

EDITORES

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

CONSELHO EDITORIAL

Aguinaldo dos Santos, UFPR
Amilton José Vieira de Arruda, UFPE
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)
Laia Haurie Ibarra – UPC (Espanha)
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

EDITORES DE SEÇÃO:

ARQUITETURA E URBANISMO

Laia Haurie Ibarra – UPC – Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha
Lisiane Ilha Librelotto – UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Brasil
Roberto Bologna, UniFI - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE, Itália
Tomás Queiroz Ferreira Barata – FAU USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Brasil

DESIGN

Amilton José Vieira de Arruda Santos – UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Brasil
Carlo Franzato – UNISINOS – UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS, Brasil
Jorge Lino Alves – UP-INEGI – UNIVERSIDADE DO PORTO, Portugal
Paulo Cesar Machado Ferroli – UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Brasil
Vicente de Paulo Santos Cerqueira – UERJ – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Brasil

ENGENHARIAS

Aguinaldo dos Santos – UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Brasil
Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo – IPLeiria – INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA, Portugal

AVALIADORES

Adriane Shibata Santos, UNIVILLE – Universidade da região de Joinville, Brasil
Aguinaldo dos Santos, UFPR – Universidade Federal do Paraná, Brasil
Alessandra Gerson Saltiel Schmidt, ESADE – Barcelona
Alexandre Márcio Toledo, FAU/UFAL – Universidade Federal de Alagoas, Brasil
Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
Amilton José Vieira de Arruda, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Ana Claudia Maynardes, UnB – Universidade de Brasília, Brasil
Ana Karla Freire de Oliveria, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Ana Kelly Marinoski Ribeiro, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Ana Lúcia Papst de Abreu, IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
Ana Paula Kieling, UNIVALI/IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
Ana Veronica Pazmino, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Anna Cristina Ferreira, UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
Anerose Perini, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Anderson Saccol Ferreira, UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil
Anderson Renato Vobornik Wolenski, IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
André Canal Marques, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
Andrea Jaramillo Benavides, IKIAM – Universidad Regional Amazónica, Equador
Ângela do Valle, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Antônio Roberto Miranda de Oliveira, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Arnoldo Debatin Neto, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Rapôso, IFAL – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Brasil
Ayrton Portilho Bueno, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Beany Monteiro Guimarães, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
Carla Martins Cipolla, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Carla Pantoja Giuliano, FEEVALE – Universidade Feevale, Brasil
Carlos Alberto Mendes Moraes, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
Carlos Humberto Martins, UEM – Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Carlo Franzato, PUC – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil
Celia Neves, Terra Brasil, Brasil
Chrystianne Goulart Ivanoski, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Cláudia Queiroz Vasconcelos, UNIFESSPA – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Cláudio Pereira de Sampaio, UEL – Universidade Estadual de Londrina, Brasil
Coral Michelin, UPF – Universidade de Passo Fundo, Brasil
Cristiano Alves, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Cristina Colombo Nunes, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Cristina Sousa Rocha, LNEG – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal
Cristine do Nascimento Mutti, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
Cyntia Santos Malaguti de Sousa, FAU/USP – Universidade de São Paulo, Brasil
Daiana Cardoso de Oliveira, Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil
Daniela Neumann, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Danielle Costa Guimarães, UFIFAP – Universidade Federal do Amapá, Brasil
Danilo Corrêa Silva, UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville, Brasil
Débora Machado de Souza, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
Deivis Luis Marinoski, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Jorge Lino Alves – UP-INEGI – UNIVERSIDADE DO PORTO, Portugal

Rachel Faverzani Magnago – UNISUL – UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, Brasil

DESIGN

João Pedro Scremin Ramos (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

Foto da capa por Sense Atelier na Unsplash

AVALIADORES QUE PARTICIPARAM DESTA EDIÇÃO

- 1) Ayrton Bueno, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 2) Alexandre Toledo, Universidade Federal de Alagoas (UFAL/FAU);
- 3) Aline Eying Savi, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC);
- 4) Aline Teixeira de Souza, Universidade Federal de Uberlândia (UFU);
- 5) Alisson Jorge Alves do Carmo, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
- 6) Ana Claudia Maynardes, Universidade de Brasília (UNB);
- 7) Ana Cristina Andrade Ferreira, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA);
- 8) Ana Kelly Marinoski Ribeiro, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 9) Ana Lígia Papo de Abreu, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC);

Denise Dantas, FAU/USP – Universidade de São Paulo, Brasil

Dominique Lewis Leite, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Douglas Luiz Menegazzi, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Edmilson Rampazzo Klein, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Elenir Carmen Morgenstern, UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville, Brasil

Elizabeth Romani, UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do norte, Brasil

Estela Maris Souza, UNILASALLE – Centro Universitário La Salle, Brasil

Elvis Carissimi, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Fabiane Escobar Fialho, FADERGS – Centro Universitário de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul, Brasil

Fabiano Ostapiv, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Fabiolla Xavier Rocha Ferreira Lima, UFG – Universidade Federal de Goiás, Brasil

Fabricao Farias Tarouco, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Felipe Luis Palombini, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Fernanda Hansch Beuren, UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

Francisco de Assis Sousa Lobo, UFMA – Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Franciele Menegucci, UEL – Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Gabriel Cremona Parma, UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil

Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Giane de Campos Grigoletti, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Giovani Maria Arrigone, FACULDADE SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Brasil

Glauber Soares Junior, FEEVALE – Universidade Feevale, Brasil

Gogliardo Vieira Maragno, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Guilherme Philippe Garcia Ferreira, UFPR – Universidade Federal do Paraná, Brasil

Henrique Lisboa da Cruz, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Inara Pagnussat Camara, UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil

Ingrid Scherdien, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil

Isadora Burmeister Dickie, UNIVILLE – Universidade Regional de Joinville, Brasil

Isabela Battistello Espindola, IWA – International Water Association, Estados Unidos

Ítalo de Paula Casemiro, UFRJ – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Brasil

Itamar Ferreira Silva, UFCG – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Ivan Luiz de Medeiros, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Jacqueline Keller, SENAC – Faculdade d Florianópolis, Brasil

Jaqueline Dilly, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Jairo Costa Junior, UWA – University of Western, Australia

João Candido Fernandes, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Brasil

Jocelise Jacques, UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Joel Dias da Silva, FURB – Universidade Regional de Blumenau, Brasil

José Eustáquio Rangel de Queiroz, UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPELEIRIA – Escola Superior de Artes e Design – Politécnico de Leiria, Portugal

Josiane Wanderlinde Vieira, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Juliane Almeida, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Julio César Pinheiro Pires, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Karine Freire, UNISINOS – Universidade do Vale dos Sinos, Brasil

Katia Broeto Miller, UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Liliane Iten Chaves, UFF – Universidade Federal Fluminense, Brasil

Lisandra de Andrade Dias, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Lisiane Ilha Librelotto, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Luana Toralles Carbonari, UEM – Universidade Estadual de Maringá, Brasil

- 10) Ana Paula Kieling, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 11) Ana Veronica Pazmino, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 12) André S. Francisco, Marítima;
- 13) André Canal Marques, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS);
- 15) Anja Pratschke, Universidade de São Paulo (USP);
- 16) Beany Monteiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ);
- 17) Bruno Ouro de Abreu, Universidade de Nottingham;
- 18) Camila Silva, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);
- 19) Carla de Aguiar Neves, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC);
- 20) Carla Giuliano, INPELL;
- 21) Carlos Fernando Machado Pinto, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL);
- 22) Carlos Moraes, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS);
- 23) Cecília Prompt, Margem Arquitetura e Bioconstrução, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 24) Celia Neves, Rede PROTERRA e Rede TERRABRASIL;
- 25) Chrystianne Ivanóki, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 26) Cláudia Queiroz de Vasconcelos, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA);
- 27) Claudio Blanco, Universidade Federal do Pará (UFPA);
- 28) Claudio Pereira de Sampaio, Universidade Estadual de Londrina (UEL);
- 29) Cristiano Alves, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 30) Danielle Guimarães, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP);
- 31) Débora Baraúna, Universidade Federal do Paraná (UFPR);
- 32) Deivis Marinoski, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 33) Diana Viana, Universidade de Brasília (UNB);
- 34) Elvis Carissimi, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM);
- 35) Emanuele Gauer, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM);
- 36) Emeli Lalesca Aparecida Guarda, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT);
- 37) Fabiane Fialho, Centro Universitário FADERGS Laureate International Universities;
- 38) Fabiano Ostapiv, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR);
- 39) Fabrício Tarouco, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS);
- 40) Fernanda Borges, Universidade Federal do Rio Grande (UFRG);
- 41) Gabriel Moraes de Outeiro, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA);
- 42) Gabriel Oscar Cremona Parma, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL);
- 43) Geovana Blayer, Universidade Federal de Uberlândia (UFU);
- 44) Gheysa Caroline Prado, Universidade Federal do Paraná (UFPR);
- 45) Guilherme Henrique Fiorot, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- 46) Hamilton Damasceno Costa, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA);
- 47) Humberto Carvalho, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 48) Ingrid Wanderley, UNIBRA/PPGDESIGN UFCG;
- 49) Itamar Silva, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG);
- 50) Ivan Luiz de Medeiros, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 51) Jacqueline Keller, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
- 52) Jacy Soares Corrêa Neto, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP);
- 53) Jairo da Costa Junior, University of Western Australia;
- 54) João Cândido Fernandes, Universidade Paulista (UNESP/Bauru);
- 55) Joel Dias da Silva, Universidade Regional de Blumenau (FURB);
- 56) José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, Instituto Politécnico de Leiria (IPLEIRIA/ESAD);
- 57) Kátia Valéria Marques Cardoso Prates, Universidade Tecnológica Federal
- Manuela Marques Lalane Nappi, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Mara Regina Pagliuso Rodrigues, IFSP – Instituto Federal de São Paulo, Brasil
- Marcelo de Mattos Bezerra, PUC– Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil
- Marcelo Gitiriana Gomes Ferreira, UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
- Márcio Pereira Rocha, UFPR – Universidade Federal do Paraná, Brasil
- Marco Antônio Rossi, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Brasil
- Marcos Brod Júnior, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Marcos Johari Provezani Silva, UNITAU – Universidade de Taubaté
- Maria Luisa Telarolli de Almeida Leite, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Brasil
- Maria Fernanda Oliveira, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
- Mariana Kuhl Cidade, UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
- Marina de Medeiros Machado, UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
- Marli Teresinha Everling, UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville, Brasil
- Marília Gonçalves, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Matheus Barreto de Góes, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Maycon Del Piero da Silva, UNEOURO – Faculdade de Ouro Preto do Oeste, Brasil
- Michele Tereza Carvalho, UnB – Universidade de Brasília, Brasil
- Miguel Barreto Santos, IPELEIRIA – Instituto Politécnico de Leiria, Portugal
- Miquelina Rodrigues Castro Cavalcante, UFAL – Universidade Federal de Alagoas, Brasil.
- Mônica Maranhã Paes de Carvalho, IESB – Instituto de Educação Superior de Brasília, Brasil
- Nadja Maria Mourão, UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
- Neide Schulte, UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
- Niander Aguiar Cerqueira, UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Brasil
- Noeli Sellin, UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville, Brasil.
- Normando Perazzo Barbosa, UFPB – Universidade Federal do Paraíba, Brasil
- Obede Borges Faria, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Brasil
- Patricia Freitas Nerbas, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
- Paulo Cesar Machado Ferrolli, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Paulo Roberto Silva, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Paulo Roberto Wander, UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
- Rachel Faverezani Magnago, UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil
- Regiane Trevisan Pupo, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Régis Heitor Ferrolli, UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
- Renata Priore Lima, UNIP – Universidade Paulista, Brasil
- Ricardo Barcelos – Ânima Educação, Brasil
- Ricardo Henrique Reginato Quevedo Melo, UPF – Universidade de Passo Fundo, Brasil.
- Rita de Castro Engler, UEMG – Universidade Estadual de Minas Gerais, Brasil
- Roberto Angelo Pistorello, IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
- Rodrigo Catafesta Francisco, FURB – Universidade Regional de Blumenau, Brasil
- Rosângela Miriam Lemos Oliveira Mendonça, UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
- Rosiane Pereira Alves, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
- Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa, Brasil
- Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP – Universidade do Porto, Portugal
- Silvio Sezar Carvalho, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Sofia Lima Bessa, UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
- Suzana Barreto Martins, UFPR – Universidade Federal do Paraná, Brasil
- Tarcisio Dorn de Oliveira, UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Tomás Queiroz Ferreira Barata, FAUUSP – Universidade de São Paulo, Brasil
- Trícia Caroline da Silva Santana, UFRSA – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Brasil

do Paraná (UTFPR);
58) Lauro André Ribeiro, IMED e INESCC;
59) Letícia Mattana, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
60) Liliane Chaves, Universidade Federal Fluminense (UFF);
61) Lisandra de Andrade Dias, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
62) Lisiane Ilha Librelotto, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
63) Luana Kallas, Universidade Federal de Goiás (UFG);
64) Luana Torales Carbonari, Universidade Estadual de Maringá (UEM);
65) Maria Luísa Leite, Universidade de São Paulo (USP);
66) Marli Everling, Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE);
67) Michele Fossati, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
68) Miguel Filipe Barreto dos Santos, Instituto Politécnico de Leiria (IPL);
69) Naotake Fukushima, Universidade Federal do Paraná (UFPR);
70) Ney Dantas, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
71) Nuria Pérez Gallardo, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA);
72) Paola Egert Ortiz, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL);
73) Patrícia Farias, Universidade Federal da Bahia (UFBA);
74) Patrícia Freitas Nerbas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS);
75) Paulo César Machado Ferroli, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
76) Paulo Roberto Silva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE);
77) Rachel Magnago, Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL);
78) Regiane Pupo, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
79) Renata Mansuelo Alves Domingos, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
80) Renata Priore Lima, Universidade Paulista (UNIP);
81) Renato Büchele Rodrigues, Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI);
82) Ricardo Straioto, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
83) Roberto Bernardo da Silva, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA);
84) Rogério Cattelan Antochaves de Lima, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM);
85) Ronaldo Glufke, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM);
86) Rosilaine Isoldi, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL);
87) Sérgio Tavares, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
88) Sofia Bessa, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
89) Tiago Ficagna, Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI);
90) Tomás Queiroz Ferreira Barata, Universidade Estadual Paulista (UNESP/FAAC);
91) Vanessa Casarin, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC);
92) Viviane Nunes, Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Politecnico di Milano/Italia.

Vanessa Casarin, UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Victor Hugo Souza de Abreu, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Vinicius Albuquerque Fulgêncio, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Wilmir Ricardo Rugeles Joya, PUJ – Pontifícia Universidade Javeriana, Colômbia

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.

CLASSIFICAÇÃO QUALIS

No quadriênio 2017-2020 a revista MIX Sustentável está classificada como A3 em todas as áreas de avaliação.

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](http://sumarios.org) e no [google acadêmico](http://google.academico).

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 211 revisores, oriundos de 67 instituições de ensino Brasileiras e 8 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 Aguinaldo dos Santos, UFPR - Universidade Federal Do Paraná, Brasil; Amilton José Vieira de Arruda, UFPE - Universidade Federal De Pernambuco, Brasil; Carlo Franzato, UNISINOS - Universidade Do Vale Dos Sinos, Brasil; Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL - INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA, Portugal; José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPE - Escola Superior De Artes E Design - Politécnico De Leiria, Portugal; Jorge Lino Alves, UP - INEGI - Universidade Do Porto, Portugal; Laia Haurie Ibarra – UPC – Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha; Lisiane Ilha Librelotto, UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina, Brasil; Miguel Aloysio Sattler, UFRGS - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil; Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC - Universidade Federal De Santa Catarina, Brasil; Rachel Faverzani Magnago, UNISUL - Universidade Do Sul De Santa Catarina, Brasil; Roberto Bologna, UniFI - Università Degli Studi Di Firenze, Itália; Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Brasil; Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ - Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Brasil.

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.

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.

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



Mix Sustentável



FLORIANÓPOLIS
VIRTUHAB | CCE | CTC

COPYRIGHT INFORMATION/INFORMAÇÕES DE DIREITO AUTORAL

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



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Marcas, Desenhos Industriais e Indicações Geográficas

Certificado de registro de marca

Processo nº: 922895074

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial, para garantia da propriedade e do uso exclusivo, certifica que a marca abaixo reproduzida encontra-se registrada nos termos das normas legais e regularmente em vigor, mediante as seguintes características e condições:



Data de depósito: 10/05/2021
Data da concessão: 22/03/2022
Fim da vigência: 22/03/2032

Titular: PAULO CESAR MACHADO FERROLI [BR/SC] e LISIANE ILHA LIBRELOTTO [BR/SC]
CPF e CPF: 59550236072 e 93048971068
Endereço: Rua Castorina Lobo S.Thiago, 55 - Bairro Santa Mônica, 88035095 , Florianópolis, SANTA CATARINA, BRASIL e Rua Castorina Lobo S.Thiago, 55 - Bairro Santa Mônica, 88035095, Florianópolis, SANTA CATARINA, BRASIL

Apresentação: Mista
Natureza: Marca de Produto/Serviço
CFE(4): 26.13.25
NCL(11): 41
Especificação: Editoração eletrônica;Publicação on-line de livros e periódicos eletrônicos (da classe 41)



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Marcas, Desenhos Industriais e Indicações Geográficas

Certificado de registro de marca

Processo nº: 922895074

Rio de Janeiro, 22/03/2022

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Felipe Augusto Melo de Oliveira', is written over a large, faint watermark of the Brazilian coat of arms.

Felipe Augusto Melo de Oliveira
Diretor

SUMÁRIO

ARTIGOS

- 17** **DESIGN E SUSTENTABILIDADE: PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM MATERIAIS PROBLEMÁTICOS NO ENSINO DE JOALHERIA CONTEMPORÂNEA** | *DESIGN AND SUSTAINABILITY: EXPERIMENTAL PRACTICES WITH PROBLEMATIC MATERIALS IN CONTEMPORARY JEWELRY EDUCATION* | *DISEÑO Y SOSTENIBILIDAD: PRÁCTICAS EXPERIMENTALES CON MATERIALES PROBLEMÁTICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA JOYERÍA CONTEMPORÁNEA* | Mariana Kuhl Cidade e Felipe Luiz Palombini
- 27** **IMPRESSÃO 3D COM MATERIAIS CIMENTÍCIOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETOS RESIDENCIAIS** | *3D PRINTING WITH CEMENTITIOUS MATERIALS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RESIDENTIAL PROJECTS* | *IMPRESIÓN 3D CON MATERIALES CEMENTOSOS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROYECTOS RESIDENCIALES* | Luana Toralles Carbonari, Berenice Martins Toralles, Lívia Fernanda Silva, Lisiane Ilha Librelotto e Thalita Gorban Ferreira Giglio
- 41** **AValiação DA DISTRIBUIÇÃO DE PARQUES E PRAÇAS EM UMA CIDADE BRASILEIRA DE MÉDIO PORTE** | *ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF PARKS AND SQUARES IN A MEDIUM-SIZED BRAZILIAN CITY* | *EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PARQUES Y PLAZAS EN UNA CIUDAD BRASILEÑA DE TAMAÑO MEDIANO* | Willian Magalhães de Lourenço, Gabriella Meller e Giane de Campos Grigoletti
- 51** **DESIGN BIOINSPIRADO: UMA TEORIA SOBRE CONTEMPORANEIDADE POR MEIO DA BELEZA, PRAGMÁTICA E INOVAÇÃO** | *BIO-INSPIRED DESIGN: A THEORY ABOUT CONTEMPORANEITY THROUGH BEAUTY, PRAGMATICS AND INNOVATION* | *DISEÑO BIOINSPIRADO: UNA TEORÍA SOBRE LA CONTEMPORÁNEA A TRAVÉS DE LA BELLEZA, LA PRAGMATICA Y LA INNOVACIÓN* | Francisco de Assis Sousa Lobo, Galdenoro Botura Junior, João Carlos Riccò Plácido da Silva e João Rocha Raposo
- 65** **“VOZ DAS COMUNIDADES”: IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES QUE PERMITIRAM SEU GANHO DE ESCALA** | *“VOZ DAS COMUNIDADES”: IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE FACTORS THAT ALLOWED ITS GAIN IN SCALE* | *“VOZ DE LAS COMUNIDADES”: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PERMITIERON SU GANANCIA DE ESCALA* | Leticia Martins Alves Albrecht e Carla Martins Cipolla
- 75** **WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO OU COMO FONTES DE EMISSÃO – UMA REVISÃO** | *CONSTRUCTED WETLANDS AS CARBON SINKS OR EMISSION SOURCES – A REVIEW* | *HUMEDALES CONSTRUIDOS COMO SUMIDEROS DE CARBONO O COMO FUENTES DE EMISIÓN – UNA REVISIÓN* | Gabriela Oliveira Valença, Paulo Belli Filho, Dayane Dall'Ago Conejo e Silva e Rodrigo de Almeida Mohedano
- 87** **ANÁLISE TEÓRICA DE VIGAS DE MADEIRA ARMADAS COM VERGALHÕES DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA (PRF)** | *ETHEORETICAL ANALYSIS OF TIMBER BEAMS REINFORCED WITH POLYMERS FIBER REINFORCED (FRP) BARS* | *ANÁLISIS TEÓRICO DE VIGAS DE MADERA ARMADAS CON BARRAS DE REFUERZO DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA (PRF)* | Almir Barros da Silva Santos Neto, André Lübeck, Rogério Cattelan Antochaves de Lima e Luciana Fernandes Hoppe
- 99** **ESTUDO SOBRE EMPREGO DE ISOLANTES TERMOACÚSTICOS ECOLÓGICOS NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL** | *STUDY OF THE USE OF ECOLOGICAL THERMOACOUSTIC INSULATORS IN ARCHITECTURE AND CIVIL CONSTRUCTION* | *ESTUDIO SOBRE EL USO DE AISLANTES TERMOACÚSTICOS ECOLÓGICOS EN ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CIVIL* | Isabella Sabrina Fernandes dos Santos e Akemi Ino

- 113** **JOIA DE TERRITÓRIO NO ESTADO DO PARÁ: UMA ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DOS ADORNOS COM SEMENTES NATIVAS** | *TERRITORY JEWEL IN THE STATE OF PARÁ: AN ANALYSIS OF THE PRODUCTIVE CHAIN OF ADORNMENT WITH NATIVE SEEDS* | *JOYERÍA DEL TERRITORIO EN EL ESTADO DE PARÁ: UN ANÁLISIS DE LA CADENA PRODUCTIVA DE ADORNOS CON SEMILLAS NATIVAS* | Vivianne Ferreira Gonçalves, Lia Paletta Benatti e Germannya D’Garcia
- 125** **MODELOS MENTAIS E ROTINAS ORGANIZACIONAIS: UMA DISCUSSÃO SOBRE CAPACIDADE ABSORTIVA E SUSTENTABILIDADE** | *MENTAL MODELS AND ORGANIZATIONAL ROUTINES: A DISCUSSION ON ABSORPTIVE CAPACITY AND SUSTAINABILITY* | *MODELOS MENTALES Y RUTINAS ORGANIZATIVAS: UN DEBATE SOBRE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD* | Ricardo Luis Barcelos, Carlos Ricardo Rossetto e Rachel Faverzani Magnago
- 143** **CONSUMO, PROCESSOS PRODUTIVOS E DESIGN DE VESTUÁRIO NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE – REVISÃO SISTEMÁTICA DOS ARTIGOS PUBLICADOS NAS 10 EDIÇÕES DO ENSUS** | *CONSUMPTION, PRODUCTION PROCESSES AND CLOTHING DESIGN FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE - SYSTEMATIC REVIEW OF ARTICLES PUBLISHED IN 10 EDITIONS OF ENSUS* | *CONSUMO, PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO DE PRENDAS DE VESTIR DESDE UNA PERSPECTIVA DE SOSTENIBILIDAD - REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LAS 10 EDICIONES DE ENSUS* | Glauber Soares Junior, Ítalo José de Medeiros Dantas, Fabiano Eloy Atilio Batista e Jailson Oliveira Sousa
- 157** **POLÍTICAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS PARA O PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO, ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES DE MODELOS DE CONSERVAÇÃO PREVENTIVA APLICADOS NO BRASIL E ESPANHA** | *SUSTAINABLE PUBLIC POLICIES FOR BUILT CULTURAL HERITAGE, STUDY OF THE CONTRIBUTIONS OF PREVENTIVE CONSERVATION MODELS APPLIED IN BRAZIL AND SPAIN* | *POLÍTICAS PÚBLICAS SOSTENIBLES PARA EL PATRIMONIO CULTURAL EDIFICADO, UN ESTUDIO DE LAS APORTACIONES DE LOS MODELOS DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA APLICADOS EN BRASIL Y ESPAÑA* | Eliezer Patissi e Rafael Burlani Neves
- 171** **COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTEIS EN MATERIALES POLIMÉRICOS SOSTENIBLES DE USO ARQUITECTÓNICO E INTERIORES, CASO DE ESTUDIO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLOMBIA** | *VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN SUSTAINABLE POLYMERIC MATERIALS FOR ARCHITECTURAL AND INTERIOR USE, CASE STUDY AT PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLOMBIA* | *COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM MATERIAIS POLIMÉRICOS SUSTENTÁVEIS PARA USO ARQUITECTÓNICO E INTERIOR, ESTUDO DE CASO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLÔMBIA* | Willmar Ricardo Rugeles Joya, Angela Margarita Moncaleano Niño, Lucia Ximena Tello, Henry Alberto Méndez Pinzon, Carolina Valbuena e Carlos Devia Castillo
- 183** **O DESIGN PARA ADAPTABILIDADE (DFAD) E A BIOMIMÉTICA: O ESTUDO DE CASO PAVILHÃO DE PESQUISA DO ICD-ITKE 2013-14** | *DESIGN FOR ADAPTABILITY (DFAD) AND BIOMIMICRY: THE ICD-ITKE 2013-14 RESEARCH PAVILION CASE STUDY* | *DISEÑO PARA LA ADAPTABILIDAD (DFAD) Y BIOMIMETISMO: ESTUDIO DE CASO DEL PABELLÓN DE INVESTIGACIÓN ICD-ITKE 2013-14* | Plácido Fernandes Caluete Neto, José Evandro Henriques e Amilton José Vieira de Arruda
- 195** **ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE EM ADOBES PRODUZIDOS COM REJEITOS DE MINERAÇÃO** | *CAPILLARY ABSORPTION IN ADOBES PRODUCED WITH MINING TAILINGS* | *ABSORCIÓN CAPILAR EN ADOBES PRODUCIDOS CON RESIDUOS MINEROS* | Jade lane Cunha Vimieiro, Larissa Moreira Matias, Gabriella Eduarda Freitas Batista, Dayane Felix de Andrade e Sofia Araújo Lima Bessa

EDITORIAL

MIX SUSTENTÁVEL VOL. 9 N. 4 — EDIÇÃO ESPECIAL ENSUS 2023

CAMINHOS E PARCERIAS

Sempre que estamos preparando uma nova edição, inevitavelmente a linha de tempo do ENSUS e da MIX Sustentável surge no nosso pensamento. Não há como separar o ENSUS da MIX Sustentável, visto que essas propostas surgiram praticamente juntas. O ENSUS enquanto evento é um pouco mais antigo: data de 2007, ano de sua primeira edição.

Na época, estávamos ambos editores, atuando na Univali e Unisul, instituições comunitárias, nos cursos de Design Industrial, Arquitetura e Urbanismo, Design Gráfico, Design de Moda e Engenharia Civil e Engenharia Industrial Mecânica. Na segunda edição do ENSUS (2008), surgiu a sementinha da MIX. Naquele ano o professor Ricardo Galarza, nosso colega de Univali, lançou a revista MIG – Revista Científica de Design, que além de aspectos voltados ao mercado propriamente dito, tinha a proposta de publicar alguns artigos científicos. Não houve como fazer a parceria para o evento de 2008, por falta de tempo, mas em 2009 lançamos uma edição especial da MIG, com os artigos de melhores avaliações do evento.

