base para a elaboração da persona uma análise realizada pelo site WGSN, de empresa especializada em tendências. Essa plataforma divide o consumidor de 2021 em quatro grandes grupos: The Compressionists, Market Makers, Cyber Cynics e Kindness Keepers. Os Market Makers e Kindness Keepers serviram de embasamento para a construção da persona: consumidores que ressaltam a praticidade na hora de consumir ao mesmo tempo que procuram e apoiam marcas que

investem no social. Almejam mudanças sociais e querem deixar sua marca no mundo (WGSN, 2019). A figura 07 apresenta o painel de persona elaborado.



Figura 07 - Painel persona
Fonte: Beppler (2019).

Observa-se em comum às pessoas pertencentes a este público alvo a necessidade de serem autênticas, que visam de diferenciar das demais, mas que ao mesmo tempo se preocupam com temas atuais.

Deste modo, há uma preocupação com questões ambientais, que motivam o querer conhecer de onde vem os produtos que estão sendo adquiridos, bem como o tipo de material utilizado na confecção destes produtos.

4.3 Experimentações visuais

Para a conceituação e o desenvolvimento da linha de acessórios, foram realizados testes visuais a partir da experimentação de cores, tamanhos e formatos gerados pelo processo com o material.

Por se tratar de um tipo de plástico presente em grande parte das embalagens consumidas e descartadas, o PEAD apresenta uma grande variedade de cores no mercado.

Nestes experimentos foi aplicada a variação no corte dos plásticos para se observar os efeitos que poderiam resultar. Com as combinações de cores surgiram resultados variados, conforme observado na figura 08.



Figura 08 - Testes cromáticos
Fonte: Beppler (2019).

A cada experimentação realizada foi possível identificar um novo e diverso padrão único e distinto dos demais, apesar de algumas similaridades presentes na constante repetição do aspecto abstrato. Pela observação deste padrão contínuo, resultado da combinação entre o refinamento do processo de fabricação e a mistura de cores e formatos da matéria-prima, identificou-se a base conceitual desta coleção.

4.4 Conceito e geração de propostas

Decorrente das experimentações realizadas no tópico anterior, observou-se que, apesar de normalmente resultar numa forma circular com contornos irregulares, as formas originadas internamente nas peças eram abstratas. Isso levou a se trabalhar conceitualmente com a proposta do abstrato.

O abstrato se manifesta em diferentes contextos: na gramática, na arte e na filosofia. A arte é uma grande veiculadora de significados e ressignificações, sendo o estilo abstrato uma oportunidade material de ressignificação para cada observador.

Para esta coleção, as peças foram inspiradas na abstração da natureza juntamente ao abstracionismo geométrico de Wassily Kandinsky - trabalhadas a partir da ressignificação dada aos plásticos de consumo doméstico - que, para cada pessoa, apresentam um sentido único, que se construirá no inconsciente individual.

A proposta foi aplicar cores, texturas e formatos como forma de abstração, de reflexão sobre o modo de consumo atual e utilização do plástico, bem como sobre o impacto que ele causa na vida do planeta e na vida de cada ser humano.

A geração de propostas formais deu continuidade ao processo de experimentação visual e à análise que originou o conceito da coleção. Para contribuir com a geração destas propostas foram selecionadas três obras de Wassily Kandinsky que contribuíram como inspiração para a concepção das propostas, por meio de elementos encontrados nas respectivas obras. Os quadros foram selecionados a partir de pesquisa online, sendo eles: Composition VIII de 1923; Circles in a Circle, também de 1923, e Three Sounds, de 1926.

Procurou-se identificar nos quadros, cores e formas recorrentes nas obras do artista. As cores encontradas nas pinturas foram referenciadas a partir da escala Pantone e buscou-se então, equipará-las às cores das embalagens recolhidas na coleta de materiais.

Observa-se nas obras analisadas que Kandinsky faz uso de cores diversas combinadas a variados formatos geométricos. O artista faz também uso das linhas, que ao se cruzarem em seus quadros, cortam as formas dispostas dando origem a novas figuras.

Com estas informações em mãos, foi elaborada a geração manual de propostas, sendo contempladas as peças teste previamente confeccionadas, juntamente com outros materiais que servem para a fabricação de acessórios. O resultado gerado destaca que, assim como nas obras analisadas de Kandinsky, as linhas têm um papel bastante expressivo, decorrente de cortes experimentais, criando a possibilidade de novas formas em combinação com os artigos para fabricação de acessórios de diferentes cores e materiais. A figura 09 apresenta o desenvolvimento das propostas geradas.





Figura 09 - Testes cromáticos
Fonte: Beppler (2019).

Tendo em mente as principais características propostas no conceito da coleção, buscou-se avaliar neste processo as possíveis combinações entre forma, cor e materiais disponíveis. Foram evidenciadas as formas presentes no abstracionismo geométrico, resultante dos cortes do material, somado à necessidade de se aproveitar todas as partes das peças plásticas.

Pretendeu-se também, que o processo envolvesse pouca complexidade para produção. Desse modo, optou-se pela utilização dos materiais adicionais na cor preta, referenciando as inúmeras linhas, traços e contornos presentes nas obras.

4.5 Protótipos finalizados

Uma prototipação inicial ocorreu após a geração das propostas e da escolha dos acessórios a serem produzidos. Para dar sustentação e acabamento às peças, optou-se por utilizar materiais disponíveis no mercado e que são comumente usados para a confecção de bijuterias.

A coleção é composta por nove acessórios divididos em três segmentos, apoiados nas cores e elementos das obras de Kandinsky, sendo cada segmento composto por um anel, um colar e um par de brincos.

O segmento número 01 da coleção é composto por um anel fabricado inteiramente com o PEAD, brincos com pinos de metal e um colar composto por duas peças sustentadas por um cordão de couro e fechos magnéticos. A figura 10 apresenta os protótipos iniciais deste segmento, pouco refinados, juntamente ao quadro que serviu de referência para este segmento.



Figura 10 - Modelos iniciais do segmento número 01
Fonte: Beppler (2019).

O segundo segmento é caracterizado por peças circulares, sendo composto por dois brincos complementares com pinos de metal na parte de trás, um anel com sustentação de metal ajustável e um colar com uma peça vazada entrelaçada por um cordão de algodão. Observa-se na figura 11 os elementos trabalhados nesta proposta.



Figura 11 - Modelos iniciais do segmento número 02
Fonte: Beppler (2019).

O segmento número três consiste em peças com cores mais vivas, contrastadas com o plástico translúcido. Este segmento é composto por um anel de cores variadas e

base de metal ajustável, brincos complementares com pinos de metal e um colar sustentado nas laterais por cordões de algodão. Na figura 12 são apresentadas as peças desenvolvidas para este segmento.



Figura 12 - Modelos iniciais do segmento número 03
Fonte: Beppler (2019).

Os materiais complementares foram selecionados por serem compatíveis às soluções concebidas na geração de alternativas, sendo eles: tarrachas de silicone e pinos de níquel para brincos; fecho magnético para colar; fecho de metal para colar; base de níquel com tamanho regulável para anéis; corda de algodão para colar; cordão de couro para colar; correntes de metal para colares.

A partir da confecção dos protótipos iniciais, foi possível observar as melhorias necessárias para um melhor acabamento nas peças finais, assim como testar a aplicação com os materiais de suporte e sua fixação.

Devido à quantidade de plástico utilizado, as peças possuem diferentes grossuras. As peças mais finas puderam ser cortadas com tesoura, já para as peças mais grossas, exigiram o uso de uma micro-retífica. A ferramenta também foi utilizada para perfurar o anel do segmento número um e garantir uma lixagem inicial nas peças.

Foi identificado também que para a confecção e acabamento dos acessórios, seria necessário lixar as peças com lixa d'água e foram realizados testes com diferentes colas para a verificação da aderência aos materiais de suporte. As cores identificadas em cada obra foram aplicadas nos protótipos finais.

A prototipação final das peças do segmento número é apresentada na figura 13. Este segmento foi baseado na obra Composition VIII (figura 27) e é composto por um anel fabricado inteiramente com PEAD, brincos com pinos de metal e um colar composto por duas peças sustentadas por um cordão de couro e fechos magnéticos.



Figura 13 - Protótipo final segmento um
Fonte: Beppler (2019).

O segundo segmento é referenciado na obra Circles in a circle, caracterizado por peças circulares, ponto principal na temática do quadro. O segmento é composto por dois brincos complementares com pinos de metal na parte de trás, um anel com sustentação de metal ajustável e um colar com uma peça vazada entrelaçada por um cordão de algodão, apresentado na figura 14.



Figura 14 - Protótipo final segmento dois
Fonte: Beppler (2019).

Por fim, O segmento três consiste num conjunto com aplicação de cores mais vivas em contraste ao plástico translúcido utilizado. Este segmento é composto por um anel de cores variadas e base de metal ajustável, brincos complementares com pinos de metal e um colar sustentado nas laterais por cordões de algodão. Este segmento foi inspirado na obra Three Sounds, conforme se observa na figura 15.



Figura 15 - Protótipo final segmento três
Fonte: Beppler (2019).

A figura 16 apresenta a coleção final de acessórios proveniente da utilização de resíduos plásticos elaborados a partir da reciclagem artesanal de materiais plásticos.



Figura 16 - Protótipos da coleção final de acessórios
Fonte: Beppler (2019).

Os protótipos foram produzidos visando gerar o mínimo de resíduos possível, com a viabilidade de **reaproveitar todos os retalhos plásticos e até mesmo os próprios acessórios**, se não mais utilizados, na fabricação de novos produtos, garantindo a circularidade da coleção desenvolvida.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados do Trabalho de Conclusão de Curso em Design, desenvolvido e apresentado em 2019, que teve por objetivo desenvolver uma coleção autoral de joias a partir da reciclagem artesanal do PEAD. Este desenvolvimento projetual buscou responder à problemática de como o design de produtos pode incorporar o uso dos resíduos plásticos a um ciclo sustentável de consumo.

Para a estruturação e direcionamento do trabalho, foram utilizadas as etapas da metodologia proposta por Hanington e Martin (2012) como: (i) Planejamento, Escopo e Definição do projeto; (ii) Exploração, Síntese e Implicações de Design; e (iii) Geração de Conceito e Prototipagem Inicial.

Para aprofundamento da problemática foram explorados, no tópico dois deste artigo, estudos teóricos que abordaram os polímeros, seu descarte e impacto ambiental gerado, reciclagem e seus processos; sustentabilidade, ciclo sustentável de consumo e design sustentável.

Como forma de procurar combater a problemática dos resíduos plásticos, dentre outros fatores prejudiciais à vida no planeta, a Organização das Nações Unidas, juntamente com diversos líderes mundiais, lançou em 2015 a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, com um conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes objetivos visam, dentre outros, erradicar a pobreza, proteger a vida na terra e garantir paz e prosperidade para todas as pessoas. Alguns destes objetivos estão diretamente relacionados com a proposta deste projeto, como trabalhar em prol do desenvolvimento sustentável, como também cuidados com a conservação da vida marinha, uma vez que os resíduos plásticos são considerados um dos maiores agressores ao meio ambiente.

A proposta do projeto vislumbrou possibilitar utilizar como matéria-prima, resíduos plásticos gerados nas residências; por isso o foco dado à reciclagem artesanal. Nesse sentido, este estudo permitiu um maior entendimento sobre o processo artesanal de reciclagem e um aprofundamento sobre como reutilizar e ressignificar estes resíduos, em especial do PEAD.

Na segunda etapa do projeto, fez-se uso de ferramentas para auxiliar na análise e validação de processo artesanal de reciclagem, processos esses que foram a parte mais elaborada e fundamental do trabalho. Isso, pois

possibilitaram a constatação de como reutilizar e ressignificar os resíduos plásticos. Neste artigo, foram destacados a análise e adaptação do processo artesanal de reciclagem de polímeros, como também a caracterização do público alvo.

O artefato escolhido para aplicar a ressignificação do resíduo foi a joia. A escolha deste artefato considerou o contraponto que está relacionado a ele (joia x resíduo), corroborando com uma ressignificação do material, como também por acompanharem a história da humanidade e traduzirem a cultura e costumes de diversos povos ao longo dos séculos.

Por muitos séculos, os acessórios foram fabricados a partir de materiais nobres como ouro, prata e pedras preciosas, sendo considerados símbolos de riqueza e status. Com o descobrimento de outros materiais, principalmente os sintéticos, surgiram alternativas mais econômicas para as matérias-primas preciosas; o próprio artefato em si foi tendo seu conceito ressignificado. Compreendendo os impactos ambientais que a extração de metais ocasiona, bem como o impacto deixado pelo descarte inapropriado de resíduos plásticos, este projeto permitiu compreender a necessidade e a importância de trazer um novo significado para o resíduo plástico. Por meio dele, reforçou-se um novo espaço para o resíduo, introduzindo-o num lugar, que por centenas de anos foi destinado a pedras e outros metais preciosos.

Na terceira etapa, elaborou-se o conceito da coleção de acessórios que foi concebida a partir da experimentação visual com o material. O conceito da coleção veio de encontro com a necessidade de ressignificação do material plástico e a identidade abstrata das peças oriundas do processo de reciclagem. Ao explorar essas duas temáticas foi realizado um paralelo com os resultados artísticos do movimento abstracionista geométrico e na abstração da natureza.

A partir disto, foi produzida a prototipação da coleção, que foi elaborada com o auxílio de materiais para o refinamento e sustentação das peças plásticas. A coleção é composta de nove peças no total, divididas em três segmentos.

Considera-se que os resultados apresentados neste artigo auxiliaram na caracterização dos principais resíduos utilizados domesticamente e na busca por soluções para a destinação dos resíduos plásticos. A exploração dos processos de reciclagem artesanais de plásticos visou, também, contribuir para influenciar na disseminação do importante papel de um ciclo sustentável de consumo, assim como com a conscientização do impacto do consumo excessivo e descarte irregular de resíduos plásticos.

Com tudo isso, além questão ambiental, para reutilizar e ressignificar os resíduos plásticos, a contribuição deste artigo explora também o foco na questão econômica, uma vez que possibilita um novo modo de se produzir artefatos por meio de uma reciclagem artesanal, como também social, pois torna estes artefatos mais acessíveis a diferentes públicos.

A implementação de uma economia circular, em paralelo com um ciclo sustentável de consumo, é essencial e necessária para a manutenção do meio ambiente e consequentemente da sociedade como um todo. É de enorme benefício que os indivíduos e grandes indústrias, adotem práticas de consumo e produção circular e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2017. São Paulo, 2018.
- BELCHIOR, Camilo. Ressignificação, uma possível estratégia para a sustentabilidade no século XXI, 2017. Disponível em: <<http://www.designbrasil.org.br/entre-aspas/ressignificacao-uma-possivel-estrategia-para-sustentabilidade-no-seculo-xxi-parte-1/>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- DIAS, Reinaldo. Sustentabilidade: Origem e Fundamentos; Educação e Governança Global; Modelo de Desenvolvimento. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2015.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição. 2015. Disponível em https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-à-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf. Acesso em: 10 fev 2020.
- _____. The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics. Inglaterra: 2016.
- FRAGA, Simone Carvalho Levorato. Reciclagem de materiais plásticos: aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.
- GEGER, Léa; TENNENBAUM, Carla. Os Três Princípios do Design Circular: Cradle to Cradle. Ideia Circular, 2017.
- HAKKENS, Dave. Precious Plastic. 2013. Disponível em: <<https://preciousplastic.com/en/mission.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- HANINGTON, Bruce; MARTIN, Bella. Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions. Estados Unidos da América: Editora Rockport, 2012.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável. Brasília: Livraria IPEA, 2013.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. Design for Environmental Sustainability. Itália: Editora Zanichelli, 2008.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-meio-ambiente-aponta-lacunas-na-reciclagem-global-de-plastico/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

NUNES, Edilene de Dutra; LOPES, Fábio Silva. Polímeros: conceitos, estrutura molecular, classificação e propriedades. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

PAZMINO, Ana Verónica. Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável. 2007. Disponível em: <<http://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

WGSN. Future Consumer 2021. Disponível em: <https://lp.wgsn.com/form-nrf-tech-fy19q2.html?utm_source=banner-ad&utm_medium=website-third-party&utm_content=future-consumer-2021&utm_campaign=nrf-tech-trendtalk>. Acesso em: 20 abr. 2019

ZANIRATO, Sílvia Helena; ROTONDARO, Tatiana. Consumo, um dos dilemas da sustentabilidade. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142016000300077&script=sci_arttext>. Acesso em: 16 abr. 2019.

AUTORES

ORCID: -

CHIARA ALINE BEPLER | Univille – Design | Joinville, SC – Brasil ! End. para correspondência: Rua Prefeito Helmuth Fallgatter 785, casa 20 | Boa Vista | 89205-300 ! email: chiara-bepler@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9082-880X>

ISADORA BURMEISTER DICKIE, Dra. | Univille – Design | Joinville, SC – Brasil | End. para correspondência: Rua Dr. João Colín, 2875/01 | Santo Antônio | Joinville, SC | 89218-035 | email: isadora.dickie@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7560-9871>

ADRIANE SHIBATA DOS SANTOS, Dra. | Univille – Design | Joinville, SC – Brasil | End. para correspondência: Rua Ernesto Ravache, 134 apto 402 | Santo Antônio | Joinville, SC | 89.218-165 | email: adriane.shibata@univille.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BEPLER, Chiara Aline; DICKIE, Isadora Burmeister; SANTOS, Adriane Shibata dos. Coleção Autoral de Joias: Uma Experiência Prática A Partir da Reciclagem Artesanal de Polímeros. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 149-162, mai. 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.n2.149-162>>.

DATA DE ENVIO: 27/04/2020

DATA DE ACEITE: 30/04/2020

PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UM EXEMPLO DE SANTA CATARINA (SC)

ENVIRONMENTAL CONCERN AND INDUSTRIAL PRODUCTION: AN EXAMPLE OF SANTA CATARINA (SC)

MARIANA MOREIRA CARVALHO | UDESC
VALDECIR BABINSKI JÚNIOR | UDESC
NEIDE KÖHLER SCHULTE, Dra. | UDESC
CÉLIO TEODORICO DOS SANTOS, Dr. | UDESC

RESUMO

O artigo tem como objetivo expor o exemplo de uma indústria de confecção do estado de Santa Catarina (SC) quanto à destinação dada aos resíduos sólidos têxteis gerados em seu processo produtivo. Metodologicamente, o trabalho enquadra-se como pesquisa descritiva, básica/pura e bibliográfica, além de utilizar como método de coleta de dados uma entrevista estruturada. A partir de um aporte teórico acerca de conceitos como Design Verde, ecoeficiência, ecoefetividade e avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda, elaborou-se categorias para discussão do exemplo em questão. Chega-se à conclusão de que a destinação adequada dos resíduos sólidos têxteis pode ser dada pelo viés da reciclagem, do reuso ou da descontaminação. Contudo, tais destinações devem levar em consideração a participação dos stakeholders (partes interessadas) nas estratégias de design e avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos Têxteis; Design Verde; Sustentabilidade.

ABSTRACT

This article aims to expose the example of a clothing industry in the state of Santa Catarina (SC) regarding the destination given to solid textile waste generated in its production process. Methodologically, this article fits as descriptive, basic/pure and bibliographic research. Also used as a method of data collection a structured interview. Based on a theoretical contribution about concepts such as green design, eco-efficiency, eco-effectiveness and life cycle assessment of fashion artifacts, categories were developed to discuss the example in question. It is concluded that the proper destination of solid textile waste can be given by the bias of recycling, reuse or decontamination. However, such destinations must take into account the participation of stakeholders in the design strategies and assessment of the fashion artifacts life cycle.

KEY WORDS: Textile Waste; Green Designing; Sustainability.



1. INTRODUÇÃO

Para compreender a problemática dos resíduos sólidos têxteis na atualidade, faz-se necessário compreender antes o processo fabril de confecção no qual eles se originam. Amplamente utilizado na sociedade contemporânea, tal processo ocorre, em geral, de forma linear e unidirecional: seu início dá-se com a extração de recursos da natureza para utilização como insumos; esses insumos, por sua vez, são transformados na indústria de confecção em artefatos de moda por meio de processos de manufatura; os artefatos gerados são distribuídos para lojas e comércios para, então, por fim, serem adquiridos, utilizados e descartados por consumidores (KAZAZIAN, 2005).

Neste íterim, entre a extração de matéria-prima e o descarte, há geração de resíduos processuais. Pode-se observar, empiricamente, que há pelo menos dois momentos neste percurso em que há expressiva geração de resíduos. O primeiro momento ocorre ainda dentro da indústria de confecção, quando no corte de tecidos são produzidas quantidades significativas de retalhos que, não raro, são incinerados ou descartados displicentemente em aterros sanitários e lixões. Segundo apontamento realizado por Gwilt (2014), esses retalhos representam um descarte de 15% a 20% dos insumos têxteis, em especial, de tecidos planos e malhas que são empregadas na confecção de vestuário.

O segundo momento refere-se ao fim da vida útil dos artefatos de moda, que são compreendidos, nesse artigo, como o somatório de peças de vestuário, acessórios e têxteis-lar (cama, mesa e banho). Para Zonatti (2016), no Brasil, o descarte de artefatos confeccionados pós-uso pode alcançar o montante de 150 milhões de itens ao ano. Tanto nesse caso, quando no que se refere aos resíduos têxteis provenientes do processo produtivo da indústria de confecção, há evidência de desqualificação projetual ou equívoco de design, visto que se observa, de modo experimental, a não adoção de métodos apropriados para a destinação ambientalmente adequada das sobras ou dos artefatos pós-uso.

A linearidade no processo produtivo é descrita por Braungart e McDonough (2013) como uma estratégia “do berço à cova”. Os autores afirmam que todo artefato projetado pode ser descartado quando não há mais serventia para a sociedade, e lançam o questionamento: “mas onde é o ‘fora’? Certamente o ‘fora’ não existe de verdade. ‘Fora’ já se foi há muito tempo” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2013, p. 34). Como uma forma de dar luz a este questionamento, Cardoso (2011, p. 85) assevera que “os objetos não morrem; sobrevivem, nem que seja como lixo ou resíduos”.

Nesse sentido, no atual cenário de evidente poluição ambiental e esgotamento de recursos naturais, muitas questões perfazem as práticas projetuais e produtivas no intento de gerir a responsabilidade de indústrias de confecção sob a geração e a destinação de resíduos têxteis. Entre tais questões, coloca-se a deste artigo: como ocorre a destinação de resíduos sólidos têxteis em processos produtivos na indústria de confecção? Com o objetivo de responder tal problema de pesquisa, delimitou-se como recorte geográfico o estado de Santa Catarina (SC). A partir de um breve levantamento de indústrias catarinenses que empregam práticas pró-sustentabilidade, optou-se por analisar o caso da empresa Marisol S.A., de Jaraguá do Sul (SC), utilizada como exemplo desta pesquisa.

Com base na empresa selecionada, a metodologia deste artigo se deu por uma pesquisa descritiva, básica/pura e bibliográfica, além de utilizar como método de coleta de dados uma entrevista estruturada. O aporte teórico para elaboração do corpo de conhecimento do trabalho empregou conceitos acerca de: (i) Design Verde, Ecodesign e ecoeficiência, conforme a visão de Kazazian (2005) e Manzini e Vezzoli (2008); (ii) ecoefetividade, segundo preceitos de Braungart e McDonough (2013); (iii) ciclo de vida de artefatos, na perspectiva de Vezzoli (2010) e de Gwilt (2014); e (iv) design e avaliação do ciclo de vida, em acordo com os pressupostos de Manzini e Vezzoli (2008). A fundamentação teórica também recebeu contribuições de outros autores, tais como Fletcher e Grose (2011), Teixeira (2012), Zonatti (2016) e Avila *et al.* (2018), que foram escolhidos de modo narrativo e não sistemático, por afinidade aos temas abordados neste artigo.

Acerca da empresa Marisol S.A., as informações levantadas foram obtidas em consulta ao endereço eletrônico da empresa, bem como a publicações acadêmicas em que a empresa foi citada. Houve, ainda, informações colhidas do Balanço Social dos anos de 2008 e 2009 e dos Relatórios Anuais dos anos de 2010 até 2017 – esse último tendo sido analisado com maior afinco pelos autores desse artigo. Para complementar os achados bibliográficos, realizou-se uma entrevista com Valmor dos Santos Loli, responsável pelo Departamento Financeiro e de Suprimentos da empresa. A entrevista ocorreu por meio de correspondência eletrônica entre os dias 21 e 28 do mês de abril de 2020.

Após apresentação da empresa, fez-se a discussão do exemplo que, a partir da fundamentação teórica, tomou como categorias: (i) ecoeficiência; (ii) ecoefetividade; (iii) ciclo de vida; e (iv) design e avaliação do ciclo de vida. As categorias foram confrontadas com as informações sublinhadas

no exemplo apresentado. Para concluir, foram elaboradas considerações finais e recomendações para futuros estudos.

Por fim, é importante destacar que o presente artigo consiste em uma versão expandida do estudo “Resíduos sólidos têxteis e sua destinação: o exemplo de uma empresa de Santa Catarina”, apresentado e aprovado para os anais da 8ª edição do Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS), ocorrido entre 12 e 14 de maio de 2020, sob coordenação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul).

2. PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL E PRODUÇÃO INDUSTRIAL

A relação entre a preocupação ambiental e a produção industrial pode ser compreendida como secularmente distante. Segundo Gwilt (2014), os impactos provocados pela aceleração da industrialização tornaram-se uma questão social e foram abertamente debatidos somente a partir do século XX. Isto é, muito tempo depois do surgimento dos primeiros processos industriais, em meados do século XVIII.

Tal trajetória, explica Gwilt (2014), inicia-se em 1962, quando Rachel Carson lança o livro *Primavera Silenciosa*. Diante de tamanha repercussão negativa acerca da descrição dos danos ambientais causados pelos plantadores de algodão e pela indústria da tecelagem, surgiu o interesse em se descobrir abordagens mais sustentáveis para a produção e para o consumo. A relação cresceu durante a década seguinte, com o surgimento de grupos ambientalistas e estudos voltados ao design responsável e à eficiência ecológica no design de produtos.

As décadas de 1980 e 1990 marcaram a formação de pequenos grupos de consumidores ambientalmente corretos e interessados em ecologia, além da popularização do Design Verde e do Ecodesign. A indústria da moda começa, assim, a se aventurar no contexto do ambientalismo e surgem iniciativas voltadas para uma moda ecologicamente correta, junto a um crescente mercado de consumidores que dão preferência às marcas com credenciais ambientais.

O novo milênio traz consigo o reposicionamento do termo Ecodesign. Muitos designers passaram a reconhecer uma abordagem holística da sustentabilidade, na qual questões sociais estão embutidas em estratégias de inovação de produto à longo prazo. Outros profissionais de design assumiram responsabilidades mediante os recursos naturais e a promoção da consciência ecológica na relação pessoa-objeto. Evidenciava-se, assim, a complexidade que envolve a articulação do homem com a natureza no decorrer da produção de bens materiais e serviços (KAZAZIAN, 2005; GWILT, 2014).

Teixeira (2012) afirma que na evolução do Ecodesign surgiram outros termos como Design Verde e Design para Sustentabilidade. Segundo a autora, apesar de semelhantes, os termos podem ser diferenciados da seguinte maneira: (i) Design Verde corresponde à inclusão de estratégias ecológicas em aspectos pontuais e questões únicas envolvidas no processo produtivo, como o consumo energético ou a inclusão de insumos reciclados; (ii) Ecodesign está relacionado com o projeto de produto pró-sustentabilidade, isto é, em cada etapa do processo de design, há considerações projetuais acerca do meio ambiente; e (iii) Design para Sustentabilidade, no qual os impactos sociais e ambientais são considerados sistematicamente no desenvolvimento de novos produtos. Para Manzini e Vezzoli (2008, p. 105), o Design Verde envolve a ecoeficiência que, por sua vez,

[...] indica, em outros termos, o grau em que está conjugada a redução do impacto para a produção, distribuição, uso e descarte/eliminação, com o aumento da qualidade dos serviços oferecidos.

Segundo Manzini e Vezzoli (2008), a ecoeficiência resume-se em um conjunto de elementos que envolvem o desenvolvimento de produtos sustentáveis. Já Kazazian (2005) conceitua o termo ecoeficiência como uma abordagem win-win (ganha-ganha), em que, para ter sucesso e gerar bons resultados tanto para a empresa quanto para o meio ambiente, é necessário o engajamento de toda a equipe de colaboradores.

Quanto ao emprego da ecoeficiência, Braungart e McDonough (2013) afirmam que é necessária uma abordagem prática à redução dos impactos socioambientais. Os autores sugerem o câmbio das estratégias de ecoeficiência, como o “velho modelo de ‘produzir-e-desperdiçar’” (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2013, p. 77), por práticas de ecoefetividade, como o trabalho desenvolvido a partir de produtos, serviços e sistemas com foco na utilidade, no conforto e no prazer estético.

Nessa lógica, Braungart e McDonough (2013) asseveram que a ecoefetividade pode ser um motor da mudança necessária para a desaceleração do consumo inconstante que, de modo direto ou indireto, leva ao descarte desenfreado e à produção de novos resíduos. Para os autores, a preocupação ambiental pode ser aliada ao desenvolvimento econômico para que sejam assegurados recursos naturais e humanos para as próximas gerações.

Na visão de Gwilt (2014), as práticas de ecoefetividade e as abordagens sobre ecoeficiência somente serão passíveis de implementação em uma indústria de confecção se designers e gestores estiverem engajados com o objetivo

de encontrar soluções viáveis e exequíveis em escala real. Isto implica, para a autora, ultrapassar os caminhos habituais do design e da moda:

Mesmo que o foco ainda esteja centrado na seleção de materiais adequados, a indústria moderna da moda já percorre hoje muitos outros caminhos diferentes que vão além da preocupação com o material correto (GWILT, 2014, p. 18).

Empiricamente, percebe-se que os caminhos diferentes aos quais se refere Gwilt (2014) passam pela compreensão e reconfiguração do ciclo de vida de artefatos de moda. Para a autora, o projeto de novos produtos deve partir do entendimento de que as atividades referentes às fases do ciclo de vida de um artefato de moda devem ser consideradas como uma única unidade. Nesse sentido, torna-se pertinente e imprescindível que, por meio do pensamento sistêmico, designers e gestores projetem e avaliem, conjuntamente, as consequências que a existência daquele artefato terá sobre o meio ambiente, bem como os impactos causados por ele em todas as fases de sua produção. Para Zonatti (2016, p. 30),

[...] a redução de resíduos pode ser alcançada a partir de melhorias nos processos fabris, sendo que os impactos ambientais devem ser considerados em todas as etapas de desenvolvimento de novos produtos, da origem da matéria-prima até o descarte pelo consumidor final.

De forma a evidenciar as fases do ciclo de vida de um artefato de moda – ciclo que é referenciado por Gwilt (2014, p. 23) como uma “jornada percorrida por um produto desde a extração da fibra bruta até o momento de seu descarte” – elaborou-se o Quadro 1, com base em Vezzoli (2010), que apresenta as atividades relacionadas a cada fase.

Fases do ciclo de vida de artefatos de moda	Atividades relacionadas
1. Pré-produção	- Identificação da matéria-prima e dos recursos; - Aquisição de suprimentos e processos de refinamento;
2. Produção	- Processo, montagem e acabamentos;
3. Distribuição	- Transporte, armazenagem e embalagem;
4. Uso do artefato	- Refere-se a como o consumidor usa e se relaciona com o artefato, incluindo o consumo de recursos necessários para a sua operação (se aplicável) e sua manutenção;
5. Descarte/eliminação do artefato	- Destinação e envio para aterros, incineração, compostagem, reciclagem, remanufatura ou reutilização (de todo o artefato ou de algumas partes).

Quadro 1 - Ciclo de vida de artefatos de moda
Fonte: adaptado de Vezzoli (2010).

Conforme o Quadro 1, para Vezzoli (2010), o ciclo de vida de artefatos de moda envolve atividades que englobam desde a identificação de matérias-primas e recursos até a destinação dos rejeitos do processo produtivo que, de maneira geral, são enviados para aterros sanitários, para a incineração, para a compostagem ou para a reciclagem, a remanufatura e a reutilização de partes do artefato ou do artefato como um todo.

Para Manzini e Vezzoli (2008), Teixeira (2012) e Avila *et al.* (2018), incorporado ao ciclo de vida de artefatos está o *Life Cycle Design* (LCD) ou, em tradução livre para a língua portuguesa, Design do ciclo de vida. O LCD pode ser caracterizado pela presença de abordagens pró-sustentabilidade que fomentam estratégias de mitigação dos impactos socioambientais provocados pela cadeia produtiva em que estão imbricados. Tais estratégias enfrentam a complexidade dos níveis de produção que, em uma visão sistemática, ultrapassam a responsabilidade de designers e projetistas. Os autores supracitados afirmam que, com efeito,

[...] poucas vezes o projetista/produtor é o único responsável pelo sistema-produto como um todo. De fato, vários atores participam e controlam os vários processos no decorrer do ciclo de vida de um produto, ou seja, fornecedores de matérias-primas e de materiais semi-elaborados, os produtores, os distribuidores, os usuários, os organismos públicos e ainda as empresas que se ocupam do descarte/eliminação (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p. 101).

Para Fletcher e Grose (2011) e Gwilt (2014), os fornecedores de matéria-prima, os produtores, os distribuidores, os usuários, os governos e os proprietários de uma empresa podem ser compreendidos como *stakeholders* (partes interessadas) da organização. Para as autoras, resumidamente, os *stakeholders* apresentam interesse no sucesso ou no fracasso de uma empresa, de uma ação ou mesmo de uma atividade em específico.

Teixeira (2012) considera que o LCD possui como função lançar uma visão sistêmica sobre o design que ultrapassa o projeto de novos artefatos e expande-se para o sistema-produto. Nesse sentido, a autora aponta a necessidade de articular as estratégias de LCD para pré-produção, produção, distribuição, uso e eliminação com condições sistemáticas relacionadas ao porte da empresa, às legislações vigentes, ao tipo de artefato em projeto, ao contexto de desenvolvimento tecnológico, ao cenário cultural e às normas estabelecidas para o segmento em que se atua ou se deseja atuar. A esse respeito, Avila *et al.* (2018, p. 19), destacam que:

Implantar estudos de LCD dentro de empresas é uma necessidade, uma vez que as mesmas devem ser pensadas como um ecossistema e se apropriar da ideia de ciclo para uma economia de recursos naturais, inovar através de novas estratégias de gestão e se tornar industrialmente interdependentes, se aproximando de um modelo de produção autônomo.

Sobre a natureza das estratégias de LCD que envolvem *stakeholders*, Manzini e Vezzoli (2008) indicam que esta pode ser de cinco tipos: (i) com foco na redução do uso de materiais e de energia; (ii) direcionada para a seleção de recursos e processos de baixo impacto ambiental; (iii) com o objetivo de otimizar a vida útil dos artefatos; (iv) guiada pelo aumento da durabilidade de matérias-primas; e, por fim, (v) voltada para a desmontagem dos artefatos, após seu uso, por parte dos consumidores.

Acerca das estratégias de LCD que visam reduzir o uso de materiais e de energia, Manzini e Vezzoli (2008) recomendam ações junto aos fornecedores e produtores no intento de minimizar os recursos já empregados em processos produtivos tradicionais. De modo similar, os autores também sugerem que as estratégias de LCD com foco na seleção de recursos e processos de baixo impacto ambiental direcionem-se ao emprego de fontes energéticas de maior compatibilidade às iniciativas socioambientais já praticadas pela empresa ou por seus fornecedores.

A respeito das estratégias de LCD que, ao envolver designers e projetistas, objetivam a otimização da vida útil de artefatos por meio da extensão do uso ou de técnicas de fácil desmontagem e reutilização de artefatos de moda, Manzini e Vezzoli (2008) apontam para o estudo de ecomateriais. Para Fuad-Luke (2002, p. 276, em tradução livre),

Um ecomaterial é aquele que tem o mínimo de impacto no meio ambiente, mas oferece máxima performance para o que foi pensado de acordo com o projeto de design. Ecomateriais são facilmente reintroduzidos nos ciclos de vida. Ecomateriais provenientes da biosfera são reciclados pela natureza e aqueles provenientes da tecnosfera são reciclados por processos realizados pelo homem.

Os ecomateriais também estão relacionados com as estratégias de LCD para o incremento da durabilidade de matérias-primas, uma vez que podem ser aplicados no sentido de estender o tempo de vida útil dos artefatos de moda. Este é o caso, por exemplo, da empresa britânica Tom Cridland, que lançou em 2018 uma campanha de financiamento coletivo na plataforma Kickstarter para a

produção de um jeans que durará, aproximadamente, 50 anos. O artefato recebeu o nome de *Half Century Jeans* e foi projetado para, de modo híbrido, empregar *denin* (jeans) selvagem japonês e fibras *Spectra* que, por sua vez, são 15 vezes mais fortes que os cabos de aço utilizados em escaladas (PORTAL PORTUGAL TÊXTIL, 2018).

Sobre a extensão da vida útil das matérias-primas utilizadas na produção de novos artefatos, Cardoso (2011, p. 87) afirma que:

Ao adquirirem novos usos, para além do primeiro descarte, os artefatos ganham uma sobrevida às vezes muito maior do que a “vida útil” que lhes fora destinada por seus fabricantes.

Isto implica dizer que, normalmente, tais *stakeholders* não projetam usos para artefatos para além de seu descarte. Apontam Manzini e Vezzoli (2008) que as estratégias supracitadas podem prover o desaceleramento de tal descarte, bem como podem fomentar a valorização, por parte dos consumidores, dos materiais imbricados nesses artefatos.

Os consumidores também estão associados às estratégias de LCD para facilitação da desmontagem de artefatos. Nesse sentido, Manzini e Vezzoli (2008) recomendam que o projeto de artefatos leve em consideração partes que possam ser desarticuladas ou materiais que possam ser separados, prontamente, quando no pós-uso o consumidor desejar descartá-los.