Contudo, trilhamos novos caminhos, e fizemos concurso público. Ingressamos na UFSC. Durante um tempo o ENSUS ficou sem edição. Estávamos titubeando para seguir com os projetos, pois a modificação da estrutura de funcionamento das Instituições era brutal. Nas comunitárias, que em muito se assemelhava ao funcionamento das instituições privadas, tínhamos uma central de gestão de eventos que fazia tudo pra nós, a partir de um projeto. Claro que sempre se esbarra em uma análise de preferências, o que não difere muito nas instituições públicas, mas no geral, conseguindo captar o recurso, a central nos ajudava nas compras e tudo mais que precisássemos. Já na instituição pública, somos os nossos próprios gerados de demanda. Se inventamos algo, fazemos. E por mais que se envolva uma Fundação para gerência do recurso conquistado à duras penas, a burocracia do fazer é gigante, os prazos são outros, e se quisermos termos tudo pronto a tempo, nos resta o enredo nas burocracias e o acúmulo de funções de docente, pesquisador, administrador, secretário, webdesigner, assessor de marketing e por aí vai. Por isso, comparar essas áreas, pública e privada, é algo que deve ser sempre feito com muita parcimônia e coerência, sob pena de cometer deslizes.

Então em 2014, sob essa nova perspectiva, começamos a planejar uma revista científica, com uma proposta de atender ao público que tinha interesse em divulgar pesquisas de sustentabilidade aplicadas em projeto. Na ocasião percebemos que existia uma boa quantidade de periódicos que atendiam ao tema da sustentabilidade, porém de forma generalizada; nenhuma com aplicação específica em projeto, para os públicos da arquitetura, design e engenharias.

Inevitavelmente o lançamento da MIX Sustentável conduziu ao ressurgimento do evento ENSUS. E assim, os anos de 2015 e 2016 marcaram o reinício de ambos os projetos. Ambos tiveram uma aceitação muito boa na comunidade acadêmica, sendo que a pandemia prejudicou apenas ao ENSUS. Enquanto que o evento sofreu considerável redução de público entre a edição de 2019 (última presencial antes da pandemia) e os eventos de 2020 e 2021 (totalmente remotos), a MIX Sustentável consolidou-se como um importante veículo da área, especialmente após a divulgação do novo Qualis.

Hoje, o sucesso desse periódico é evidente. Para se ter uma ideia, seguem alguns dados quanto a MIX Sustentável:

- no período 2015-2019, com Qualis B5/B4, a MIX recebeu 142 submissões, com uma taxa de aceite de 94%, e uma média de 67 dias de fluxo editorial. Durante esse período a média de acessos aos artigos ficou em 3200 acessos/mês, com uma média de 35,5 artigos recebidos por mês;

- no período 2020 – 2022 aconteceu a divulgação extraoficial do novo Qualis (dizem que foi “vazado”), onde a revista recebeu o indicativo A4. Mesmo com um Qualis não oficial, ou seja, não reconhecido para concursos por exemplo, houve um acréscimo considerável no recebimento de artigos. O periódico recebeu 530 artigos nesse intervalo, com uma taxa de aceite de 72% e uma média de 130 dias de fluxo editorial. Durante esse período a média de acessos aos artigos ficou em 7500 acessos/mês, aumentando a média de recebimentos para 176,6 artigos por mês.

- Finalmente em termos de análise geral, durante o ano de 2023, onde aconteceu a divulgação do Qualis oficial, com a MIX subindo para A3, tivemos nesses primeiros oito meses até o presente momento, o recebimento de 164 artigos (números até hoje, data de fechamento da edição – 29 de agosto). É muito provável que ultrapassaremos a média anterior com folga.

Outro fator importante de análise pode ser realizado se compararmos as edições regulares com as especiais. Desde o primeiro momento, estabelecemos uma parceria muito interessante com o evento SDS (Simpósio de Design Sustentável), além obviamente do ENSUS. As edições especiais tiveram um efeito bastante positivo na divulgação da revista, na melhor distribuição regional e também no aspecto da internacionalização.

Nas edições regulares, por exemplo, alguns pesquisadores mais apegados ao alto impacto dos periódicos, achavam pouco interessante enviar seus manuscritos para um periódico com Qualis baixo (mesmo após a pré-indicação do A4). Isso não acontecia nas edições especiais. A maioria dos autores que enviavam artigos para o ENSUS ou o SDS valorizaram imensamente a premiação de ter seu artigo selecionado para um periódico, independente do Qualis.

Então, caríssimos leitores, é sempre muito prazeroso prepararmos uma edição especial como essa, que vocês tem em mãos. Nos sentimos felizes ao ver, por exemplo, outros periódicos companheiros do evento, como a Impact Projctcs da UNIFESSPA, que ainda não foi avaliada pelo Qualis pois foi criada recentemente, mas que com certeza, deve consolidar seu caminho rapidamente. Assim, vemos que nossas ações, mesmo que passem despercebidas para os colegas de sala, alcançam repercutem e ecoam em outras tantas salas no Brasil e no exterior.

Nessa edição reunimos as versões ampliadas dos melhores artigos submetidos ao evento ENSUS 2023 – XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto. Esses artigos obtiveram destaque segundo o parecer duplo-cego dos pareceristas do evento, que foram confirmadas também pelos revisores de nossa revista.

São artigos que tratam da disponibilidade dos parques e praças nas cidades, da conservação preventiva do patrimônio cultural, do projeto de jóias com o uso de materiais alternativos, da impressão 3D, das Vozes da Comunidade na repercussão de inovação social, do isolamento acústico de painéis em madeira; do design bioinspirado, da presença dos COVs (Compostos Orgânicos Voláteis) em materiais poliméricos, das materioteca, da busca por alternativas construtivas como as vigas de madeiras reforçadas, dos modelos mentais e rotinas necessárias para as organizações sustentáveis, das wetlands como sumidouros de carbono, do design para a adaptabilidade e da alimentação em comunidades criativas. Esses artigos têm em comum a busca por soluções mais sustentáveis para os nossos problemas recorrentes. Desejamos a todos uma boa leitura!!!

Paulo Cesar Machado Ferroli e Lisiane Ilha Librelotto

DESIGN E SUSTENTABILIDADE: PRÁTICAS EXPERIMENTAIS COM MATERIAIS PROBLEMÁTICOS NO ENSINO DE JOALHERIA CONTEMPORÂNEA

DESIGN AND SUSTAINABILITY: EXPERIMENTAL PRACTICES WITH PROBLEMATIC MATERIALS IN CONTEMPORARY JEWELRY EDUCATION

DISEÑO Y SOSTENIBILIDAD: PRÁCTICAS EXPERIMENTALES CON MATERIALES PROBLEMÁTICOS EN LA ENSEÑANZA DE LA JOYERÍA CONTEMPORÁNEA

MARIANA KUHL CIDADE, DRA. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

FELIPE LUIS PALOMBINI, DR. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

RESUMO

A joalheria contemporânea caracteriza-se por um maior apelo a atributos de sustentabilidade, voltando sua atenção às necessidades atuais. No tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos uma das principais questões associadas é a falta de interesse na comercialização de determinados materiais triados, que possuem valor comercial quase nulo. Desse modo, aumentar o valor de resíduos pode ser uma ferramenta para possibilitar sua utilização como material secundário, prática que deve ser estimulada no ensino de disciplinas associadas a cursos de Design. Este artigo abrange a temática de experimentações projetuais com foco em sustentabilidade e voltadas ao ensino de joalheria. São apresentados três projetos desenvolvidos por alunos que englobam a utilização de materiais problemáticos, i.e., que não possuem interesse comercial e seriam desperdiçados, mesmo após a coleta seletiva. Os projetos incluem os processos de definição do problema, pesquisa e experimentação, para o desenvolvimento de joias incluindo como destaque: vidro, alumínio proveniente de cápsulas de café e madeira com tingimento natural. Os exemplos demonstram que práticas de projetos sustentáveis são possíveis de serem executadas mesmo artesanalmente, e podem trazer benefícios diretos ao valorizarem rejeitos.

PALAVRAS-CHAVE

Joalheria Contemporânea; Design; Materiais; RSU.

ABSTRACT

Contemporary jewelry is characterized by a greater appeal to sustainability attributes, turning its attention to current needs. In Municipal Solid Waste treatment, one of the main associated issues is the lack of interest in the commercialization of certain sorted materials, which have almost zero commercial value. Thus, increasing the value of waste can be a tool to enable its use as secondary material, which is a practice that should be encouraged in the teaching of disciplines associated with Design courses. This article covers the theme of design experiments with a focus on sustainability and is aimed at jewelry education. Three projects developed by students are presented, which include the use of problematic materials, i.e., which have no commercial interest and would be wasted, even after selective collection. The projects include the processes of problem definition, research, and experimentation, for the development of jewelry which include as a highlight material: glass, aluminum from coffee capsules, and naturally dyed wood. The examples demonstrate that sustainable design practices can be carried out even by hand and can bring direct benefits by valuing waste.



KEYWORDS

Contemporary Jewelry; Design; Materials; MSW.

RESUMEN

La joyería contemporánea se caracteriza por una mayor apelación a los atributos de sostenibilidad, dirigiendo su atención a las necesidades actuales. En el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos una de las principales cuestiones asociadas es la falta de interés en la comercialización de ciertos materiales clasificados, que casi no tienen valor comercial. Así, aumentar el valor de los residuos puede ser una herramienta para posibilitar su utilización como material secundario, una práctica que debería ser estimulada en la enseñanza de las disciplinas asociadas a los cursos de Diseño. Este artículo aborda el tema de los experimentos de proyectos centrados en la sostenibilidad y destinados a la enseñanza de la joyería. Se presentan tres proyectos desarrollados por estudiantes, que abarcan el uso de materiales problemáticos, es decir, que no tienen interés comercial y serían desperdiciados, incluso después de una recogida selectiva. Los proyectos incluyen los procesos de definición del problema, investigación y experimentación, para el desarrollo de joyas entre las que destacan: vidrio, aluminio a partir de cápsulas de café y madera con tinte natural. Los ejemplos demuestran que es posible llevar a cabo prácticas de diseño sostenible, incluso de forma artesanal, y que pueden aportar beneficios.

PALABRAS CLAVE

Design; Materiales; RSU

1. INTRODUÇÃO

O surgimento das primeiras joias que se tem conhecimento foi com materiais provenientes da natureza, sendo coletados intencionalmente, seja por sua beleza ou por pura curiosidade de quem os visualizava (HESSE, 2007). Com o passar dos séculos, materiais foram sendo descobertos, tais como rochas, madeiras, ossos, presas e sementes, além de processos de fabricação como forjas, amarrações, entre outros (CIDADE; PALOMBINI, 2022; GOLA, 2013). Analisando estas usabilidades, podemos ponderar que os próprios materiais acabavam sendo reutilizados para outras funções, como por exemplo as peles e ossos dos animais que eram resíduos de suas caças, sendo empregados como pingentes e fibras para ligações aos ornamentos. Com essa característica de aproveitamento de materiais e rejeitos, a sustentabilidade está inserida desde o início da civilização, mesmo que não intencionalmente, no que tange um ciclo natural de reutilização e ornamentação (CIDADE; PERINI; PALOMBINI, 2022).

O aumento da aquisição de bens de consumo pela população mundial, junto com seu modo de produção e comercialização nesses últimos anos, tem gerado um acúmulo de lixo, o que conseqüentemente leva à degradação ambiental (XAVIER; CARVALHO, 2014). Os rejeitos provenientes do lixo doméstico no Brasil são chamados de resíduos sólidos urbanos (RSU) e, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, entendem-se por componentes que sobram de processos derivados das atividades humanas e animal e de processos produtivos, tais como lixo doméstico, efluentes industriais e os gases liberados (BRASIL, 2010). De acordo com a ABRELPE (2022), no ano de 2022, o Brasil gerou cerca de 81,8 milhões de toneladas de RSU, ou 224 mil toneladas/dia. Estimando o aumento da população, isso significa que, em média, cada brasileiro gerou pouco mais de 1 kg de resíduo por dia (ABRELPE, 2022). Evidencia-se também, no mesmo panorama relatado, que 6,5 milhões de toneladas de resíduos não foram recolhidas junto aos locais de geração. A destinação considerada “adequada” recebeu 61% dos RSU coletados, e o restante despejado em locais inadequados (ABRELPE, 2022); cabendo ressaltar que a destinação adequada inclui o despejo em aterros sanitários, mesmo qualquer sem recuperação de energia. Ou seja, mesmo após sendo recolhidos, quase 30 milhões de toneladas de RSU anuais acabaram indo parar em locais que não contam sequer com um conjunto mínimo de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações.

Planejado na PNRS e instituído por meio do Decreto Nº 11.043, de 13 de abril de 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) define diretrizes, estratégias, ações e metas para melhorar a gestão de resíduos sólidos no País. Entre os principais objetivos encontram-se o encerramento de todos os lixões, e um aumento da recuperação de resíduos para cerca de 50% em 20 anos. Hoje em dia, contudo, quando comparado globalmente, o tratamento de RSU no Brasil é considerado muito ineficiente para a respectiva quantidade de resíduos gerados, tanto no que se refere à reciclagem quanto à sua recuperação. Por exemplo, enquanto que na Alemanha, na Coreia do Sul e na Austrália as taxas de recuperação de resíduos sólidos chega a 67,1%; 59,7%; e 44,4%; respectivamente (STATISTA, 2023), no Brasil o Índice Nacional de Recuperação de Resíduos (IRR) é de 1,67%, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2021), um instrumento da PNRS. De acordo com o relatório da ABRELPE (2022), mais de 93% dos resíduos sólidos municipais são coletados. Isso mostra que a coleta de resíduos não é suficiente para manter um maior nível de valorização destes e, portanto, as políticas públicas também devem contemplar outras etapas fundamentais do tratamento de resíduos.

No Brasil, o tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) depende fortemente do trabalho de catadores individuais e de cooperativas com múltiplos trabalhadores (PALOMBINI; CIDADE; DE JACQUES, 2017). Cada município é responsável pela coleta e transporte de RSU de pontos designados para instalações de triagem registradas, chamadas de Centros e/ou Associações de Triagem, as quais são compostas por trabalhadores de baixa renda cujo sustento depende exclusivamente da comercialização de RSU para possíveis compradores. As Associações são responsáveis pela separação e seleção dos resíduos secos, dividindo-os em diferentes categorias, incluindo diversos tipos de polímeros, cerâmicos, vidros, papéis e metais. Muitas vezes, sem qualquer método de reprocessamento, cada categoria de resíduos triado é posteriormente prensada em fardos, que são vendidos às indústrias como um material de origem secundária para posterior reciclagem e uso. O principal problema desse sistema é que a maior parte do resíduo seco selecionado só é comercializado se houver interesse suficiente dos compradores (PALOMBINI; CIDADE, 2022). Isso significa que um material potencialmente reciclável deve ter seu custo atenuado nos processos de coleta e reciclagem pela empresa compradora, como forma de tornar o resíduo comercialmente competitivo. Caso contrário, diferentes tipos de materiais

acabam se acumulando em galpões das Associações, sem encontrarem compradores interessados, tais como vidro, poliestireno expandido (EPS), lixo eletrônico, elastômeros diversos, entre outros. Mesmo que uma disposição do consumidor em pagar mais por produtos reciclados possa ser levantada como um incentivo para investir na aquisição de RSU como matéria prima, o custo final de um produto que utiliza este tipo de material precisa ser razoável. Por outro lado, as opções de aplicação para este tipo de material secundário devem ser revistas para se encontrarem alternativas que possam ser naturalmente mais valiosas, ou seja, que os consumidores estejam ainda mais inclinados a comprar (PALOMBINI; CIDADE, 2021). Portanto, o interesse econômico por determinados tipos de resíduos é um dos principais motores para que os RSU no Brasil sejam devidamente recuperados. E esta situação agrava a necessidade de abordagens mais holísticas para o tratamento de RSU.

Atualmente, muito se tem discutido a respeito do desenvolvimento de projetos sustentáveis e em tudo que ele representa, desde sua criação até seu descarte. É notório que o estilo de vida, e até mesmo o tipo de consumidor/cliente, em diversos lugares do mundo tem sido moldado de acordo com os princípios de um impacto menor ao meio ambiente. Isso se deve ao fato de que as pessoas têm mais acesso à informação, e com isso, podem levar em conta diversos aspectos sobre determinada empresa ou produto, para escolher o que consumir. Nesse sentido, diversas indústrias vêm adaptando seu modo de trabalhar e se reinventando para atender a esse tipo de público, o que inclui mudanças em seus planos estratégicos, utilização de materiais e processos sustentáveis, a fim de obter vantagens competitivas (WALCHHUTTER; KALILHANNA; SOUZA, 2019). Contudo, mesmo que uma parte empresarial esteja introduzindo questões ambientais aos seus setores, muitos fatores envolvidos em torno do consumismo e do descarte inadequado ao final da vida útil dos produtos ainda estão sendo levantados e questionados. No Brasil, por exemplo, uma pequena parcela das empresas desenvolve seus produtos com pegadas sustentáveis, e cada vez mais possuímos problemas relacionados aos RSU. Com isto, alguns projetos, pesquisas científicas, movimentos e ações estão sendo desenvolvidos em muitos países, através de designers, engenheiros, arquitetos, artistas, joalheiros, entre outros, para o desenvolvimento de produtos, materiais, processos e atitudes mais sustentáveis. E grande parcela deste engajamento deve ser estimulado em sala de aula, principalmente em cursos voltados à indústria criativa como Design (CIDADE;

PALOMBINI, 2022). Nesse sentido, este artigo tem como objetivo apresentar experimentações com materiais inusitados oriundos do RSU no desenvolvimento de joias, realizadas por alunos do Curso de Desenho Industrial da Universidade Federal de Santa Maria, na disciplina de Laboratório de Joalheria.

2. UM NOVO OLHAR NA JOALHERIA

Ao longo das últimas décadas, muitas transformações e evoluções vêm sendo aplicadas na chamada joalheria contemporânea (CIDADE et al., 2016), em que novas alternativas de materiais foram repensadas e acrescidas, juntamente com processos de fabricação, que vêm sendo mesclados entre os industriais e artesanais, e novas tecnologias (SCARPITTI, 2021). A preocupação com questões que afetam o meio ambiente, a sociedade e a economia vem sendo acrescida com os anos, tornando-se hoje um fator de extrema importância no desenvolvimento sustentável (CIDADE et al., 2021). Nesse sentido, é interessante destacar alguns exemplos de projetos e ações que buscam estes aspectos. Empresas tanto de joias, de moda e design estão aderindo às práticas mais sustentáveis, éticas e sociais, tais como a Chopard®, utilizando ouro certificado; a SeeMe®, de Caterina Occhio, que projetou um centro de treinamento de joias feitas à mão e fabricadas por mulheres que sofreram algum tipo de violência; Riccardo Dalisi, que desenvolve a inclusão social através da reciclagem artesanal de joias, utilizando estanho, papel, cobre, ferro, cerâmica, vidro, madeiras e tecidos; a Tiffany® & Co, que utiliza em seus certificados uma gravação a laser em seus diamantes para informar a origem da extração do material; e a Apollo® Diamond, que fabrica diamantes em laboratório, uma alternativa que está sendo apreciada com bons olhos para os abusos de extração e comercialização deste material gemológico (CAPPELLIERI; TENUTA; TESTA, 2020).

Muitas tendências de projetos que envolvam o design de produtos e experimentações multidisciplinares, fruto da mescla de setores, políticas, processos, ideias, materiais, entre outros, estão se unificando. Hoje, experimentos com materiais alternativos considerados problemáticos, ou oriundos do lixo, por exemplo, são cada vez mais frequentes, juntamente com as práticas do fazer artesanal, que também está refletindo em critérios sustentáveis, valorizando o tempo de concepção das peças e a busca por uma maior qualidade (CIDADE; PALOMBINI, 2022; PALOMBINI; CIDADE, 2022).

Ao se trabalhar com materiais naturais ou materiais reciclados, por exemplo, é possível apropriar-se de características visuais únicas, devido a ambos não serem homogeneizados e possuírem múltiplas formas, cores e texturas. Essas "qualidades estéticas imperfeitas" de materiais secundários ou de materiais naturais, podem inclusive contribuir para um maior valor agregado (CIDADE; PERINI; PALOMBINI, 2022; PALOMBINI; CIDADE; MARIATH, 2022; ROGNOLI et al., 2015). Karana e Nijkamp (2014) inclusive apontam que produtos com abordagem sustentável precisam ter características estéticas particulares, como singularidade e autoexpressão, possíveis de serem obtidas por materiais naturais ou de reciclados. Desse modo, a percepção de um produto sustentável também conta com características intangíveis como sua estética. Portanto, é importante selecionar as características visuais dos resíduos utilizados, bem como o processo de processamento a que serão submetidos e, conseqüentemente, a escolha dos equipamentos desta aplicação. Para obter uma estética representativa de alguma peça reciclada, por exemplo, deve-se evitar sua homogeneização (PALOMBINI; CIDADE, 2022), apesar de que quanto mais homogeneizado for um material secundário, mais consistentes serão suas propriedades mecânicas (LA MANTIA, 2002; WORRELL; REUTER, 2014). Entretanto, se a aplicação do material reciclado for destinada a um produto com menores requisitos mecânicos, isso não deve ser um problema de maior preocupação.

Diferentes ramos da indústria de produtos podem se beneficiar de qualidades estéticas derivadas da exclusividade dos materiais empregados em seus produtos, embora seu acabamento superficial seja responsável pela maioria dos efeitos (ASHBY; JOHNSON, 2011). Portanto, a escolha de materiais, processos de fabricação e acabamentos na superfície desempenham um papel importante na forma como um produto é percebido e como ele interage com seu usuário. Além disso, com estéticas específicas, é possível ressaltar aspectos únicos de tanto de resíduos reciclados quanto de oriundos de materiais naturais (CIDADE; PERINI; PALOMBINI, 2022; PALOMBINI; CIDADE; MARIATH, 2022; ROGNOLI et al., 2015; ROGNOLI; KARANA, 2014). Por exemplo, uma das principais áreas do design onde a singularidade na estética tem um papel importante e que pode ser beneficiada fortemente por atributos sustentáveis é a de design de joias.

3. PROJETOS EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE JOALHERIA

Seguindo as premissas comentadas sobre a joalheria contemporânea, desde o ano de 2016 a disciplina de Laboratório de Joalheria do Curso de Desenho Industrial da UFSM, está desenvolvendo projetos que envolvam questões mais sustentáveis. Esta área está sendo inserida tanto no plano de ensino da disciplina, quanto em projetos de pesquisas, onde os alunos têm a possibilidade de efetuar investigações, pesquisas, experimentações e a fabricação de joias. A metodologia utilizada para o desenvolvimento dos trabalhos é a de Cidade e Palombini (2022), empregando-se três etapas (Figura 1): definição do problema e os objetivos do projeto; pesquisa especializada ou generalizada; e materialização.

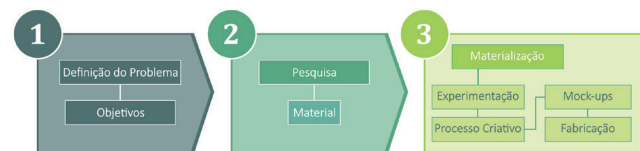


Figura 1: Etapas seguidas para a elaboração dos projetos sustentáveis.
Fonte: Autores.

A cada semestre os projetos são iniciados com a definição do problema por meio de uma pesquisa por materiais problemáticos oriundos de Associação de Triagem de RSU, de modo que os objetivos são traçados para dar seguimento à seleção do material. Após a escolha, os alunos efetuam uma pesquisa avançada sobre suas características, tais como classificações, resistências, pontos de fusão, processo de fabricação, produtos existentes, entre outras. De posse das informações teóricas, parte-se para a última etapa, a de materialização. Para isso, experimentos prévios são realizados com o material, para a definição de qual tipo de reprocessamento vai ser aplicado, como reciclagem, reutilização, tipos de processos de fabricação e tecnologias aplicáveis. Após é realizado o processo criativo da(s) joia(s), através de painéis temáticos e geração de alternativas. Caso seja necessário, para um melhor entendimento da(s) peça(s), mock-ups tanto físicos como virtuais são desenvolvidos. Por fim, a última parte da etapa três da metodologia seguida, de materialização, é justamente a aplicação e desenvolvimento dos processos de fabricação das peças, tanto da parte metálica, quanto do material problemático escolhido.

Os projetos experimentais desenvolvidos nos últimos anos envolveram materiais problemáticos oriundos de RSU, os quais podem ser classificados entre: (i) termoplásticos, como cápsulas de café de polipropileno (PP),

embalagens de poliestireno expandido (EPS), filmes de PP biorientado (BOPP) metalizados com alumínio, além de diferentes tipos dos chamados “plásticos de uso único”, como canudos e sacolas de polietileno (PE); (ii) elastômeros, como borracha de EPDM (copolímero de etileno-propileno e dieno), oriunda de câmaras de pneu de bicicleta; (iii) materiais naturais, como aparas de madeiras de marcenarias, rochas ornamentais de rejeitos de projetos de bancadas de marmorarias; (iv) cerâmicos, como pratos e xícaras danificadas; (v) vidros, principalmente de garrafas (soda-cal); e (vi) metálicos, como cobre de resíduos eletroeletrônicos, alumínio de cápsulas de café, além de prata reciclada.

Na Figura 2 é apresentado o trabalho executado pelo aluno Lucas Schneider com a utilização de resíduos de vidro, no qual constam as etapas de definição do problema, pesquisa, experimentações com o material, processo criativo, geração de alternativas, além da modelagem 3D das peças desenvolvida no software Rhinoceros® 3D (McNeal & Associates, Seattle, EUA). O conceito deste projeto é a reciclagem de vidros voltado para o desenvolvimento de gemas, de modo que este resíduo possa ser empregado como um substituto de um material natural, tradicionalmente empregado como gema.

Tal como demais materiais, o vidro, quando descartado de forma correta no lixo seco em regiões atendidas por Coleta Seletiva, é recolhido e levado as Associações de Triagens dos municípios, para que possa ser triado e comercializado. Contudo, como citado anteriormente, além dos problemas de reciclabilidade que envolvem este material, relativos à baixa procura e a poucos interessados em comprá-lo, muitos resíduos deste tipo também acabam sendo descartados em locais não apropriados e, muitas vezes, ambientalmente sensíveis, como arroios e córregos, terrenos abandonados, entre outros.

No projeto do aluno, a experimentação consistiu na quebra de resíduos de vidro de soda-cal para serem fundidas por meio de um maçarico de oxigênio-acetileno, com carbureteira, formando gotas de vidro fundido possuindo cores variadas. No processo criativo, as peças foram delimitadas como anéis para compor uma coleção, e foi buscado como tema de inspiração geometrias longilíneas, além de aspectos de fluidez e escoamento, como o caminho das ondas do mar, partindo para a geração de alternativas. Durante esta etapa, os locais onde as “gemas” de vidros iriam ser alocadas foram levados em consideração, devido à fragilidade intrínseca do material. Com isto, a parte metálica dos anéis foi projetada para envolver o vidro, protegendo-o de possíveis impactos.



Figura 2: Projeto com resíduos de vidro do aluno Lucas Schneider.
Fonte: Autores.

Outro projeto desenvolvido na disciplina foi com cápsulas de café de uso único feitas de alumínio, da aluna Camila Fagundes Santarem, sendo apresentado na Figura 3.

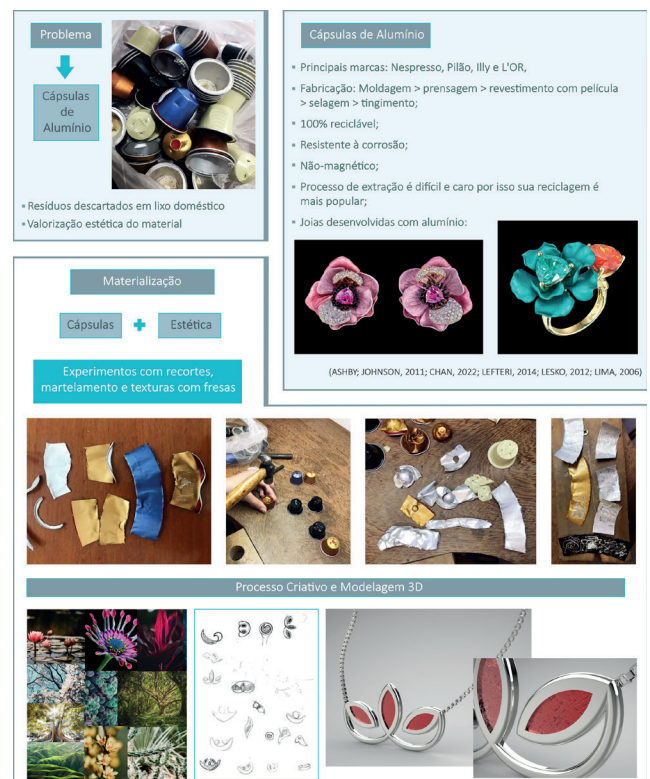


Figura 3: Projeto com resíduos de cápsulas de alumínio da aluna Camila Fagundes Santarem.
Fonte: Autores.