Com base no LCD, no conceito de *briefing* de Sant’Anna (2005), na ferramenta *Balanced Scorecard* de Shaw *et al.* (1995), na Norma NBR 10004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) e em diretrizes para o licenciamento e a fiscalização ambiental da Agência Estadual de Meio Ambiente do Governo do Estado de Pernambuco (PE) (CPRH, 2000), Teixeira (2012) propõe uma ferramenta de análise do impacto ambiental para a Indústria Têxtil e de Confecção, com ênfase no processo produtivo do vestuário. Em sua ferramenta, a autora elenca dez etapas (Quadro 2): (i) contextualização da empresa; (ii) elaboração dos fluxogramas; (iii) avaliação das entradas e saídas; (iv) definição dos indicadores de produção por unidade de tempo; (v) avaliação dos dados coletados; (vi) avaliação dos impactos ambientais; (vii) cálculo da emissão de dióxido de carbono; (viii) avaliação das causas da geração de resíduos; (ix) soluções para minimizar os impactos ambientais; e (x) plano de implementação das soluções propostas.

Etapa	Objetivo
1. Contextualização da empresa	- Diagnosticar o contexto da empresa, do mercado, dos consumidores e dos concorrentes;
2. Elaboração de fluxogramas	- Mapear o máximo número possível de processos produtivos internos e externos (se houver);

3. Avaliação das entradas e saídas	- Definir o artefato para análise; - Construir fluxogramas dos processos produtivos, das entradas e saídas em termos gerais e específicos (insumos, energia, água e subprodutos);
4. Definição dos indicadores de produção por unidade de tempo	- Especificar os dados quantitativos da coleção de vestuário; - Padronizar as unidades de tempo;
5. Avaliação dos dados coletados	- Quantificar entradas e saídas em termos de insumos, energia, água e resíduos gerados;
6. Avaliação dos impactos ambientais	- Computar os impactos ambientais gerados com base no artefato analisado;
7. Cálculo da emissão de dióxido de carbono	- Mensurar a emissão de dióxido de carbono durante o processo produtivo;
8. Avaliação das causas de geração de resíduos	- Identificar por quais motivos e em quais etapas do processo produtivo são gerados resíduos;
9. Soluções para minimizar os impactos ambientais	- Propor melhorias para mitigar os impactos ambientais identificados na etapa anterior;
10. Plano de implementação das soluções propostas	- Traçar um plano estratégico com ênfase na implementação das melhorias sugeridas na etapa anterior.

Quadro 2 - Etapas da ferramenta de análise do impacto ambiental para a Indústria Têxtil e de Confeção

Fonte: adaptado de Teixeira (2012).

A ferramenta elaborada por Teixeira (2012) e descrita por meio do Quadro 2 tem como função coletar informações e dados para mensurar os impactos ambientais provocados por uma indústria do setor vestuarista nas fases de pré-produção e produção do LCD. A partir da elucidação de tais problemas, a autora sugere que seja traçado um plano estratégico para execução das soluções de melhoria esboçadas.

Relacionado ao LCD e ao ciclo de vida do artefato, encontra-se, também, o *Life Cycle Assessment* (LCA) ou, em livre tradução para português, a Avaliação do ciclo de vida. Conforme observam Manzini e Vezzoli (2008, p. 289), o LCA apresenta “métodos quantitativos de análise e de avaliação do impacto ambiental”. Para os autores, deve-se analisar, avaliar e interpretar todas e quaisquer relações no sistema produto-ambiente, onde a elaboração do LCA leva em consideração: (i) a definição dos objetivos e do alcance (escopo) do projeto do artefato; (ii) o levantamento de dados sobre o artefato; (iii) a avaliação dos impactos ambientais dos materiais escolhidos para o processo produtivo em questão; e (iv) a interpretação dada aos resultados obtidos.

Segundo Gwilt (2014), a avaliação do ciclo de vida de artefatos de moda passa pelo equacionamento das credenciais sustentáveis das etapas do processo produtivo, em que se destacam: (i) o design, (ii) a distribuição, (iii) o uso e (iv) o fim da vida. A autora defende que todas as etapas do

ciclo de vida de uma peça de vestuário devem ser ponderadas, desde avaliações dos impactos socioambientais até decisões e melhorias quanto ao design a ser criado.

Na visão de Gwilt (2014) a avaliação do ciclo de vida deve conter, também, considerações acerca do sistema de relações entre os aspectos tecnológicos, econômicos, legislativos, culturais e estéticos, no tocante ao processo produtivo dos artefatos de moda. Tal qual preconiza o conceito de Design para Sustentabilidade na visão de Teixeira (2012), é preciso ter uma visão holística e ao mesmo tempo sistêmica e detalhada sobre o impacto da fabricação de um artefato de moda para, somente assim, assegurar a avaliação adequada ao seu respectivo ciclo de vida. Esta avaliação deve, contudo, ser rápida para acompanhar a velocidade do consumo e do descarte do artefato. Zonatti (2016) concorda com Gwilt (2014), ao afirmar que avaliar a sustentabilidade em Indústrias Têxteis e de Confeção requer ultrapassar desafios, tais como o ciclo de vida curto dos artefatos de moda e o consumo exacerbado desses, que pouco leva em consideração a busca pelo Desenvolvimento Sustentável.

Logo, diante do exposto até aqui, é possível observar que a relação entre a preocupação ambiental e a produção industrial propicia a compreensão de estratégias voltadas para a otimização do ciclo de vida dos artefatos de moda. Por meio de conceitos como Design Verde, ecoeficiência, ecoefetividade, design e avaliação de ciclo de vida, os autores abordados fundamentaram o entendimento de que são muitas as estratégias possíveis para que seja garantida a destinação correta dos resíduos sólidos têxteis gerados nos processos produtivos da indústria de confecção. A seguir, apresenta-se o exemplo da empresa selecionada para este artigo. Trata-se da Marisol S.A., de Jaraguá do Sul (SC).

3. O EXEMPLO CATARINENSE: MARISOL S.A.

Fundada em 1964, em Jaraguá do Sul (SC), a empresa Marisol S.A. destaca-se no setor do vestuário nacional e internacional desde a década de 1970, quando iniciou suas vendas para o mercado externo (COELHO, 1996). Conforme consulta ao seu endereço eletrônico, a empresa possui como missão ser reconhecida por sua gestão de marcas e de canais de distribuição e, também, almeja a liderança mundial no segmento do vestuário infantil.

Além da unidade industrial no Sul do país, a Marisol S.A. também possui uma filial na cidade de Pacatuba (CE), no Nordeste brasileiro. Em conformidade com o propósito de criar um futuro melhor, a empresa tornou-se referência no âmbito da responsabilidade social e ambiental, além de optar em gerir racionalmente os recursos naturais utilizados em toda a sua produção, em ambos os parques fabris.

Segundo a engenheira Marusa Lenzi, em entrevista à Gurgacz (2003), o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da empresa englobava, à época, iniciativas como a coleta seletiva interna e a manutenção de estação de tratamento de efluentes. O SGA também contava com o recolhimento e o encaminhamento dos resíduos sólidos têxteis que, regularmente, eram vendidos para empresas de reciclagem. Vale destacar que, de acordo com Coelho (1996), estes resíduos eram provenientes, comumente, dos processos de corte e costura de materiais têxteis, tais como malhas e tecidos planos. Em entrevista aos autores deste artigo, quando questionado sobre quais outras iniciativas da empresa poderiam ser citadas como proativas no intuito de diminuir os impactos socioambientais decorrentes do processo de manufatura (Pergunta 2), Valmor dos Santos Loli, atualmente responsável pelo Departamento Financeiro e de Suprimentos da Marisol S.A., afirmou que:

A Marisol busca incansavelmente processos sustentáveis, seja no âmbito da utilização da água ou na reutilização de resíduos, tanto resíduos têxteis (malhas e tecidos) como também resíduos gerados no processo em geral. Para geração de resíduos têxteis (malhas), trabalhamos fortemente com empresas que reutilizam esses materiais, sejam eles, na fabricação de tapetes ou afins, e em projetos de confecção de peças exclusivas, como é o caso de nossa parceria com o Cafofo Amei, onde fornecemos pedaços/sobras de malha ou tecido para se transformar em novas criações. Ainda sobre a malha, temos em nossa coleção de venda de malha, uma linha de malha eco, ou seja, malha produzida a partir do desfibramento de sobras.

Ressalta-se que, conforme mencionam Fuad-Luke (2002) e Manzini e Vezzoli (2008), o uso de ecomateriais, tal como cita o entrevistado, contempla o conjunto de estratégias pró-sustentabilidade que se observa na proposição do LCD. Sobre tal aspecto, Campos (1994) assevera que a modernização das unidades fabris da empresa, ao longo dos anos, mostrou-se positiva em relação ao uso de ecomateriais e à economia de insumos nos setores de enfiar e corte. A autora sinaliza que o investimento financeiro em tecnologias realizado pela empresa na década de 1990, no intuito de facilitar o corte racional dos tecidos, obteve retorno econômico em curto prazo devido a uma expressiva diminuição do volume de sobras e retalhos. Campos (1994) ainda aponta para a preocupação ambiental que a empresa demonstra ter há, pelo menos, 25 anos. O mesmo ocorre se observada a resposta do

entrevistado quando perguntado sobre quais iniciativas pró-sustentabilidade fazem parte do cotidiano da empresa pesquisada (Pergunta 1):

A Marisol desde sua criação sempre prezou pelo meio ambiente, tornando processos como o tratamento de água e coleta seletiva algo primordial para o bom andamento da empresa no que diz respeito a responsabilidade ambiental. Isso está no DNA da empresa.

Coelho (1996) sublinha que, desde o ano de 1986, quando a empresa obteve seu licenciamento ambiental, *stakeholders* influenciaram-na a buscar melhorar, continuamente, seu desempenho pró-sustentabilidade. Para a autora, estes *stakeholders* foram: órgãos de controle ambiental, comunidade local, consumidor final e departamento de marketing. Tal influência pode ser percebida no Balanço Social dos anos de 2008 e 2009; e nos Relatórios Anuais dos anos de 2010 até 2017, disponibilizados no endereço eletrônico da Marisol S.A.

Uma breve leitura dos documentos supracitados possibilitou observar a presença de outros *stakeholders* no intuito de conduzir a empresa a boas práticas para com o meio ambiente. São eles: colaboradores, fornecedores, consumidores, governo e sociedade. Em especial, quanto aos fornecedores, a Marisol S.A. afirma em seu endereço eletrônico que trabalha para integrar a cadeia produtiva e torná-la mais limpa e transparente. Para tanto, a empresa busca firmar parcerias com fornecedores que também apoiam e incentivam causas ambientais. A entrevista concedida por Valmor dos Santos Loli corrobora tal visão. Ao citar a destinação dada para resíduos de plástico e de papelão (Pergunta 2, continuação), o entrevistado menciona que:

Para resíduos como plástico e papelão, parte deste resíduo fazemos a sua logística reversa, ou seja, utilizamos os materiais no processo e após findar a utilização efetuamos a separação interna e vendemos esses materiais (sacos plásticos/bobinas plásticas/caixas de papelão/cones de papelão/cones plásticos) aos nossos próprios fornecedores para que requalifiquem os materiais e nos forneçam novos pedidos dos materiais que usamos, tornando uma espécie de uso cíclico. A outra parte desses materiais, efetuamos a coleta seletiva e tudo é reaproveitado pela empresa que faz a coleta aqui internamente na Marisol, ou seja, com esses resíduos aqui coletados, geram valor e movimentam mais um mercado que engloba toda essa questão de reciclagem.

Nesse sentido, verificou-se que, de modo alinhado ao observado no trecho supracitado, em seu site, a empresa afirma que atua junto aos seus fornecedores para prover melhorias significativas aos materiais, aos recursos e aos insumos demandados por sua produção industrial. A Marisol S.A. cita que opta, regularmente, por empregar materiais de baixo impacto ambiental em suas coleções e por substituir insumos de processos considerados prejudiciais tanto ao meio ambiente, quanto à saúde de seus colaboradores.

Com relação às etapas de produção e ao ciclo de vida de artefatos de moda, a empresa declara que se empenha para identificar e eliminar os resíduos sólidos têxteis gerados em suas unidades fabris. É possível observar, por meio da Figura 1, que a empresa classifica seus resíduos em recicláveis e não-recicláveis (não inclusos os resíduos provenientes de serviços de saúde) e os destina para reciclagem, reuso ou descontaminação e para aterros industriais, respectivamente.

Resíduo	Resíduos Recicláveis	Resíduos Não-recicláveis*
Quantidade (toneladas)	1.015,904	1.235,504
Destino	Reciclagem, Reuso, Descontaminação	Aterro industrial

*Não estão inclusos na contabilização dos resíduos não-recicláveis os resíduos de serviços de saúde.

Figura 1 - Recorte do Relatório anual de 2017 da empresa Marisol S.A.
Fonte: Adaptado de Marisol S.A. (2018)

A partir da Figura 1 é possível inferir que o volume montante de resíduos produzidos pela empresa ultrapassou 2.250,00 toneladas em 2017, o que representa, para Amaral et al. (2018), pouco mais de 1% da produção nacional. Segundo os autores, o Brasil gera, anualmente, cerca de 170 mil toneladas de resíduos sólidos têxteis. Quanto ao volume de artefatos de moda produzidos pela empresa no ano em questão, que totalizou 4.025.273,14kg, o total global de resíduos gerados representa um descarte de 0,056%. Sobre o assunto, quando perguntado acerca de como ocorre a destinação dos resíduos sólidos têxteis durante o processo produtivo da empresa (Pergunta 4), o entrevistado respondeu que:

Nossos resíduos sólidos em grande parte são reciclados ou reutilizados (malha/tecido/plástico/papelão/cones de papelão/embalagens plásticas/ferro/aço/cobre/óleo). Acredite, conseguimos reciclar óleo. Na estação de tratamento de água, ao final do processo temos a geração de lodo e esse material é descartado em aterro sanitário.

Empiricamente, acredita-se que o lodo citado pelo entrevistado esteja representado no montante apontado pelo relatório dentro das 1.235,504 toneladas de resíduos não-recicláveis destinados para aterros industriais. O Relatório anual de 2017 da empresa também aponta para dados importantes quanto à outras questões pró-sustentabilidade: (i) foram destinadas 2.969 lâmpadas, 2.965 litros de óleo lubrificante refinado, 676 bombonas plásticas e 442 tambores de ferro para descontaminação e para reutilização; (ii) a partir de 2018, materiais de informática e *pallets* de madeira também passaram a ser enviados para reutilização; e (iii) sobre o consumo de energia elétrica, em 2017, a empresa completou o quinto ano consecutivo com redução do volume empregado por quilograma de malha produzida, uma redução de 18,4% em relação ao anterior. Sobre o consumo de água da Marisol S.A., Valmor dos Santos Loli menciona que (Pergunta 2, continuação):

Na parte de eficiência e redução na utilização da água, nossa equipe técnica busca inovação em seus processos, objetivando a redução do tempo de tingimento e consequentemente utilizando menos água.

Quando questionado sobre como a empresa lida com o pós-uso/pós-consumo de seus produtos e se há alguma iniciativa ou planejamento que envolva ações para recolherem tais artefatos de moda (Pergunta 5), o entrevistado respondeu que:

[...] para corroborar, pode-se dizer que há um grande interesse em projetos sustentáveis (seja no início do processo, durante e até no pós uso [sic]), pois [...] a Marisol tem no DNA a responsabilidade ambiental, esse quesito andou paralelamente à história de 56 anos da empresa. Buscamos incessantemente minimizar impactos negativos e estamos constantemente em busca de melhorias em consonância de uma total transparência em nossos atos.

De modo similar, ao responder como a Marisol S.A. trabalha o ciclo de vida de seus produtos (Pergunta 3), o entrevistado apontou para a utilização de estratégias de logística reversa em comum acordo com outros *stakeholders* da empresa. A saber:

A Marisol tem conhecimento da cadeia completa de seus produtos, desde o início do processo até a chegada na loja através de sistema WMS (*Warehouse Management System*). No pós-consumo estamos buscando alternativas de formatos de logística reversa para, em conjunto com

nossos franqueados, lojistas e até multimarcas, chegarmos a um denominador comum e viável para todos visando sempre [a] sustentabilidade do negócio.

Desse modo, é possível afirmar que, no exemplo da Marisol S.A., a estratégia de logística reversa com seus stakeholders, a destinação dos resíduos sólidos têxteis e a utilização de ecomateriais podem representar para a empresa determinada preocupação ambiental no processo industrial de confecção de novos artefatos de moda. A partir da compreensão obtida pela consulta aos relatórios anuais emitidos pela Marisol S.A., pela busca em seu endereço eletrônico e por meio da entrevista com Valmor dos Santos Loli, foi possível denotar que a destinação dada para os resíduos supracitados possibilita a discussão que é apresentada a seguir, no próximo tópico deste artigo.

4. DISCUSSÃO

Com base na fundamentação teórica do presente artigo, foram criadas quatro categorias de análise do exemplo apresentado: (i) ecoeficiência; (ii) ecoefetividade; (iii) ciclo de vida; e (iv) design e avaliação do ciclo de vida. Para cada categoria estipulou-se uma correspondência, dada por três estados: (i) atende totalmente; (ii) atende parcialmente; e (iii) não atende. Os estados de correspondência foram baseados nas informações localizadas nos documentos consultados que, neste caso, tratam-se dos balanços sociais, dos relatórios anuais, do endereço eletrônico e da entrevista com Valmor dos Santos Loli, responsável pelo Departamento Financeiro e de Suprimentos da Marisol S.A..

A empresa atende totalmente à primeira categoria, ecoeficiência, segundo os preceitos de Kazazian (2005) e Manzini e Vezzoli (2008), pois foram localizadas abordagens proativas para a mitigação de impactos socioambientais nos documentos consultados, a citar a criação de um sistema de gestão ambiental e de estratégias para destinação de resíduos que, por sua vez, são classificados pela empresa como recicláveis e não-recicláveis.

Quanto à ecoefetividade, com base na compreensão formulada por McDonough e Braungart (2013) sobre o termo, não foram encontradas, explicitamente, informações nos documentos que citem práticas voltadas para produtos, serviços e sistemas que tenham como foco a utilidade, o conforto e o prazer estético. Contudo, acredita-se que estas práticas possam, ainda que não relatadas, estarem presentes no cotidiano da Marisol S.A.. Portanto, verificou-se que a empresa atende parcialmente essa segunda categoria analisada.

Em relação ao ciclo de vida dos artefatos de moda produzidos pela Marisol S.A., observou-se que, no tangente ao conceito de Vezzoli (2010) e Gwilt (2014) sobre tal assunto, a empresa tem conhecimento amplo do ciclo produtivo de seus produtos, desde o início do processo até a chegada na loja, o que é evidenciado pelo uso de um *software* para a gestão da cadeia de suprimentos, conforme citou o executivo entrevistado. Contudo, por meio de estratégias de logística reversa, a empresa ainda estuda a etapa de eliminação pós-consumo. Sobre esse conceito, portanto, atende parcialmente à categoria em questão.