O tema do trabalho está relacionado com a tendência do consumo de café em cápsula, a qual tem se destacado no Brasil nos últimos anos. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2020), na última década, a venda da bebida neste formato ultrapassou a do produto em pó. Entre os diferenciais que atraem o consumidor, as cápsulas se destacam pela diversidade de sabores, pela alta qualidade da experiência e pela praticidade do consumo no dia a dia. Buscando alcançar um consumo consciente, as cápsulas em alumínio, produzidas por marcas como a Nespresso®, por exemplo, surgiram como uma ideia de serem uma alternativa mais sustentável em relação às poliméricas. Entretanto, esse modelo de consumo descartável ainda gera toneladas de RSU e depende de um trabalhoso processo de reciclagem, envolvendo desde o descarte correto por parte dos usuários, a limpeza, desmontagem e seleção de diversos tipos de materiais poliméricos e metálicos, antes do reprocessamento em si.

Tendo esta problemática em vista, esse projeto buscou encontrar novas formas de se utilizar as cápsulas descartadas, por meio de pesquisas e experimentações. Para a manipulação do alumínio, foi utilizado um processo artesanal de texturização por meio do uso de ferramentas de corte, como fresas diversas, e de impacto, como martelos, com o objetivo de valorizar sua parte estética com relevos em sua superfície. Desse modo, mesmo com o baixo ponto de fusão do alumínio, não foi realizada a fundição do material. Isto foi devido ao fato de que o alumínio, quando exposto a altas temperaturas, torna-se muito reativo com a presença de água ou umidade, formando alumina (Al₂O₃) e hidrogênio (H₂), o que é altamente explosivo. O perigo pode ser agravado ainda mais pela rápida evaporação da água durante o aquecimento, o que pode fazer com que o metal líquido também seja ejetado. A partir dos ensaios realizados, as cápsulas foram desmontadas, abertas e planificadas, tendo a formação de texturas em sua superfície com as técnicas comentadas. Além disso, aproveitando-se das diferentes cores de cápsulas de alumínio comercializadas, várias placas decorativas foram feitas, sendo incluídas como elemento decorativo em um projeto de pingente, o qual foi modelado em 3D para visualização.

A combinação de um processo com um material natural é apresentado no projeto do aluno Gustavo Zottele Freitas, em que foram utilizados resíduos de madeira com um tingimento natural, mostrado na Figura 4. O projeto iniciou-se através da coleta dos resíduos, da seleção do tipo de madeira, e da pesquisa em torno de quais tecnologias iriam ser utilizadas, além de qual tingimento seria

o mais relevante para ser aplicado. Após a pesquisa na literatura, o aluno iniciou a parte de experimentações com diferentes tonalidades de madeira, mais ou menos densas (diferentes níveis de lignificação), e com a utilização de condimentos naturais, como café, beterraba, colorau (extraído do urucum), cúrcuma e água do molho do feijão, como corantes para tingimento. Os testes foram realizados de duas maneiras: primeiramente adicionou-se a madeira nos condimentos diluídos em água, em torno de cinco dias, em temperatura ambiente, porém não levou a um resultado satisfatório. Já no segundo teste, optou-se por aquecer a mistura por cerca de 10 minutos, deixando-o descansar por cinco dias.

Com os experimentos dos tingimentos desenvolvidos, iniciou-se o processo criativo e a geração de alternativas com a temática do Art Nouveau, envolvendo formas curvilíneas e arabescos. Optou-se pela fabricação de um pingente para compor a coleção de joias, onde seria acrescentada a prata (Ag 950). O pingente foi modelado em software 3D, e a madeira foi usinada, em baixo relevo, para ser acoplada à parte metálica. Para a fabricação da prata, utilizou-se o modo artesanal, através de fundição, laminação no formado chapa, recorte com arco de serra, e acabamentos com limas e lixas de granulometrias variadas

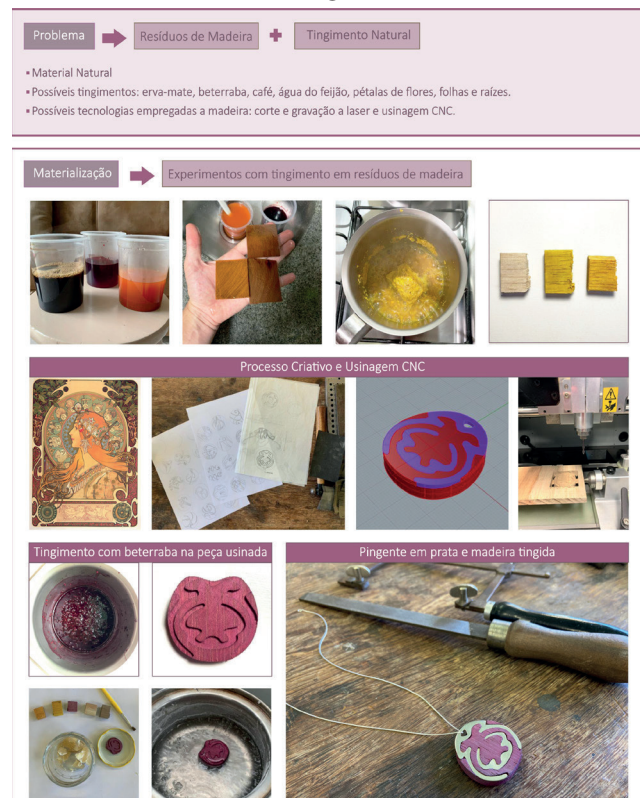


Figura 4: PProjeto com resíduos de madeira e tingimento natural do aluno Gustavo Zottele Freitas.

Fonte: Autores.

Com as partes fabricadas, tanto de metal como de madeira, analisou-se qual o melhor resultado do processo de tingimento realizado. Assim, optou-se pela tonalidade do condimento da beterraba, através do teste com a solução aquecida. Com isso, a madeira usinada foi tingida e dois tratamentos de fixação do tingimento foram executados, um com a aplicação superficial de cera de abelha e outro com imersão a quente da peça tingida em uma solução de água e sal. Este último tratamento não interferiu na tonalidade do tingimento, o qual foi preferido para continuação do projeto. Por fim, a peça metálica foi polida e acoplada à madeira tingida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A joalheria contemporânea tem se caracterizado pela preferência por matérias-primas e processos que possuam um foco em aspectos de sustentabilidade, abrangendo não apenas a esfera ambiental, mas a social e a econômica. A partir disto, é possível empregá-la como um meio pelo qual a sociedade possa se beneficiar, no sentido de contribuir para que a cadeia de recuperação de resíduos possa ser mais valorizada. Partindo do princípio de que o tratamento de RSU no Brasil é extremamente dependente da destinação adequada de materiais triados após a coleta seletiva – para que possam, então, ser finalmente comercializados – um modo de valorizá-los seria empregá-los em uma alternativa de maior valor intrínseco. Ao invés de utilizar o resíduo como uma matéria-prima secundária de baixo custo e interesse industrial praticamente nulo, torna-se possível aplicá-la em produtos com maior apelo comercial, contribuindo para que o material não seja descartado prematuramente. Nesse sentido, cabe aos designers buscar novas formas de aproveitar materiais desvalorizados em produtos com alto apelo como, por exemplo, a utilização de materiais problemáticos como um elemento decorativo de destaque em coleções na joalheria contemporânea.

Além de seguir a essa nova mudança de paradigma mundial na joalheria, é preciso incentivar estas práticas em sala de aula. Neste trabalho foram apresentados três exemplos de projetos desenvolvidos por alunos da disciplina de Laboratório de Joalheria do curso de Desenho Industrial da UFSM, em que experimentos foram conduzidos em resíduos desvalorizados ou com materiais considerados problemáticos. Foram apresentados projetos que incluíam tanto reciclagem quanto modificações estéticas em vidro, cápsulas de alumínio e madeira, utilizando métodos de baixa escala e métodos de produção

voltados para a joalheria tradicional artesanal, para que novas peças sejam criadas. De modo geral, foi possível verificar que com o auxílio de técnicas simples de reprocessamento é possível obter resultados estéticos interessantes, que permitam uma grande valorização dos materiais ao serem empregados em objetos considerados de luxo.

Por fim, é importante destacar a necessidade de se abordar questões associadas à sustentabilidade durante o ensino de joalheria. Como um reflexo das crescentes demandas de consumidores por produtos desenvolvidos com foco no meio ambiente, sociedade e economia, torna-se essencial tornar a sustentabilidade um atributo indissociável da joalheria contemporânea. No contexto do tratamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil, é evidente a urgência por soluções técnico-criativas que tragam meios de valorizar materiais problemáticos, sem interesse comercial. Nesse sentido, as novas tendências no mercado joalheiro de foco na sustentabilidade precisam ser apresentadas e incentivadas em sala de aula, para que além de atender a demandas dos consumidores, possa contribuir com benefícios para a sociedade.

REFERÊNCIAS

- ABIC. **Tendências do mercado de café**. Rio de Janeiro: ABIC, 2020. Disponível em: <https://www.abic.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Euromonitor_Coffee-Market-Trends-in-Brazil_-Encafe.pdf>.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022.
- ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materiais e design : arte e ciência na seleção de materiais em projeto de produto**. 2a ed. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2011.
- BRASIL. LEI No 12.305 DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, ago. 2010.
- CAPPELLIERI, A.; TENUTA, L.; TESTA, S. *Jewellery Between Product and Experience: Luxury in the Twenty-First Century*. Em: GARDETTI, M. Á.; COSTE-MANIÈRE, I. (Eds.). **Sustainable Luxury and Craftsmanship**. Singapore: Springer, 2020. p. 1–23. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-3769-1_1

CIDADE, M. K. et al. Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea. **Design e Tecnologia**, v. 12, p. 54–64, 2016. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2016iss12pp54-64>

CIDADE, M. K. et al. Experimental Study for the Valorization of Polymeric Coffee Capsules Waste by Mechanical Recycling and Application on Contemporary Jewelry Design. Em: MUTHU, S. S. (Ed.). **Sustainable Packaging**. Singapore: Springer-Nature, 2021. p. 85–110. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4609-6_4

CIDADE, M. K.; PALOMBINI, F. L. Design de joias: proposição de metodologia para ensino voltado ao mercado joalheiro. **Design e Tecnologia**, v. 12, n. 24, p. 57–72, 7 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.23972/det2022iss24pp57-72>

CIDADE, M. K.; PERINI, J. T.; PALOMBINI, F. L. Bionics for Inspiration: A New Look at Brazilian Natural Materials for Application in Sustainable Jewelry. Em: PALOMBINI, F. L.; MUTHU, S. S. (Eds.). **Bionics and Sustainable Design**. Singapore: Springer-Nature, 2022. p. 195–223. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-1812-4_8

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K.; MARIATH, J. E. DE A. Materiais Naturais: Padrões Microscópicos Como Fonte de Inspiração em Projetos de Design. **Revista Educação Gráfica**, v. 26, p. 347–363, 2022.

HESSE, R. W. **Jewelry making through history : an encyclopedia**. Westport, Connecticut, USA: Greenwood Press, 2007.

KARANA, E.; NIJKAMP, N. Fiberness, reflectiveness and roughness in the characterization of natural and high quality materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 68, p. 252–260, 1 abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.001>

LA MANTIA, F. PAOLO. **Handbook of plastics recycling**. Shrewsbury: Rapra Technology Ltd, 2002.

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K. Possibilities for the Recovery and Valorization of Single-Use EPS Packaging Waste Following Its Increasing Generation During the COVID-19 Pandemic: A Case Study in Brazil. Em: MUTHU, S. S. (Ed.). **Sustainable Packaging**. Singapore: Springer-Nature, 2021. p. 265–288. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-16-4609-6_10

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K. Lixo Invisível: Contribuição do Design para Recuperação de Materiais Problemáticos. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 17–26, 22 dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n1.17-26>

PALOMBINI, F. L.; CIDADE, M. K.; DE JACQUES, J. J. How sustainable is organic packaging? A design method for recyclability assessment via a social perspective: A case study of Porto Alegre city (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2593–2605, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.016>

ROGNOLI, V. et al. DIY materials. **Materials and Design**, v. 86, p. 692–702, 5 dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.07.020>

ROGNOLI, V.; KARANA, E. Toward a New Materials Aesthetic Based on Imperfection and Graceful Aging. Em: KARANA, E.; PEDGLEY, O.; ROGNOLI, V. (Eds.). **Materials Experience: fundamentals of materials and design**. Oxford: Elsevier, 2014. p. 145–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099359-1.00011-4>

SCARPITTI, C. The Contemporary Jewelry Perspective. Meanings and evolutions of a necessary practice. **Journal of Jewellery Research**, v. 4, p. 59–76, 2021.

SINIR - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: SINIR, 2021.

STATISTA. **Global MSW recycling rates by country**. New York: Statista, 2023.

WALCHHUTTER, S.; KALIL HANNA, E.; SOUZA, W. DA S. INOVAÇÃO VERDE: Produtos e processos como fator de vantagem competitiva. **Revista Observatório**, v. 5, n. 5, p. 797–820, 1 ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2019v5n5p797>

WORRELL, E.; REUTER, M. A. (EDS.). **Handbook of Recycling**. Amsterdam: Elsevier, 2014.

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. **Gestão de resíduos eletrônicos : uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CIDADE, Mariana Kuhl; PALOMBINI, Felipe Luis. Design e sustentabilidade: Práticas experimentais com materiais problemáticos no ensino de joalheria contemporânea. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 17-26, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.17-26>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

MKC: conceituação, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, revisão e edição.

FLP: investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

IMPRESSÃO 3D COM MATERIAIS CIMENTÍCIOS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE PROJETOS RESIDENCIAIS

3D PRINTING WITH CEMENTITIOUS MATERIALS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF RESIDENTIAL PROJECTS

IMPRESIÓN 3D CON MATERIALES CEMENTOSOS: ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROYECTOS RESIDENCIALES

LUANA TORALLES CARBONARI, DRA. | UEL - Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

BERENICE MARTINS TORALLES, DRA. | UEL - Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

LÍVIA FERNANDA SILVA, DRA. | UEL - Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

LISIANE ILHA LIBRELOTTO, DRA. | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

THALITA GORBAN FERREIRA GIGLIO, DRA. | UEL - Universidade Estadual de Londrina, Brasil.

RESUMO

A construção civil tem passado por diversas transformações devido ao emprego da digitalização e automação. Um exemplo atual é a aplicação da impressão 3D com materiais cimentícios, que apresentou crescimento considerável nos últimos anos. Este artigo tem como objetivo analisar residências construídas com o uso dessa tecnologia inovadora e disruptiva. Utilizou-se de pesquisa bibliográfica para identificar conceitos referentes ao uso da impressão 3D com materiais cimentícios na construção civil. Após, foi feita uma análise comparando as residências selecionadas, com relação às categorias: dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos e; cobertura. Os resultados evidenciam que a construção residencial com o uso da tecnologia de impressão 3D é promissora e vantajosa, com maior agilidade construtiva, redução de custos e desperdícios etc. Ademais, possibilita diversas composições formais, o uso de fundações simples e a associação com outros materiais, gerando soluções projetuais que podem se adequar aos aspectos culturais, econômicos e ambientais de cada contexto.

PALAVRAS-CHAVE

Construção Civil; Moradia; Manufatura Aditiva; Material Cimentício; Estudo de caso.

ABSTRACT

Civil construction has undergone several transformations due to the use of digitalization and automation. A current example is the application of 3D printing with cementitious materials, which has shown considerable growth in recent years. This paper aims to analyze homes built with the use of this innovative and disruptive technology. Bibliographic research was used to identify concepts related to the use of 3D printing with cementitious materials in civil construction. Then, an analysis was made comparing the selected residences, regarding the categories: dimensions and shape; foundation; floor; walls, frames and finishings; and roof. The results show that residential construction using this technology is promising and advantageous, with greater construction agility, cost and waste reduction, etc. Furthermore, it enables several formal compositions, the use of simple foundations, and the association with other materials, generating design solutions that can be adapted to the cultural, economic, and environmental aspects of each context.

KEYWORDS

Contemporary Jewelry; Design; Materials; MSW.



RESUMEN

El sector de la construcción ha experimentado varias transformaciones gracias al uso de la digitalización y la automatización. Un ejemplo actual es la aplicación de la impresión 3D con materiales cementosos, que ha experimentado un crecimiento considerable en los últimos años. Este artículo pretende analizar las viviendas construidas con esta tecnología innovadora y disruptiva. A partir de una investigación bibliográfica, se identificaron conceptos relacionados con el uso de la impresión 3D con materiales cementosos en la construcción civil. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo de las residencias seleccionadas, en relación a las categorías: dimensiones y forma; cimentación; piso; paredes, marcos y acabados y; cobertura. Los resultados muestran que la construcción residencial con tecnología de impresión 3D es prometedora y ventajosa, con mayor agilidad constructiva, reducción de costos y desperdicios, etc. Además, permite diversas composiciones formales, el uso de cimientos simples y la asociación con otros materiales, generando soluciones de diseño que pueden adaptarse a los aspectos culturales, económicos y ambientales de cada contexto.

PALABRAS CLAVE

Construcción; Residencia; Fabricación aditiva; material cementoso; Estudio de casos.

1. INTRODUÇÃO

Arquitetura e construção civil são áreas interdisciplinares que envolvem inúmeros setores da engenharia para produzir edifícios com diferentes níveis de escala e complexidade, sendo cada vez mais desafiadas a otimizar seu desempenho em termos de produtividade e eficiência, reduzindo custos e minimizando o impacto ambiental (CRAVEIRO et al., 2016).

Uma tecnologia que vem sendo cada vez mais explorada na construção civil, que se utiliza de ferramentas que unem a fabricação através da programação digital é a impressão 3D, considerada um exemplo de tecnologia disruptiva, devido à quebra de paradigma subjacente aos processos de manufatura aditiva, em que um objeto sólido pode ser construído pela adição de material elementar, de modo que possa ser automatizada (PRENTICE, 2014).

Essa tecnologia pode trazer inúmeras vantagens quando utilizada para a produção de moradias, como: menores custos, processos de construção ecologicamente corretos e o uso de matérias-primas com baixa energia incorporada (ou seja, resíduos industriais e de construção); e economia de tempo, pois o tempo necessário para concluir a moradia pode ser consideravelmente reduzido (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016).

Deste modo, o uso desta tecnologia na construção civil vai ao encontro de temas atuais, como: Cidades Inteligentes; Desenvolvimento Sustentável e Transformação Digital, pois investiga o uso de uma tecnologia construtiva inovadora, que incorpora os conceitos da indústria 4.0 de digitalização, automatização e conectividade. Além disso, engloba os três pilares da sustentabilidade: Ambiental, na mitigação de CO₂, menor geração de resíduos e possibilidade de reutilização; Econômica, proporcionando maior produtividade, menores custos e desperdícios e inovação e automatização na construção civil; e Social, atendendo a demanda habitacional, com melhores condições de conforto e habitabilidade.

Em 2015 foi estipulada pela ONU a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, com a definição de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Estes ODS devem ser implementados por todos os países do mundo durante os próximos 15 anos. Dentre os objetivos desta agenda evidencia-se principalmente a aderência desta pesquisa aos de número 9 “Indústria, inovação e infraestrutura”, 10 “Redução das desigualdades”, 11 “Cidades e comunidades sustentáveis”, 12 “Consumo e produção responsáveis”, 13 “Ação contra a mudança

global do clima” e 15 “Vida terrestre”.

Sendo assim, este estudo aborda problemas atuais que afetam o bem-estar social no Brasil e no mundo, principalmente considerando o grande impacto da indústria da construção civil no meio ambiente, sua participação no PIB e o valor expressivo do déficit habitacional, que no ano de 2019 no Brasil foi de 2.840.899 pessoas, incluindo aquelas morando em habitação precária e coabitação (CBIC, 2021). Isso evidencia a urgência na busca por novas soluções de moradia, mais dignas, com condições mínimas de habitabilidade, de baixo custo, rápida execução, utilizando tecnologias inovadoras, que sejam coerentes com os ODS.

Considerando que na última década, o crescente desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D e a melhoria do material de impressão tem atraído o interesse de diversas empresas de todos os setores da indústria ao redor do mundo, e tendo em vista o atual contexto de grande preocupação com a preservação do meio ambiente e à demanda habitacional, o objetivo deste artigo é analisar, a partir de estudos de caso, o panorama atual da aplicação da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios em projetos residenciais no Brasil e no mundo, visando destacar os aspectos mais relevantes dos projetos com relação às dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos; e cobertura.

2. TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D COM MATERIAIS CIMENTÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As origens da impressão 3D na construção estão na automação e na robótica. Uma impressora 3D é um sistema móvel ou estacionário, consistindo em vários subsistemas ou componentes robóticos, com materiais que servem como a tinta da impressora (KHAN; SANCHEZ; ZHOU, 2020). Esta tecnologia é considerada um tipo de manufatura aditiva, que pode ser definida como um processo de fabricação automatizado, composto de uma série de operações e subprocessos industriais, que constroem fisicamente objetos tridimensionais com propriedades específicas, por meio da adição e união sucessiva, camada por camada, de um determinado material (ASTM, 2015).

Os processos de fabricação aditiva em larga escala, baseados em cimento, geralmente denominados de impressão 3D de concreto, estão em desenvolvimento crescente nos últimos 10 anos (BUSWELL et al., 2018). Estudos da impressão 3D aplicada na construção civil, iniciaram-se com o pesquisador Joseph Pegna, nos EUA, em 1997, com

o artigo intitulado "Investigação exploratória de forma livre aplicada na construção" em que foi desenvolvida a pesquisa para se obter elementos manufaturados com uso de matéria primas comumente empregadas na construção civil, tais como cimento e areia (BUSWELL et al., 2018; PEGNA, 1997). Além dele, o engenheiro civil Enrico Dini, entre 2005 e 2007, iniciou experimentos voltados a impressão de edificações, tornando-o mundialmente famoso como "o homem que imprime casas" (D-SHAPE, 2023; SILVA et al., 2018).

A impressão 3D na construção civil abrange diferentes métodos de aplicação relacionados ao tipo do processo de extrusão. Sua escolha é capaz de promover diferentes características tanto na geometria do objeto a ser desenvolvido quanto nas propriedades do material nos estados fresco e endurecido (BUSWELL et al., 2018). Em relação a característica geométrica das estruturas pode se dizer que as técnicas de impressão 3D comparadas com as tradicionais de construção dos edifícios, são consideradas como ecologicamente corretas, oferecendo possibilidades quase ilimitadas de complexidade geométrica (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016). Pode-se citar 3 métodos de extrusão aplicadas à construção civil, a saber: Contour Crafting, D-Shape e Concrete Printing (LIM et al., 2012; MARIJNISSEN; VAN DER ZEE, 2017).

- Contour Crafting (Freeform Building): tecnologia americana que utiliza o controle do computador para explorar a capacidade de formação de superfícies planas e de formas livres precisas (KHOSHNEVIS; DUTTON, 1998). A fabricação do elemento em camadas através deste método tem um grande potencial na construção automatizada de estruturas inteiras, bem como subcomponentes, com extrusão de forma híbrida, combinando o processo de extrusão para formar as superfícies dos objetos e o processo de enchimento para construir o núcleo (KHOSHNEVIS, 2004). Nesta tecnologia, o material cimentício é extrudado progressivamente camada por camada (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016). De acordo com Lim (2012), o Contour Crafting caracteriza-se pela extrusão de filamentos de seção oca de argamassa cimentícia a partir de uma cabeça de extrusão, controlada por computador, capaz de movimentar-se tridimensionalmente. Este método permite um acabamento de superfície com qualidade através do acúmulo das camadas subsequentes. Foi desenvolvido de forma a combinar a alta velocidade e a deposição de camadas.

- D-Shape: processo em que se tem a deposição de uma camada de pó seco (mistura de agregados, resíduos, fibras, entre outros) de forma homogênea, sendo a

camada compactada resultando em uma superfície uniforme. Posteriormente é injetado um aglutinante à base de resinas epóxi (D-SHAPE, 2023). De acordo com (LIM et al., 2012), a penetração do ligante através de cada camada e a pressão que ocorre em torno do ponto de injeção são considerados parâmetros importantes no método D-Shape. Atualmente a D-Shape abrange muitos setores, indo desde o setor ambiental, ao militar, arqueológico, marítimo, artístico e de construção.

- Concrete Printing: tecnologia inglesa em que a impressão em concreto também se baseia na extrusão de argamassa de cimento. No entanto, o processo foi desenvolvido para reter a liberdade tridimensional com uma resolução de menor deposição, o que permite controle do formato geométrico. Nos métodos Concrete Printing e D-Shape são necessários suportes adicionais para criar saliências e outros recursos de forma livre (LIM et al., 2012).

A manufatura aditiva é considerada como uma das tecnologias capazes de impulsionar a indústria 4.0, pois possibilita designs menos densos e complexos, sendo a impressão 3D uma de suas possíveis aplicações. Apesar desta ter se iniciado através da produção de prototipagem de forma individual, com o avanço da tecnologia é possível a produção de lotes de produtos personalizados. A chave para a implementação bem-sucedida da manufatura aditiva é o esforço multidisciplinar em sinergia envolvendo ciência de materiais, arquitetura, design, computação e robótica. A abordagem simples da construção em camadas é um processo que já é praticado no setor da construção, a novidade é a de combinar novos materiais eficientes e sustentáveis com as ferramentas avançadas da era digital, usando software de projeto arquitetônico como interface e diferentes componentes da tecnologia robótica para automatizar e superar os processos que foram comprovados manualmente (GHAFAR; CORKER; FAN, 2018).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada parte de revisão exploratória da literatura, identificando conceitos referentes ao uso da tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios na construção civil. Em seguida, foi utilizada a estratégia de estudos de caso múltiplos (YIN, 2014) com uma abordagem qualitativa, a partir de levantamento bibliográfico, para identificar e analisar projetos residenciais em que foi utilizada essa tecnologia. Em cada caso, o projeto, os materiais e as técnicas construtivas das habitações foram analisados, sendo definidas as seguintes categorias

de análise: a) dimensões e forma; b) fundação; c) piso; d) paredes, esquadrias e acabamentos e; e) cobertura. A escolha de mais de um caso permitiu uma análise comparativa, destacando aspectos de convergência e divergência entre eles. A análise qualitativa dos dados foi realizada por meio do processo de análise-reflexão-síntese (PATRICIO-KARNOPP, 2004), sendo utilizada a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 1991) para avaliar a bibliografia encontrada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são descritas algumas aplicações da tecnologia de impressão 3D em projetos residenciais no exterior e no Brasil, seguida de uma análise comparativa dos projetos, materiais e técnicas construtivas, referentes às categorias de análise estabelecidas na pesquisa.

4.1. Aplicações da tecnologia de impressão 3D em projetos residenciais

O primeiro projeto residencial realizado inteiramente utilizando a impressão 3D ocorreu em 2014 na Europa, impressa pela empresa holandesa Dus Architects. O projeto, denominado 3D print Canal House Living Lab, foi feito em Amsterdã e levou cerca de 3 anos para ser finalizado, sendo parte de uma pesquisa sobre novas soluções habitacionais globais e explorações de mercado. O principal objetivo da operação foi investigar e compartilhar com o público o potencial uso da impressão 3D na indústria da construção. A técnica de impressão utilizada é muito semelhante à da maioria das impressoras, tendo início a partir da modelagem 3D em um programa computacional. O material utilizado é um termoplástico biodegradável, que é aquecido pela impressora até atingir o estado líquido apropriado, para que possa ser depositado camada por camada através de um bocal. Segundo a empresa, o mais desafiador foi desenvolver um material que, após a fabricação, seria ao mesmo tempo flexível o suficiente para criar camadas de encaixe, adesivas de modo que a camada subsequente se uniria à anterior e rígida o suficiente para que o componente preservasse a sua forma (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016).

Também em 2014, a empresa chinesa WinSun, utilizando material cimentício, conseguiu construir casas a partir da produção de componentes impressos como elementos pré-fabricados e montados in loco. Neste artigo foram analisados projetos residenciais feitos com a tecnologia de impressão 3D utilizando materiais cimentícios e

aplicando em grande parte o método Contour Crafting, apresentados a seguir:

Caso 1: WinSun Decoration Design Engineering Co

Em 2014, a WinSun construiu na cidade de Suzhou, China, 10 casas de 200 m² em 24 horas a partir da impressão de elementos pré-fabricados e montados in loco (Figura 1a e b) (WALKER, 2014).

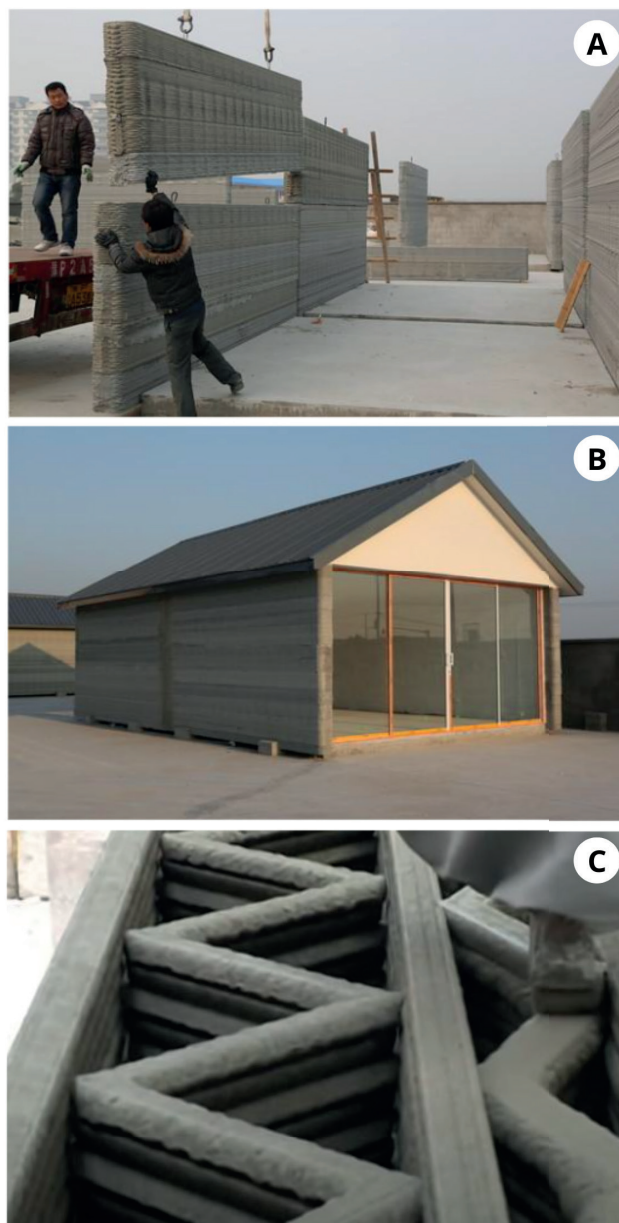


Figura 1: (a) Montagem de parede, (b) casa finalizada e (c) estrutura do elemento pré-fabricado.
Fonte: Walker (2014).

A impressora utilizada tem 6,6 metros de altura e 10 metros de largura. Para a execução das paredes, o material cimentício utilizado, composto por resíduos, fibra de vidro e cimento, é extrusado por meio de um bocal

camada por camada. As paredes são reforçadas diagonalmente, ficando com estrutura oca, o que melhora o isolamento térmico (Figura 1c). Os componentes são impressos em uma fábrica e transportados para o canteiro de obras para serem montados. Após, é feita a instalação das janelas e portas e do telhado e, por fim, são realizados os acabamentos. O custo estimado de cada casa era de 4.800 dólares. As casas foram utilizadas como escritórios em um parque industrial de alta tecnologia em Xangai (HAGER; GOLONKA; PUTANOWICZ, 2016; WALKER, 2014).

Caso 2: Apis Cor

Em 2017, a empresa russa Apis Cor, com sede em São Francisco, construiu em Moscou uma casa de 38 m² em apenas um dia, sendo as paredes construídas inteiramente in loco. A impressora utilizada tem uma altura variável de 1,5 a 3,1 m e comprimento variável de 4 a 8,5 m, funcionando por rotação em torno de um eixo (Figura 2a). A casa tem formato curvo e layout aberto, com apenas um banheiro e uma divisória pequena, que separa a cozinha da área de estar (Figura 2b, c e d). O processo construtivo é iniciado pela inserção dos elementos e suas ligações com a rede hidráulica e elétrica, e posteriormente a impressão da edificação. Inicialmente a impressora faz a fundação, com a inserção de fibras de vidro para promover uma maior resistência e, após isso, as paredes são extrudadas. Ao final, são instaladas as janelas e mobiliários e a casa foi pintada externamente de amarelo, sem a necessidade de preparação da superfície. Durante a impressão foi utilizado um reforço horizontal de fibra de vidro para as paredes, gerando vazios internos onde foi pulverizada uma mistura à base de poliuretano para isolamento (Figura 2a). O custo estimado da casa foi 10.000 dólares e, se feita quadrada, com as mesmas características, teria custado cerca de 8.870,00 dólares (GARFIELD, 2017).

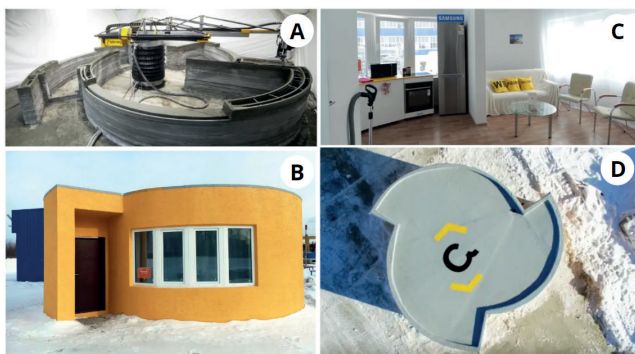


Figura 2: (a) Impressão da casa, vista externa (b), interna (c) e superior (c).
Fonte: Garfield (2017).

Caso 3: ICON - Chicon House

Em 2018, a empresa de impressão 3D ICON foi a primeira na América a conseguir uma licença para construir uma casa, denominada Chicon House, em Austin, Texas nos EUA. A casa tem 32,5 m², 2 quartos, 1 banheiro e uma área de sala com cozinha, sendo rodeada por varanda coberta (Figura 3a). A cobertura foi levemente inclinada, criando um espaço para entrada de iluminação natural (Figura 3b). O tempo de impressão foi cerca de 47 horas e foi feita com a impressora Vulcan I, da 1ª geração da empresa. Desde então a ICON tem investido e desenvolvido muito a tecnologia de impressão 3D e está atualmente na 3ª geração da Vulcan O projeto da Chicon House foi feito em parceria com a ONG New Story, sendo um protótipo de casa pensando no mundo em desenvolvimento, onde energia, água e materiais de construção têm fornecimento inconsistente (ICON, 2023).



Figura 3: Vista externa (a) e interna (b) da casa.
Fonte: ICON (2023).

Caso 4: ICON - Casas impressas no México

Em 2019, a ICON em parceria com a ONG New Story e a empresa mexicana de habitação social desenvolveram um projeto para imprimir 50 casas para famílias em situação de extrema pobreza em Tabasco, México utilizando a impressora Vulcan II. Inicialmente foram impressas 2 casas, para serem testadas e utilizar o feedback dos usuários para imprimir as demais. As casas foram impressas

em 24 horas e cada unidade tem cerca de 46 m², com 2 quartos, 1 sala de estar com cozinha e banheiro (Figura 4b). Algumas estratégias de projeto para melhorar o fluxo do ar foram paredes externas com cantos arredondados e aberturas acima das janelas, conforme ilustra a Figura 4a. Além disso, a fundação recebeu um reforço estrutural, pois as casas estão localadas em uma zona sísmica (ICON, 2023).

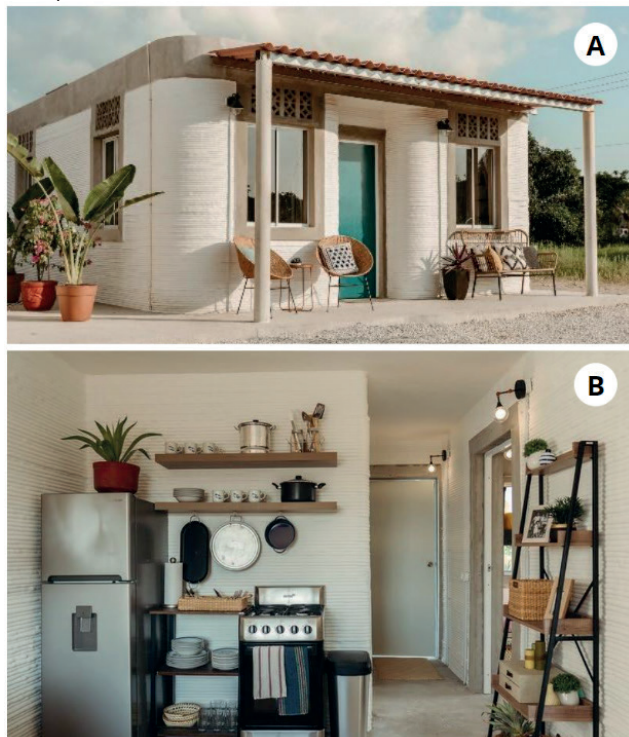


Figura 4: Vista externa (a) e interna (b) da casa.
Fonte: ICON (2023).

Caso 5: ICON - Community First! Village

Com o objetivo de fornecer moradia acessível e permanente para pessoas desabrigadas, a empresa ICON em parceria com a ONG Mobile Loaves & Fishes imprimiu 6 casas (3 de cada vez) para residentes da comunidade Community First! Village em Austin, no Texas, em 2018. Cada casa tem um layout diferente, mas todas têm 37 m², 1 quarto, 1 banheiro, sala integrada com cozinha e varanda e foram construídas inteiramente in loco. As paredes foram impressas com estruturas diagonais internas, criando vazios que melhoram o seu isolamento térmico (Figura 5c). Aberturas nas paredes e no telhado garantem uma boa iluminação e ventilação natural no interior das residências. A acentuada inclinação do telhado amplia o pé direito interno (Figura 5a e b) (ICON, 2023).



Figura 5: Vista externa (a) e interna (b) de uma das casas e impressão da parede (c).
Fonte: ICON (2023).

Caso 6: ICON - Residências East 17th Street

Este empreendimento é composto por 4 casas exclusivas, projetadas em 2021 pela empresa Logan Architecture, e localizado na região Oeste de Austin, nos EUA. As casas têm áreas que variam de 83 m² a 185 m², com opções de 2 e 4 quartos. O primeiro andar destas casas de alta eficiência energética foi impresso em 3D usando o sistema de construção Vulcan da empresa ICON. Todas as casas têm varanda e estacionamento cobertos, layout de conceito aberto, design de interiores sob medida, grandes janelas voltadas para o Norte, escritórios / quartos no segundo pavimento e uma estética minimalista. O segundo

pavimento é feito com estrutura e vedações leves metálicas (Figura 6) (ICON, 2023).



Figura 6: Vista externa (a) e (b) e interna (c) das casas.
Fonte: ICON (2023).

Caso 7: ICON - House Zero

A casa House Zero foi projetada em 2022 pela empresa LakeFlato, conhecida por seus projetos sustentáveis, e está localizada na região Leste de Austin, nos EUA. A casa tem 185 m², 3 quartos, 2 banheiros e 1 suíte. As paredes foram impressas em menos de duas semanas com um material cimentício da ICON, denominado Lavacrete, utilizando o sistema de impressão Vulcan da 3ª geração e receberam um material de isolamento e aço para reforço

estrutural. A casa apresenta um projeto arquitetônico com estética contemporânea e eficiência energética, utilizando princípios biofílicos, com formas orgânicas inspiradas na natureza, que são melhor alcançadas usando a tecnologia de impressão 3D. As paredes curvas possibilitam uma auto estabilidade estruturalmente eficiente, enquanto os cantos arredondados permitem rotas de circulação mais suaves e naturalistas em toda a casa (Figura 7). As portas e janelas foram estrategicamente posicionadas para aproveitar as paisagens que as acompanham; as janelas de face leste iluminam a sala com luz solar suave, porém dinâmica, minimizando a necessidade de iluminação artificial ao longo do dia (ICON, 2023).



Figura 7: Vista externa (a) e interna (b) da casa House Zero.
Fonte: ICON (2023).

Caso 8: ICON - Coleção Genesis no Wolf Ranch

Atualmente a ICON, em parceria com a construtora Lennar, estão construindo a maior comunidade de casas impressas do mundo, composta por 100 unidades, que foram projetadas pelo escritório de arquitetura Bjarke Ingels Group. As casas serão construídas em Georgetown - Austin, nos EUA, na comunidade planejada de Wolf Ranch. Os projetos combinam a estética contemporânea do estilo Ranch do Texas com estratégias de eficiência energética (Figura 8). As paredes estão sendo impressas utilizando

a tecnologia Vulcan da 3ª geração. No total serão oferecidos 8 tipos de plantas e 24 possibilidades de fachada, com áreas variando de 146 m² a 196 m², podendo terem de 3 a 4 quartos e de 2 a 3 banheiros. Todas as casas serão alimentadas com painéis solares e contarão com itens do pacote Connected Home da Lennar, além de virem equipadas com o pacote de segurança de Wolf Ranch. Prevê-se que os preços comecem a partir de 400.000,00 dólares (ICON, 2023).



Figura 8: Vista externa (a) e (b) e interna (c) das casas.
Fonte: ICON (2023).

Caso 9: 3D Printed House

Na Holanda, em Eindhoven, através do projeto Milestone da 3D Printed House, vão ser feitas 5 casas impressas. A primeira delas, de 94 m², foi finalizada em 2021 (Figura 9a e b). O projeto dos arquitetos Houben e Van Mierlo

tem uma estética minimalista, aproveitando a liberdade formal proporcionada pela tecnologia de impressão 3D. Graças ao isolamento extra espesso e uma conexão à rede de aquecimento, a casa é confortável e eficiente energeticamente, com coeficiente de desempenho energético de 0,25. Seu aspecto estético, lembrando uma rocha, foi pensado visando a integração com o contexto. A residência é composta por 1 sala com cozinha integrada, 1 suíte, 1 lavabo e 1 quarto e consiste em 24 elementos de concreto que foram impressos em uma fábrica em Eindhoven (Figura 9c), transportados até o canteiro de obras e colocados sobre uma fundação, sendo instalada in loco a cobertura e esquadrias e aplicados os acabamentos (3D PRINTED HOUSE, 2023).



Figura 9: Vista exterior (a) e interior (b) da casa e (c) parte da parede.
Fonte: 3D PRINTED HOUSE (2023).

Caso 10: Exemplo brasileiro

No Brasil, um grupo de três engenheiros, da empresa 3DHomeConstruction, que atualmente faz parte da 4Constru., com base em Natal - RN, construíram em 2020 a primeira casa impressa em 3D do País, no município de Macaíba - RN. O projeto surgiu no ano de 2017, na Universidade Potiguar, como projeto de graduação e foi realizado em parceria com a empresa InovaHouse3D, com sede em Brasília - DF (MARTINELLI, 2020).

A impressora utilizada tem área de impressão de 3 metros de altura, 7,6 metros de largura, e 12 metros de comprimento, sendo capaz de construir uma moradia de até 200 m². A impressão das paredes da casa durou uma semana corrida, considerando os vãos de portas e janelas (Figura 10a e b). A residência tem 66,81 m² de área, sendo composta por dois quartos, sala de TV, cozinha, um banheiro, área de serviço e garagem e atende aos padrões de Habitação de Interesse Social (HIS). O valor do m² ficou em torno de R\$ 50,00, considerando apenas a fase de impressão, mas pode ser reduzido (MARTINELLI, 2020).



Figura 10: Vista do processo de impressão das paredes da casa (a) e (b).
Fonte: MARTINELLI (2020).

4.2. Análise comparativa dos projetos residenciais

A seguir é feita uma análise comparativa do projeto,

materiais e técnicas construtivas utilizadas nas habitações, referente às categorias de análise estabelecidas, a saber: a) dimensões e forma, b) fundação, c) piso, d) paredes, esquadrias e acabamentos e e) cobertura.

a) Dimensões e forma

Com exceção do caso 1, as primeiras casas impressas no exterior (casos 2 a 5) têm dimensões reduzidas, variando entre 32,5 m² e 46 m² e foram feitas em grande parte em parceria com ONGs, como alternativa de moradia digna e acessível para desabrigados, moradores de rua e pessoas em situação de extrema pobreza. A partir do ano de 2021, com o aprimoramento da tecnologia, observa-se o desenvolvimento de projetos mais ousados, em parceria com escritórios de arquitetura e arquitetos renomados (casos 6 a 9). As dimensões das casas também são maiores, variando entre 83 m² e 196 m² e são projetadas para clientes que buscam uma proposta arquitetônica diferenciada.

De modo geral, observa-se a preferência por plantas mais abertas, com poucas divisórias e ambientes mais fluidos, com uso de formas orgânicas, com cantos arredondados e paredes curvas, que são melhor alcançadas usando a tecnologia de impressão 3D. No geral a cozinha é integrada com a sala e o número de quartos e banheiros varia dependendo da área das casas. Especialmente nas casas de menores dimensões, nota-se que o uso de varanda é muito vantajoso, pois amplia a área coberta, além de proteger as vedações das intempéries.

No caso 6 observa-se a adoção de um segundo pavimento, feito com estrutura e vedações leves metálicas, o que demonstra a possibilidade de leiautes variados, combinando outros materiais com a impressão 3D. A bibliografia consultada aponta o interesse em construir casas com mais de um pavimento utilizando a impressão 3D (3D PRINTED HOUSE, 2023; APIS COR, 2023; WALKER, 2014).

Com exceção do caso 1 e 10, em todos os outros projetos observa-se uma preocupação arquitetônica com a estética das residências e sua eficiência energética, buscando soluções adequadas aos aspectos culturais e ambientais da região em que serão construídas. Isso fica muito evidente nas casas feitas para o México (caso 4), nos projetos da Coleção Genesis (caso 8) e no caso 9.

Com relação ao caso brasileiro (caso 10), a tecnologia de impressão da casa foi sendo desenvolvida e aprimorada ao longo de alguns anos e o resultado foi mais experimental, para avaliar os potenciais da tecnologia da impressora e do material cimentício, do que para algum fim específico. Não se observa uma preocupação formal

e estética, mas sim relacionada com a construtibilidade das paredes da edificação. No entanto, as dimensões e o layout da casa foram pensados para atender aos padrões de HIS, o que evidencia um potencial de aplicação para a demanda habitacional do País. Não foram encontradas imagens da residência finalizada (acabamentos, esquadrias, cobertura etc.), o que dificulta a análise do projeto como um todo.

b) Fundação

Observou-se na bibliografia consultada que a fundação utilizada em todos os casos é do tipo radier, sendo feita antes da impressão das paredes, de modo convencional. O radier é uma fundação superficial, onde uma espécie de laje em contato direto com a superfície do solo de toda área da edificação, recebe e descarrega de forma uniforme todos os esforços da superestrutura para o solo.

c) Piso

Os materiais aplicados no piso das residências variam de caso para caso, sendo identificado o uso da madeira laminada, piso vinílico, piso de concreto sem acabamento, entre outros. O que se observa é que não existe uma limitação quanto ao tipo de piso, podendo ser aplicado qualquer material utilizado em construções convencionais. No geral, nota-se a preferência por cores claras e neutras, especialmente o cinza, dando mais amplitude e fluidez aos ambientes internos.

d) Paredes, esquadrias e acabamentos

Nas residências analisadas observam-se duas situações distintas. Nos casos 1 e 9 os elementos que compõem as paredes das casas foram pré-fabricados (impressos) em uma fábrica e transportados para o canteiro de obras para serem montados. Já nos casos 2 a 8 e no caso 10 as paredes foram impressas in loco, usando impressoras tipo pórtico ou que funciona por rotação (caso 2), sendo montadas estruturas para proteger as impressoras durante a execução das paredes, com exceção do caso 10, que relatou dificuldades com as intempéries. Nas duas situações a instalação das janelas e portas, a execução da cobertura e os acabamentos e instalações foram feitos depois das paredes serem finalizadas. Nos projetos analisados observa-se uma grande diversidade de soluções de esquadrias, com diferentes materiais, cores e formatos, além de aberturas bastante amplas na maioria dos casos, o que

evidencia flexibilidade na escolha das soluções de portas e janelas.

Na maioria dos casos, as camadas resultantes da impressão ficaram aparentes, sem nenhum tipo de acabamento que deixe as superfícies externas lisas, o que demonstra a resistência do material às intempéries e uma vontade estética de deixar visível a solução tecnológica utilizada.

Em todos os casos as camadas das paredes não são monolíticas, sendo reforçadas diagonalmente. Deste modo, ficam com vazios internos, o que melhora seu isolamento térmico e desempenho estrutural. Em alguns casos foi aplicado nesses vazios um material isolante e aço ou fibra de vidro para reforço estrutural.

e) Cobertura

Com exceção do caso brasileiro (caso 10), do qual não se obteve imagens da residência finalizada, nos outros casos analisados identificou-se a adoção de diferentes soluções de cobertura, desde o uso de telhado com 2 águas (casos 1, 5 e 6), coberturas planas tipo laje impermeabilizada com uma pequena platibanda (casos 2, 4 e 9), telhado com uma água (caso 3), coberturas planas com estrutura mais complexa (caso 7), telhados com várias águas (caso 8). Observa-se que a adoção do tipo de cobertura é bastante variada e está muito relacionada com a estética e estilo das casas, sendo utilizados diferentes materiais e cores para sua execução, como estrutura e revestimentos metálicos e de madeira, telhas, vidro etc. Deste modo, o que se nota é que existe muita liberdade para o projeto e execução da cobertura de casas feitas com impressão 3D, possibilitando ao projetista explorar diversas composições, conforme o conceito adotado no projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram analisados projetos residenciais cuja construção foi feita utilizando a tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios, visando destacar os aspectos mais relevantes das residências com relação às dimensões e forma; fundação; piso; paredes, esquadrias e acabamentos; e cobertura.

A aplicação dessa tecnologia em projetos residenciais é recente, com as primeiras casas sendo impressas em 2014. Observou-se que inicialmente os projetos desenvolvidos visavam principalmente explorar novas soluções habitacionais globais, avaliar a aplicabilidade da impressão 3D na construção civil, divulgar e aprimorar a

tecnologia. O caso brasileiro é um exemplo disso. Após isso, no exterior, a impressão 3D foi utilizada principalmente em soluções emergenciais de interesse social, com projetos de metragem quadrada reduzida e economicamente viáveis. Atualmente se observa uma preocupação com a sustentabilidade e a eficiência energética e projetos arquitetônicos de maior porte e mais ambiciosos esteticamente, desenvolvidos em parceria com escritórios renomados. Esses projetos visam destacar as possibilidades arquitetônicas viabilizadas pela construção aditiva e desenvolver novas linguagens de projeto, com o objetivo de mudar o paradigma da construção de casas. Isso só é possível graças ao crescente investimento que tem sido feito na tecnologia de impressão 3D com materiais cimentícios e ao acelerado desenvolvimento da tecnologia, que têm proporcionado soluções mais ousadas, como a impressão de comunidades inteiras, a exemplo da Coleção Genesis no Wolf Ranch, EUA.

Por fim, pode-se concluir que a tecnologia de impressão 3D aplicada a projetos residenciais é promissora e pode trazer inúmeros benefícios, como agilidade construtiva, redução de custos e desperdícios, menor impacto ambiental, maior eficiência energética, dentre outros. Além disso, possibilita diversas composições formais, com a exploração de formas orgânicas e princípios biofílicos, o uso de fundações mais simples e econômicas e a associação com outros materiais e sistemas construtivos, gerando soluções projetuais que podem se adequar aos aspectos culturais, econômicos e ambientais de cada contexto. Deste modo, vai ao encontro de um importante conceito de sustentabilidade: soluções globais considerando as condições locais.

REFERÊNCIAS

ASTM 52900: Standard terminology for additive manufacturing - **General principles**. Part 1: Terminology. West Conshohocken: p. 2015.

3D PRINTED HOUSE. **Project Milestone**. 2023. Disponível em: <https://www.3dprintedhouse.nl>. Acesso em: 17 fev. 2023.

APIS COR. 2023. Disponível em: <https://apis-cor.com/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Rio de Janeiro: Edições 70, 1991.

BUSWELL, R. A. et al. 3D printing using concrete extrusion: A roadmap for research. **Cement and Concrete Research**, v. 112, p. 37–49, 2018.

CBIC. **Informativo econômico**. 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/03/informativo-economico-04-marcio-2021-deficit-habitacional.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

CRAVEIRO, F. et al. A strategy to locally optimize the material composition of AM construction elements. In: 2016, **Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing**. p. 188–193.

D-SHAPE. **Company – History**. 2023. Disponível em: <https://dshape.wordpress.com/company/company-history/>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GARFIELD, L. **A startup invented this \$10,000 house that can be built in one day**. 2017. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/house-built-one-day-apis-cor-2017-3>. Acesso em: 17 fev. 2023.

GHAFFAR, S. H.; CORKER, J.; FAN, M. Additive manufacturing technology and its implementation in construction as an eco-innovative solution. **Automation in Construction**, v. 93, p. 1–11, 2018.

HAGER, I.; GOLONKA, A.; PUTANOWICZ, R. 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? **Procedia Engineering**, v. 151, p. 292–299, 2016.

ICON. **Our Projects**. 2023. Disponível em: <https://www.iconbuild.com/projects>. Acesso em: 17 fev. 2023.

KHAN, M. S.; SANCHEZ, F.; ZHOU, H. 3-D printing of concrete: Beyond horizons. **Cement and Concrete Research**, v. 133, 2020.

KHOSHNEVIS, B. Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies. **Automation in Construction**, v. 13, n. 1, p. 5–19, 2004.

KHOSHNEVIS, B.; DUTTON, R. Innovative Rapid Prototyping Process Makes Large Sized, Smooth Surfaced Complex Shapes in a Wide Variety of Materials. **Materials Technology**, v. 13, n. 2, p. 53–56, 1998.

LIM, S. et al. Developments in construction-scale additive manufacturing processes. **Automation in Construction**, v. 21, p. 262–268, 2012.

MARIJNISSEN, M. P. A. M.; VAN DER ZEE, A. 3D Concrete Printing in Architecture - A research on the potential benefits of 3D Concrete Printing in Architecture. In: 2017, **Proceedings of the 35th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe**. p. 299–308.

MARTINELLI, J. **Brasil constrói sua primeira casa modelo impressa em 3D!** 2020. Disponível em: <https://www.inovahouse3d.com.br/post/brasil-constr%C3%B3i-sua-primeira-casa-modelo-impressa-em-3d>. Acesso em: 26 abr. 2023.

PATRICIO-KARNOPP, Z. M. **O processo ético e estético de pesquisar: um movimento qualitativo transformando conhecimentos e a qualidade da vida individual-coletiva**. Florianópolis: Núcleo de Estudos das Águas/UFSC/CNPq, 2004.

PEGNA, J. Exploratory investigation of solid freeform construction. **Automation in Construction**, v. 5, n. 5, p. 427–437, 1997.

PRENTICE, S. **The five SMART technologies to Watch**. 2014. Disponível em: <https://www.gartner.com/doc/2669320?ref=unauthreader>. Acesso em: 17 fev. 2023.

SILVA, G. C. et al. Estudo sobre o uso da impressão 3D na construção civil. In: **VI Semana da engenharia do maranhão**. UFMA, 2018.

WALKER, C. **Empresa chinesa produz 10 casas em 24 horas através de impressão 3D**. 2014. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/601266/empresa-chinesa-produz-10-casas-em-24-horas-atraves-de-impressao-3d>. Acesso em: 17 fev. 2023.

YIN, R. K. **Case Study Research: Design and Methods**. 5. ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a bolsa de pós-doutorado concedida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (168166/2022-4) em parceria com a Fundação Araucária a um dos autores desta pesquisa.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARBONARI, Luana Toralles; TORALLES, Berenice Martins; SILVA, Lívia Fernanda; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. Impressão 3d com materiais cimentícios: uma análise comparativa de projetos residenciais. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 27-39, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.27-39>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

LTS: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição.