Para a quarta e última categoria, design e avaliação do ciclo de vida, entende-se que a empresa atende parcialmente aos pressupostos de Manzini e Vezzoli (2008). Isto porque, ainda que o ciclo de vida não seja descrito detalhadamente nos documentos, é possível afirmar que, ao dar atenção para a escolha de materiais de baixo impacto ambiental ou não nocivos à natureza e aos seus colaboradores, a exemplo da malha eco produzida a partir do desfibramento de sobras, e ao responsabilizar-se pela destinação adequada de seus resíduos, a empresa Marisol S.A. segue as estratégias de LCD propostas por Manzini e Vezzoli (2008). Quanto à avaliação do ciclo de vida de seus artefatos, pode-se compreender que os próprios relatórios anuais emitidos pela empresa funcionam como LCA.

De modo a resumir as categorias analisadas e os respectivos conceitos atribuídos, mediante a confrontação da literatura investigada e do exemplo levantado, elaborou-se o Quadro 3, a seguir.

Categoria	Conceito atribuído
Ecoeficiência	Atende totalmente
Ecoefetividade	Atende parcialmente
Ciclo de vida	Atende parcialmente
Design e avaliação do ciclo de vida	Atende parcialmente

Quadro 3 - Categorias e conceitos atribuídos ao exemplo da empresa Marisol S.A.
Fonte: Autores.

O Quadro 3 sintetiza a discussão realizada que, de modo geral, estabeleceu que a empresa pesquisada atendeu parcialmente aos conceitos encontrados na literatura à respeito da ecoefetividade, do ciclo de vida e do design e avaliação do ciclo de vida. Na confrontação entre o estudo teórico e a realidade prática, observou-se, também, que a empresa atende totalmente ao conceito de ecoeficiência.

Compreende-se, por fim, que esta discussão é abrangente e permite maior aprofundamento sobre o tema. Portanto, para estudos futuros, recomenda-se que novas

entrevistas com colaboradores da Marisol S.A. sejam efetuadas, principalmente, com designers e projetistas. Outras sugestões são descritas no próximo tópico do artigo, que trata das considerações finais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o objetivo proposto – explorar o exemplo de uma indústria de confecção do estado de Santa Catarina (SC) quanto à destinação dada aos resíduos sólidos têxteis gerados em seu processo produtivo – foi alcançado. O exemplo abordou a realidade da empresa Marisol S.A. por meio de consulta a documentos de acesso público que apresentam e relatam o desempenho anual da organização, assim como, também, por meio de entrevista por correspondência eletrônica a um de seus executivos.

Quanto à pergunta de pesquisa estipulada – como ocorre a destinação de resíduos sólidos têxteis em processos produtivos na indústria de confecção? – obteve-se resposta temporariamente satisfatória. A fundamentação teórica do artigo e a descrição do exemplo da empresa supracitada subsidiaram a compreensão de que tal destinação pode ocorrer apoiada em práticas pró-sustentabilidade, como denotado no Relatório Anual de 2017 da Marisol S.A, que envia seus resíduos sólidos têxteis para a reciclagem, para o reuso e/ou para a descontaminação.

Conclui-se que a destinação dos resíduos sólidos têxteis deve envolver, também, os *stakeholders* das indústrias de confecção, de modo a promover e implementar estratégias que beneficiem o meio ambiente, a empresa, seus colaboradores, seus fornecedores, a sociedade como um todo, o governo e os órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental, e os consumidores finais que, por sua vez, têm significativa participação no destino dado aos artefatos de moda no pós-uso.

Assim, os autores deste artigo compreendem-no como um estudo inicial e embrionário sobre a destinação dos resíduos provenientes de processos produtivos na indústria de confecção. Para futuros estudos, sugere-se o aprofundamento da questão por meio de consulta a novas fontes de informação para ampliação do aporte teórico e do corpo de conhecimento, bem como averiguação das práticas socioambientais por intermédio de novas entrevistas com *stakeholders* e visitação *in loco*. Recomenda-se, ainda, a expansão das categorias de discussão, que abordaram conceitos de ecoeficiência, de ecoefetividade, de ciclo de vida e de design e avaliação de ciclo de vida. Tal alargamento pode permitir o surgimento de novos conhecimentos a partir da confrontação entre a literatura da área e a realidade observada no contexto industrial que, por sua vez, deve aproximar-se das preocupações ambientais para assegurar um futuro salutar ao planeta.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma **NBR 10004:2004**: resíduos sólidos - classificação. 2004. Disponível em: <http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/download/category/64-legislacao?download=433:nbr-10004>. Acesso em: 21 abr. 2020.
- AMARAL, Mariana Correa do *et al.* *Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and considerations concerning the circular economy*. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 25, n. 3, p.431-443, 16 abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x3305>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2018000300431&lng=en&tIng=en. Acesso em: 02 dez. 2019.
- AVILA, Ana Paula Santos de *et al.* Os resíduos têxteis sólidos no contexto de abordagens sustentáveis: ciclo de vida, economia circular e upcycling. **Mix Sustentável**, [S.l.], v. 4, n. 3, p.17-24, out.-mar. 2018. Disponível em: <http://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2555>. Acesso em: 10 fev. 2019. doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n3.17-24>.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. **Cradle To Cradle**: criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.
- CAMPOS, Marília Hafermann Netto. Marisol S.A. Indústria do Vestuário: sua evolução - 1964 - 1992, estudo histórico - econômico - financeiro. 1994. 248 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994.
- CARDOSO, Rafael. **Design Para Um Mundo Complexo**. São Paulo: CosacNaify, 2011.
- COELHO, Christianne Coelho de Souza Reinisch. **A questão ambiental dentro das indústrias de Santa Catarina**: uma abordagem para o segmento industrial têxtil. 1996. 224 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente do Governo do Estado de Pernambuco (org.). **Licenciamento e fiscalização no Estado de Pernambuco**: Recife: [s.], 2000.
- FLETCHER, Kate; GROSE, Lynda. **Moda & Sustentabilidade**: design para a mudança. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011.
- FUAD-LUKE, Alastair. **The eco-design handbook**: a

complete sourcebook for the home and office. London: Thames & Hudson Ltd, 2002.

GURGACZ, Cinthia Veruska. A influência dos Sistemas de Gestão Ambiental nas vantagens competitivas das organizações: Malwee e Marisol. 2003. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GWILT, Alison. **Moda Sustentável**: um guia prático. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

KAZAZIAN, Thierry (org.). **Haverá a Idade Das Coisas Leves**: design e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MARISOL S.A. (Santa Catarina). **Relatório anual 2017**. Jaraguá do Sul: R2 Design., 2018. 24 p. Disponível em: https://marisolsa.com.br/relacao_investidores/relatorio_anual_marisol_2017.pdf. Acesso em: 02 dez. 2019.

PORTAL PORTUGAL TÊXTIL (Portugal). Associação Nacional das Indústrias de Vestuário e Confecção de Portugal. **Jeans duram meio século**. 2018. Disponível em: <https://www.portugaltexil.com/jeans-duram-meio-seculo/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

SANT'ANNA, Armando. **Propaganda**: teoria, técnica e prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.

SHAW, Douglas et al. **The performance measurement, management, and appraisal sourcebook**. Amherst (EUA): HRD Press, 1995.

TEIXEIRA, Gabriela Lyra. **Desenvolvimento de uma ferramenta para análise do impacto ambiental dos processos de produção de uma indústria de vestuário de médio porte**. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/11461/1/Mestrado%20Design%20-%20Gabriela%20Lyra%20Teixeira.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

VEZZOLI, Carlo. **Design de Sistemas Para a Sustentabilidade**: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de "sistemas de satisfação". Salvador: EDUFBA, 2010.

ZONATTI, Welton Fernando. **Geração de resíduos sólidos na indústria brasileira têxtil e de confecção**: materiais e processos para reuso e reciclagem. 2016. 250 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e

Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-26042016-192347/publico/CorrigidaWeltonZonatti.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda (PPGModa) e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A universidade tornou possível o encontro dos autores por meio de um grupo de estudos para o qual convergiram as linhas de pesquisa Design de Moda e Sociedade e Design e Tecnologia do Vestuário.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4735-2359>

MARIANA MOREIRA CARVALHO | Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) | Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda | Florianópolis, SANTA CATARINA (SC) - Brasil | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, 2007, bairro Itacorubi, CEP: 88.035-901 | E-mail: marimoreirac9@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5298-4756>

VALDECIR BABINSKI JÚNIOR | Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) | Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda | Florianópolis, SANTA CATARINA (SC) - Brasil | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, 2007, bairro Itacorubi, CEP: 88.035-901 | E-mail: vj.babinski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5690-5819>

NEIDE KÖHLER SCHULTE, Dra. | Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) | Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda | Florianópolis, SANTA CATARINA (SC) - Brasil | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, 2007, bairro Itacorubi, CEP: 88.035-901 | E-mail: neideschulte@gmail.com

CÉLIO TEODORICO DOS SANTOS, Dr. | Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) | Programa de Pós-Graduação em Design de Vestuário e Moda | Florianópolis, SANTA CATARINA (SC) - Brasil | Correspondência para: Av. Madre Benvenuta, 2007, bairro Itacorubi, CEP: 88.035-901 | E-mail: celio.teodorico@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9809-5658>

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARVALHO, Mariana Moreira; JUNIOR, Valdecir Babinski; SCHULTE, Neide Kohler; SANTOS, Celio Teodorico dos. Preocupação Ambiental e Produção Industrial: Um Exemplo de Santa Catarina (SC). **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 163-174 mai. 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.n2.163-174>.

DATA DE ENVIO: 30/04/2020

DATA DE ACEITE: 04/05/2020

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO MECÂNICA DE COM- PÓSITOS DE POLIURETANO E CIMENTO, COM ADIÇÃO DE LODO DE VIDRO COMO SUBSTITUTO DA AREIA

*RESISTANCE TO MECHANICAL COMPRESSION OF POLYURETHANE AND CEMENT COMPOSITES,
WITH ADDITION OF GLASS SLUDGE AS A SAND SUBSTITUTE*

POLYANA BAUNGARTEN | UNISUL

RACHEL FAVERZANI MAGNAGO, Dra. | UNISUL

RESUMO

As placas de poliuretano (PU) são utilizadas como isolante térmico e acústico devido ao seu ótimo desempenho, no entanto não apresentam compatibilidade com cimento, limitando o uso destas na construção civil. Outra necessidade urgente é de encontrar fins para resíduos industriais, tais como lodo de vidro, podendo ser através da sua incorporação em novos materiais. O objetivo deste estudo foi preparar compósitos de poliuretano e cimento, com incorporação de lodo da lapidação de vidro e insumo de areia, com o intuito de investigar o comportamento da resistência mecânica em relação ao tempo, a densidade aparente dos espécimes e a influência da cura ao ar e cura em água. Para tanto foi realizado a preparação dos compósitos pela reação de policondensação de polipropilenoglicol e tolueno 2,6-diisocianato (2,4-TDI/2,6-TDI, 80/20) e adição de cimento e areia/resíduo de vidro. O teste de resistência mecânica de compressão com 35 dias teve como melhor resultado o espécime Pu_Cim, porém foi constatada uma redução de 39,93% de sua resistência no teste de 90 dias, sendo ultrapassado pelos espécimes Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro, que ao contrário do Pu_Cim, tiveram um expressivo aumento na sua resistência de 10,33 e 77,69%, respectivamente. Observou-se também que o período de cura em água foi essencial para o aumento da resistência do espécime Pu_Cim e que o espécime com lodo de vidro foi menos denso entre os três. Em suma, o espécime Pu_Cim_Vidro apresentou melhores propriedades mecânicas alavancando os benefícios da substituição de parte do cimento pelo lodo de vidro, sendo ecologicamente e economicamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Poliuretano; Resíduo Industrial; Resistência mecânica.

ABSTRACT

Polyurethane (PU) sheets are used as thermal and acoustic insulation due to their excellent performance, however they do not have compatibility with cement, limiting their use in civil construction. Another urgent need is to find ends for industrial waste, such as glass sludge, which may be through its incorporation into new materials. The objective of this study was to prepare polyurethane and cement composites, with the incorporation of glass-cutting sludge and sand input, in order to investigate the behavior of mechanical resistance over time, the apparent density of specimens and the influence of curing, air and cure in water. For this purpose, the preparation of the composites was carried out by the polycondensation reaction of polypropylene glycol and toluene 2,6-diisocyanate (2,4-TDI / 2,6-TDI, 80/20) and the addition of cement and sand / glass residue. The 35-day mechanical compressive strength test had the best result for the Pu_Cim specimen, but it was found a 39.93% reduction in its resistance in the 90-day test, being surpassed by the Pu_Cim_Areia and Pu_Cim_Vidro specimens, which unlike Pu_Cim, had a significant increase in their resistance of 10.33 and 77.69%, respectively. It was also observed that the curing period in water was essential for increasing the strength of the Pu_Cim specimen and that the specimen with glass sludge was less dense among the three. In short, the Pu_Cim_Vidro specimen showed better mechanical properties, leveraging the benefits of replacing part of the cement with glass sludge, being ecologically and economically viable.

KEY WORDS: Poliuretano; Resíduo Industrial; Resistência mecânica.



1. INTRODUÇÃO

A construção civil e todos seus produtos e processos são considerados um dos maiores geradores de resíduos no mundo, acarretando um crescente interesse no reaproveitamento destes resíduos. Uma possibilidade é incorporá-los através de inovação e tecnologia como matéria prima para confecção de novos produtos, atribuindo valor e um ciclo de vida maior para os mais variados tipos de resíduos (CARVALHO *et al.*, 2015; DEMIREL, 2013). Além disso, a necessidade de encontrar fins para resíduos da indústria local que ofereçam conforto, segurança e sustentabilidade ainda é um forte estímulo para pesquisas e desenvolvimento de produtos que incorporem resíduos (ESTRELLA, 1996).

Os materiais de isolamento térmico exercem um papel importante quanto ao conforto térmico e seu uso contribui efetivamente para reduzir a energia necessária para aquecimento ou refrigeração de ambientes gerando maior eficiência energética para manter uma boa temperatura interna (MAZOR *et al.*, 2011).

O poliuretano é um polímero termoplástico utilizado na construção civil, devido ao seu excelente desempenho como isolante térmico e acústico. Além disso, pode adquirir qualquer formato, é leve e de fácil manuseio (GUO *et al.*, 2015; MEIRELLES, 2014; VLADIMIROV *et al.*, 2011). Porém, apesar de seus benefícios e durabilidade no médio e longo prazo, ainda é visto como um produto caro, quando comparado com seus concorrentes como, por exemplo, o isopor (EPS).

O lodo de vidro é um resíduo gerado pela fabricação, tratamento, perfuração, corte e manuseio de peças de vidro. A capacidade nominal de produção de vidro plano no Brasil foi de 7530 toneladas / dia em 2019 (ABRAVIDRO, 2019), como consequência este resíduo representa, em média 3% de todos os resíduos urbanos no Brasil e infelizmente menos de 50% dele foi reciclado; o restante é descartado diretamente em aterros sanitários (CEMPRE, 2017). Esse resíduo pode ser utilizado na remanufatura de vidro, caso ele esteja na forma de cacos, porque são inertes e não biodegradáveis. No entanto, as micropartículas de vidro do polimento e da perfuração são um risco ambiental, porque sua reciclagem não é economicamente viável.

A partir disso, vem sendo feitos diferentes estudos de aplicações para o lodo de vidro. A Tabela 1 demonstra artigos com esse tema publicados entre os anos de 2015 a 2020, bem como as revistas onde foram publicados.

Artigo	Revista	Aplicação
Kim, Yi e Zi, (2015).	Construction and Building Materials	Substituição parcial do cimento por lodo de vidro na argamassa.

Nandi <i>et al.</i> , (2015).	Journal of Cleaner Production	Engobes de cerâmica a partir do lodo de cerâmica e vidro.
Kazmi <i>et al.</i> , (2018)	Journal of Cleaner Production	Tijolos de argila queimada usando lodo de vidro.
ALVARENGA <i>et al.</i> , (2019)	Materiales de Construcción	Substituição parcial do cimento por micropartículas de vidro com resíduo de soda e cal.
COPPOLA <i>et al.</i> , (2019)	Journal of the European Ceramic Society	Ativação alcalina de lodo de mármore com adição de resíduos de vidro.
SHOAEI <i>et al.</i> , (2020)	Construction and Building Materials	Incorporação de pó de vidro como precursor parcial de cimento Portland.

Tabela 1 - Aplicações do lodo de vidro apresentadas em diferentes estudos.
Fonte: Autores

Segundo levantamento apresentado na Tabela 1, entre os anos de 2015 a 2020, o lodo de vidro foi estudado em diferentes aplicações, muitas vezes com o intuito de substituir parcialmente o cimento. A combinação cimento/lodo de vidro apresenta boa reatividade pozolânica e gera um aumento de resistência mecânica (KAZMI *et al.*, 2018; SHOAEI *et al.*, 2020). Nesta pesquisa, buscou-se a combinação das características desses materiais com uma matriz de poliuretano com o objetivo de criar uma placa termo acústica com propriedades aprimoradas, mais sustentável e econômica.

O cimento foi incorporado a todos os espécimes principalmente para aumentar resistência mecânica de compressão e possibilidade de acabamento cimentício. O lodo de vidro foi selecionado por ser um resíduo, um material incombustível, isolante térmico, inerte, de baixo custo e de alta durabilidade química (LUZ; RIBEIRO, 2008; VARGAS; WIEBECK, 2007; BOYD *et al.*, 1994).

A areia por sua vez, foi utilizada para comparação com os compostos com vidro, principalmente devido à similaridade na sua composição em relação ao lodo de vidro. O lodo de vidro apresenta em sua composição, em média, 68% em massa de SiO₂, 10% de CaO, 3% de Al₂O₃, 0,35% de Fe₂O₃, além de outros compostos em menores quantidades (GUIGNONE, 2017). A sílica (SiO₂) é o principal componente da areia e a principal matéria prima para o vidro. Em vista dessa correlação, gerou-se um interesse em conhecer e comparar a influência da incorporação desse insumo.

Deste modo, foram avaliadas a influência da cura em ar e cura em água/ar em espécimes de poliuretano e cimento, além da investigação da resistência mecânica à compressão com o passar do tempo para espécimes de poliuretano e cimento com a incorporação de lodo de vidro ou areia. Deste modo, o desenvolvimento de produtos com substituição de um insumo por um resíduo, em virtude da urgente necessidade de limitar o uso de recursos naturais.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram adquiridos o lodo da lapidação de vidro (doação de Personal Glass), areia (Guarezi), cimento Portland (CPV-ARI, Itambé) e os reagentes polipropilenoglicol (AudazBrasil) e tolueno-2,6-diisocianato (2,4-TDI/2,6-TDI, 80/20, Audaz Brasil).

O lodo de vidro foi lavado e filtrado utilizando funil de Buchner e bomba a vácuo, seco a 70 °C em estufa por 24 h e tamisado em peneiras de inox com abertura de malha de 45 µm. A areia foi tamisada em uma peneira de inox com abertura de malha de 150 µm. Logo após o preparo dos materiais, esses foram dosados, homogeneizados e inseridos em moldes de madeira revestidos com fita de alumínio nas dimensões de 19,7x10x4,9 cm e mantidos por cerca de 1 hora. Após desmoldados cada espécime foi cortado em corpos de prova nas medidas 5x5x4 cm para a realização do teste de resistência mecânica. No total, foram confeccionados 8 espécimes, gerando 40 corpos de prova, pela reação de policondensação do polioli poliéter e toluenodiisocianato com cimento e incorporação de areia ou lodo de vidro.