BMT: Conceituação, aquisição de financiamento, metodologia, administração de projetos, supervisão, visualização, escrita - revisão e edição.

LFS: Conceituação, metodologia, visualização, escrita - revisão e edição.

LIL: Conceituação, metodologia, visualização, escrita - revisão e edição.

TGFG: Conceituação, aquisição de financiamento, metodologia, administração de projetos, supervisão, visualização, escrita - revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PARQUES E PRAÇAS EM UMA CIDADE BRASILEIRA DE MÉDIO PORTE

ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF PARKS AND SQUARES IN A MEDIUM-SIZED BRAZILIAN CITY

EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PARQUES Y PLAZAS EN UNA CIUDAD BRASILEÑA DE TAMAÑO MEDIANO

WILLIAN MAGALHÃES DE LOURENÇO, ME. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

GABRIELA MELLER, ME. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI, DRA. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

RESUMO

Para proporcionar acesso universal a áreas verdes para todos os habitantes e promover o desenvolvimento sustentável do ambiente urbano, é necessário implementar medidas para criar, preservar e expandir esses espaços. Uma das metas estabelecidas pelas Nações Unidas é de alcançar cidades e comunidades mais sustentáveis até 2030. Isso requer uma distribuição igualitária dessas áreas dentro da malha urbana para garantir o acesso igualitário a todas as pessoas. Este artigo tem como objetivo avaliar a distribuição de parques e praças em uma cidade brasileira de médio porte. A análise foi realizada por meio da localização das áreas oficialmente designadas como praças e parques pela administração municipal e da avaliação das condições em que esses espaços se encontram, determinando se são adequados para o uso e o desfrute público. Como resultado, foi identificada a disparidade na distribuição desses espaços na região, bem como a diversidade nas atrações e na manutenção de cada um deles. Ratificou-se, também, a necessidade de maior atenção para garantir o uso efetivo desses espaços urbanos pela população.

PALAVRAS-CHAVE

Planejamento urbano; Cidades sustentáveis; Áreas verdes; Percepção do usuário.

ABSTRACT

To provide universal access to green areas for all inhabitants and promote sustainable development of the urban environment, it is necessary to implement measures to create, preserve, and expand these spaces. One of the goals set by the United Nations is to achieve more sustainable cities and communities by 2030. This requires an equal distribution of these areas within the urban mesh to ensure equal access for all people. This paper aims to evaluate the distribution of parks and squares in a medium-sized Brazilian city. The analysis was performed by locating the areas officially designated as squares and parks by the municipal administration and evaluating the conditions in which these spaces are found, determining whether they are suitable for public use and enjoyment. As a result, the disparity in the distribution of these spaces within the region and the diversity in the attractions and maintenance of each were identified. It also ratified the need for greater attention to ensure the population's effective use of these urban spaces.

KEYWORDS

Sustainable Development Goals; Sustainable cities; Green spaces; Users' perception.



RESUMEN

Para brindar acceso universal a las áreas verdes a todos los habitantes y promover el desarrollo sostenible del entorno urbano, es necesario implementar medidas para crear, preservar y ampliar estos espacios. Uno de los objetivos establecidos por las Naciones Unidas es lograr ciudades y comunidades más sostenibles para 2030. Esto requiere una distribución equitativa de estas áreas dentro del tejido urbano para garantizar el acceso igualitario de todas las personas. Este artículo tiene como objetivo evaluar la distribución de parques y plazas en una ciudad brasileña de tamaño medio. El análisis se realizó ubicando las áreas oficialmente designadas como plazas y parques por la administración municipal y evaluando las condiciones en que se encuentran estos espacios, determinando si son aptos para el uso y disfrute público. Como resultado se identificó la disparidad en la distribución de estos espacios en la región, así como la diversidad en los atractivos y mantenimiento de cada uno de ellos. También ratificó la necesidad de una mayor atención para garantizar el uso efectivo de estos espacios urbanos por parte de la población.

PALABRAS CLAVE

Planificación urbana; ciudades sostenibles; Áreas verdes; percepción del usuario

1. INTRODUÇÃO

A fim de se planejar cidades e comunidades mais sustentáveis, é necessário que se tenha uma disponibilização igualitária de espaços públicos, principalmente, de áreas verdes que sejam seguras e acessíveis a todos. Ademais, dentre os dezessete objetivos do desenvolvimento sustentável da ONU para o milênio está a meta de atingir cidades e comunidades mais sustentáveis até 2030 (ONU, 2023).

Dessa forma, denota-se que áreas verdes são espaços naturais ou projetados que possuem vegetação, como parques, jardins e praças arborizadas (SAKATA, 2018; KLIASS; MAGNOLLI, 2006). Essas áreas desempenham um papel fundamental na qualidade de vida urbana, fornecendo benefícios ambientais, sociais e estéticos. A análise dessas áreas considera sua localização, extensão, biodiversidade, acessibilidade e condições de conservação, visando promover seu uso adequado e equitativo pela comunidade (GEHL, 2013). Os resultados podem revelar a distribuição desigual das áreas verdes, destacar a importância de investimentos na criação e manutenção desses espaços e subsidiar a tomada de decisões para promover um ambiente urbano mais sustentável e saudável.

Para aprimorar o acesso igualitário da população às áreas verdes urbanas, o diagnóstico de como é o estado atual é importante, pois, diante disso, o poder público pode tecer políticas que mantenham, fortaleçam e corrijam possíveis desigualdades territoriais na distribuição e qualidade desses espaços. Assim, à medida que a compreensão social dessas questões aumenta, torna-se mais simples utilizar ferramentas para melhorar o desempenho, os espaços públicos e a qualidade de vida das pessoas que residem nesses meios (GEHL, 2013)

Os benefícios das áreas verdes urbanas são inegáveis. A manutenção de ecossistemas e biodiversidade urbanos depende de áreas verdes mais ou menos urbanizadas, incluindo parques e praças, as quais influenciam o clima urbano (GAUDERETO et al., 2018). A qualidade de vida da população é afetada pela ausência de espaços vegetados que colaboram para a purificação do ar, arrefecimento de altas temperaturas, redução de ruídos, fornecem espaço para a prática de atividades físicas, além de, por si só, contribuir para o relaxamento das tensões impostas pela vida cotidiana (BARRETO et al., 2018). Todos esses fatores fazem com que as áreas verdes, em especial, as praças e parques, desempenhem um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável. Portanto, deve estar, na agenda dos governos, o monitoramento e o diagnóstico

dessas áreas a fim de garantir esse direito fundamental da população (BRASIL, 2001).

Os usuários de áreas verdes percebem as vantagens que as áreas verdes trazem para sua qualidade de vida, local usado para encontros, relaxamento e práticas esportivas (DORNELES et al., 2020). No entanto, estudos têm indicado a insuficiência desses espaços para atender a população, principalmente em cidades maiores, onde, muitas vezes, para acessar uma praça ou um parque, o usuário percorre grandes deslocamentos, dependendo até mesmo de transporte veicular para tal (MENESES et al., 2020; GOMES; QUEIROZ, 2017; BARROS et al., 2015; SOUZA; SCOPEL; MARTINS, 2014).

Além disso, tanto as pessoas quanto suas atividades são componentes móveis do espaço público, sendo igualmente essenciais, assim como as suas partes físicas e imóveis, que estão imbuídas de memórias e significados (LYNCH, 1960). Por conseguinte, esses espaços urbanos devem estar igualmente distribuídos dentro de centro urbano para possibilitar que todas as pessoas utilizem esses espaços para atividades de convivência, lazer, esportes, recreação, atividades comerciais, entre outros. Logo, o planejamento urbano tem papel fundamental no fortalecimento desse objetivo, quando é este que determina o número, o tamanho e a posição de áreas verdes, como praças e parques, nas cidades (ALMEIDA, 2018; BENTO et al., 2018).

Considerando-se a importância da distribuição igualitária, no território das cidades, de praças e parques, este artigo tem por objetivo apresentar um diagnóstico para a região oeste da cidade de Santa Maria, situada no interior do Rio Grande do Sul (RS), município com cerca de 285 mil habitantes, com economia principalmente baseada no comércio e serviços. Esta região foi escolhida por se tratar, dentre as demais regiões do município, aquela cuja população possui menor renda per capita, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017). Ao compilar todas essas informações, busca-se auxiliar o poder público no planejamento de novas praças e parques e na aplicação de recursos para recuperação daquelas que não desempenham sua plena função, buscando atender essa área carente de infraestrutura.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos utilizados no estudo seguiram as etapas: (I) pesquisa e levantamento de dados disponíveis em órgãos públicos, IBGE e junto ao Instituto de Planejamento de Santa Maria (IPLAN); (II) análise da

infraestrutura disponível de praças e parques por meio da ferramenta Street View da plataforma Google Maps e por observação direta; e (III) aplicação, por meio da plataforma Google Forms (de formato online), em uma amostra representada por 3 moradores de três bairros da região sobre sua percepção quanto à disponibilidade e adequabilidade de espaços públicos de lazer próximos ao seu local de moradia..

2.1. Objeto de estudo

A cidade de Santa Maria localiza-se na região central do RS e, de acordo com o IBGE, sua população estimada é de 285.159 habitantes (2021). Santa Maria é a 5ª cidade mais populosa do estado (IBGE, 2017). Sua área territorial é de 1.780,194 km² e a densidade demográfica, em 2010, era de 145,98 hab/km². O município possui 41 bairros, nas suas 8 regiões urbanas administrativas, como indicado na Figura 1.

O Quadro 1 apresenta os dados de área e população das regiões administrativas (RA), dos bairros (B), as porcentagens em relação a cidade de Santa Maria/RS, e o índice de m² por habitante de área verde em cada bairro. Os bairros mais populosos são: Camobi (zona leste), Centro (centro urbano), Juscelino Kubitschek, Nova Santa Marta, Pinheiro Machado e Tancredo Neves (zona oeste). As características de desenvolvimento do município, decorência da topografia e ocupação militar inicial, levaram a uma forma linear no sentido leste e oeste, com maior densidade construída e populacional nos bairros do Centro Urbano (PIPI et al., 2011).

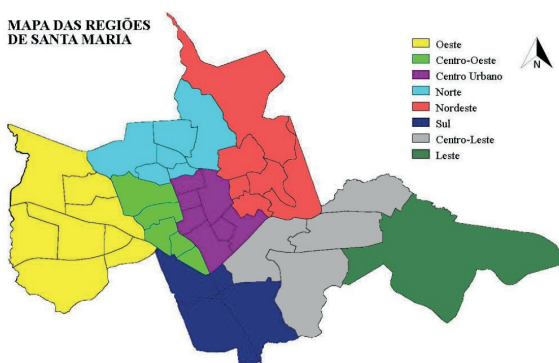


Figura 1: Mapa da divisão da área urbana de Santa Maria, RS.
Fonte: elaborado pelos autores com base em mapa disponível em IPLAN (2023).

Para este estudo foi dado ênfase para a RA oeste. Esse recorte se deu em virtude de apresentar maior área (20,11%), os bairros com menor renda média por habitante e, também, por conter 22,20% da população da cidade, sendo uma das regiões mais populosas e com maior

maior número de bairros.

2.2. A região oeste de Santa Maria/RS

A região oeste da cidade de Santa Maria é conformada pelos bairros: Agroindustrial, Santa Marta, Juscelino Kubitschek, Renascença, Boi Morto, Tancredo Neves, Pinheiro Machado e São João (8 bairros). O Quadro 1 apresenta os dados de área e população da região administrativa (RA), dos bairros (B), as porcentagens em relação a cidade de Santa Maria, e o índice de área verde por habitante em cada bairro. Os dados foram compilados de IBGE (2017), PMSM (SANTA MARIA, 2020) e IPLAN (2023).

Os levantamentos in loco, realizados em 15 praças da região oeste, abrangeram dados referentes a acessibilidade, iluminação, segurança, aberta sem cerca e fechada com cerca, passeio público no entorno, arborização, bancos, bebedouro, parquinho, academia ao ar livre, quadras e campos esportivos, pista de caminhada, pista de skate, banheiros e lixeiras. Alguns dados foram obtidos da base cartográfica da Prefeitura Municipal de Santa Maria, como imagens territoriais dos bairros e parques do município e também registros fotográficos.

| RA | Área RA (km ²) | População RA (hab.) | Bairro (B) | Área B (km ²) | População (hab.) | Área/hab. B (m ² /hab) |
|---------------|----------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Oeste | 25,82 (20,11%) | 54.683 (22,20%) | Agroindustrial | 6,3266 | 224 | 0 |
| | | | Nova Santa Marta | 2,0714 | 12.722 | 0,09 |
| | | | Juscelino Kubitschek | 2,5066 | 13.730 | 19,46 |
| | | | São João | 0,8611 | 1.706 | 0 |
| | | | Renascença | 1,3883 | 1.791 | 0 |
| | | | Tancredo Neves | 3,3865 | 11.456 | 2,35 |
| | | | Pinheiro Machado | 3,5728 | 10.493 | 0 |
| | | | Boi Morto | 5,7093 | 2.561 | 0,08 |
| Norte | 12,57 (9,79%) | 27.805 (11,28%) | Caturrita | 3,8756 | 3.211 | 0 |
| | | | Divina Providência | 0,8536 | 1.347 | 0 |
| | | | Chácara das Flores | 1,9194 | 3.939 | 0 |
| | | | Salgado Filho | 0,7516 | 9.801 | 0,46 |
| | | | Carolina | 0,4821 | 3.356 | 0 |
| | | | Nª Srª Perpétuo Socorro | 4,69 | 6.151 | 254,01 |
| | | | Passo d'Areia | 2,678 | 6.995 | 1,86 |
| | | | Noal | 1,3349 | 7.582 | 0,19 |
| Centro-Oeste | 6,42 (5%) | 22.299 (9,05%) | Patronato | 1,1036 | 2.575 | 3,00 |
| | | | Duque de Caxias | 0,6062 | 3.339 | 1,40 |
| | | | Uglione | 0,6978 | 1.808 | 0 |
| | | | Urândia | 2,7829 | 8.967 | 0,15 |
| | | | Dom Antônio Reis | 0,63 | 1.984 | 3,63 |
| | | | Lorenzi | 4,7421 | 5.621 | 0 |
| | | | Tomazetti | 5,09 | 2.039 | 0 |
| | | | Centro | 1,95 | 17.847 | 3,21 |
| Centro Urbano | 8,14 (6,34%) | 59.800 (24,28%) | Nª Srª do Rosário | 0,8455 | 6.769 | 0,08 |
| | | | Bonfim | 0,5816 | 7.157 | 0,66 |
| | | | Nª Srª de Fátima | 0,8444 | 8.836 | 0,80 |
| | | | Nª Srª Medianeira | 1,875 | 9.03 | 9,46 |
| | | | Nonoal | 0,6 | 4.168 | 18,47 |
| | | | Nª Srª de Lourdes | 1,47 | 5.993 | 0,67 |
| | | | Campestre do Menino Deus | 10,64 | 2.967 | 0 |
| | | | Itararé | 2,31 | 7.300 | 0,38 |
| Nordeste | 19,87 (15,47%) | 29.089 (11,81%) | Kim Três | 3,49 | 2.504 | 0 |
| | | | Menino Jesus | 0,59 | 5.410 | 1,26 |
| | | | Nª Srª das Dores | 1,09 | 4.656 | 0,64 |
| | | | Presidente João Goulart | 1,75 | 6.252 | 0 |
| | | | Cerrito | 4,74 | 1.127 | 0 |
| | | | D. João Luiz Pozzobon | 7,9 | 3.152 | 1,48 |
| | | | Pé-de-Plátano | 3,8 | 2.200 | 0 |
| | | | São Jose | 4,59 | 5.697 | 5,42 |
| Centro-Leste | 21,03 (10,37%) | 12.176 (4,94%) | Camobi | 21,31 | 21.822 | 250,67 |
| | | | | | | |

Quadro 1: Informações da cidade de Santa Maria/RS e o índice de área verde por habitante (m²/hab).
Fonte: (IPLAN, 2023; IBGE, 2017; PMSM, 2020).

2.3. Percepção dos habitantes

Para compreender melhor o espaço e sua população, foi

aplicado um questionário como um estudo piloto, com moradores de três bairros da região oeste de Santa Maria, a fim de perceber as suas percepções das praças e parques que compõe essa região. Por meio da plataforma Google Forms foram levantados dados sobre: dados demográficos (gênero, idade, escolaridade, etc.); a quanto tempo reside no bairro; se há ou não parque ou praça no bairro; se conhece, sabe dar informações a respeito do local; se usa o local; motivação para o uso ou barreira para o não uso; a quem atribui a responsabilidade pelos parques e praças do bairro. Este levantamento, embora não tenha representação estatística, permitiu algumas conclusões a respeito de como a população vê e apropria-se de espaços públicos de lazer na proximidade de suas casas.

3. RESULTADOS

A área urbana de Santa Maria é dividida em 41 bairros, possui 55 praças, 2 parques setoriais e 4 parques de bairro (Figura 2). Em relação aos raios de abrangência desses equipamentos urbanos, as praças são voltadas aos bairros e ao atendimento cotidiano de lazer e recreação, assumindo-se um raio médio de 250 m (distância considerada confortável para uma pessoa se deslocar a pé), devem ser servidas de mobiliário que atenda crianças e idosos, parcela da população com maiores restrições de mobilidade. Já os parques de bairro destinam-se a um lazer com intervalos maiores de fruição, destinados geralmente aos esportes e recreação passiva de jovens e adultos, admitindo-se deslocamentos maiores para atingi-los (1.000m). Os parques setoriais são de uso esporádico e normalmente são atingidos por meio de transporte veicular, possuindo a maior área de abrangência (5.000m) e devem atender toda a população (PIPPi et al., 2011; KLIASS; MAGNOLI, 2006).

Observa-se que os dois parques setoriais abrangem a região leste, com o Campus Sede da UFSM, e norte da cidade, com o Parque Natural Municipal dos Morros. Dos parques de bairro, com exceção do parque Jóquei Clube que fica à oeste, no bairro Juscelino Kubitschek, os outros três ficam na região central. Claramente, pelo mapa, nota-se que o extremo da região oeste e a região sul não são servidos de parques setoriais. Também é possível perceber que as praças e parques de bairro não abrangem todo o território e que estão distribuídos segundo o eixo leste-oeste.

Considerando a região oeste, objeto de estudo deste artigo, a Figura 3 apresenta os bairros que dela fazem parte, que são: Agroindustrial, Boi Morto, Juscelino

Kubitschek, Santa Marta, Pinheiro Machado, Renascença, São João e Tancredo Neves.

Conforme a Figura 3, a região oeste possui 14 praças e um parque de bairro, sendo que estes estão principalmente concentrados nos bairros Tancredo Neves (4 praças) e Juscelino Kubitschek (9 praças). Os bairros Boi Morto e Santa Marta possuem apenas uma praça. Já os bairros Agroindustrial, Pinheiro Machado, São João e Renascença não possuem praças ou parques.

De acordo com Moura e Nascimento (2014), os principais incentivos do crescimento urbano para oeste da cidade, foram as implantações de loteamentos populacionais da Santa Marta, na década de 70, e da Tancredo Neves em 1980, além disso, pela região passa a rodovia BR 287. Isso demonstra que os loteamentos mais jovens não destinaram áreas verdes para a população, gerando uma distribuição extremamente desigual no território. Além disso, as praças são, muitas vezes, apenas terrenos baldios, sem mobiliário ou infraestrutura que permita seu pleno uso pela população. O Quadro 2 apresenta o levantamento da infraestrutura e mobiliário observados nos quinze espaços públicos de lazer da região oeste.

O bairro Tancredo Neves possui área de 3,3865km² e é considerado um dos mais populosos de Santa Maria, com 11.456 habitantes. Mesmo possuindo quatro praças, apenas a Praça Mariazinha Penna apresenta infraestrutura adequada, conforme mostra a Tabela 1.

O bairro Nova Santa Marta, com área de 2,0714km², possui 12.722 habitantes, e apenas uma praça. O bairro Boi Morto, com área de 5,7093km², o menos populoso da zona oeste, possui também apenas. A Praça da Boa Esperança localizada no Bairro Nova Santa Marta e a Praça Catarina Bordin Alassia no Bairro Boi Morto não apresentam nenhuma estrutura para receber a população, apenas a área física disponível.

O Bairro Juscelino Kubitschek possui 13.730 habitantes (IPHAN), área de 2,5066km². Este bairro é contemplado com oito praças e um parque. A Praça Pedro Custódio Barbosa, dentre as outras existentes, é a que proporciona a melhor estrutura para o bairro. Já o Parque do Jockey Clube, com grande potencial, uma vez que é o único da região, encontra-se totalmente abandonado e não oferece nenhuma estrutura de lazer e recreação para a população da região.

Existe uma distribuição desigual das áreas de praças e parques na região, tornado o direito ao lazer ao ar livre extremamente desigual para o contexto estudado. Os bairros não possuem índices de área verde por habitante de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2010),

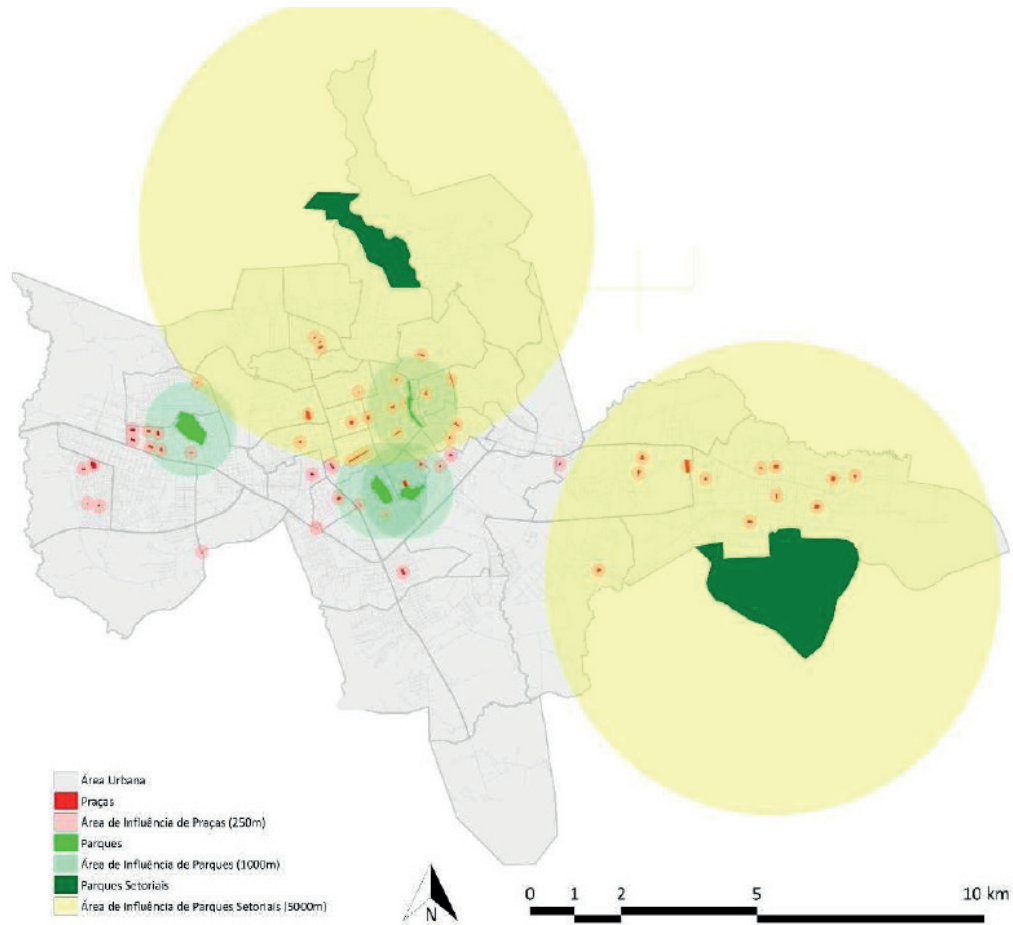


Figura 2: Mapa contendo as praças e parques de Santa Maria com seus raios de abrangência.
Fonte: elaborado pelos autores com base em mapa disponível em IPLAN (2023).

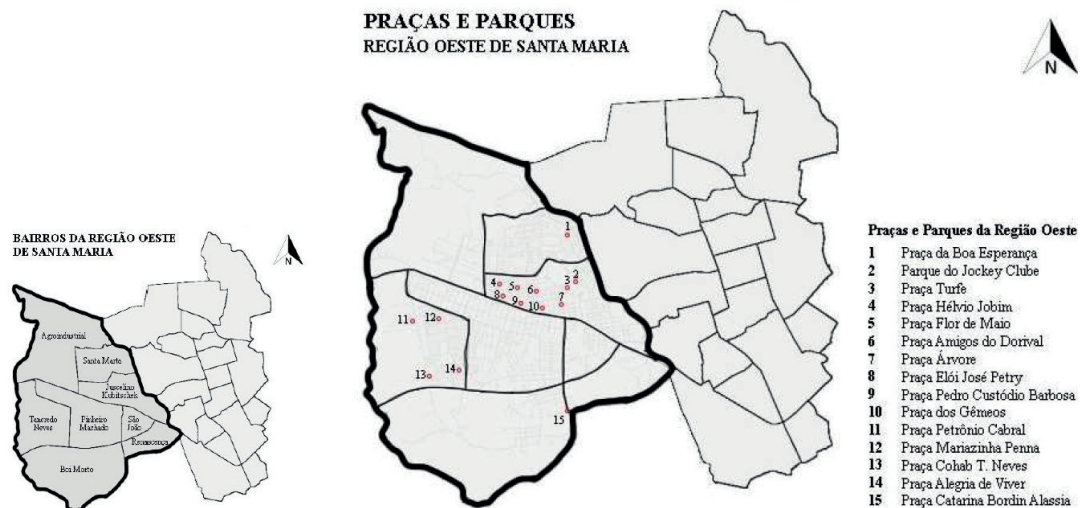


Figura 3: Mapa contendo as praças e parques da região oeste de Santa Maria.
Fonte: Autores (dados) com base em mapa disponível em IPLAN (2023).

que recomenda de 12 m² / habitante a 36 m² / habitante (TROPPMAR, 2012; LOMBARDO, 1985; GEISER, 1975).

Os bairros da região oeste foram analisados de acordo com o índice de área verde disponível por habitante, demonstrados na Figura 4. O índice foi obtido por meio da área das praças/parques dividido pela população

residente no bairro em que a área verde está situada.

Desta forma, é possível perceber que a má distribuição das áreas verdes é uma questão importante nos bairros supracitados, visto que, ainda há bairros que não possuem área verde disponível. Ainda há possibilidade de estudos referentes à desigualdade de renda, visto que

| Praças e parque da região oeste | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Estrutura | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acessibilidade | | | | | | | | | X | | X | X | | | |
| Iluminação | | | | | | | | | | | | | X | X | |
| Segurança | | | | | | | | | | | | | | | X |
| Aberta s/ cerca | X | X | X | X | | X | | X | X | X | X | | | | X |
| Fechada c/ cerca | | | | | | | | | | | | | X | X | |
| Passeio público | | | | | | X | | | | | | X | | | |
| Arborização | | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | |
| Bancos | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Bebedouro | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parquinho | X | | | | | | | X | | X | X | X | | | |
| Academia ao ar livre | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Quadras esportivas | X | | | | | | | | | | X | X | | | |
| Campo esportivo | | | | | | | X | | | | | X | | | |
| Pista caminhada | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Pista skate | | | | | | | | | | | | X | | | |
| Banheiros | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lixeiras | | | | | | X | | | | | X | X | | | |

Quadro 2: Infraestrutura observada nas praças e parques da região este de Santa Maria.

Fonte: Autores. estes bairros são os mais desfavorecidos neste viés, entretanto esta pesquisa não faz tal abordagem.

Analisando os dois bairros (Agroindustrial e Jucelino Kubitscheck) que possuem em torno de 19m²/habitante de área verde, percebe-se que a população do bairro Agroindustrial é a menor população por bairro de Santa Maria. Neste viés, é possível aferir que o a má distribuição também é correlacionada com a localização das áreas verdes, e não somente com a ausência delas. A seguir, no Quadro 3, são apresentadas as condições gerais do parque e das praças analisadas, segundo os bairros.