O primeiro ensaio consistiu em avaliar a resistência mecânica a compressão de espécimes com a cura submerso em água/ar e a cura ao ar. Para o estudo da cura submersa em água foram preparados 10 corpos de prova de poliuretano com cimento (Pu_Cim), 5 deles permaneceram 7 primeiros dias submersos em água e mais 28 dias curando ao ar. O segundo grupo permaneceu 35 dias de cura ao ar.

Para o estudo de resistência mecânica de compressão em relação ao tempo de cura foram preparados 6 grupos de 5 corpos de prova nas composições poliuretano com cimento (Pu_Cim), poliuretano com cimento e areia (Pu_Cim_Areia) e poliuretano com cimento e lodo de vidro (Pu_Cim_vidro). O tempo de cura seguiu dois protocolos, (1) 7 dias de cura submersa em água e 28 dias de cura ao ar (total 35 dias de cura) e (2) 7 dias de cura submersa em água e 83 dias de cura ao ar (total 90 dias de cura).

Na Tabela 2 tem-se o número de espécimes preparados, e a quantidade de reagentes usados para sua confecção, em gramas.

	Nº	Poliol	Isocianato	Cimento	Carga
Pu_Cim	4	48,9	73,6	73,6	-
Pu_Cim_Vidro	2	48,9	73,6	46,3	27,3
Pu_Cim_Areia	2	48,9	73,6	46,3	27,3

Tabela 2 - Quantidades dos reagentes em massa (g) usados para confecção dos espécimes.
Fonte: Autores

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados no equipamento EMIC modelo DL 30000, célula de carga de 5 kN. Submeteu-se então, os corpos de prova à incrementos de pressão até deformação plástica (ASTM E2954).

Para o ensaio de densidade aparente, utilizou-se a balança analítica para obter a massa dos materiais e calculou-se o volume através das medidas com um paquímetro, obtendo o valor da densidade aparente e desvio padrão (ASTM D1622/D1622M).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os espécimes poliuretano e cimento (Pu_Cim), poliuretano, cimento e areia (Pu_Cim_Areia) e poliuretano, cimento e lodo de vidro (Pu_Cim_Vidro) desenvolvidos estão apresentados na Figura 1.

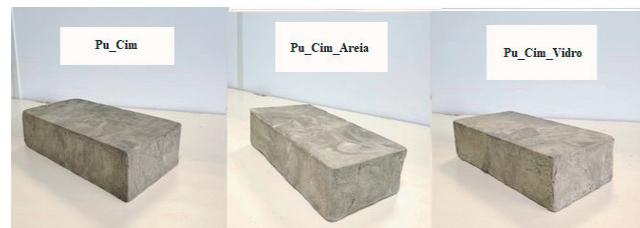


Figura 1 - Imagens dos espécimes de poliuretano com cimento (Pu_Cim), poliuretano com cimento e areia (Pu_Cim_Areia) e poliuretano com cimento e lodo de vidro (Pu_Cim_vidro).
Fonte: Autores

Visualmente, na Figura 1, os espécimes preparados apresentaram aparência semelhante, superfície uniforme e bom aspecto visual, não demonstrando deformação ou esfrelamento.

Na Figura 2 tem-se os resultados de resistência mecânica de compressão para os espécimes de Pu_Cim com cura ao ar e com cura em água/ar.

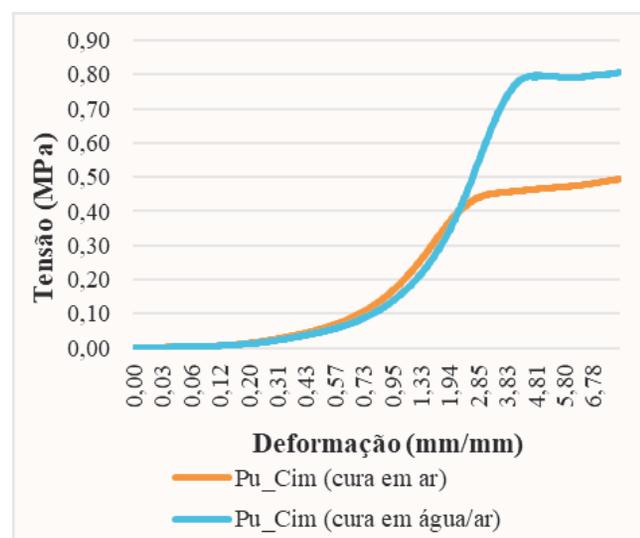


Figura 2 - Resistência mecânica de compressão para Pu_Cim (cura em água/ar) e Pu_Cim (cura em ar).
Fonte: Autores

A Figura 2 foi gerada a partir ensaio de compressão, os resultados obtidos consistem na relação entre a deformação linear, obtida pela medida da distância entre as placas que comprimem o corpo de prova, em função da carga de compressão aplicada em cada instante. Estes valores de força são divididos pela área inicial do espécime a fim de obter a tensão.

Os espécimes de Pu_Cim apresentaram, conforme Figura 1, comportamento elástico plástico independentemente do processo de cura, deste modo atribuiu-se esse comportamento à matriz de PU (MARQUES *et al.*, 2018). O espécime com cura nos 7 primeiros dias submersos em água e mais 28 dias ao ar apresentou resistência máxima de compressão superior, com um valor de 0,7914 MPa, enquanto que o espécime com cura de 35 dias ao ar obtve 0,4418 MPa, o que faz da cura submersa em água uma etapa fundamental para a conquista de resistência mecânica a compressão do espécime Pu_Cim.

A cura em água é fundamental devido a reação entre o cimento com a água. Essa reação provoca a hidratação dos silicatos e aluminatos formando silicato de cálcio hidratado [Tobermita], hidróxido de cálcio [Portlandita: $\text{Ca}(\text{OH})_2$] e sulfoaluminatos de cálcio hidratados [Etringita]. O surgimento destas fases hidratadas ocorre em diferentes velocidades, o que confere características importantes como o enrijecimento, fornecendo resistência ao cimento (COUTINHO, 1997; PETRUCCI, 1998; ISAIA, 2005; MEHTA; MONTEIRO, 2008; NEVILLE; BROOKS, 2012).

Por sua vez, a cura em ar gera uma reação entre o cimento hidratado e dióxido de carbono, conhecida como carbonatação. Na presença de umidade, o CO_2 que está presente na atmosfera forma ácido carbônico, que reage com o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ formando CaCO_3 (NEVILLE; BROOKS, 2012). A carbonatação ocorre da superfície para o interior, é extremamente lenta e traz benefícios como aumento da resistência e durabilidade, a partir da redução da porosidade da matriz pela precipitação dos cristais de CaCO_3 nos poros (YUAN *et al.*, 2013; MO, 2013; ROSTAMI *et al.*, 2012; NEVILLE; BROOKS, 2012).

Na Figura 3 tem-se os resultados do ensaio de densidade aparente para os espécimes Pu_Cim, Pu_Cim_Areia, Pu_Cim_Vidro, com 35 e 90 dias.

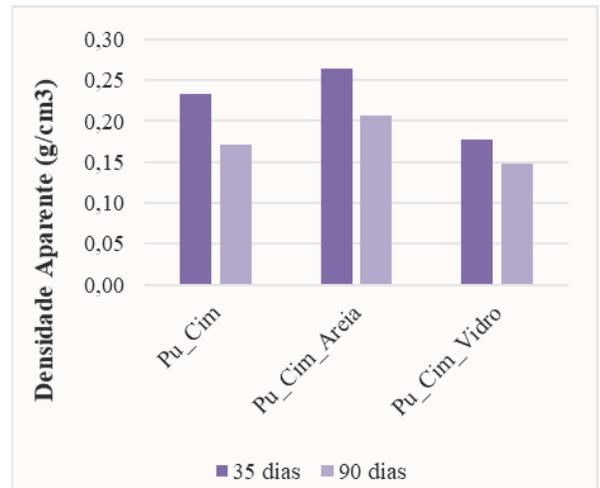


Figura 3 - Densidade aparente para os espécimes Pu_Cim, Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro.
Fonte: Autores

Observou-se na Figura 3, que todos os corpos de prova tiveram uma redução na densidade de 35 para 90 dias de cura. Isso aconteceu porque os espécimes passaram seus 7 primeiros dias submersos em água e naturalmente perderam parte dessa água com o passar do tempo.

O material mais denso foi o Pu_Cim_Areia com 0,2632 g/cm³ em 35 dias e 0,2071 g/cm³ em 90 dias, seguido do Pu_Cim com 0,2333 g/cm³ para 35 dias e 0,1709 g/cm³ para 90 dias e por último Pu_Cim_Vidro com 0,1776 g/cm³ para 35 dias e 0,1478 g/cm³ para 90 dias. Esta diferença deve-se provavelmente a capacidade de reagir com a água que varia de acordo com a adição dos diferentes materiais ao poliuretano.

A Figura 4 apresenta os resultados do teste de resistência mecânica de compressão para espécimes Pu_Cim, Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro com 35 dias de cura.

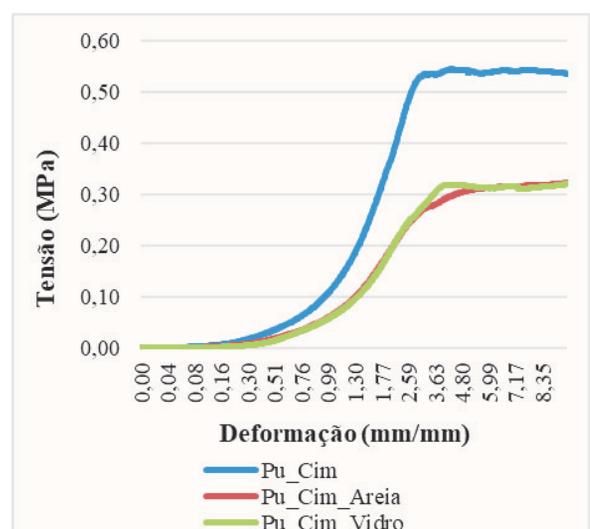


Figura 4 - Resistência mecânica de compressão com 35 dias de cura para Pu_Cim, Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro.
Fonte: Autores

O corpo de prova de Pu_Cim atingiu uma resistência de 0,5069 MPa enquanto que os corpos de prova de Pu_Cim_Vidro e Pu_Cim_Areia obtiveram 0,3098 e 0,2765 MPa, respectivamente. A partir disso, observa-se que a redução de cerca de 37% de cimento causou uma diminuição na resistência a compressão para os corpos de prova de PU_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro do material, entretanto, de acordo com a ASTM D1621-16, todos os espécimes revelaram resistência satisfatória para aplicação, pois estes não possuem função estruturante.

Constatou-se também na Figura 4 a similaridade nos resultados entre Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro, o que foi coerente visto que possuem composição química similar.

A Figura 5 apresenta os resultados do teste de resistência mecânica de compressão para Pu_Cim, Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro com 90 dias de cura.

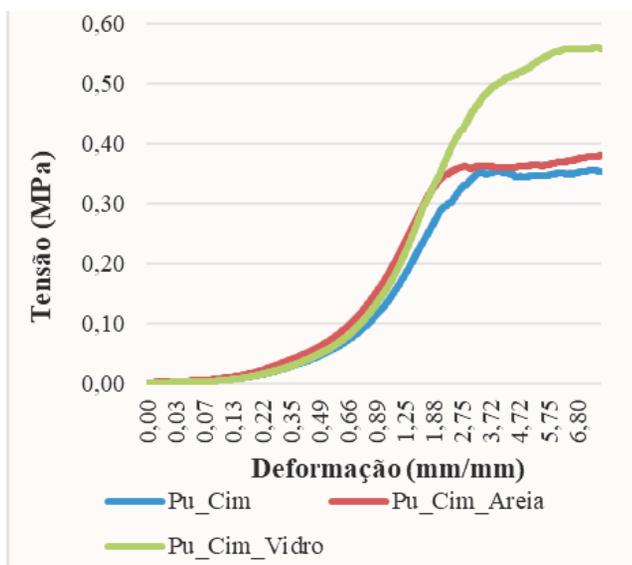


Figura 5 - Resistência mecânica de compressão com 90 dias de cura para Pu_Cim, Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro.
Fonte: Autores

A partir deste ensaio ficou evidente a influência do tempo de cura na resistência mecânica dos espécimes. O espécime Pu_Cim obteve 0,3033MPa, uma redução de 39,93% se comparado ao teste de 35 dias. Isso pode ter acontecido devido a formação de porosidades ou interfaces de baixa resistência entre poliuretano e a matriz cimentícia, estas porosidades tornam o espécime vulnerável aos agentes agressivos do meio que, com o passar do tempo, causam a deterioração, reduzindo sua resistência e durabilidade (SIQUEIRA, 2004). Além disso, o cimento pode ter sofrido refração por secagem, neste fenômeno ocorre uma contração do cimento devido a perda da água, gerando fissuras e comprometendo sua resistência (NEVILLE; BROOKS, 2012).

Por outro lado, o espécime com areia teve um aumento de 10,33%, atingindo 0,3418MPa e o espécime com lodo de vidro um expressivo aumento de 77,69%, alcançando 0,4913MPa. Este aumento na resistência aconteceu possivelmente em razão do alto teor de sílica (SiO₂) presente na areia e no lodo de vidro, que em contato com o hidróxido de cálcio reage formando uma quantidade extra de silicato de cálcio hidratado (GRAUPMANN et al., 2019; MYMRIN et al, 2017). Além disso, a adição do lodo de vidro pode reduzir significativamente o encolhimento por secagem de amostras curadas ao ar, porque opera como um agregado rígido (COPPOLA et al., 2019).

Mediante o exposto, nota-se que a substituição de parte do cimento por lodo de vidro gerou o espécime de melhor resultado no ensaio de resistência a compressão a longo prazo Pu_Cim_Vidro, uma alternativa ecológica que garante uma reutilização eficiente do resíduo de vidro, além de ter um custo mais acessível.

4. CONCLUSÃO

Espécimes de poliuretano com cimento, areia ou lodo de vidro foram preparados pela incorporação dos insu- mos inorgânicos aos reagentes poli-ol e isocianato. Para Pu_Cim foi observado maior resistência mecânica a compressão quando os espécimes foram curados submersos em água e ar. O melhor resultado no teste de resistência mecânica de compressão foi para Pu_Cim com 0,5069 MPa com 35 dias de cura em água e ar, enquanto que para Pu_Cim_Areia e Pu_Cim_Vidro foi semelhante a resistência mecânica a compressão, cerca de 0,3 MPa. Entretanto, o teste de resistência mecânica de compressão feito com 90 dias teve como melhor resultado o espécime com adição do lodo de vidro, com um acréscimo de 77,69% na sua resistência, ultrapassando o Pu_Cim, que com 90 dias de cura teve uma redução de 39,93% na sua resistência. O espécime com areia obteve a menor variação de resistência com o passar do tempo, aumentou 10% que ainda sim pode ser considerado um valor significativo.

Em suma, com cura de 90 dias, sendo 7 dias submerso em água e seguido por cura ao ar, o espécime com melhor desempenho em relação a resistência mecânica de compressão foi o Pu_Cim_Vidro. Ele também foi o espécime mais apropriado economicamente devido ao baixo custo e ecologicamente devido ao reaproveitamento dos resíduos de vidro, que são em grande parte descartados incorretamente.

REFERÊNCIAS

ABRAVIDRO. Associação brasileira de distribuidores e processadores de vidros planos. Panorama Abravido.

Brasília, 2018.

ALVARENGA, C.; HEIDERICK, O.; COUTO, T.; CETLIN, P.; SALES, R.; AGUILAR, M. T. P. Influence of soda-lime waste glass microparticles on workability and thermal properties of portland cement compounds. *Materiales de Construcción*, 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Axial Compression Test of Reinforced Plastic and Polymer Matrix Composite Vertical Members, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics, 2016.

BATOOL, F.; BINDIGANAVILE, V.; Thermal conductivity of hydrated paste in cementbased foam microstructure, *Adv. Civ. Eng. Mater.* 7, 2018.

CEMPRE. Compromisso empresarial para reciclagem, 2017.

BOYD, D. C.; DANIELSON, P. S. & THOMPSON, D.A. - "Glass" in: Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol.12, Ed. Wiley Interscience, USA, 1994.

COPPOLA, B.; PALMERO, P.; MONTANARO, L.; TULLIANI, J.-M. Alkali-activation of marble sludge: Influence of curing conditions and waste glass addition. *Journal of the European Ceramic Society*, 2019

COUTINHO, A.S. *Fabrico e propriedades do betão*. Laboratório de engenharia civil, vol. I, Portugal, 1997.

ESTRELLA, S. P. Diagnóstico de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina - perspectivas de uso na construção civil. 193 f. Dissertação (Mestrado): Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

GRAUPMANN, O.; MARTINS, M. A.; CONSUL, M.; CECHIN, L. Análise da resistência à compressão de concretos com adição de cinza de aterro sanitário. Rio de Janeiro, vol. 24, 2019.

GUIGNONE, G. C. Desempenho de concretos com a utilização de resíduos da lapidação do vidro como substitutos parciais ao cimento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

GUO, H., GAO, Q., OUYANG, C., ZHENG, K., & XU, W. Research on properties of rigid polyurethane foam with heteroaromatic and brominated benzyl polyols. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015.

ISAIA, G. C. *Concreto ensino, pesquisa e realizações*.

São Paulo: IBRACON, 2005.

KAZMI, S. M. S.; MUNIR, M. J.; WU, Y.; HANIF, A.; PATNAIKUNI, I. Thermal performance evaluation of eco-friendly bricks incorporating waste glass sludge. *Journal of Cleaner Production*. vol. 172, 2018.

KIM, J.; YI, C.; ZI, G. Waste glass sludge as a partial cement replacement in mortar. *Construction and Building Materials*, 2015.

LEE, C.; WON, J.W.; JANG, W.; JUNG, W.; HAN, S. H.; KWAK, Y. H. Social conflict management framework for project viability: Case studies from Korean megaprojects, *International Journal of Project Management*, 2017.

LUZ, A.P.; RIBEIRO, S. Uso de pó de vidro como fundente para produção de grês porcelanato. *Matéria* vol. 13. Rio de Janeiro, 2008.

MARQUES, D. V.; BARCELOS, R. L.; SILVA, H. R. T.; EGERT, P.; PARMA, G. O. C.; GIROTTO, E.; CONSONI, D.; BENAVIDES, R.; SILVA, L.; MAGNAGO, R. F. Recycled Polyethylene Terephthalate-Based Boards for Thermal-Acoustic Insulation. *Journal Cleaner Production*. vol. 189, 2018.

MAZOR, M.; MUTTO, J.; RUSSEL, D.; KEOLEIAN, G. Life cycle greenhouse gas emissions reduction from rigid thermal insulation use in buildings, *Journal of Industrial Ecology* 15 (2), 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEIRELLES, S. Química verde: a indústria química e seus impactos na indústria da construção. *Anais: Congresso Nacional de Excelência em Gestão*. Rio de Janeiro, 2014.

MO, L., PANESAR, DAMAN, K. Accelerated carbonation - A potential approach to sequester CO₂ in cement paste containing slag and reactive MgO. *Cement and Concrete Composites*, vol. 43, 2013.

MYMRIN, V., STELLA, J. C., SCREMIM, C. B., PAN, R. C. Y., SANCHES, F. G.; ALEKSEEV, K.; PEDROSO, D. E.; MOLINETTI, A.; FORTINI, O. M. "Utilization of sediments dredged from marine ports as a principal component of composite material", *Journal of Cleaner Production*, vol. 142, 2017.

NANDI, V. S.; RAUPP-PEREIRA, F.; MONTEDO, O. R. K.; OLIVEIRA, A. P. N. The use of ceramic sludge and recycled glass to obtain engobes for manufacturing ceramic tiles. *Journal of Cleaner Production*, 2015.

PETRUCCI, E. G. R. *Concreto de cimento Portland*. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998.

ROSTAMI V., SHAO Y., BOYD A. J. Microstructure of cement paste subject to early carbonation curing. *Cement Concrete Research*, n.42, v.1, 2012.

SAMSON, G.; PHELIPOT-MARDEL, A.; LANOS C. A review of thermomechanical of lightweight concrete, vol. 69, 2017.

SHAOEI, P.; AMERI, F.; MUSAEEL, H. R.; GHASEMI, T.; CHEAH, C.B. Glass powder as a partial precursor in Portland cement and alkali-activated slag mortar: A comprehensive comparative study. *Construction and Building Materials*, 2020.

SIQUEIRA, L. V. M.; STRAMARI, M. R.; FOLGUERAS, M. V. Adição de Poliuretano Expandido para a Confecção de Blocos de Concreto Leve. *Revista Matéria*, v. 9, n. 4, 2004.

VARGAS, I.M.; WIEBECK, H. Reciclagem de vidro laminado: utilização dos vidros de baixa granulometria como carga abrasiva na formulação de vernizes de alto tráfego para pisos de madeira. *Polímeros* vol.17. São Paulo, 2007.

VLADIMIROV, V. S.; LUKIN, E. S.; POPOYA, N. A.; ILYUKHIN, A.; MOIZIS, S.E.; ARTAMONOV, M.A. New types of light-weight refractory and heat-insulation materials for long-term use at extremely high temperatures. *Glass and Ceramics*, v.68, n.3-4, 2011.

YUAN, C., NIU, D., CHEN, N., et al. Influence of carbonation on microstructure of concrete. *Guisuanyan Tongbao*, vol.32, n.4, 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a empresa Personal Glass pelo fornecimento do lodo da lapidação de vidro. Este trabalho foi apoiado pela Fundação Amparo para Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina [nº 06/2017, Grupo de Pesquisa em Materiais Ativos] e teve concessão de Bolsa pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica e Inovação (PIBITI), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

AUTORES

ORCID Id: <https://orcid.org/0000-0002-4054-4913>

POLYANA BAUNGARTEN | Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) | e-mail: polyanabaungarten@gmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7306-7984>

RACHEL FAVERZANI MAGNAGO, Dra. | Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) | e-mail: rachelfaverzanimagnago@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BAUNGARTEN, Polyana; MAGNAGO, Rachel Faverzani. Resistência À Compressão Mecânica de Compósitos de Poliuretano e Cimento, com Adição de Lodo de Vidro como Substituto da Areia. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 175-182, mai. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.175-182>.

DATA DE ENVIO: 18/05/2020

DATA DE ACEITE: 20/05/2020

ESTIMATIVA DE CUSTOS DE UM EMPREENDIMENTO NAS FASES INICIAIS DE PROJETO: CONTRIBUIÇÃO DO PROCESSO BIM

TAYSE BOTH | UFSC

LETICIA MATTANA, M.Sc. | UFSC

1. INTRODUÇÃO

A estimativa de custos nas fases iniciais do processo de projeto é de extrema importância, visto que o estudo de soluções alternativas com base no custo estimado pode viabilizar a execução de empreendimentos.

A indústria da construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Dessa forma, é necessária a adoção de práticas e processos produtivos que visam à sustentabilidade. Essas soluções, a princípio, podem ser apressadamente julgadas como dispendiosas, e em uma avaliação empresarial, necessitam de uma análise de viabilidade econômico-financeira para que se decida por sua adoção (AZEVEDO, 2015).

Entretanto, o setor da construção civil brasileira investe pouco nas etapas que antecedem a execução do empreendimento, sendo uma dessas etapas a análise de viabilidade de custos de construção, que contribui para a sustentabilidade econômica das edificações (CARVALHO, 2009). Para auxiliar no processo de tomada de decisão, métodos tradicionais de estimativas de custos foram desenvolvidos, mas em muitos casos, mostram-se insatisfatórios ou pouco efetivos. Sabe-se que o processo de projeto e de orçamentação vem passando por mudanças com a adoção do *Building Information Modeling* (BIM) pelo setor, o qual dispõe de ferramentas que possibilitam o levantamento de quantitativos a partir de um modelo paramétrico, possibilitando a realização de estudos de viabilidade e orçamentos.

Na presente pesquisa estudou-se as potencialidades que o BIM oferece para a estimativa de custo nas fases iniciais de projeto, utilizando-se de um caso para estudo de uma edificação residencial unifamiliar da cidade de Biguaçu/SC (Figura 1), com a finalidade de comparar custos diretos através de diferentes métodos: CUB, estimativa de custos no Dprofiler, orçamento executivo e custo real

de execução. A metodologia utilizada compreende: (1) investigação das principais ferramentas BIM que contribuem para a estimativa de custos, (2) formatação de um banco de dados de custo no Dprofiler, (3) realização da modelagem volumétrica no Dprofiler, (4) elaboração da estimativa de custos com o auxílio do Dprofiler, (5) desenvolvimento de uma estimativa de custos com base no CUB, e (6) análise documental do custo real da obra e do orçamento executivo.

Como resultado, a pesquisa explorou os variados usos do Dprofiler e constatou que a estimativa de custos nas fases iniciais de projeto com a utilização de BIM apresentou bons resultados, com margens de erro de cálculo baixas em relação ao gasto real de execução, quando comparada a avaliação gerada pelo CUB e ao orçamento executivo da obra.

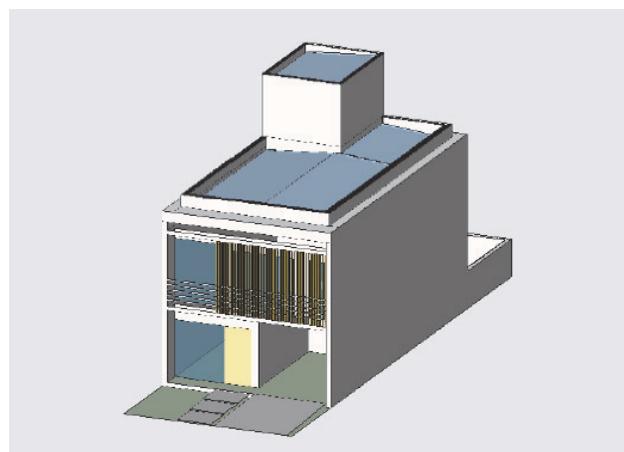


Figura 1 - Modelo Final da Residência Unifamiliar
Fonte: Autora (2019)

Conclui-se que a utilização do BIM no processo de estimativa de custos deve ser aplicada pelas empresas responsáveis pelos projetos de arquitetura e engenharia, de forma a auxiliar na otimização dos custos de construção, mas principalmente pelas construtoras e incorporadoras, buscando análises de viabilidade mais precisas.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, V. G. C. ; LIMA, F. B. ; VIANA, F. R. A. **Análise comparativa técnico-econômica entre empreendimentos com características sustentáveis e convencionais**. 2015. Fortaleza. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia. Brasília: CONFEA, 2015. v. 1. p. 1-6.

CARVALHO, M T. M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto**. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, 2009. Brasília, DF, 2009, 241p.

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO REFILAMENTO DE MÁQUINA OVERLOQUE EM EMPRESAS FACCIONISTAS DE IBIRAMA/SC

LUÍSA LIMA DE SOUZA | IFC

DAYANE GONZAGA DOMINGOS, M.Sc. | IFC

ANA SILVIA DE LIMA VIELMO, M.Sc. | IFC

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é um setor de grande importância econômica e social, possuindo várias etapas produtivas. Estas etapas são fontes geradoras de resíduos sólidos, com destaque para o setor de corte, que transforma a matéria prima e gera um grande volume de retalhos (MENEGUCCI et al, 2015). Os resíduos têxteis são classificados como resíduos sólidos, de classe II A - não inertes, (LIMA, 2004). Neste contexto, o presente estudo objetivou quantificar os resíduos sólidos provenientes do refilamento da máquina overloque em empresas faccionistas do município de Ibirama-SC.

2. METODOLOGIA

Utilizou-se metodologia exploratória, em documentos disponíveis pela prefeitura de Ibirama. Aplicou-se um questionário com perguntas referentes à quantidade de aparas geradas. Para determinação da população amostral, ou seja, o número de empresas participantes da pesquisa, (10% de erro amostral), foi utilizada a equação 1 (n – tamanho da amostra; N – tamanho da população) (MONTGOMERY e RUNGER, 2005).

$$n = \frac{(N \times 100)}{(N + 100)} \quad (1)$$

3. RESULTADOS

Buscando atender uma maior representatividade dos dados coletados, definiu-se a população amostral pela equação 1 de 67,10. No entanto optou-se em selecionar aleatoriamente 74 empresas. A Figura 1 apresenta as aparas provenientes da máquina de costura overloque, geradas no refilamento.



Figura 1 - Aparas do refilamento.

Fonte: Autores, 2020.

Em relação à quantidade de aparas geradas nas empresas faccionistas de Ibirama, a produção mensal deste resíduo varia de 150 a 1.300 Kg. Na Figura 2 é possível observar a porcentagem de geração de aparas das empresas faccionistas e seus volumes mensais de aparas.

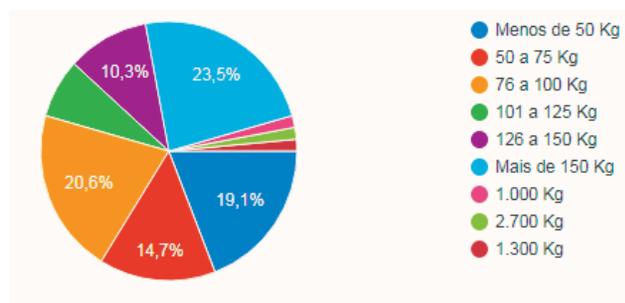


Figura 2 - Volume de aparas geradas nas empresas

Fonte: Autores, 2020.

Quanto ao destino das aparas, cerca de 76% das empresas visitadas contam com serviços de coletas terceirizadas para destinação deste resíduo. Em alguns casos a mesma empresa recicla o material, destina para cooperativas ou ainda direciona para doação.

4. CONCLUSÃO

Pode-se observar que dependendo da empresa faccionista, a quantidade de até 1300 Kg. Quanto à destinação correta de aparas, 76% das empresas visitadas contam com serviços de coletas terceirizadas para destinação deste resíduo, em outros casos, a mesma empresa recicla o material, destina para cooperativas ou até mesmo faz doações.

REFERÊNCIAS

- MENEGUCCI, Franciele; MARTELI, Letícia; CAMARGO, Maristela; VITO, Meriele. Resíduos têxteis: Análise sobre descarte e reaproveitamento nas indústrias de confecção. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, p.01-12, ago. 2015.
- MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. [Applied statistics and probability for engineers, 5th ed. [Inglês]. Tradução e revisão técnica de Verônica Calado. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. xvi, 521 p.
- LIMA, L. M. Q. Lixo: Tratamento e biorremediação. 3. ed. São Paulo: Hemus, 2004.

PROJETO E SIMULAÇÃO DE MULETA DE BAMBU TIPO ASA

GABRIEL OSTAPIV | UTFPR-PB

FABIANO OSTAPIV, Dr. | UTFPR-PB

1. INTRODUÇÃO

Muletas são equipamentos essenciais para o auxílio de pessoas que possuem algum tipo de limitação temporária ou permanente na locomoção. Diniz (2017), diz que o uso frequente pode causar diversos tipos de lesões, principalmente nas axilas e nos pulsos dos usuários, devido à pressão causada pela reação dos apoios sobre estas partes do corpo humano.

Este trabalho tem como objetivo principal construir e testar protótipos de uma muleta de bambu, com formato inovador, chamada de muleta tipo asa. Espera-se que o uso deste tipo de muleta permita diminuir o índice de lesões por uso frequente, bem como ampliar as possibilidades de uso do equipamento como elemento fisioterapêutico. Ainda neste trabalho foram desenvolvidas análises computacionais numéricas sobre um modelo virtual da nova muleta de bambu, buscando avaliar as deflexões sobre o equipamento, causados por esforços mecânicos de carregamento vertical.

Pedaços de colmos de bambu da espécie *Phyllostachys aurea*, também conhecida como cana-da-índia, provenientes de varas de pesca vendidas comercialmente, foram utilizados como material estrutural no protótipo. O objetivo do uso de varas de pesca é permitir a fácil reprodução bem como a redução do custo produtivo, com o intuito de tornar este tipo de muleta acessível à população de baixa renda.

A simulação numérica computacional foi realizada com o software ANSYS Workbench, usado para análises estruturais de geometrias complexas, e para a criação e melhoria de protótipos, como realizado no trabalho de Ostapiv *et al*, (2019).

Como resultado a muleta fabricada, simulada e testada mostrou-se mecanicamente resistente, de fácil construção, baixo custo e funcionalmente eficiente, agregando novas funções em relação ao equipamento tradicional.

Conforme resultados da simulação numérica, mostrados nas Figuras 1 e 2, ocorre um deslocamento máximo na parte superior da muleta, de cerca de 1 mm para baixo,

e uma deflexão máxima de 3,9 mm na direção horizontal, tendendo a abrir o arco superior da muleta, quando utilizado por uma pessoa de 80 Kg.

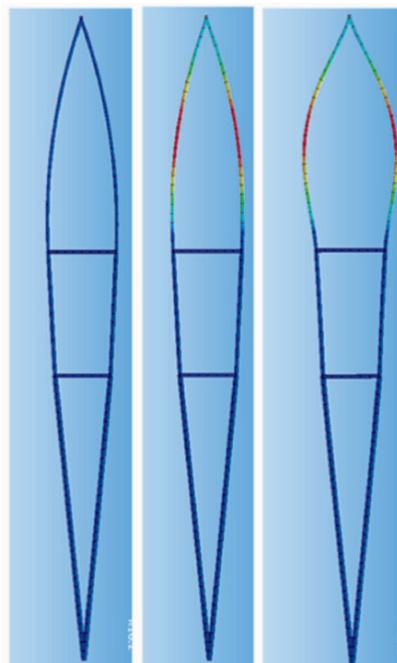


Figura 1 - Simulação do modelo computacional.

Fonte: Autor 2020

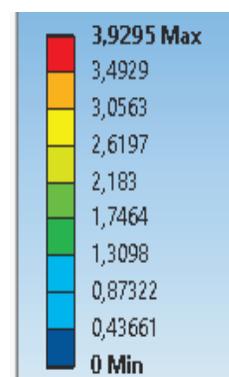


Figura 2 - Escala de cores, deflexão (mm).

Fonte: Autor 2020

Os testes de campo mostraram que: a muleta cumpriu o objetivo de diminuir a pressão e o desconforto nas axilas do usuário, devido ao uso dos tirantes elásticos e cintas acolchoadas com velcro; e se mostrou funcional, suportando tranquilamente o peso de uma pessoa de 80 kg, como mostrado na Figura 3.



Figura 3 - Protótipo construído
Fonte: Autor 2020

REFERÊNCIAS

- DINIZ, F. R. H. Muleta híbrida de baixo custo. 2017. F65. TCC – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.
- DONADUZZI, L. Projeto, montagem e simulação numérica de um auxiliador de locomoção para cães. TCC Curso de Eng. Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2019.
- OSTAPIV, F., OSTAPIV, G., CASTRO, G.C., STAHLSCHMIDT, J., "Computational simulation and vertical loading tests in bamboo geodesic domes". In: 25th International Congress of Mechanical Engineering - ABCM, Uberlândia, MG, out. 2019.

ESTUDO DA ETNOBIOLOGIA E INTERVENÇÕES DA POPULAÇÃO RIBEIRINHA NA BARRAGEM CACHOEIRA, MUNICÍPIO DE AURORA-CE, COMO FORMA DE PROTEÇÃO DO BIOMA LOCAL

SAYRO RHUAN SANTOS LUNA | IFPB

DARIO OLIVEIRA NETO | IFPB

GASTÃO COELHO FILHO AQUINO, M. Sc. | IFPB

1. INTRODUÇÃO

“A necessidade de utilizar água com sabedoria é evidente, uma vez que, esta é um recurso limitado” (PESSOA et al., 2015), embora possamos constatar o absurdo que ainda hoje se observa no desperdício indiscriminado de água. No sítio Biologo (s.d.): “Etnobiologia é o ramo da Biologia que trata da relação entre sociedades humanas, [...] e as plantas e animais do seu ambiente”.

A Barragem Cachoeira localizada na Cidade de Aurora-Ceará, abastece a população rural e urbana do município, incluindo duas comunidades situadas às suas margens: os Sítios Cachoeira Caiçara.

Este trabalho visou investigar as relações culturais e socioambientais da população ribeirinha, através de contatos com as relações do Bioma Caatinga, estabelecendo as classificações biológicas com as percepções e conceitos estabelecidos pela comunidade, analisando as suas intervenções e propondo medidas educativas que possam se transformar em ações concretas de proteção da fauna e da flora, protegendo as margens e matas ciliares e construindo uma estreita relação entre valores sociais da comunidade e o Instituto Federal da Paraíba, enquanto agente transformador, na expectativa de mudança de consciência em busca de uma comunidade próspera e protetora do ambiente.

2. METODOLOGIA

Utilizando os conhecimentos etnobiológicos e culturais, envolvendo as comunidades, foram feitas visitas à população coletando dados referentes a percepção da fauna e da flora do local, meios de utilização e beneficiamento da água do açude. O órgão gerenciador do açude Cachoeira, a COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos) disponibilizou dados do volume de água do açude e da vazão liberada desde o ano de 2005 até 2019, sendo esses dados utilizados para

produzir um mapa no programa QGis, com intuito de melhor referenciar o local, evidenciando as áreas com maior desenvolvimento biológico entre os períodos de seca e cheia. Foi utilizada a Equação de Blaney-Cridde (TOMAZ, 2008) como referência no cálculo da evapotranspiração, para comprovar que, com o aumento da mata ciliar tem-se um menor índice de evaporação das águas da barragem cachoeira.

3. RESULTADOS

A pesquisa possibilitou o conhecimento das comunidades do município no entorno do açude. Foi possível identificar e incentivar o plantio de plantas nativas como catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), mulungu (*Erythrina mulungu*) e algodão do mato (*Cochlospermum Insigne*). Podemos entender que a construção do açude foi um alívio para a população, que não tinha a água de boa qualidade para atender às necessidades básicas, incentivando assim boas práticas de conservação.