A partir dos questionários aplicados em três moradores, obteve-se as respostas indicadas no Quadro 4. Todos os respondentes são do sexo feminino e residem nos bairros Agroindustrial, Pinheiro Machado e Tancredo Neves e, desses, apenas o último possui praças, 4 no total. Apesar de haver 4 praças no bairro Tancredo Neves, a moradora não declarou sua existência, indicando a ineficiência do local como espaço público de lazer. Uma das praças do bairro, a Praça Mariazinha Penna, que é localizada na avenida Paulo Lauda, principal avenida do bairro, e que apresenta uma infraestrutura relativamente adequada comparada com as demais, não foi reconhecida pela respondente como um local adequado ao uso.

| Bairro | Área do Bairro | População (hab) | Praças e Parques | Área P. (m ²) | Área verde / hab. (m ² /hab) |
|----------------------|------------------------|-----------------|--|---------------------------|---|
| Agroindustrial | 6.3266 km ² | 224 | Santa Maria Tecnoparque | 4.436,54 | 19,81 |
| Bom Morito | 5.7093 km ² | 2.561 | Praça Celinea Jordani Alarini | 309,07 | 0,08 |
| | | | Parque do Jockey Clube | 239.742,43 | |
| | | | Praça Amigos do Dorival | 4.682,09 | |
| | | | Praça Árvore | 150 | |
| Jucelino Kubitscheck | 2.5066 km ² | 13.730 | Praça Turfe | 369,4 | 19,47 |
| | | | Praça Pedro Custódio Barbosa | 4.434,42 | |
| | | | Praça Dois Gêmeos ou Praça Cohab Santa Marta | 3.597,05 | |
| | | | Praça Flor de Maio | 4.092,86 | |
| | | | Praça Elói José Petry | 4.866,97 | |
| | | | Praça Hélio Jobim | 5.335,20 | |
| | | | | 267.264,12 | |
| Nova Santa Marta | 2.0714 km ² | 12.722 | Praça da Boa Esperança | 1.100,36 | 0,09 |
| Pinheiro Machado | 3.5728 km ² | 10.843 | | | 0 |
| Renascença | 1.3383 km ² | 1.791 | | | 0 |
| São João | 0.8611 km ² | 1.706 | | | 0 |
| | | | Praça Mariazinha Penna | 12.201,08 | |
| Tancredo Neves | 3.3865 km ² | 11.456 | Praça Petrólio Cabral | 2.874,47 | 2,35 |
| | | | Praça Cohab T. Neves | 184,63 | |
| | | | Praça Alegria de Viver | 1.015,94 | |
| | | | Complexo esportivo Oreo | 10.660,05 | |
| | | | | 26.946,47 | |

Figura 3: Índices de área verde por habitante em cada bairro.

Fonte: Autores.

Observa-se que as respondentes costumam buscar o lazer ao ar livre em locais distantes de sua moradia, entre 5 a 10 quadras, o que corresponderia aproximadamente entre 500 m e 1 km. O motivo indicado pela não utilização

Praças e parque da região oeste por bairro

Bairro Nova Santa Marta
 Praça da Boa Esperança: surgiu através do projeto dos alunos e professores da escola Marista Santa Marta.



Bairro Jucelino Kubitscheck
 Parque do Jockey Clube: passou por reforma em 2012, mas atualmente encontra-se abandonado. Pórticos destruídos, quadras de esportes depredadas, muito lixo, sem iluminação, bancos e demais mobiliários. Não possui segurança pública.



Praça Turfe: delimitada pela Rua das Macieiras, Rua das Pereiras e Avenida das Laranjeiras, atualmente encontra-se abandonado, muito lixo, sem iluminação, bancos e demais mobiliários. Não possui segurança pública.



Bairro Jucelino Kubitscheck
 Praça Hélio Jobim: delimitada pela Rua U, Rua Ciro de La Veja, Rua Teofilo Pacheco de Campos e Rua Lara Martins Coelho, atualmente encontra-se abandonado, muito lixo, sem iluminação, bancos e demais mobiliários. Não possui segurança pública.



Praça Flor de Maio: possui somente



Praça Amigos do Dorival: possui gramado e arborização, entretanto possui poucas lixeiras e segurança; possui boa iluminação, bancos, bebedouros, com passeio público no entorno.



Praça da Árvore: não possui nenhuma estrutura, apenas um espaço verde.



Praça Elói José Petry: possui arborização, mas sem infraestrutura.



Praça Pedro Custódio Barbosa: possui uma área arborizada, porém pouca infraestrutura; não possui bancos, bebedouro, segurança e iluminação, apenas um parquinho em condições precárias.



Praça dos Gêmeos: com arborização, porém sem bancos, mobiliário, bebedouro.



Bairro Tancredo Neves
 Praça Petrólio Cabral: possui arborização, porém sem bancos, iluminação precária, quadras esportivas sem manutenção, parquinho mal conservado.



Praça Mariazinha Penna: praça demarcada com uma cerca e com 3 acessos, pista de caminhada, arborização, pista de skate, 3 bancos, academia ao ar livre, sem iluminação, quadras esportivas.



Praça Cohab Tancredo Neves: possui parquinho sem manutenção, sem bancos, bebedouro e iluminação.



Quadro 3: Análise das condições gerais observadas nas praças e parques da região este de Santa Maria (continua).

Fonte: Autores.

dos espaços públicos de lazer disponíveis é a falta de manutenção ou abandono dessas áreas.

Em relação ao que gostam em espaços públicos de lazer, as respondentes escolheram opções relacionadas à infraestrutura, tais como quadras esportivas e bancos, e ao bem-estar, como ver pessoas e ouvir o canto dos pássaros, canteiro de flores, lugares ensolarados. Essas escolhas apontam para o papel de corredores ecológicos que esses espaços desempenham nas cidades, onde a presença de animais silvestres pode ser um atrativo para seu uso. Foi consenso entre as três respostas que o que mais agrada nas praças são as árvores e pracinha para crianças, e em ao menos duas respostas se percebe a preferência das pessoas por espaços de interação e atividades, visto que também marcaram as opções de pista para skate e quadras poliesportivas.

Quanto a porque não frequentam as praças e parques da região, foi unânime a resposta de que esses espaços são mal cuidados. Sobre quais modificações implantariam para melhorar essas áreas, apontaram a vegetação, como a arborização e as flores, mais bancos, melhoria nas calçadas, maior segurança e maior número de lixeiras, ou seja, elementos básicos devem estar presente nesses espaços. Sobre as vantagens de praças e parques, responderam que um espaço bem cuidado pode trazer mais segurança, pois haveria maior presença de pessoas, e, também, que o contato com a natureza proporciona mais saúde e tranquilidade. Nenhuma das respostas apontou desvantagens associadas a esses espaços.

Observa-se também que, quanto à responsabilidade pela manutenção desses locais, as respondentes apontaram que é de todos, ou seja, denota uma tendência a reconhecer o espaço público como verdadeiramente um bem público, situação considerada positiva para a valorização desses lugares. Os resultados ratificam a constante busca desses espaços de lazer e contato com a natureza pelo homem. Assim, foi identificado que as pessoas não

utilizavam esses espaços em virtude da distância ou segurança, porém todos demonstraram interesse em frequentar esses locais caso esses itens fossem melhorados. Assim, as respostas evidenciaram que as pessoas reconhecem o valor de um espaço adequado para a recreação e valorizam a natureza que as praças e parques podem trazer para o meio urbano. Percebe-se também que sentem falta de um espaço de convívio para atividades de lazer.

Essa situação também pode ser observada no trabalho de Lautert (2020) que realizou uma análise paisagística dos parques de bairro de Santa Maria/RS. Foi observado que os parques de bairro sofrem com o descaso, falta de manutenção e planejamento. Assim, esses locais necessitam de recomendações de planejamento e requalificação projetual dos mesmos.

| | Agroindustrial | Pinheiro Machado | Tancredo Neves |
|---|---|---|--|
| Gênero | Feminino | Feminino | Feminino |
| Idade | 45-59 anos | 30-44 anos | 45-59 anos |
| Estado civil | Casada | Casada | Solteira |
| Escolaridade | Ens. Sup. Completo | Ens. Sup. Completo | Ens. Médio Completo |
| Renda familiar | + de 5 salários min. | De 2 a 3 salários min. | De 4 a 5 salários min. |
| Quanto tempo mora no bairro | 11-20 anos | 1-5 anos | + 21 anos |
| Tipo de moradia | Trabalho | Casa | Casa |
| Como mora | Em apto com família | Em casa com família | Em casa com família |
| Mora em condomínio | Sim | Não | Não |
| No condomínio, tem praça | - | - | - |
| Se sim, costuma usar | - | - | - |
| No bairro há parque ou praça | Não | Não | Não |
| Se sim, sabe o nome | - | - | - |
| Se sim, fica perto de onde mora | - | - | - |
| Quantas quadras fica praça ou parque mais próximo | + de 10 quadras | Entre 5 a 10 quadras | Entre 5 a 10 quadras |
| Qual frequência costuma ir a praças e parques da reg. oeste | Nunca vou lá | Nunca vou lá | Nunca vou lá |
| O que mais gosta nessas praças e parques | Canteiros com flores Bancos na sombra Caminhos ensolarados Chafariz ou tanque com água Árvores Gramados Pracinha para as crianças Quadra poliesportiva Pista de skate Canto dos pássaros Posso ver pessoas | Árvores Pracinha para as crianças Quadra poliesportiva Canto dos pássaros | Canteiros com flores Bancos na sombra Caminhos ensolarados Árvores Pracinha para as crianças Pista de skate Posso encontrar meus amigos |
| Se não frequenta, por quais motivos | E mal cuidado | Eu não me sinto seguro para ir até lá (tenho medo de assalto) Não tem flores É mal cuidado | Não tem nada lá, é um lugar abandonado É mal cuidado |
| Quais modificações poderiam ser implantadas | Outro: mais tudo | Mais vegetação Mais bancos Melhoria nas calçadas Maior segurança Maior número de lixeiras | Mais vegetação Mais bancos Melhoria nas calçadas Maior segurança Maior número de lixeiras |
| Classificação quanto as praças e parques oeste | Poucas praças/parques | Nenhuma praça/parque | Poucas praças/parques |
| Praças e parques trazem vantagem | Sim | Sim | Sim |
| Se sim, quais | Socialização | Melhor qualidade de vida para as pessoas. Ter contato com a natureza, traz mais tranquilidade e saúde. | Se cada bairro tivesse uma praça, parque bem cuidado, com opções para caminhada, passeio, levar as crianças, o local seria mais seguro, porque se as pessoas se apropriam do local, ele fica seguro. |
| Praças e parques trazem desvantagem | Não | Não | Não |
| Se sim, quais | - | - | - |
| A quem atribui responsabilidade de manutenção das praças e parques | Prefeitura | De todos | De todos |
| A quem atribui responsabilidade de conservação das praças e parques | De todos | De todos | De todos |

Quadro 4: Respostas dos questionários aplicados nos bairros Agroindustrial, Pinheiro Machado e Tancredo Neves (continuação).

Fonte: Autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo deteve-se a uma área específica da cidade de Santa Maria, RS, a região administrativa Oeste, buscando-se analisar as distribuições dos espaços públicos de lazer na região e suas condições de uso. Frente ao recorte estudado, é possível concluir que a má distribuição das áreas de praças e parques na região, tornado o direito ao lazer ao ar livre extremamente desigual para o contexto estudado. Além disso, apesar da existência oficial destes espaços em alguns pontos da região, boa parte deles encontra-se em más condições, o que pode desestimular seu uso pela população, ou, até mesmo, não levar ao seu reconhecimento como tal.

Embora não tenha sido feita uma enquete extensiva e representativa da população que reside na região, os questionários permitem inferir que há uma insatisfação dos usuários no que tange praças e parques e sua infraestrutura, visto que os comentários foram similares, seja para aqueles que vivem longe ou perto de praças e parques. Isso aponta para a necessidade de investimentos públicos nessas áreas, melhorando suas condições básicas de uso, como a inserção de mobiliário (bancos, lixeiras, iluminação, sanitários, etc.), espaços que atendam diferentes idades e interesses (lazer ativo e passivo), bem como ampliando essas áreas para aqueles bairros que estão totalmente desprovidos de praças ou parques.

A região oeste de Santa Maria, para lá de ser um caso particular, representa um problema atual da urbanização em médias e grandes cidades: a má distribuição de áreas verdes, que faz com que os bairros periféricos sejam os mais prejudicados, e a falta de equipamentos nestes espaços que potencializem o uso da população. Essa situação só pode ser resolvida com um planejamento urbano mais sustentável e mais humano. Logo, o verdadeiro desenvolvimento sustentável não se limita apenas ao crescimento econômico, mas também ao acesso equitativo a áreas verdes e espaços naturais. Garantir que todos tenham a oportunidade de usufruir de ambientes naturais preservados é fundamental para promover uma qualidade de vida saudável e uma conexão contínua com a natureza.

REFERÊNCIAS

AALMEIDA, J. R. de. Planejamento urbano: uma abordagem sistêmica da interferência das áreas verdes na definição da qualidade de vida. (2018). **Paisagem e Ambiente**, 41, 187-210. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i41p187-210>

BARRETO, P. A.; LOPES, C. S.; SILVEIRA, I. H.; FAERSTEIN, E.; JUNGER, W. L. (2019). Morar perto de áreas verdes é benéfico para a saúde mental? Resultados do Estudo Pró-Saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, 75. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2019053001008>

BENTO, S. C.; CONTI, D. de M.; BAPTISTA, R. M.; GHOBRI, C. N. (2018). As novas diretrizes e a importância do planejamento urbano para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 7(3), p. 469-488. <https://doi.org/10.5585/geas.v7i3.1342>

BRASIL. Presidência da República. **Lei Federal n. 10.257**, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade). Regulamento os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.

GAUDERETO, G. L.; GALLARDO, A. L. C. F.; FERREIRA, M. L.; NASCIMENTO, A. P.; MANTOVANI, W. (2018). Áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. **Ambiente & Sociedade**, 21, e01203. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0120r3vu18L4TD>

GEISER, R. Áreas verdes nas grandes cidades. In: XXVI Congresso Nacional de Botânica pela Sociedade Brasileira de Paisagismo, 1975, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: PMSP, 1975, 35 p.

GEHL, J. **Cidade para pessoas**. 3ed. São Paulo: Perspectiva, 2013, 280 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Santa Maria/RS. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/panorama>. Acesso em: 23 jan. 2023.

IPLAN. Instituto de Planejamento de Santa Maria. **Mapas de Santa Maria**. 2023. Disponível em: <http://iplan.santa-maria.rs.gov.br/mapas.php>. Acesso em: 23 jan. 2023.

KLIASS, R. G.; MAGNOLI, M. M. (2006). Áreas verdes de recreação. **Paisagem e Ambiente**, (21), 245-256. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i21p245-256>

LAUTERT, Alice Rodrigues. **Análise paisagística dos parques de bairro de Santa Maria**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020, 200 p.

LOMBARDO, M. **Ilha de calor na metrópole**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985, 244 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. Nações Unidas Brasil. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 jan. 2023.

PIPPI, L. G. A.; MALLMANN, C. L.; WEISS, R.; GOETTEMES, R.; MORAES, F. D. de; RADAELLI, R. R.; BOCHI, T. C. (2011). A dinâmica dos espaços livres intra-urbanos da cidade de Santa Maria - RS. **Paisagem e Ambiente**, (29), 189-225. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i29p189-225>

SAKATA, F. G. **Parques Urbanos no Brasil: 2000 a 2017**. 2018. Tese (Doutorado - Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. DOI 10.11606/T.16.2018.tde-20092018-143928

TROPPEMAIR, H. Biogeografia e Meio Ambiente. 3ed. **Rio Claro: Technical Books**. 2012, 252p.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LOURENÇO, William Magalhães de; MELLER, Gabriela; GRIGOLETTI, Giane de Campos. Avaliação da distribuição de parques e praças em uma cidade brasileira de médio porte. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 27-39, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.41-50>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

WML: Conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, supervisão, validação, escrita – rascunho original.

GM: Administração de projetos, supervisão, visualização, escrita – revisão e edição.

GCG: Aquisição de financiamento, supervisão, visualização, escrita – revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

DESIGN BIOINSPIRADO: UMA TEORIA SOBRE CONTEMPORANEIDADE POR MEIO DA BELEZA, PRAGMÁTICA E INOVAÇÃO

BIO-INSPIRED DESIGN: A THEORY ABOUT CONTEMPORANEITY THROUGH BEAUTY, PRAGMATICS AND INNOVATION.

DISEÑO BIOINSPIRADO: UNA TEORÍA SOBRE LA CONTEMPORÁNEA A TRAVÉS DE LA BELLEZA, LA PRAGMÁTICA Y LA INNOVACIÓN

FRANCISCO DE ASSIS SOUSA LOBO, Dr. | UFMA - Universidade Federal do Maranhão, Brasil

GALDENORO BOTURA JUNIOR, Dr. | UNESP - Universidade Estadual Paulista, Brasil

JOÃO CARLOS RICCÓ PLÁCIDO DA SILVA, Dr. | UFU - Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

JOÃO ROCHA RAPOSO, Dr. | UFMA - Universidade Federal Do Maranhão, Brasil

RESUMO

O excesso de produtos no mercado tem obrigado os profissionais da área de criação a divergir sobre suas inspirações na discussão do que é o belo na concepção de quem vai consumir este produto, seja ele multimídia, físico ou espacial. Este artigo contribui para os fundamentos do design bioinspirado interpretando como o momento presente acontece. Com o auxílio de um quadro esquemático situa fases relacionadas às expressões artísticas; considera a percepção dos designers a partir da natureza. Argumenta como os produtos podem influenciar a definição de beleza dos consumidores. Pondera contemporaneidade com a citação de peças icônicas que, ad continuum, se perpetuam como atuais. Conclui demonstrando pesquisas científicas que comprovam a natureza como fonte permanente de inspiração para novos produtos de design.

PALAVRAS-CHAVE

Design bioinspirado; biônica; design; natureza.

ABSTRACT

The excess of products on the market has led creative designers to diverge in their inspirations in the discussion of what beauty is in the conception of who will consume this product, be it virtual or real. This paper contributes to the basis of bioinspired design by interpreting how the present moment resuts. With a schematic chart, it locates the phases related to artistic expressions; consider the perception of designers from nature. Arguments such as products can influence consumers' definition of beauty. It considers contemporaneity with iconic designr's products that, ad continuum, are perpetuated as current. Ends by demonstrating scientific research that proves nature as a permanent source of inspiration for new design products.

KEYWORDS

Bioinspired design; bionics; project; nature.



RESUMEN

El exceso de productos en el mercado ha obligado a los profesionales creativos a diferenciar sus inspiraciones en la discusión de qué es la belleza en la concepción de quién consumirá ese producto, ya sea multimedia, físico o espacial. Este artículo contribuye a los fundamentos del diseño bioinspirado al interpretar cómo sucede el momento presente. Con la ayuda de un cuadro esquemático, sitúa etapas relacionadas con las expresiones artísticas; considera la percepción de los diseñadores de la naturaleza. Argumenta cómo los productos pueden influir en la definición de belleza de los consumidores. Considera la contemporaneidad con la cita de piezas icónicas que, ad continuum, se perpetúan como actuales. Concluye demostrando investigaciones científicas que prueban la naturaleza como fuente permanente de inspiración para nuevos productos de diseño.

PALABRAS CLAVE

Diseño bioinspirado; biónica; diseño; naturaleza.

1. INTRODUÇÃO

A dinâmica em que vivemos o “agora”, foi inimaginável pelas gerações precedentes. O volume de informações disponíveis na web (rede) nos possibilita interação e reflexão sobre o planeta em que vivemos; a natureza como fonte permanente de inspiração, e nossa atuação como designers considerando as áreas de conhecimento; momento propício para interpretarmos raciocínios complexos como a teoria do design. Bomfim (2014, p.115) alertou que “Design, no entanto, não se relaciona imediatamente a nenhuma filosofia, ciência ou arte em particular, ao contrário, enquanto atividade interdisciplinar, busca fundamentos nesses três domínios”. Outra observação importante é a de Bassi (2017, p.12) ao relatar que “Os vários tipos de abordagem e possibilidades de escolha sustentam as inúmeras possibilidades de design existentes, cada uma com sua identidade específica podemos até mesmo falar do design ‘plural’, não um pensamento único mais ‘pluri-verso’”. Essas citações exemplificam a variedade de abordagens possíveis; podendo se estender dos princípios bioinspirados até a dinâmica de consumo e usabilidade.

Desde o início da Bauhaus, observa-se nos registros da atenção de Walter Gropius para com essa complexidade, quando contratou para lecionar vários artistas como Wick (1989, p.159), que denominou como “livres”; e sobre Johannes Itten ele considerou:

“É evidente que a pedagogia de Itten não foi alimentada pelo espírito da formação artística acadêmica, nem pelas fontes da educação artística ortodoxa, mas encontra-se inserida na tradição do movimento reformista pedagógico liberal com Rousseau, Pestalozzi, Fröbel e Montessori, entre outros. De um modo geral, os esforços pedagógicos deles caracterizam-se pelo fato de terem por objetivo desenvolver as habilidades ocultas, latentes nas crianças ou nos jovens, através de um processo de aproximação livre e lúdica da realidade, bem como por meio de uma aprendizagem autônoma, isto é, a educação e o ensino não são concebidos no sentido das antigas escolas de aprendizagem e de estudo mecânico, nas quais se confere uma bagagem de conhecimentos, capacidades e habilidades supostamente ‘sólidos’, segundo o modelo do “funil de Nürnberg.” (WICK, 1989).

Décadas após, quando o design foi implantado como

ensino no Brasil, as metodologias aplicadas nas escolas de design tiveram as grades curriculares orientadas para um perfil classificado como funcionalista. Em alguns casos, os procedimentos com liberdade de criação, inspirados na natureza, foram incluídos em metodologias de projeto, basic design, processos de criatividade, entre outras. Observamos que o pensamento foi norteadado pelas informações técnicas, pautados pela ciência, afastando-nos cada vez mais de uma reflexão própria, como profetizado por Klee:

“(…) numa fase na qual na Bauhaus as tendências à sistematização, à racionalização e à matemática cresciam a olhos vistos – Klee uma vez mais expôs suas preocupações frente a uma arte que omitia o elemento intuitivo, irracional, metafísico (...) uma postura, que não apenas é característica para a obra artística de Klee, mas também para seu ensino, no qual ele sempre chamou insistentemente a atenção para as limitações de um procedimento puramente cognitivo e de um método simplesmente construtivo no processo de criação.” (WICK, 1989).

A criação decorre do conhecimento propiciado pelo entorno em que vivem os designers. Os novos produtos surgem a partir de novas necessidades de consumo, novos materiais, novas tecnologias. Esses instantes resultam das interpretações que fazem do momento presente, tornando palpável como o significado de contemporaneidade se constrói.

No Dicionário Aurélio (1986, p.463), contemporâneo é definido como: “que é do mesmo tempo, que vive na mesma época”. O fascinante é que se considerarmos no stricto sensu do Design, a dinâmica da interpretação se estenderá numa tríade de Beleza/Figura/Conteúdo ou Pragmática/Figura/Conteúdo, conforme a abordagem, ao longo do tempo. Posto isto, o significado etimológico de “Tempo” não é acordante. A precisão da definição não permite abstrações. Foi adequado recorrer à literatura e dispor da sabedoria vernacular do personagem de Mia Couto (2003, p.61), Juca Sabão, quando diz: “Nunca houve princípio, concluía. O primeiro dia surgiu quando o tempo já há muito se havia estreado. Do mesmo modo, é mentira haver fonte do rio. A nascente é já o vigente rio, a água em flagrante exercício.” Assim, ele define continuidade, ao mesmo tempo em que enseja a compreender o significado de “existência” e reflexão sobre o antes e o depois.

Cada um de nós tem um modo próprio de interagir

com o entorno. Existimos. Somos resultado (em contínuo ajuste) de nossas experiências e critérios de decisão. Ainda que o gosto seja pessoal (Bomfim,1995, p.1), a “Beleza” na natureza e nos elementos que a compõem, é percebida por todos nós. O permanente devir de nossa existência segue o fluxo da vida numa troca constante entre ponderação e decisão. É como contribuimos para o “Todo” existir.

Os produtos, independente da categoria, atendem às necessidades de Nichos de Mercado e tomam forma e se reformulam pela permanente reflexão dos Designers ao longo do tempo. Nossa explicação, de momento presente, encontra-se na citação de Agamben ao definir contemporaneidade:

“(…) contemporaneidade não tem lugar simplesmente no tempo cronológico: é, no tempo cronológico, algo que urge dentro deste e que o transforma. E essa urgência é a intempestividade, o anacronismo que nos permite apreender o nosso tempo na forma de um “muito cedo” que é, também, um “muito tarde”, de um “já” que é, também, um “ainda não”. E, do mesmo modo, reconhecer nas trevas do presente a luz que, sem nunca poder nos alcançar, está perenemente em viagem até nós.” (AGAMBEN, 2009).

2. FUNDAMENTAÇÃO

Na figura 1, o quadro apresenta Designers e Nichos de Mercado, posicionados em uma linha do tempo, cuja divisão acontece em dez momentos, sem a precisão das datas

para refletirmos, com maior liberdade, sobre o conceito de contemporâneo: como se manifesta e o quanto perdura. Essas reflexões serão feitas com base nas expressões artísticas.

A percepção dos objetos, entre Designers e o Público é diferente. Para os consumidores, o novo produto sempre chega precedido pela novidade no comportamento social que credencia o seu uso, e ele subsistirá enquanto esse efeito durar. O mais breve é o Fashion Cycle da alta costura que acompanha o ritmo das estações do ano. Para os objetos, as fases de introdução, aceitação e rejeição são mais demoradas porque derivam, principalmente, dos avanços tecnológicos. Os dispositivos eletrônicos hodiernos potencializaram a comunicação, e a invenção da web elevou de forma exponencial a dinâmica do momento presente. O cotidiano se tornou a fusão do espaço virtual com o mundo real, borbulhando informações que delineiam o input criativo... aqui vale a genialidade de William Gibson. Acreditamos que ele concordaria quando dizemos que: o comportamento coletivo é uma geração randômica que redundando em obras (algumas icônicas). E elas são esteganografias de encanto para Designers, porque eles conseguem encontrar os padrões durante o processo de interpretação da realidade.

O raciocínio dos designers transcorre entre Teoria/Poiéses e Figura/Conteúdo. Este sistema progride de forma cíclica, processando I Codici existentes entre passado/futuro, e podem ser percebidos por intermédio das expressões artísticas: literatura, pintura, música, cinema, escultura, comportamento e produtos de design.

A literatura é a única expressão que pode explorar todo o trajeto (do passado remoto ao futuro distante), todas as outras têm limite de alcance. Porém, nem todas

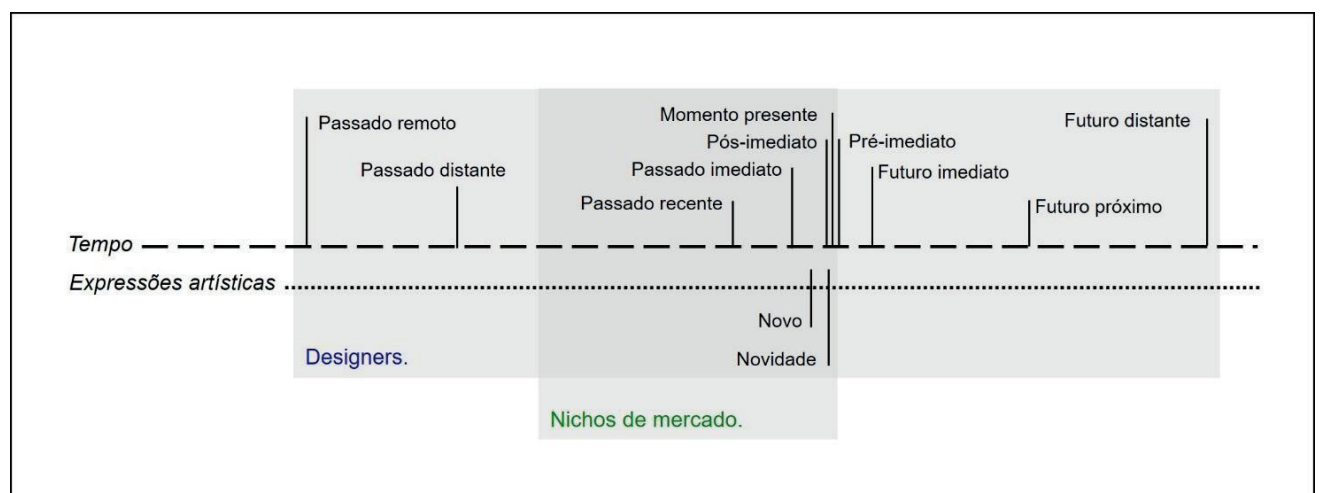


Figura 01: Apreensão de contemporaneidade pelos Designers e Nichos de Mercado.
Fonte: elaborado pelos autores.

as obras dessas expressões podem ser aplicadas. Apenas as obras icônicas. Somente elas são dotadas de atributos para servirem de referência, porque estão no limiar da perfeição. Representam o limite humano rente ao Eterno. Por serem memoráveis, permanentemente, são contextualizadas, isso faz com que permaneçam em voga. Vale alertar, quem sabe, ao leitor desatento, para não as confundir com obras canônicas.