No mapa mostrado na Figura 1, podemos observar o açude e as comunidades marginais ao açude.

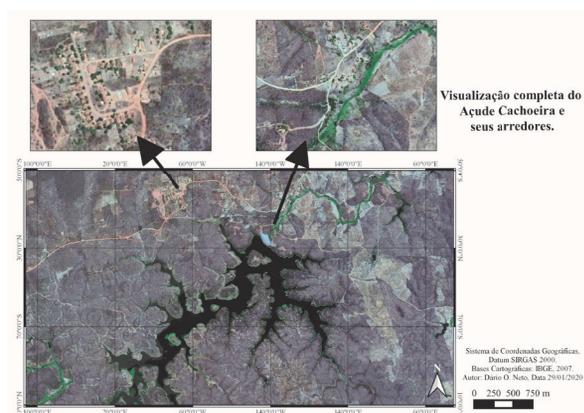


Figura 1 - Açude Cachoeira e as Comunidades.

Fonte: Os autores (2020).

REFERÊNCIAS

BIOLOGO, s.d. Disponível em <https://biologo.com.br/bio/etnobiologia/>. Acesso em 16 abr. 2019.

COGERH. Avaliação mensal da situação dos açudes. Disponível em <https://portal.cogerh.com.br/avaliacao-mensal-da-situacao-dos-acudes-2019/>. Acesso em 16 abr. 2019.

PESSOA, J. J. da S. et al. Dispositivo prático e econômico de anti contaminação bacteriana e viral utilizado em torneiras. In: XV Semana de Economia da URCA: Escassez de Recursos Hídricos e Grandes Projetos Econômicos no Nordeste. [Anais]. V. 1, Crato-CE, 2015. Disponível em <https://docplayer.com.br/89410405-Anais-issn.html>. Acesso em 16 abr. 2019.

TOMAZ, Plínio. Método de blaney-criddle, 1975 para evapotranspiração de referência ETo. 2008. Disponível em http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_evapotranspiracao/capitulo09.pdf. Acesso em 06 abr. 2019.

SUSTENTABILIDADE NA MODA: TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS TÊXTEIS EM MATÉRIA-PRIMA

MARIANA MOREIRA CARVALHO | UDESC
NEIDE KÖHLER SCHULTE, Dra. | UDESC

1. INTRODUÇÃO

Repensar o ciclo de vida de uma peça de roupa torna-se necessário na sociedade contemporânea, visto que há uma produção massificada de produtos decorrente da predominância de indústrias de *fast fashion* (moda rápida) no mercado da moda. O ciclo de vida tradicional do desenvolvimento de peças de vestuário envolve plantio e extração de matérias-primas, manufatura, beneficiamento, distribuição, consumo e descarte. Um grande motivo de preocupação refere-se ao final deste ciclo de vida, no que diz respeito a peças de vestuário que são descartadas tanto por consumidores, no cenário pós-consumo, quanto por indústrias da moda.

A quebra de estoque, um dos fatores que implica no descarte de peças de vestuário, geralmente, ocorre quando há redução na quantidade de produtos industrializados, seja por defeitos, deterioração ou qualquer tipo de acidentes que venham a ocorrer na cadeia produtiva (GWILT, 2014). Assim, estes produtos, após passarem por avaliação do controle de qualidade, são qualificados como inadequados para consumo.

Neste contexto, surge a problemática: como as peças de vestuário descartadas pela indústria da moda podem ser utilizadas para a produção de novos produtos com foco na sustentabilidade? No intuito de encontrar tal resposta, investiga-se, qualitativamente, o caso Instituto Lojas Renner. Como estudo de caso e pesquisa participativa, pretende-se, a partir da economia da moda (matéria-prima, produção, varejo e pós-consumo), apresentar um projeto com ênfase na autonomia feminina no mercado de moda.

Intitulado “Empreendedoras da Moda”, o projeto tem como iniciativa promover a formação de mulheres empreendedoras dentro dos temas sustentabilidade, qualidade e inovação. O projeto envolve a capacitação em técnicas de costura e de remanufatura e consultorias com estilistas da área (INSTITUTO LOJAS RENNER, 2019).

Em Florianópolis (SC), local onde ocorreu a pesquisa participativa, o projeto do Instituto Lojas Renner é descrito por meio da parceria com o Instituto Trama Ética, viés de

análise utilizado nesta dissertação. O Instituto Trama Ética consiste em uma iniciativa que tem como propósito disseminar os princípios da sustentabilidade no contexto da moda, como, por exemplo, o princípio de geração mínima de impactos ao meio ambiente que, por sua vez, baseia-se em dar nova vida para roupas com defeitos e alinhar a proposta econômica ao conceito da moda responsável. A partir do *upcycling* (extensão do ciclo de vida), as peças de vestuário são recuperadas por meio de técnicas como bordado, customização, crochê, tingimentos, dentre outras.

Desta forma, faz-se evidente o potencial de reuso das peças descartadas. Estes volumes de resíduos têxteis podem e devem ser utilizados como matéria-prima na criação de novos produtos de moda e, por meio da utilização da logística reversa, é possível fechar o ciclo da cadeia produtiva industrial.

2. OBJETIVO

Propor um método projetual para a utilização de peças de vestuário descartadas pelas indústrias para a produção de novos produtos.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar percursos metodológicos voltados para a logística reversa;
- Buscar formas de reaproveitamento e transformação de peças de vestuário;
- Destacar processos da economia circular.

REFERÊNCIAS

GWILT, Alison. **Moda Sustentável**: um guia prático. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

Instituto Lojas Renner. Disponível em: <https://www.institutolojasrenner.org.br/pt_br/instituto/instituto>. Acesso em: 06 out. 2019.

ESTUDO DE MEDIDAS MITIGADORAS NO TRECHO RETILINIZADO DO RIO MACAÉ PARA REDUÇÃO DOS EFEITOS DE CHEIAS URBANAS

CLARISSA ROSA VIEIRA DELLA JUSTINA | IFF
 MARIA INÊS PAES FERREIRA, Dra. | IFF
 JADER LUGON JUNIOR, Dr. | IFF

Nos últimos 20 anos, as técnicas de Engenharia Natural e Biotécnicas têm sido utilizadas principalmente em países da Europa, Estados Unidos, Austrália e, mais recentemente, na China. Estudos mostram que essas técnicas amplamente utilizadas no passado distante, estão resurgindo mais intensamente, pois são ferramentas importantes para a engenharia civil e engenharia fluvial e se mostram eficientes, contribuindo para o processo de requalificação dos rios e processos de redução de inundações (JUSTINA, 2019). O rio Macaé, principal rio da bacia de Macaé e Ostras, localizado no nordeste do estado do Rio de Janeiro, sofreu uma retificação no seu traçado entre os anos de 1940 e 1980. Não obstante, o município de Macaé continua a apresentar problemas recorrentes com inundações em cenários de fortes chuvas (TAVARES *et al.*, 2018). Canholi (2014) aponta que o conceito de canalização pode ser referenciado à prática da canalização convencional exercida por décadas em todo o mundo, inclusive no Brasil. Retilinar um corpo hídrico resulta no aumento da capacidade hidráulica da rede de drenagem, acelera os escoamentos, ao mesmo tempo que transfere os problemas de inundação para as áreas a jusante da intervenção, ou seja, aumentando o volume de água nas regiões mais baixas da bacia.

Desse modo, objetiva-se com o presente estudo a apresentação de uma proposta piloto de requalificação fluvial para o trecho retificado do rio Macaé a partir de uma pesquisa descritiva e exploratória. A intervenção preliminar consiste em a partir de soluções baseadas na natureza (SBN), devolver ao rio uma área de planície para inundação e aumentar a rugosidade da superfície nas margens de cheia a fim de contribuir para a redução de inundações nos trechos a jusantes.

O projeto piloto foi estruturado em ambas as margens de acordo com o perfil transversal ilustrado na figura a seguir:

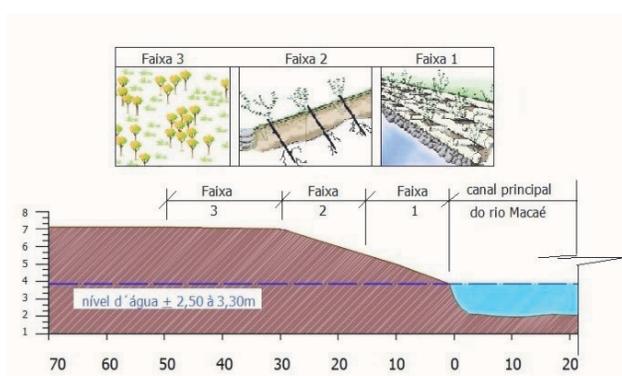


Figura 1 - Perfil Transversal
 Fonte: Autores

Cada faixa (1, 2 e 3) indicada na figura anterior será composta por biotécnicas e pela a engenharia natural. As biotécnicas correspondem o uso de material inerte (escoras de madeira e biomanta vegetal de fibra de coco) para a proteção do solo contra o processo de erosão natural e ação do fluxo da corrente. A engenharia natural trata do plantio de espécies de vegetação nativa da região de Mata Atlântica (popularmente maricá, genipapo, jabuticabeira, entre outras, aroeira). A indicação dessas técnicas combinadas, permite elevar o coeficiente de rugosidade na margem de cheia de 0,03 para 0,15 após obras concluídas e vegetações estabilizadas.

REFERÊNCIAS

- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2. ed. 2014.
- JUSTINA, C. R. V. D. **Estudo de medidas mitigadoras no trecho retificado do rio Macaé para redução dos efeitos de cheias urbanas**. 2019. Mestrado (Engenharia Ambiental) – Instituto Federal Fluminense, Macaé, 2019.

TAVARES, L. P. S., LUGON JR. J., SILVA, J. A. F. da S., WASSERMAN, J. C. A., RODRIGUES, P. P. G. W. Water management and urban flood mitigation: studies and proposals for the Macaé River Basin in Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering** (JUEE), v. 12, n. 8, p. 188-200, 2018.

O PROCESSO PROJETUAL DO DESIGN DE INTERIORES E A INTEGRAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA SUSTENTABILIDADE; FOCO NA DIMENSÃO ECONÔMICA

PEDRO ROCHA SOUSA FILHO | UFMA

ANA LÚCIA ALEXANDRE DE OLIVEIRA ZANDOMENEGHI, PhD. | UFMA

1. RESUMO DE PESQUISA DISSERTATIVA

A sustentabilidade se apresenta na atualidade como uma temática imprescindível devido às evidências do limite do planeta. Deste modo, uma economia pautada no crescimento pelo aumento do consumo de recursos naturais talvez seja uma das principais questões que agrave o aquecimento global. Assim, no planejamento de ambientes internos no âmbito do design de interiores, o profissional da área pode assumir importante papel educacional para uma consciência no uso e redução do consumo de recursos naturais e impactos ambientais na natureza. Além disso, também é capaz de contribuir na promoção do desenvolvimento local no processo projetual para uma economia mais igualitária; beneficiando a dimensão econômica da sustentabilidade por meio da prática de seus princípios, que são: fortalecer e valorizar recursos locais; respeitar e valorizar a cultura local; promover a economia local; promover organizações em rede; valorizar a reintegração de resíduos, e; promoção da educação para a economia sustentável (SANTOS et al., 2019). Entretanto, faz-se necessário analisar a forma que o profissional compreende e integra tais princípios em seus projetos, visando garantir a sua habilitação para o viés da valorização e defesa de uma economia justa e ética. Portanto, o estudo conteve o objetivo de investigar a integração dos princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos designers de interiores por meio da pergunta de pesquisa: como os designers de interiores integram e aplicam os princípios da dimensão econômica da sustentabilidade em suas práticas projetuais? Para o alcance da resposta, definiu-se os objetivos específicos: (a) analisar a aplicação de princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos designers de interiores; (b) identificar estratégias de integração de princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos designers de interiores; (c) criar

recomendações para integração de princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos designers de interiores. Neste alinhamento, sendo a mesma de natureza qualitativa e características exploratória / descritiva, o procedimento metodológico adotou como escopo para coleta de informações a pesquisa teórica, apoiada pela Revisão Bibliográfica Sistemática - RBS (CONFORTO, AMARAL e SILVA, 2011), a aplicação de questionário on-line, que obteve a participação de 96 (noventa e seis) respondentes da cidade de São Luís – Maranhão, em 2019; e a técnica de grupo focal, com a participação de 7 (sete) pessoas. Os referidos dados analisados por meio da triangulação metodológica (YIN, 2005) permitiram reunir uma base teórico-prática imprescindível para a síntese do estudo. Como conclusão da pesquisa, verificou-se a falta de compreensão e a pouquíssima integração dos princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual entre os profissionais. Consequentemente, inteirando o objetivo geral: propor recomendações que integrem e operacionalizem os princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos designers de interiores; foi possível propor um conjunto de 15 (quinze) recomendações para a integração e a operacionalização dos princípios da dimensão econômica da sustentabilidade no processo projetual dos profissionais. Estas recomendações propostas constituem ações que podem ser acionadas por meio das estratégias de operacionalização dentro do processo projetual pelos profissionais que atuam no design de interiores, e, assim, contribuir para o desenvolvimento econômico local, além da redução de impactos ambientais em suas atividades.

REFERÊNCIAS

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel; SILVA, Sérgio Luis da. **Roteiro para revisão bibliográfica**

sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto (CBGDP), Porto Alegre – RS, 2011.

SANTOS, Aguinaldo dos *et al.* **Design para a sustentabilidade: dimensão social.** Curitiba, PR: Insight, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005

PROJETO REGENERATIVO: UMA VISÃO HOLÍSTICA DE PLANEJAMENTO PARA A INTERDEPENDÊNCIA DO CAMPUS COM A CIDADE

FÁBIO PEDROSO DIAS, M.Sc. | UFSC
JOSÉ RIPPER KÓS, Ph.D. | UFSC

Através das transformações na evolução das Instituições de Ensino Superior (IES), percebemos uma mudança que desafia o desenvolvimento em concomitância com a conservação dos ecossistemas. O sistema atual, fundamentado no desenvolvimento intensifica a crise ecológica. Surge, neste contexto, o projeto regenerativo - uma metodologia que propõe que os ambientes construídos podem produzir mais energia e recursos do que consomem e gerar um impacto positivo no ambiente natural e social.

O projeto regenerativo aplicado nas iniciativas de elaboração de planejamento das IES levará os profissionais a pensarem mais sobre os sistemas naturais, bem como as questões sociais, culturais e econômicas; adotando um conjunto muito mais amplo de soluções, inovações e criatividade para o ambiente construído (DALTON, HAJRASOUILHA e RIGGS, 2018).

Evidências emergentes mais recentes motivam para a necessidade de um "paradigma de sustentabilidade regenerativa" que entrelaçam os sistemas humanos em uma parceria cocriativa com a natureza; visando aplicar um conjunto de práticas de projeto e engenharia ecológica no seu desenvolvimento narrativo, modificando o ambiente urbano de acordo com as exigências à procura de soluções duradouras com uma abordagem integrada dos problemas físicos, ambientais e econômicos (DU PLESSIS, COLE, 2011).

Deste modo, o presente trabalho utilizou uma metodologia, que foi aplicada no contexto urbano do Campus Sede da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo como objetivo apresentar um modelo de planejamento, fundamentado na teoria do projeto regenerativo com a finalidade de reconstituir as fronteiras urbanas do campus com seus arredores, a partir da necessidade que a universidade tem de se abrir para a cidade; demonstrando como estas relações podem acontecer de uma forma diferente através da restauração dos ecossistemas juntamente com as relações humanas e como que elas se complementam.

A metodologia foi realizada em dois momentos: Primeiramente, com uma finalidade qualitativa; com a utilização das Guias de Projeto Regenerativo para Campus Universitário observou-se os problemas existentes no recorte de estudo, os quais serviram como base para a elaboração dos potenciais regenerativos. No segundo momento, os potenciais regenerativos obtidos foram organizados por similaridade de assunto em 10 Tópicos; configurando assim as diretrizes para o projeto regenerativo no Campus Trindade da UFSC.

A principal premissa que a pesquisa pode apontar foi o direcionamento para a elaboração de projetos que atendam a reconstrução de ecossistemas em concomitância às necessidades humanas. Estando expresso: na restauração da paisagem; na regeneração de ecossistemas; no tratamento de águas residuais e na drenagem urbana; e, como um incentivador de atratividade de urbanidade com denotada segurança em torno dos sistemas de mobilidade.

Concluiu-se que o 10 Tópicos apresentam diretrizes que minimizam os impactos ambientalmente destrutivos ao se integrar com processos vivos e como a adaptação efetiva e integração com processos da natureza.

REFERÊNCIAS

- DALTON, L. C.; HAJRASOUILHA, A. H.; RIGGS, W. W. State of the art in planning for college and university campuses: site planning and beyond. *Journal of the American Planning Association*, 2018, p.145-161.
- DU PLESSIS, C.; COLE, R. J. Motivating change: shifting the paradigm. *Building Research & Information*, 2011, p.436-449.

AVALIAÇÃO DA COMPACIDADE, FUNCIONALIDADE E FLEXIBILIDADE EM HABITAÇÕES DE DIMENSÕES REDUZIDAS – ESTUDOS DE CASO EM EDIFÍCIOS DE FLORIANÓPOLIS-SC

CLÁUDIA VASCONCELOS, Dra. | UNIFESSPA
FERNANDO BARTH, Dr. | UFSC

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa avaliou as habitações de dimensões reduzidas em edifícios multifamiliares, por meio de análise da compactidade, funcionalidade e flexibilidade arquitetônica.

O crescimento na oferta dessa categoria com área útil cada vez menor no mercado imobiliário brasileiro (SECOVI-SP, 2016) e, em particular na área de estudo, parte insular de Florianópolis.

As dimensões reduzidas dessa categoria habitacional podem ser compensadas pela dinâmica de uso de móveis com multifuncionalidade e articuláveis para assumir diferentes funções no decorrer do cotidiano doméstico, de forma sequenciada, simultânea ou periódica.

A pesquisa direcionou-se somente as unidades residenciais em edificação multifamiliar vertical e licenciadas por órgão regulador da prefeitura municipal e em conformidade com leis vigentes (FLORIANÓPOLIS, 2014 e 2000).

2. MÉTODOS

O estudo analisou a oferta de 391 projetos aprovados para novas construções no período de 2010 a 2014, totalizando a área construída de 2.667.320m². Essa oferta compreende 14.988 unidades residenciais, sendo 1.614 de habitações com dimensões reduzidas e concentração de funções.

A pesquisa buscou aplicar métodos para avaliar essa categoria habitacional, identificando aspectos conceituais e requisitos mínimos, assim como a detecção de conflitos e desacordo com o Código de Obras (FLORIANÓPOLIS, 2000). Os métodos buscaram analisar a compactidade, a funcionalidade e a flexibilidade arquitetônica, em seis estudos de caso.

3. RESULTADOS

Os resultados mostram que os espaços com dimensões reduzidas induzem a sobreposição de usos, por meio de

mobiliário e equipamentos com multifuncionalidade, de modo a atender a diversidade das atividades domésticas.