Os designers talentosos, que definimos como profissionais dotados de percepção sensorial refinada, conseguem mediante a estética numérica tornar suas reflexões palpáveis. A citação de Flusser, se aproxima do que pode ser o entendimento da materialização de um conceito projetual:

“O olhar do designer, seja o divino, seja o humano, é, sem dúvida, aquele olhar do segundo olho da alma. (...) Todas as formas eternas, todas as ideias imutáveis podem ser formuladas em equações; essas equações podem ser transportadas do código numérico para códigos computacionais e alimentar os computadores. Estes, por sua vez, podem fazer aparecer esses algoritmos como linhas, superfícies e (um pouco mais tarde) volumes nas telas e nos hologramas; e a partir daí fazer imagens sintéticas, “geradas numericamente”. Nesse caso, o que se vê com o primeiro olho da alma é exatamente o mesmo que se percebe com o segundo. O que brilha na tela do computador são formas eternas, imutáveis (...)” (FLUSSER, 2017).

2.1. Beleza/Figura/Conteúdo

Citamos como exemplo duas obras emblemáticas de Michelangelo Buonarroti, a primeira delas é um afresco, a outra é uma escultura: o Davi. No primeiro caso, imaginemos um visitante que entra na Capela Sistina e observa a monumentalidade da obra do Teto de 13,75 metros de largura, com 39 metros de comprimento e 20 metros de altura. Trata-se de uma obra feita em sintonia com um Genius Loci (afeiçoado às artes), e que tanto influxo tem no Design italiano. Talvez essa pessoa que entra na capela se pergunte como alguém foi capaz de se inspirar a ponto de expor ao visitante tantas reflexões, inclusive de sua própria pequenez.

Obra cuja exuberância chega a impressionar é a estátua de Davi, uma gigantesca escultura, de mármore maciço com 5,18 metros de altura, está na galeria da Academia



Figura 02: Filme Prometheus.

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=4Z-QCDyL2q4&ab_channel=S.Thomas (acessado em 29 de maio de 2023)

de Belas Artes de Florença. Em 2012 no filme Prometheus, ela apareceu iluminada e majestosa tomando a cena, num ambiente minimalista com vista para uma paisagem privilegiada, figura 02. Na sala, para acomodá-la, o piso é rebaixado e o teto tem um grande óculo que a circunda. Ela divide o espaço com um piano de cauda Steinway & Sons e uma Throne Chair (1900) de Carlo Bugatti. Em 2015, uma cópia apareceu tatuada no Mercado de San Lorenzo, em Florença, como parte do evento “Semana de Michelangelo” e do aniversário do artista. Na mídia, imagens pipocam a cada instante, desde grupo de freiras bem-humoradas com a estátua ao fundo, a camisetas com Davi soprando bola de chiclete

Sobre mídia, o Instagram postou, há pouco tempo, um desenho colorido num recibo de caixa registradora, de um fragmento da Criação de Adão; dos dedos quase se tocando, Graham-Dixon et al (2011, p. 119) “Quando Deus infunde em Adão a divina centelha da vida”. Referida imagem poderia estar impressa numa camiseta, e oferecida em araras das lojas de grife.

Imaginamos que os acontecimentos, já citados, vão atribuindo novos significados às obras, como se estivessem, por exemplo, fazendo atualizações numa nova escala de valor e as tornam atemporais. Como Clarke descreve (2015, p. 234): “E assim a Discovery seguia na direção de Saturno, a maior parte do tempo soando com música serena do cravo, executando os pensamentos congelados de um cérebro que tinha virado pó há duzentos anos”. Inferimos que ele se referia a Mozart, e a velocidade de cruzeiro da nave que seria diferente da velocidade do compasso da música no seu interior, com variações entre adágios, allegros, andantes, menuettos de cravo e violino.

Alguns expoentes da estética, como Scruton (2013, p.109) defende que: “Quando o assunto é arte, o juízo estético diz respeito àquilo de que você deve e não deve gostar”. Portanto, critérios de escolhas carregam cunho pessoal e, por vezes, ligam-se a datas de nascimento e

morte. Citamos, dentre vários, Amadeus Mozart (1756-1791), Giacomo Meyerbeer (1791-1864), Felix Mendelssohn (1809-1847), Richard Wagner (1813-1883), Edvard Grieg (1843-1907), Moritz Moszkowski (1854-1925), Sergei Rachmaninoff (1873-1943) e, guardando proximidade com o agora, o brasileiro Villa-Lobos (1887-1959).

Em nossa percepção sobre a contemporaneidade, os Estados Unidos têm forte influência, uma vez que a contribuição deles na música é marcante. Iniciou com o Blues, seguido pelo Jazz, Rock and Roll, Heavy Metal. A maneira como esses estilos musicais se estabeleceram, podemos entender, hoje, com o movimento cultural artístico Hip hop, que surgiu na década de 1970, e se estabeleceu com as gírias próprias, o rap, DJing, a breakdance e o grafite.

O pragmatismo agregou à cultura americana uma eficiência que embutiu seus valores em todos os nichos das Cidades Globais. Não é à toa que deparamos com termos como a “Indústria do Cinema”, quando se referem às produções de Hollywood. A qualidade das obras, em toda a extensão que o termo permite, influencia os comportamentos e valores dos espectadores. Como cita Luciano Trigo:

“Da Coca-Cola e da fast-food ao jeans e a T-shirt, da publicidade e do cinema à música e à dança, o estilo de vida americano foi globalizado de forma extremamente competente – principalmente porque não se tratou apenas de um processo de coerção externa, mas de sedução interior, conquistando os corações e as mentes dos neocolonizados.” (TRIGO, 2009).

Quando Marlon Brando estreou o filme “The Wild One” (1954); o espírito “Easy Rider” já acontecia. Tinha iniciado com o retorno dos soldados que haviam lutado na Primeira Guerra Mundial. Estressados, se agruparam e saíram em motocicletas pelas estradas sem destino determinado. Quando interpelados por policiais, na maioria das vezes, eram liberados imediatamente, porque muitos tinham condecoração militar por atos de heroísmo (valor intrínseco da cultura Yankee). O figurino básico que Marlon Brando usou se transformou em um Clássico instantaneamente. Referendando a calça jeans e o T-Shirt, que já eram conhecidos do grande público. A camiseta de algodão tinha sido confeccionada para ser usada por baixo do pesado uniforme de combate feito de lã, com o objetivo de possibilitar conforto aos soldados. Ela apareceu pela primeira vez, sem ser usada como roupa íntima, em um filme estrelado pelo mesmo Marlon Brando em “A

Streetcar Named Desire” (1951) e, novamente, quatro anos depois, James Dean apareceu no filme “Rebel Without a Cause” com o mesmo figurino. O produto emplacou como sinônimo de atitude.

O T-Shirt foi silkado pela primeira vez em 1948. Durante a campanha eleitoral daquele ano, o candidato à presidência, Thomas E. Dewey, usou as camisetas para fazer campanha eleitoral. Mandou imprimir o slogan político “Dew it With Dewey” e distribuiu aos milhares. Apesar da perspicácia, pela segunda vez não venceu as eleições. A camiseta chegou e ficou disponível em inúmeras versões. Inclusive as marcas de luxo disponibilizam suas camisetas básicas com os Logos das Grifes, nas opções preta ou branca. Algumas pinturas aparecem com frequência estampadas nas camisetas. Em ordem cronológica, observamos as obras de Sandro Botticelli “O Nascimento de Vênus” (1485); Leonardo da Vinci “Mona Lisa (La Gioconda)” (1503); Rafael é interessante porque não é a obra em si da “Madona Sistina” (1514), mas o “Querubim” que está embaixo; Jan Vermeer “Moça com Brinco de Pérola” (1666); Francisco de Goya também apresenta uma curiosidade. Ainda sobre camisetas, há estampa com a imagem da sala do Museu do Prado em que estão lado a lado “A Maja Desnuda e A Maja Vestida” (1800) com um texto explicativo; Katsushika Hokusai “A Grande Onda de Kanagawa” (1831); Vicent van Gogh “Noite Estrelada” (1889); Edvard Munch “O Grito” (1893); Gustav Klint “O Beijo” (1908); Piet Mondrian “Composição com Vermelho, Preto, Azul e Amarelo” (1928); Roy Lichtenstein “Whaam!” (1963); Andy Warhol “Lata de Sopa Campbell’s” (1962); entre algumas outras.

Assim como nas camisetas, a imagem de algumas celebridades, independente da beleza física, estão sempre disponíveis em gravuras e pôsteres. Com efeito, são as pessoas famosas que permanecem como representantes de um valor admirável. Algumas morreram ainda jovens, como Marilyn Monroe, no auge de seu sex-appeal, e as duas inesquecíveis gotinhas de Chanel N° 5; James Dean pela irreverência e juventude; Marlon Brando, mesmo tendo vivido bastante, aparece sempre jovem, com atitude; Jim Morrison; Jimi Hendrix; Janis Joplin; Martin Luther King, discursando; Albert Einstein, mostrando a língua ou andando de bicicleta; Muhammad Ali, quando ainda era Cassius Clay e flutuava impávido como um bailarino no ringue e, mais recentemente, Amy Winehouse.

Ainda falando sobre retratos, nas artes plásticas, a técnica de pintura renascentista permaneceu como estilo. Os trabalhos de Domenico Ghirlandaio, Andrea del Sarto, Giorgione, Rogier van der Weyden, Petrus Christus,

Hans Memling, Anthonis Mor, Frans Floris e Giuseppe Arcimboldo, este redescoberto pelos surrealistas no século XX, para citar alguns e, não repetir os já conhecidos. A técnica de retratar, ainda que seja a mesma, continua carregando consigo a irreverência dos artistas como nos trabalhos de Andy “Zig” Leipzig.

A técnica de trabalhar os materiais para esculpir também permaneceu. Partindo da Estátua de Quéfren (c. 2500 a.C.), estudiosos especulam que, provavelmente, assírios, babilônios e gregos produzissem esculturas para os persas, como o Grifo Gigante (C. 518-465 a.C.); O Exército de Terracota (210 a.C.); Moisés de Michelangelo (1515 d.C.); Perseu com a Cabeça de Medusa de Benvenuto Cellini (1553); Fonte dos Quatro Rios de Gian Lorenzo Bernini (1648) fica na Piazza Navona, endereço da Embaixada do Brasil em Roma e, ainda de Gian Lorenzo Bernini, “O Êxtase de Santa Teresa D’Ávila” (1652). Impressionam também, as obras que conseguem enganar nossos olhos, como a “Virgem Maria” de Giovanni Strazza (1850); “Busto de Mulher com Véu” de Antonio Corradini (1720); “Cristo Velado” de Giuseppe Sanmartino (1753); “Irmãs da Misericórdia” de Raffaele Monti (1847). Essa tradição realizada com perfeição se mantém, como nos “Travesseiros” do artista norueguês Håkon Anton Fagerås.

2.2. Pragmática/Figura/Conteúdo

Nesse estágio a abordagem é tecnicista, uma vez que a beleza é subjetiva ou está implícita na performance dos produtos ou na experiência vivida. A estabilidade mundial e o índice de crescimento da economia aumentaram o número de pessoas ricas no planeta, que aprenderam a apreciar os produtos e serviços pela subjetividade da qualidade. Como coloca Carmagnola (1991, p.16): “(...) ‘Qualitativo’ tornou-se pouco a pouco sinônimo ‘de algo que não pode ser mensurável de maneira exata, ou seja, que foge ao rigor da ciência’”. Somados a esses fatores, a queda de barreiras políticas como as dos países comunistas, otimizou o mercado de luxo.

A procura por supercarros cresceu e o número de colecionadores de automóveis de luxo antigos, também se ampliou. Para suprir essa demanda teve início uma nova prática. Celeiros e garagens, por toda parte, estão sendo vasculhados à procura de raridades abandonadas ou esquecidas. Quando encontradas, são higienizadas e comercializadas em leilões, como aconteceu, com a coleção de carros raríssimos pertencentes ao ex-empresário francês, Roger Baillon. Quando os netos dele a encontraram, especialistas avaliaram os sessenta veículos em cerca de

quarenta e oito milhões de reais. Porém, em um leilão realizado em Paris, apenas uma Ferrari 259 GT SWB California Spider foi vendida por quarenta e quatro milhões e oitocentos mil reais. Esse conversível italiano tinha valor agregado. Foram produzidos apenas trinta e sete exemplares, pertencia ao rei Farouk do Egito e foi dirigido pelo ator Alain Delon no filme Les Félics (1964).

Outro item da coleção, que havia pertencido ao rei Farouk, é um Talbot-Lago T26 Cabriolet, bastante danificado, mas ainda assim com valor de mercado devido ao seu histórico. Em situações assim, preciosidades como essa são restauradas com o uso de mão de obra especializada. Esses especialistas empregam técnicas sofisticadas de restauro. Muitas peças são reproduzidas em metal, com equipamentos específicos, como a roda inglesa. As chapas são estiradas, marteladas e conformadas; ficam com o acabamento impecável, e recebem no final o prime e a pintura como se fossem novas. Concluído o trabalho, esses carros circulam pelas ruas novinhos em folha, conferindo prestígio aos proprietários e despertando nos passantes admiração, que sustentam a notoriedade desses exemplares do passado. É bem verdade que se um automóvel tivesse sido construído no período vitoriano, talvez, não fosse muito diferente do Automóvel Náuticos do Capitão Nemo, que aparece em “The League Of Extraordinary Gentlemen” (2003). Uma asserção embelezada para os padrões dos automóveis atuais. Porém, excessos de ornamentos como os aplicados no Náuticos ficaram admiráveis na coleção deste ano de 2023, que RICKDICK® criou para a Nike e Balmain, figura 03.



Figura 03: Automóvel Náuticos do Capitão Nemo e coleção que RICKDICK® criou para a Nike e Balmain.

Fonte: <https://carbuzz.com/news/you-can-now-own-the-insane-car-from-the-league-of-extraordinary-gentlemen> e <https://www.instagram.com/p/Coiky8KJwDJ/> (acessado em 5 de junho de 2023)

Outro segmento que continua com a mesma escala de valor, é o de serviços. O sentimento hedonista ocasionado pelo aumento da riqueza incitou o turismo de experiências como viajar no Expresso do Oriente. A primeira viagem foi em 1833 de Paris a Istambul. O empresário belga, Georges Nagelmackers, queria que esse percurso fosse realizado em setenta e cinco horas e, para o conforto

dos passageiros, mandou decorar os vagões no mesmo estilo luxuoso que era usado nos apartamentos de Paris daquela época. O serviço era realizado por chefes de renome, garçons experientes, funcionários de apoio bem treinados, músicos talentosos. Tornou-se tão sofisticado que somente as classes mais altas puderam viajar. Com o mundo polarizado, e sem poder atender a clientela do Leste, a última viagem entre Paris e Istambul aconteceu em 1977.

O empresário americano, James Sherwood, comprou a empresa em 1982 e revitalizou o trem. Os vagões, depois de reformados, ficaram mais glamourosos do que antes, e hoje fazem os percursos de Londres a Veneza, Paris a Veneza, Istambul a Paris, Berlim a Paris, atendendo ao público de alta classe. O mesmo se aplica para uma pessoa que vai a Paris; visita o palácio de Versalhes e fica hospedado no Four Seasons Hotel George V. Esse hóspede terá o gosto pelo adorno reforçado. O legado histórico presente na arquitetura, nos vagões do Expresso do Oriente, na decoração, nos utensílios e nas roupas de cama, mesa e banho perpetuam o bom gosto da opulência e o reinserem na nossa escala de valor.

Na moda, esse nicho de mercado tem seus arroubos atendidos por grifes como Versace, ainda que Gianni Versace tenha falecido, a marca se manteve com o talento de sua irmã, a fashionista jet-setter, Donatella Versace. A prodigalidade de elementos e brilhos vai esmaecendo com a Dolce & Gabbana, Gucci, Chanel, Armani e Balenciaga, quando o estilista espanhol, Cristóbal Balenciaga, ainda era vivo. Até chegar aos comerciais, Hugo Boss e Ermenegildo Zegna, mesmo que seja sua misura.

A zona limítrofe entre arte e design é tênue. Os parâmetros de argumentação que definem a arte se aplicam à produção de design, associando Beleza/Figura/Conteúdo aos produtos autorais por meio de Insight, e Pragmática/Figura/Conteúdo aos produtos configurados através de Input.

Conforme mencionamos no início - o gosto é pessoal, e certamente qualquer análise tem por base critérios subjetivos de beleza. Alguns designers têm seus produtos apresentados nos dois segmentos de citação, e, quem sabe, isso não ajudará a entender melhor? Portanto, alguns objetos em que a beleza se manifesta de imediato podem ser: o Sugar Bowl (1873) de Christopher Dresser; Cadeira Hill House Ladder (1902) de Charles Rennie Mackintosh; Fruit Bowl (1904) de Josef Hoffmann; Cadeira Red and Blue (1918) de Gerrit Rietveld; Cadeira Lattenstuhl (1922) de Marcel Breuer; Ashtray (1924) de

Marianne Brandt; Bauhaus Cocktail Shaker (1925) de Sylvia Stave; LC4 Chaise Longue (1928) de Le Corbusier, Pierre Jeanneret e Charlotte Perriand; Cadeira Barcelona (1929) de Ludwig Mies van der Rohe; Radio Nurse (1937) de Isamu Noguchi. Os relatos afirmam que ele expressou o rosto de uma enfermeira, porém lembra um capacete de proteção (Men) usada no Kendo; Armchair 41 Paimio (1932) de Alvar Aalto; La Chaise (1948) de Charles e Ray Eames; Diamond Chair (1952) de Harry Bertoia; Butterfly Stool (1956) de Sori Yanagi; Marshmallow Sofa (1956) de Irving Harper e George Nelson Associates; Os relógios (1957) de Max Bill; Egg Chair (1957) de Arne Jacobsen; Mezzadro (1957) de Achille e Pier Giacomo Castiglioni; Bunmei Gincho Knife (1960) designer anônimo; Poltrona Sanluca (1960) de Achille e Pier Giacomo Castiglioni; Aquarama (1962) de Carlo Riva; Radio-Phonograph, modelo N° RR126 (1966) de Achille e Pier Giacomo, (é provável que neste projeto eles usaram os princípios da pareidolia de maneira intencional); Poltrona di Proust (1978) de Alessandro Mendini. É marcante a influência da técnica de pontilhismo do pintor neoimpressionista Paul Signac. À distância, os tons formam um conjunto harmônico e, conforme a pessoa se aproxima, percebe que a mistura ótica vai se desfazendo e os pontos multicoloridos, pintados à mão, vão sendo diferenciados. Hoje, graças à tecnologia, essa poltrona está disponível em várias opções de padronagens. O divisor de sala Carlton (1981) de Ettore Sottsass, peça emblemática do Movimento Memphis, suscita a mesma admiração. Continuando, indicamos a Soft Big Easy (1989) de Ron Arad; Juicy Salif (1990) de Philippe Starck; Chandelier 85 Lamps (1993) de Rody Graumans; Poltrona Vermelha (1993) dos Irmãos Campanas; Luminária Porca Miséria (1994) de Ingo Maurer; Garbino (1997) de Karim Rashid; Cadeira de rodas Go (2016) de Benjamin Hubert.

Entre alguns objetos, o pragmatismo se manifesta de imediato, como é o caso da Type Edison Lamp (1879) de Thomas Alva Edison; Aga Stove (1922) de Gustf Dalén; 1006 Navy Chair (1944) de US Navy Engineering Team, Emeco Design Team e Alcoa Design Team; Topas Briefcase (1950) de Richard Morszeck conhecidas como Malas Rimowa; Ant Chair (1952) e Chair No. 3107 (1955) de Arne Jacobsen; Tulip Chair (1955) de Eero Saarinen; Lounge Chair (1956) de Charles Eames; Superleggera (1957) de Gio Ponti;

A colaboração interdisciplinar permite que diferentes perspectivas sejam consideradas, promovendo a inovação e a resolução de problemas de maneira mais eficiente. Além disso, ela é fundamental para superar os desafios técnicos e científicos envolvidos no design bioinspirado. Cada disciplina traz sua expertise e conhecimentos específicos,

Eames Aluminium Chair (1958) de Charles e Ray Eames; Blow Chair (1967) de Gionatan De Pas, Donato D'Urbino, Paolo Lomazzi e Carla Scolari; Quaderna Table (1970) do Superstudio; Wiggle Chair (1972) de Frank Gehry; Ghost Chair (1987) de Cini Boeri e Tomu Katayanagi; Toledo Chair (1988) de Jorge Pensi; Taraxacum'88 (1988) de Achille Castiglioni; Luminaria Titania (1989) de Alberto Meda e Paolo Rizzatto; Luminária Brera (1992) de Achille Castiglioni; Aeron Chair (1994) de Donald Chadwick e William Stumpf; Tamu Chair (2019) de Patrick Jouin.

As duas relações de produtos que foram demonstradas pela pesquisa finalizam com um projeto executado por uma impressora 3D. Todos eles são resultados de valores imanentes dos designers que os materializaram. São exemplos da poíesis que dispõem os profissionais de design e que os possibilitam permeiar todo o trajeto da história. Assim, conforme o futuro se aproxima e se funde entre pré- imediato, momento presente e pós- imediato, a realidade que se constrói. Dessa maneira, ela é apreendida pelos nichos de mercado. As percepções dos designers vão sendo materializadas e se fazendo presente. Essa elaboração se autonutre, como aconteceu com duas cadeiras magníficas: a Tripolina (1855) de Joseph Beverly Fanby, que teve considerável influência na Cadeira Butterfly (1938) de Jorge Ferrari-Hardoy, Juan Kurchan e Antonio Bonet. As necessidades atendidas prosseguem se resignificando como aconteceu com o Drinking Straw (1888) de Marvin Stone. Utilizado por gerações, tornou-se o "inimigo público número um" em 2015, após a imagem de um ecologista retirando com um alicate o canudinho plástico da narina de uma tartaruga viralizar na web. É assim que o contemporâneo se materializa, reconstruindo o mundo no ritmo circadiano.

3. DESIGN BIOINSPIRADO: PRAGMÁTICA/BELEZA/INOVAÇÃO

Nesta etapa, exploraremos a interdisciplinaridade do design bioinspirado e como essa abordagem pode impulsionar a inovação. A natureza é a principal fonte de interpretação e inspiração humana. Confinados no planeta Terra, nossa evolução, como espécie, dependeu das alternativas encontradas nos recursos disponíveis para solucionar as contribuindo para a compreensão abrangente dos princípios da natureza e a aplicação efetiva em projetos.

Os biólogos fornecem conhecimentos sobre o sistema biológico, suas organização, processos e funções. Eles estudam a diversidade da vida e identificam padrões e estratégias que podem ser aplicados no design. Os designers,

dificuldades identificadas, considerando-se a pragmática imediata, acompanhada da beleza decorrente. Como seres biológicos, nossas necessidades fisiológicas continuam as mesmas; sendo por meio do aperfeiçoamento das soluções em uso, que encontramos maneiras mais eficientes para satisfazê-las. Durante o Renascimento, esse potencial criativo ficou registrado nas pinturas e desenhos de Leonardo da Vinci, que com sua genialidade inventiva, explorava a anatomia humana; a anatomia de morcegos e pássaros para seus projetos. Seus manuscritos possuem cotação de obras de arte rara.

Com as novas tecnologias disponíveis nos primeiros anos da segunda década do século XXI, os avanços em materiais continuam acontecendo por meio da exploração das estruturas de plantas e animais. A natureza inspira um vasto conjunto de soluções eficientes e adaptáveis que podem ser aplicadas ao design de produtos e sistemas. Ao observar e compreender os padrões, processos e ordenações encontrados nos sistemas biológicos, os designers podem desenvolver produtos, matérias-primas e sistemas eficazes, sustentáveis e adaptáveis. Essa abordagem requer uma perspectiva interdisciplinar, combinando conhecimentos das áreas de biologia, design, engenharia, arquitetura e outras disciplinas para alcançar resultados inovadores.

A interdisciplinaridade do design bioinspirado permite que os designers explorem uma ampla gama de conhecimentos científicos e técnicos para entender como os sistemas biológicos funcionam e como podem ser aplicados em projetos originais e inovadores. Biólogos, engenheiros, designers e outros profissionais trabalham em conjunto para analisar e interpretar os princípios da natureza, identificar padrões e desenvolver novas soluções.

Um dos aspectos relevantes do design bioinspirado é o aprendizado a partir dos sistemas biológicos. Ao estudar animais, plantas e microrganismos, os designers podem compreender como esses organismos se adaptaram ao longo do tempo, superando desafios e aproveitando eficientemente os recursos disponíveis. Por exemplo, a estrutura das asas das borboletas inspirou o desenvolvimento de superfícies repelentes à água e autolimpantes, aplicadas em produtos como tintas e tecidos. O estudo da estrutura do esqueleto das esponjas-do-mar levou ao desenvolvimento de materiais leves e altamente resistentes, utilizados em engenharia e arquitetura.

por sua vez, possuem habilidades criativas e conhecimento sobre suportes articulados, entendimentos sobre tração, compressão, flexão e torção; estética, ergonomia e usabilidade, esses conhecimentos são essenciais para

transformar comportamentos biológicos em soluções eficientes e belas, figura 4.

Os engenheiros, com sua experiência em materiais,



Figura 04: Esculturas urbanas que brotam em jardins.

Fonte: <https://www.instagram.com/p/CU904trs2wo/> (acessado em 3 de junho de 2023)

mecânica e sistemas, e do uso de modelos, são responsáveis na execução de protótipos viáveis, na fabricação de produtos confiáveis e com boa performance. Eles definem as matérias-primas adequadas, testam os componentes e implementam soluções inovadoras que atendam aos requisitos técnicos e de desempenho. A química é fundamental para a compreensão das propriedades dos materiais biológicos e a síntese de novos materiais inspirados na natureza. A física auxilia o entendimento dos princípios físicos existentes nos processos biológicos, como a aderência e a repelência de superfícies. A matemática desempenha um papel crucial na modelagem e simulação de sistemas bioinspirados complexos, figura 5

Na área da arquitetura e construção, o design bioinspi-

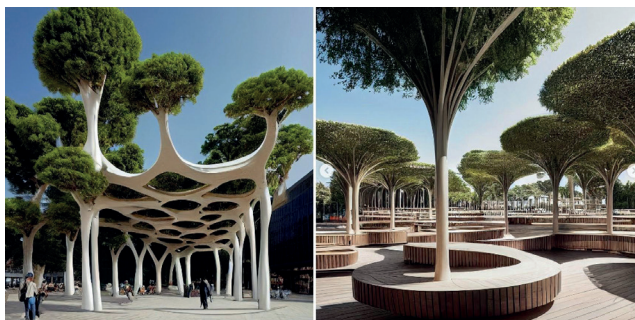


Figura 05: Estruturas orgânicas. Projetos que integram design, engenharia e arquitetura.

Fonte: <https://www.instagram.com/p/CkONBvdMYgL/> (acessado em 5 de junho de 2023)

rado pode nortear o desenvolvimento de edificações mais resistentes e sustentáveis. A análise da estrutura dos ossos pode levar ao projeto de edifícios mais eficientes em termos de peso e resistência, reduzindo o consumo de materiais e energia. Um dos primeiros resultados desses estudos é a icônica Torre Eiffel, construída entre 1887 e 1889, para a exposição universal.

Na área médica, os sistemas vivos também oferecem insights valiosos, como no estudo das propriedades

adesivas das patas das lagartixas, que tem sido aplicado no desenvolvimento de adesivos cirúrgicos não invasivos. Além disso, a observação de como as plantas retêm a água inspirou o desenvolvimento de curativos que aceleram a cicatrização de feridas.