Os espaços, com dimensionamento reduzido, frequentemente restringem a usabilidade, diminuindo o desempenho funcional e a flexibilidade arquitetônica. Também, observou-se que a flexibilidade arquitetônica tem sido pouco explorada nos processos projetuais contemporâneos. E que pode ser ampliada pelas possibilidades de transformações da unidade e dos elementos construtivos, constituindo a base para a personalização e adequação dos espaços às necessidades mutáveis dos usuários.

REFERÊNCIAS

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar nº 482, de 17 de janeiro de 2014. Institui o Plano Diretor de Urbanismo. Disponível em: <<https://bit.ly/2yrfHLG>>. Acesso em: 25 mar 2020.

FLORIANÓPOLIS. Lei Complementar nº 60, de 11 de maio de 2000. Institui o Código de Obras e Edificações e dá outras providências. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/nopal>>. Acesso em: 25 out 2013.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE SÃO PAULO. SECOVI-SP. Anuário do Mercado Imobiliário 2016. Secovi-SP (Sindicato da Habitação): São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/CKBr7b>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa recebeu auxílio financeiro de agência de fomento e agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, vinculada ao Governo do Estado do Amazonas, por possibilitar a sua realização.

ALGAL CULTIVATION, CHARACTERIZATION AND PROCESSING TECHNIQUES

ÂNGELO P. MATOS, Dr. | UFSC

ERNANI S. SANT'ANNA, Dr. | UFSC

ELISA H. S. MOECKE, Dra. | UNISUL



Figure 1 - Dr. Matos specialist in algae biotechnology
Source: Authors

Microalgae are a group of microscopic and photosynthetic organisms present in both marine and freshwater environments. They are able to accumulate biomass by converting solar energy, CO₂, and nutrients into biomass. Furthermore, microalgal biomass is a promising feedstock for generating sustainable products such as for food, feed, fine chemicals and biofuels.

Microalgae are exceptional producers of a wide range of bioproducts with medium- to high-value market price such as β -1,3-glucan polysaccharide, single-cell-protein, carotenoids and phycobilin pigments and long chain polyunsaturated fatty acids that are commercialized in the food industry as dietary supplements and functional foods, in the pharmaceutical and chemical industries as flavorants and cosmeceuticals, and in the therapeutic field as nutraceutical compounds.

My thesis is composed of eight chapters and it begins with an introduction of algae biotechnology based on literature review (**Chapter 1**).

Chapter 2 reviews the main existing and potential high-value products that can be derived from microalgae

with a particular focus in food science and technology. Further details can be found in *Journal of the American Oil Chemists' Society (JAOCS, v. 94, p. 1333-1350, 2017)*.

Chapter 3 highlights the current state-of-art of using desalination concentrate for algal cultivation in Brazil. This review article was published in *Algal Research (v. 24, p. 505-508, 2017)*.

One of the key attractions of microalgae is the high lipid content and fatty acid composition found in several microalgae species, and these metabolites can be manipulated through growth conditions (**Chapter 4 and 5**). These chapters were published as an original research articles in *Bioresource Technology (v. 197, p. 48-55, 2015 and v. 224, p. 490-497, 2017)*, and both chapters had the overarching aim to investigate the manipulation of marine algae *Nannochloropsis gaditana* cultured in desalination concentrate in order to maximize lipid productivity.

Chapter 6 was developed in collaboration with Dr. Rafael Feller from the Department of Chemical Engineering (UFSC), and had the objective to evaluate the biochemical composition of six microalgae for food utility application. This chapter was published as an original article in *JAOCS (v. 93, p. 963-972, 2016)*. Moreover, part of this work was presented at AOCS 106th Annual Meeting & Industry Showcases in Orlando - Florida, United States, in 2015.

Chapter 7 describes the correlation of algal biochemical components through principal component analysis (PCA) of six microalgae. This topic was published in *Inform Magazine of AOCS: International News on Fats, Oils and Materials (v. 27, p. 22-26, 2016)*.

Chapter 8 covers the investigation of using non-thermal plasma (NTP) on *N. gaditana* biomass, lipid content and fatty acid compositions. This work was conducted in partnership with researchers from the University of São Paulo (USP) and the South University of Santa Catarina (UNISUL). The results of this study were published in *Brazilian Journal of Chemical Engineering (v. 36, p. 1419-1428, 2019)*.

In summary, the research has demonstrated the feasibility of growing microalgae in desalination concentrate (DC), determined the chemical composition of microalgae biomass for food application and evaluated the effect of NTP on algal biomass for potential biodiesel production.

On 13 November 2018, the Brazilian Education System (CAPES) announced that my thesis was awarded with an honorable mention on **Best Thesis Award 2018** in the category of Food Science, emphasizing the outstanding research conducted during the PhD candidature.

ENTREVISTA COM: CRISTINA SOUSA ROCHA

Investigadora do LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Portugal



1. Poderia resumir sua formação e descobertas relevantes em sua trajetória que lhe conduziram as pesquisas com economia circular? Que caminhos percorreu até chegar à proposição do Projeto KATCH-e?

Essa pergunta é muito interessante, porque na verdade o percurso que me trouxe até à ideia do projeto em economia circular KATCH_e é longo e diria que espelha a evolução do conhecimento e estratégias de atuação junto das empresas com o objetivo de promover um sistema produção-consumo mais sustentável. A minha formação de base é Engenharia do Ambiente e Engenharia Sanitária. Quando comecei a trabalhar no Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (que mais tarde veio a ser o LNEG), estava preparada para projetar e estudar sistemas de tratamento de efluentes e resíduos – abordagens que hoje designamos “de fim-de-linha”, portanto. Acontece que no início da década de 1990, a minha então Diretora integrou um grupo informal de especialistas europeus (a rede PREPARE, que ainda hoje existe) cuja missão na altura era promover a produção mais limpa (ou prevenção da poluição) na Europa, importando uma

filosofia de atuação dos Estados Unidos apoiada por organismos internacionais como a UNEP e a UNIDO. Organizámos a primeira conferência sobre Produção Mais Limpa em Portugal em 1993 e os primeiros cursos de avaliação do ciclo de vida e ecodesign em 1994, com especialistas de renome internacional. Durante os anos seguintes promovemos vários programas nacionais com a indústria, com desenvolvimentos conceptuais e metodológicos e abordando tecnologias de produção mais limpa, pensamento de ciclo de vida, ecodesign, eco-eficiência envolvimento de stakeholders, enfim... foi uma “pedrada no charco”, pois estávamos pelo menos uma década à frente do conhecimento e maturidade da maioria do tecido empresarial em matéria de ambiente. Entre 1998 e 1999 fui investigadora convidada da Universidade de Tecnologia de Delft, onde trabalhei em sistemas de gestão ambiental orientados para o produto. Seguiram-se projetos de ecodesign e de sistemas produto-serviço, cuja ideia é conseguir dissociar o crescimento económico do consumo de recursos através da prestação de serviços em vez da venda de produtos, e assim desmaterializar a economia. Repare que todas estas ideias são relevantes para a economia circular e nós, aqui no LNEG, estávamos bem apetrechados para as rever e reformular no quadro da circularidade, que tem recebido uma grande atenção política desde o Plano de Ação da União Europeia para a Economia Circular de 2015. Assim, e na sequência de alguns projetos com vários parceiros deste consórcio, surgiu a proposta de projeto KATCH_e, que se concretizou entre 2017 e 2019.

2. O que é o Projeto Katch-e?

Este projeto consistiu no desenvolvimento de um curso multidisciplinar sobre economia circular e sustentabilidade aplicado às áreas académicas envolvidas no desenvolvimento de produtos e serviços – nomeadamente design, engenharias, economia e gestão –, através da colaboração entre o ensino superior, institutos de investigação e empresas. Foi financiado

pelo programa ERASMUS+ da União Europeia, liderado pelo LNEG e com um consórcio de 11 parceiros de Portugal, Espanha, Áustria e Dinamarca. Trata-se de uma aliança de conhecimento com o propósito de adequar os conteúdos formativos do ensino superior às necessidades atuais e futuras das empresas, e por isso tivemos parceiros da área académica e da área empresarial, com enfoque nos setores da construção e do mobiliário. Como principais resultados, gostaria de salientar os elementos do curso (oito módulos teóricos, sete ferramentas e diversos casos de estudo desenvolvidos no contexto de projeto), que estão disponíveis online para download direto e ainda integrados num curso online. Este curso inclui apresentações narradas dos módulos teóricos, quizzes e um exame final. A estrutura que adotámos assenta em quatro áreas: (i) fundamentos de economia circular, (ii) modelos de negócio, (iii) design de produtos e serviços e (iv) avaliação e comunicação. As ferramentas apoiam os módulos teóricos, mas também podem ser utilizadas autonomamente, em contexto académico ou empresarial, e todas incluem um tutorial e um exemplo de preenchimento. Tentámos ser o mais didáticos possível, com uma forte componente prática e ilustrando os conteúdos com os casos de estudo das empresas e muitos exemplos que recolhemos da literatura. Tivemos uma fase de teste muito intensa, em universidades e com empresas, que permitiu testar, validar e melhorar os nossos materiais e a Universidade de Aveiro, parceira do projeto, lançou uma nova disciplina optativa de Design Circular. Todos os resultados estão disponíveis em inglês no site do projeto: www.katche.eu.

3. Como vê o papel da economia circular no desenvolvimento sustentável?

Penso que a economia circular é um elemento absolutamente necessário, ainda que não suficiente, para o desenvolvimento sustentável. Necessário porque contraria a lógica de extrair, produzir, utilizar e descartar que domina o modelo económico atual, incentiva a produção e o consumo em massa e é responsável pelo esgotamento de recursos (renováveis e, em particular, não renováveis) e pela geração de quantidades de emissões e resíduos que excedem a capacidade de absorção do planeta, incluindo gases de efeito de estufa. A ideia de modificar esse padrão com o objetivo fechar os ciclos de materiais na economia inspira-se no funcionamento da natureza, onde não há resíduos

uma vez que os materiais circulam indefinidamente. Mas as estratégias de economia circular não se limitam à reciclagem de materiais – esta é, por vezes, a opção menos prioritária. Na verdade, o objetivo é manter os materiais e produtos na economia com o seu máximo valor, o máximo tempo possível. Assim, o aumento da durabilidade dos produtos, a oferta de funcionalidades em vez de produtos físicos (ou seja, utilizadores em vez de consumidores), a reutilização e reparação dos produtos, a sua remanufatura (ou seja, valorização de componentes) e, quando isto não é possível, a valorização dos materiais através da reciclagem, são exemplos de circularidade aplicada aos chamados “nutrientes técnicos”, ou seja, os que provêm de recursos não renováveis. A economia circular faz aqui a importante distinção entre estratégias de atuação na tecnosfera e na biosfera – neste caso trata-se de devolver à natureza materiais e substâncias sem contaminações, utilizando os recursos biológicos em cascata e tirando o máximo proveito de efluentes e resíduos através da recuperação de nutrientes e energia. Para que todas as estratégias aqui enunciadas tenham sucesso no mercado, é necessário rever os modelos de negócio, as cadeias logísticas e mesmo a forma de consumir: ideias como a utilização partilhada (por exemplo, de equipamentos e espaços), a compra de desempenhos em vez de produtos (temos o célebre exemplo do “pay per lux”, em que se vende intensidade luminosa, e não lâmpadas) são formas inovadoras de suprir as necessidades e expectativas dos clientes e consumidores, obtendo lucros e salvaguardando o ambiente. Assim, a economia circular tem um papel muito importante no desenvolvimento sustentável ao definir uma linha de atuação ambiental clara, com uma visão sistémica e intergeracional. Porque é que não é suficiente? Em primeiro lugar, porque se centra muito nas componentes ambiental e económica e fica aquém na componente social (tem-se dado ênfase à criação de emprego, mas pouco mais). Mas penso que à medida que o conceito e a sua aplicação vão evoluindo, esta lacuna conceptual, digamos assim, pode ser colmatada. Em segundo lugar, porque não existem processos totalmente eficientes e o fecho de ciclos também necessita de energia e materiais e gera poluição, e porque com o crescimento populacional e do poder de compra, mesmo que se conseguisse o objetivo teórico de zero resíduos, seria sempre necessário continuar a extrair recursos para responder ao crescimento e à acumulação de materiais em stock (como

acontece de forma muito evidente na construção de edifícios e infraestruturas associada ao crescimento das cidades). A economia circular conseguirá desacelerar esta dinâmica? Tudo aponta para que sim, mas não conseguirá contrariá-la, e por isso é necessário complementar as políticas de economia circular com outras políticas, por exemplo orientadas para a suficiência, principalmente nas sociedades com uma pegada ecológica mais elevada.

4. Que outras pesquisas e projetos no tema da sustentabilidade e economia circular poderia destacar?

Vamos brevemente começar um projeto muito interessante para o setor da construção: (Des)construir para a Economia Circular, liderado pela Comunidade Intermunicipal do Baixo Alentejo, em Portugal e com a participação do LNEG e da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, entre outros parceiros. É financiado pelo Mecanismo Financeiro do Espaço Económico Europeu (gerido em Portugal pelo Ministério do Ambiente e Ação Climática) e tem como principal objetivo promover uma estratégia regional para a reutilização de produtos e componentes dos edifícios, bem como a reciclagem dos resíduos de construção e demolição, reduzindo assim os impactos ambientais do setor na região e promovendo a sua circularidade. Esta estratégia vai incluir uma dimensão social, através do envolvimento de organizações de solidariedade social no processamento de produtos e materiais. No final do projeto pretendemos obter como resultados: novos regulamentos municipais que promovam a desconstrução seletiva e a reutilização e reciclagem, um procedimento de auditorias pré-demolição, um modelo de passaporte de materiais e produtos de construção adaptado à realidade local, um sistema de gestão que optimize (ambiental e economicamente) a recolha, triagem, processamento, reutilização e reciclagem dos materiais e a própria localização dos centros, suportado por modelos matemáticos de apoio à decisão; o envolvimento dos stakeholders das cadeias de valor e não só, a diferentes níveis; e a capacitação dos atores-chave do setor da construção no Baixo Alentejo. Este é mais um exemplo de um projeto em que passamos dos conceitos à prática, com atuação direta no terreno e em diálogo com os agentes socioeconómicos, colocando o conhecimento ao serviço da sociedade.

ENTREVISTA COM: RACHEL FAVERZANI MAGNAGO



Rachel Faverzani Magnago atua na Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) desde 2001. O amor pela academia foi herdado dos pais, hoje aposentados da Universidade Federal de Santa Maria (UFSC), e a paixão pela pesquisa foi fruto dos exemplos na trajetória de estudante. Formada em Química Industrial na UFSM em 1993, mestrado e doutorado na UFSC, tendo uma passagem entre estes como bolsista na UFRGS, convivendo com grandes pesquisadores em todo período de formação.

Sempre deslumbrei meus professores pesquisadores, tive a sorte de conviver de forma salubre com meus colegas e professores em universidades referências em nível nacional e internacional, onde entre boas risadas sempre tive rotina de desafios e superações acadêmicas. A defesa de doutorado em 2002, cinco meses antes do nascimento dos filhos, trouxe a realização da docência em paralelo a maternidade de gêmeos, onde a pesquisa permaneceu tímida.

Devido a facilidade de relacionar a química a diferentes aplicações, me consolidei como professora de química nas engenharias (UNISUL). Esta experiência foi fundamental para assumir a docência de química do curso de oficiais do Corpo de Bombeiros Militares de Santa Catarina em 2008, que levou ao encantamento pela química do fogo, dando início aos estudos em retardantes de chama e combustíveis sólidos. Por sempre olhar materiais com ênfase na sustentabilidade, principalmente pela atuação no curso de graduação em Engenharia Ambiental e no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – UNISUL (<http://www.unisul.br/presencial/mestrado/mestrado-em-ciencias-ambientais/>), deslumbro os resíduos como matérias-primas a ser lapidadas. Experiências vividas junto aos cursos de graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Produção mostraram que a indústria da construção civil apresenta grande potencial para uso de resíduos em suas formulações. Portanto, encarei o desafio de converter resíduos em materiais úteis e, quem sabe algum dia, em um produto, sempre considerando os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Isso, além de permitir o uso de resíduos em um novo ciclo de vida, também colabora para a proteção dos recursos naturais.



Contribuições importantes para ciência tenho desenvolvido com os estudantes (graduação e pós-graduação) de diferentes áreas no Grupo de pesquisa

de Materiais Ativos (CNPq) (http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf). Uma das linhas de pesquisa desenvolvida é de compósitos com PU para isolamento térmico e acústico com segurança em caso de incêndio, principalmente para usar em edificações. Para alcançar a inflamabilidade de materiais poliméricos, comumente adicionam-se retardantes de chamas para em caso de incêndio evitar-se tragédias como a ocorrida na boate Kiss (Santa Maria / Brasil, 2013). A linha de pesquisa se dedica a preparação e modificação de materiais e seus impactos no ambiente e na sociedade. Tendo interesse na reutilização de rejeitos industriais e agropecuários, bem como em fontes renováveis, com foco no desenvolvimento tecnológico e sustentável. Alguns trabalhos divulgados em revistas científicas incluíram a substituição parcial, em várias porcentagem, de poliuretano por tereftalato de polietileno (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X19303058> e <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618310904>), a inclusão de aparas de cloreto de polivinil como antichama (<https://www.scielo.br/pdf/po/v27n2/0104-1428-po-0104-142805616.pdf>) e a reciclagem de poliuretano em poliuretano (<http://www.ss-pub.org/wp-content/uploads/2016/05/BCR2016011301.pdf>).



O projeto aprovado pela FAPESC [nº 06/2017] sobre o uso de matéria-prima secundária, como o aproveitamento do lodo de alumínio e lodo de vidro de duas indústrias do entorno da UNISUL campus Pedra Branca, alavancou a utilização de descarte pós-industrial como insumo para novos materiais. Do ponto de vista ambiental, reduzindo e racionalizando a dependência de recursos naturais, aumentando o uso de insumos secundários, ou seja, incentivando a economia circular. A

sociedade se tornou mais disposta a aceitar o uso de bens pós-consumidor para produzir novos materiais/ produtos, em novo ciclo de vida, gerando oportunidades de negócios e inclusão social.



Sou de natureza inquieta e sempre em busca de novidades, crescimento pessoal e profissional, então amei a oportunidade de participar da organização do Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS). Ainda no ano de 2019, depois de acertado que o evento ocorreria na UNUSUL, pensei: "Será um desafio esta organização", e me senti atrevida em aceitar, pois se trata de um evento consolidado, na sua oitava edição (2020) e com público fiel e exigente. O que eu não sabia é que o desafio só estava iniciando. Em meados de março optamos por torna-lo virtual devido a pandemia do COVID-19 por respeito aos articulistas, tendo a consciência que podíamos ter um ambiente salubre, agora virtual, para divulgar trabalhos científicos, discutir ciência e construir novas parcerias. Isto só foi possível devido ao apoio institucional (UNISUL) que tem excelentes profissionais, experiência e tecnologia virtual robusta (UnisulVirtual). O público compreendeu os motivos da virtualização, e mantiveram suas participações seja em apresentações orais ou pôsteres. Hoje só tenho dois sentimentos: gratidão e realização.



CCE | CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
CTC | CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE DESIGN