A beleza na inovação gerada a partir de designs bioinspirados está relacionada ao resultado estético e visualmente agradável que esses projetos podem alcançar. A natureza é uma fonte de inspiração conhecida por sua beleza intrínseca e formas harmoniosas, e ao aplicar esses princípios em projetos de design, podemos obter resultados igualmente belos. O design bioinspirado em arquitetura cria projetos com proporções elegantes e harmoniosas, combinando elementos naturais com funcionalidade moderna. Embalagens inspiradas em sementes, frutos e casulos, possuem um potencial de princípios de contenção eficientes, sustentáveis e visualmente agradáveis.

O segmento de mobiliário, também faz uso do design bioinspirado, replicando padrões e texturas existentes, obtendo, desse modo, um visual único e uma conexão com o ambiente natural. Assim como no design de superfície, a utilização de combinações de cores encontrados na fauna e flora remetem uma sensação de beleza natural e orgânica para as roupas e acessórios.

Na área de energias renováveis, os princípios e processos identificados e estudados resultam em soluções que se integram harmoniosamente ao ambiente, combinando eficiência e estética. A beleza na inovação baseada em designs bioinspirados está intrinsecamente ligada à maneira como a evolução das espécies foram capazes de desenvolver soluções eficientes, adaptáveis e visualmente atraentes. O resultado é harmônico entre funcionalidade e estética, onde a beleza é encontrada em conformidade com os elementos naturais e as necessidades humanas.

A primeira ponte impressa em 3D do mundo, instalada em Amsterdã, é um dos mais recentes exemplos significativos de inovação com design bioinspirado, figura 6. O projeto desenvolvido pela empresa MX3D é composto por um complexo entrelaçamento de linhas sinuosas, que possibilitam suportar cargas pré-determinadas, minimizando o uso de materiais empregados na sua construção. Após quatro anos de esforços, o resultado apresenta um formato orgânico e único. Essa nova ponte, de formato inusitado, certamente, é o mais novo cartão postal da cidade. Nela estão instalados sensores que processam dados em tempo real do fluxo de pedestres, e do comportamento estrutural por meio de uma maquete eletrônica. Uma representação clara da indterdisciplinaridade, beleza e pragmática integrada por meio do produto final.

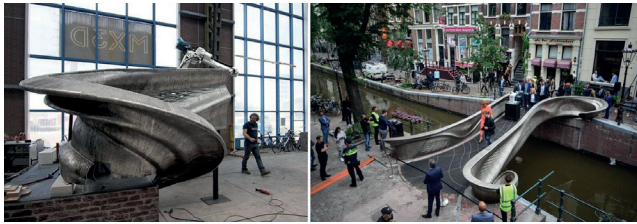


Figura 05: Estruturas orgânicas. Projetos que integram design, engenharia e arquitetura.
Fonte: <https://www.instagram.com/p/CkONBVdMYgL/> (acessado em 5 de junho de 2023)

Ao analisar a hidrodinâmica das baleias e a aerodinâmica dos pássaros, os designers podem desenvolver formas mais eficientes de veículos, reduzindo o arrasto aerodinâmico, diminuindo o consumo de combustível e as emissões de carbono.

Os trens-bala tiveram, em grande parte, sua aerodinâmica inspirada em pássaros para diminuir o ruído produzido pela velocidade de seu deslocamento, como o trem-bala japonês Shinkansen, que se baseou na forma aerodinâmica do bico do pássaro Kingfisher, que mergulha seu bico em alta velocidade sem criar ondas que espantem os peixes.

Design de roupas bioinspiradas: Algumas marcas de moda e artigos esportivos têm explorado o design bioinspirado para criar roupas mais sustentáveis e melhorar o desempenho de atletas, como a Speedo, por exemplo. No segmento da confecção comercial, tecidos esteticamente atraentes, com a textura e as cores das penas de pássaros podem ser replicadas em vestuários, resultando em peças únicas e visualmente interessantes. Essa inovação combina design de moda, biologia e materiais têxteis, demonstrando a interdisciplinaridade presente na indústria da moda, figura 7.

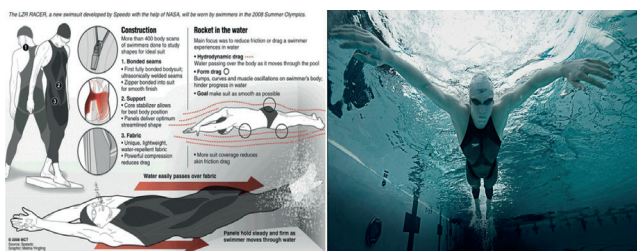


Figura 07: Tecidos para trajes de competição de natação a partir da pele do tubarão.
Fonte: <https://www.instagram.com/p/CkONBVdMYgL/> (acessado em 5 de junho de 2023)

As folhas de palmeira possuem uma estrutura flexível que permite que se dobrem sob a ação do vento sem quebrar. Esse princípio foi aplicado no design das pás eólicas que se tornaram mais resistentes a ventos fortes. Além de sua eficiência energética, esses geradores eólicos possuem aspecto único, lembrando a beleza das palmeiras balançando ao vento. Outra forma de inspiração para as hélices de turbinas eólicas são as barbatanas de baleias.

Baseado no suave deslizar de uma baleia no oceano, identificou-se que adicionando saliências irregulares, nas hélices das turbinas eólicas, como as de uma barbatana de baleia, o ruído poderia ser minimizado, com eficiência do sistema.

Artistas têm explorado a natureza como fonte de inspiração para suas obras, criando esculturas, instalações e pinturas que refletem a beleza e a complexidade dos organismos vivos. Essas criações artísticas envolvem uma interdisciplinaridade entre arte, biologia e criatividade, possibilitando uma apreciação estética e uma reflexão sobre os padrões e formas percebidas.

Na iluminação, projetos inspirados nas propriedades de iluminação e distribuição de luz de organismos bioluminescentes criam ambientes acolhedores e esteticamente agradáveis. Iluminação bioinspirada: A bioluminescência de organismos marinhos, como águas-vivas e peixes abissais, tem servido de inspiração para o design de sistemas de iluminação eficientes e esteticamente agradáveis. Essas soluções bioinspiradas combinam biologia, design de iluminação e tecnologia, criando ambientes luminosos que reproduzem a beleza e a delicadeza da luz natural, figura 8.



Figura 08: Árvores que iluminam. O método, patenteado pela Bioglow, consiste em juntar o DNA de bactérias marinhas luminescentes ao genoma de uma planta comum.
Fonte: <https://www.menoslixo.com.br/posts/do-vagalume-as-arvores-uma-nova-forma-de-iluminar-a-noite> (acessado em 3 de junho de 2023)

A parte do mundo que nos cerca tem sido uma fonte inesgotável de inspiração para design de produtos que alinham beleza e inovação, contribuindo assim, para que nossa interpretação da realidade perceba o futuro que chega a cada instante e se torna passado na mesma velocidade, período este que denominamos contemporâneo.

4. CONCLUSÃO

A origem do design está inspirada e referenciada na natureza, associada à beleza que nos cerca. Com o avanço científico, a necessidade percebida durante a Exposição Universal de 1851 foi de que os produtos deveriam externar o momento em que foram confeccionados.

Matéria-prima e tecnologia deveriam ser empregadas com maestria, viabilizando a comercialização e satisfação dos usuários.

A formação de um profissional que conciliasse esses interesses foi o objetivo principal da Bauhaus. Na sua fundação os vários artistas contratados para lecionar, desenvolveram uma pedagogia própria e estabeleceram procedimentos metodológicos que nortearam o ensino do design para outros países. A liberdade de pensamento propiciou o início de uma teoria do design. Assim, muitos projetos resultados desse momento são considerados atuais, ainda hoje. A Escola de Ulm teve uma importância similar, porém ficou associada ao pragmatismo, uma vez que os procedimentos sistemáticos predominaram e tiveram forte influência no Brasil. Quem sabe não está aí, a razão de talentos inquestionáveis como os dos Irmãos Campanas, serem desconsiderados por tantos teóricos do design nacional? O design italiano, reconhecido e admirado em todo o planeta, possui um legado que está associado à sua origem: arte e arquitetura.

A capacidade e liberdade que os profissionais e teóricos italianos possuem para cogitar sobre a natureza como um todo é registrada a cada instante na mídia especializada. Um exemplo que podemos seguir com a prudência devida. As possibilidades de interação que a Web propicia são uma das alternativas possíveis a serem exploradas. Beleza, arte, design, proporção, sentir, e inúmeros outros objetos de interesse e indagação, farão sempre parte da maneira, própria, que cada um de nós possui para contribuir com reflexões sobre o design bioinspirado.

REFERÊNCIAS

- AGAMBEN, G. **O que é o contemporâneo? e outros ensaios**. Chapecó: Uchoapecó, 2009. 92p.
- ARRUDA, A. et al. **Bionica e design carmelito di bartolo e il centro ricerche ied: esperienze memorabili da 30 protagonisti**. São Paulo: Blucher, 2020. 380p.
- BASSI, A. **Design Contemporâneo**. Bologna: Società editrice il Mulino, 2017. 128p.
- BOMFIM, G. A. **Estética Aplicada ao Design**. Campina Grande: [s.n.], 1995. 98p.
- BOMFIM, G. Fundamentos de uma Teoria Transdisciplinar do Design: Morfologia dos Objetos de Uso e Sistemas de Comunicação. **Revista Estudos em Design**, v. 5, n. 2. Rio de Janeiro: aend-br, 1997. p. 27-41.
- CARMAGNOLA, F. **Luoghi Della Qualità - Estética e Tecnologia nel Postindustriale** – Milão: Domus Academy, 1991. 267p.
- CLARKE, A. C. 2001: **uma odisseia no espaço**. 4.ed. São Paulo: Aleph, 2015, 330p.
- COINEAU, Y.; KRESLING, B. **Le invenzioni della natura e la bionica**, Torino: Edizioni Paoline, 1989. 99p.
- COUTO, M. **Um rio chamado tempo, uma casa chamada terra**. São Paulo: Companhia das Letras, 2003. 262p.
- COUTO, R. et al. **Gustavo Amarante Bonfim uma coletânea**. Rio de Janeiro: Ed Rio Book's, 2014. 126p.
- Disponível em: <https://heeyblog.wordpress.com/2012/12/12/materia-diferenca-entre-hip-hop-e-rap/>
Acesso em: 30 de junho de 2019.
- Disponível em: <https://www.silvaniamares.com.br/historia-da-moda-onde-e-quando-surgiu-a-t-shirt/>
Acesso em: 16 de junho de 2019.
- Disponível em: <https://noticias.r7.com/carros/fotos/colecao-de-antigos-encontrada-em-fazenda-na-franca-e-a-mais-valiosa-da-historia-r-100-milhoes-08022015#!/foto/1>. Acesso em: 18 de junho de 2019.
- Disponível em: <https://lufthansacc.com/blog/expres-so-do-oriente-o-trem-mais-romntico-do-mundo/>. Acesso em: 18 de junho de 2019.
- FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário da língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1838p.
- FLUSSER, V. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. São Paulo: Ubu, 2017. 222p.
- GIBSON, W. **Reconhecimento de Padrões**. São Paulo: Aleph, 2008. 409p.
- GRAHAM-DIXON, A. **Arte: o guia visual definitivo**. São Paulo: Publifolha, 2011. 612p.
- Disponível em: <https://www.silvaniamares.com.br/historia-da-moda-onde-e-quando-surgiu-a-t-shirt/>

LIPOVETSKY, G.; SERROY, S. **A estetização do mundo: Viver na era do capitalismo artista**. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. 467p.

LOBO, F. A. S.. **CRIED: vivência e fundamentação na construção de um pensar sobre design**. In: Amilton José Vieira de Arruda. (Org.). *Bionica e Design*. 1ed.São Paulo: Blucher, 2020, v. 1, p. 262-269.

LOBO, F. A. S.; SILVA, J. C. R. P. ; BOTURA JUNIOR, G. ; LANDIM, P. C. . Reflexões Sobre a Origem da Beleza no Design: uma Apreciação Através dos Avanços Tecnológicos que Contribuíram para Fundamentar a Forma dos Produtos de Design no Século XX. In: Amilton José Vieira de Arruda; Germana G. Araújo. (Org.). **Design & Narrativas Criativas nos Processos de Prototipagem**. 1ed.São Paulo: Blucher, 2022, v. 4, p. 513-535.

LOBO, F. A. S.; SILVA, J. C. R. P. ; BOTURA JUNIOR, G. ; RAPOSO, J. R. . Floresta Amazônica: uma proposta metodológica em biônica para o ensino do design. In: Ensus 2021 - IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2021, Florianópolis - SC. **Anais Ensus 2021**. Florianópolis - SC: UFSC/VIRTUHAB, 2021. v. 9. p. 31-42.

PHAIDON PRESS (Autor). **Phaidon design classics - three volume set**. Londres: Phaidon Press Limited, 2006. 3.300p.

SCRUTON, R. **Beleza**. São Paulo: É Realizações, 2013. 231p.

SOARES, T.; ARRUDA, A. FUNDAMENTOS DA BIÔNICA E DA BIOMIMÉTICA E EXEMPLOS APLICADOS NO LABORARÓRIO DE BIODESIGN NA UFPE. In: ARRUDA et al. **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: A Revolução Tecnológica Pela Natureza**. São Paulo: Blucher, 2018. p. 7- 34.

SUDJIC, D. **A linguagem das coisas**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010. 223p.

TRIGO, L. **A grande feira: uma reação ao vale-tudo na arte contemporânea**. Rio de Janeiro: Record, 2009. 239p.

WICK, R. **Pedagogia da Bauhaus**. São Paulo: Martins Fontes,1989. 464p.

AUTORES

ORCID: 0000-0002-4875-5483

FRANCISCO DE ASSIS SOUSA LOBO, doutorado - UNESP-Design, Bauru, SP Correspondência para: Francisco Lobo, Av. dos Holandeses, São Luís, MA CEP 65071-380 | e-mail: fas.lobo@ufma.br

ORCID: 0000-0002-5680-6017

GALDENORO BOTURA JR, livre-docente - UNESP, Eletrônica Digital, Campus de Guaratinguetá, SP Doutorado - UNICAMP, Engenharia Elétrica, Campinas, SP | Correspondência para: Galdenoro Botura Jr, R, Celso Morello, Sorocaba, SP CEP 18017-186 | e-mail: galdenoro@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2519-5505

JOÃO CARLOS RICCÓ PLÁCIDO DA SILVA, doutorado - UNESP, Design, Bauru, SP | Correspondência para: Joao Carlos R. Placido da Silva, R. Juventude, Uberlandia, MG CEP 38408-122 | e-mail: joao.placido@ufu.br

ORCID: 0000-0003-4526-2138

JOÃO ROCHA RAPOSO, doutorado- UNESP- Design- Bauru, SP | Correspondência para: Av. dos Holandeses, São Luís, MA CEP 65077-357 e-mail: joao.raposo@ufma.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LOBO, Francisco de Assis Sousa; JUNIOR, Galdenoro Botura; SILVA, João Carlos Riccô Plácido da; RAPOSO, João Rocha. *MIX Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 51-69, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: / / . doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n3.187-196>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/11/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

FASL: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de

projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

JCRPS: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

GBJ: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

JRR: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

“VOZ DAS COMUNIDADES”: IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES QUE PERMITIRAM SEU GANHO DE ESCALA

“VOZ DAS COMUNIDADES”: IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF THE FACTORS THAT ALLOWED ITS GAIN IN SCALE

“VOZ DE LAS COMUNIDADES”: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PERMITIERON SU GANANCIA DE ESCALA

LETÍCIA MARTINS ALVES ALBRECHT, ME. | UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

CARLA MARTINS CIPOLLA, DRA. | UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

Tendo-se em vista o aumento de impacto e a grande relevância do projeto “Voz das Comunidades” – jornal comunitário que ganhou maior destaque após a invasão pela polícia no Complexo do Alemão em 2010 –, este artigo possui como objetivo identificar e analisar os fatores que contribuíram para sua escalabilidade. Com esta finalidade, analisou-se a jornada do projeto e os resultados apontados no artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese”, a fim de entender os fatores em comum entre os dois. O artigo analisado indica fatores promotores de escalabilidade e uma proposta para o conceito de “ambiente propício à escalabilidade”, a partir da análise de nove casos para Inovação Social. Como resultado da análise entre a trajetória do projeto e os resultados apresentados no artigo, identificou-se duas categorias com fatores determinantes para que o jornal comunitário aumentasse seu impacto. Fatores promotores: credibilidade e reputação, filantropia e parcerias. Fatores suporte: liderança e envolvimento de membros da comunidade.

PALAVRAS-CHAVE

Escalabilidade; Inovação Social; Comunidade.

ABSTRACT

Bearing in mind the increased impact and great relevance of the “Voz das Comunidades” project – a community newspaper that gained greater prominence after the police invasion of Complexo do Alemão in 2010 –, this article aims to point out the factors that contributed for its scalability. For this purpose, the trajectory of the project and the results pointed out in the article “Scalability of social innovations: a meta-synthesis” were analyzed, to understand the common factors between the two. The analyzed article indicates factors that promote scalability and a proposal for the concept of “environment conducive to scalability”, based on the analysis of nine cases for Social Innovation. As a result of the analysis between the trajectory of the project and the results presented in the article, it was identified two categories with decisive factors for the community newspaper to increase its impact. Promoting factors: credibility and reputation, philanthropy, and partnerships. Support factors: leadership and involvement of community members.

KEYWORDS

Scalability; Social Innovation; Community.



RESUMEN

Teniendo en cuenta el mayor impacto y la gran relevancia del proyecto “Voz das Comunidades” –un periódico comunitario que ganó mayor destaque después de la invasión policial del Complexo do Alemão en 2010–, este artículo tiene como objetivo identificar y analizar los factores que contribuyeron a su escalabilidad. Para ello, se analizó el recorrido del proyecto y se señalaron los resultados en el artículo “Escalabilidad de las innovaciones sociales: una metasíntesis”, con el fin de comprender los factores comunes entre ambos. El artículo analizado indica factores que favorecen la escalabilidad y una propuesta del concepto de “entorno propicio para la escalabilidad”, a partir del análisis de nueve casos de Innovación Social. Como resultado del análisis entre la trayectoria del proyecto y los resultados presentados en el artículo, se identificaron dos categorías con factores determinantes para que el periódico comunitario incremente su impacto. Factores de promoción: credibilidad y reputación, filantropía y alianzas. Factores de apoyo: liderazgo y participación de los miembros de la comunidad.

PALABRAS CLAVE

Escalabilidad; innovación social; Comunidad.

1. INTRODUÇÃO

O jornal comunitário “Voz das Comunidades” é um dos casos mais emblemáticos de comunicação comunitária. Criado em 2005, iniciou como um jornal escolar no Morro do Adeus com o objetivo de dar luz aos problemas sociais da comunidade, contando com a colaboração dos moradores da região. O projeto ganhou maior destaque em 2010 com a invasão do Complexo do Alemão pela polícia militar do Rio de Janeiro. Desde então, o VOZ e seu fundador – Rene Silva dos Santos – ficaram conhecidos mundialmente, recebendo prêmios, participando de eventos e parcerias.

Tomando como ponto de partida esse ganho de escala, o objetivo principal do artigo é identificar e analisar os principais fatores que colaboraram para o aumento do impacto do projeto. Com este fim, observou-se o caso em questão desde sua criação. Em seguida, os resultados da pesquisa realizada pelos pesquisadores Rodrigo Luiz da Silva, Adriana Takahashi e Andrea Segatto no artigo: “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (2016)¹ foram analisados. Assim, identificou-se quais fatores possibilitaram e facilitaram o ganho de escala no caso para Inovação Social: Voz das Comunidades.

A fim de conceituar o caso do Complexo do Alemão como um caso para Inovação Social, foram tomadas duas definições como ponto de partida: “atendimento a uma necessidade social” (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010)² e “processo que ocasiona em mudança social” (CAJAIBA-SANTANA, 2014)³. Com o ganho de escala, entende-se que o caso expandiu da primeira para a segunda definição.

Este artigo torna-se relevante uma vez que as publicações sobre escalabilidade de Inovações Sociais ainda são escassas – principalmente em pesquisas nacionais. A falta de material científico nesse campo dificulta o entendimento de como os casos para Inovação Social podem aumentar ainda mais seu impacto. Além disso, com o aumento de estudos na área, torna-se possível entender como casos bem-sucedidos alcançaram um maior impacto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Inovação social

A Inovação Social pode ser definida de diversas formas, por ainda ser um campo emergente de muito debate e pouco consenso. A falta de uma definição única pode ser

entendida como consequência, em parte, da influência do contexto social, cultural, político e econômico em que a Inovação Social ocorre. Tendo em vista essa diversidade, este artigo aborda apenas duas definições. A fim de voltar o olhar para o projeto “Voz das Comunidades”, as definições escolhidas são suficientes para enquadrá-lo como um caso para Inovação Social dentro de dois contextos em que se encontrou: antes e depois do ganho de escala.

No livro “The open book of social innovation”, Murray, Caulier-Grice e Mulgan (2010)² definem Inovação Social como ideias que atendem a necessidades sociais e, simultaneamente, criam relacionamentos e redes de colaboração. Para os autores, essas inovações são boas para a sociedade, uma vez que potencializam sua capacidade de ação. Nesta definição, Inovação Social se refere a atividades e serviços inovadores motivados pelo objetivo de resolver um problema ou necessidade social (MULGAN, 2006)⁴.

A segunda definição usada neste artigo está voltada para o processo de transformação e mudança social, contrária à ideia de Inovação Social simplesmente como “um instrumento normativo, utilizado para resolver os problemas sociais por meio da criação de novos serviços ou novos produtos” (CAJAIBA-SANTANA, 2014)³. Nesse sentido, a mudança promovida por uma Inovação Social é considerada profunda ao passo que ocorre de baixo para cima (bottom-up), altera a rotina e o sistema social no qual a inovação acontece (WESTLEY et al., 2014)⁵.

2.2. Escalabilidade e inovação social – scaling up e scaling deep

O ganho de escala não é apenas sobre o crescimento de uma organização, mas sobre o aumento do impacto do caso para Inovação Social. Esse processo acontece, por exemplo, quando iniciativas iniciam a nível local e desenvolvem suas estratégias de replicação, criam conexões, ganham experiência e reputação. Apesar de possuírem capacidade de alcançar o nível de mudança sistêmica, nem toda Inovação Social possui potencial para expansão (WESTLEY et al., 2014)⁵.

O processo de escalabilidade pode ocorrer de diversas formas. Silva, Takahashi e Sagatto (2016)¹ descrevem duas tipologias para escalar inovações sociais: Scaling Up e Scaling Deep. A primeira, mais utilizada para escalar casos para Inovação Social (MOORE; RIDDELL; VOCISANO, 2015)⁶, ocorre quando a iniciativa pode ser replicada em diferentes locais geográficos e comunidades, com o objetivo de aumentar seu impacto alcançando um maior

número de pessoas (RIDDELL; MOORE, 2015)7.

A segunda – *scaling deep* – é a expansão de uma Inovação Social que objetiva a criação de um valor social em seu local de origem, melhorando o serviço oferecido ou aumentando o número de opções à disposição da população (BOLZAN; BITENCOURT; MARTINS, 2019)8. Moore, Riddell e Vocisano (2015)6 apontam mudanças nas crenças culturais, significados e práticas das pessoas, além da alteração na qualidade de seus relacionamentos.

3. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto, o caso “Voz nas Comunidades” foi analisado por meio de fontes primárias de pesquisa como palestras, entrevistas e publicações originais do fundador, que contam a história completa, desde sua criação, sem interferência e análise de outros meios. Além disso, também foram utilizados artigos que analisam o projeto como caso emblemático no jornalismo cidadão (FLOR, 2019)9 e potencializador de redes de mobilização para mudança social (OLIVEIRA, 2022)10. O terceiro meio de coleta de informações foram as diversas notícias na mídia nacional e internacional sobre a invasão da polícia militar no Complexo do Alemão em 2010, que tornou o projeto mundialmente conhecido.

Após entendimento do caso, o segundo passo foi analisar o artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016)1. O artigo tem como objetivo indicar fatores promotores de escalabilidade em casos para Inovação Social. Nesta etapa, foram identificados os fatores em comum à promoção de escalabilidade social no Voz das Comunidades e na pesquisa desenvolvida pelos autores. Desse modo, tornou-se possível entender – de modo tangível – como ocorreu o ganho de escala no projeto.

4. RESULTADOS

A partir da análise do caso para Inovação Social: “Voz das Comunidades” e do artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese”, pôde-se identificar – sob o ponto de vista dos autores – os fatores que contribuíram para a escalabilidade do caso. A seguir, foram feitas as análises do projeto – a fim de entender seu percurso e como ocorreu seu ganho de escala – e do artigo – com o objetivo de identificar os fatores que os autores apontaram como principais para a ambientação ideal na expansão de uma Inovação Social. Nesta última, foram destacados aqueles que também apareceram no percurso do VOZ.

4.1. Análise do caso

De acordo com o site do Voz das Comunidades (2022)11, o projeto de Rene Silva dos Santos – na época com 11 anos de idade – iniciou como um jornal escolar em 2005, cujo objetivo era ajudar a resolver os problemas sociais no Morro do Adeus, uma das 13 favelas que formam o Complexo do Alemão. Na palestra “Dando voz à comunidade” (2016)12 realizada para o Tedx Talks, o fundador do projeto conta que se incomodava em como a comunidade era representada na grande mídia (de forma sempre negativa, apenas com imagens de violência) e não se reconhecia na imagem retratada. Silva (2016)12 conta que, diante deste cenário, buscou uma maneira de mudar o modo da comunidade ser vista. Alinhado ao seu desejo transformador, viu a oportunidade de entrar para o jornal da escola e fundou, junto do irmão e mais alguns colegas, o jornal comunitário: Voz das Comunidades (VOZ).

A ideia inicial do veículo de comunicação era mostrar que a comunidade possui outros problemas sociais – para além de tiroteio e violência – como saneamento básico precário, falta de infraestrutura, energia e água. Segundo Rene (2016)12, esses tópicos eram apagados pela grande mídia, assim como iniciativas, projetos sociais e empreendimentos que ocorriam no Complexo. Dando luz aos problemas, Silva esperava que fossem resolvidos de modo mais eficaz pelos órgãos públicos (SILVA, 2016) 12.

Em sua fala sobre “A importância da comunicação comunitária” também para o Tedx Talk (2019)13, o fundador conta que no início o jornal possuía apenas 100 exemplares físicos. Feitas em folha de papel A4 dobrada, as xerox contavam com ajuda de comerciantes locais e eram distribuídas gratuitamente aos moradores, dentro das comunidades. O jornal foi crescendo aos poucos, cada vez mais crianças se juntavam para ajudar Rene que na época possuía 11 anos (SILVA, 2019)13. Apesar da incredibilidade por serem novos, os alunos se esforçavam para ganhar a confiança do público mostrando resultados: os problemas da comunidade começaram a ser resolvidos com mais rapidez pelas secretarias. Silva (2019) 13 exemplifica com o caso do esgoto a céu aberto que demorava cerca de seis a sete meses para ser resolvido e, com o jornal, o poder público passou a tomar providências em poucas semanas.

Segundo a jornalista Cinthya Oliveira (2022)10, embora o veículo estivesse crescendo de modo gradual dentro da comunidade, seu crescimento se tornou expressivo e reconhecido nacional e internacionalmente em 2010 (cinco anos após seu lançamento) com a invasão da Polícia Militar no Complexo do Alemão. Em entrevista ao El País

(BETIM, 2015)¹⁵, Rene conta que narrou o evento em tempo real nas redes sociais do VOZ, principalmente no Twitter. Oliveira (2022)¹⁰ complementa que grandes veículos de comunicação ficaram sem acesso a certos locais de confronto, assim, passaram a referenciar as publicações do jornal comunitário. O Voz das Comunidades passou, então, a ser o único veículo a fornecer informações em tempo real do que acontecia durante uma das maiores ações já realizadas contra o tráfico (FLOR, 2019)⁹.

Com o crescimento do jornal nas redes sociais e o ganho de visibilidade, a equipe expandiu e os produtos midiáticos se multiplicaram, principalmente com o suporte das plataformas (OLIVEIRA, 2022)¹⁰. Em 2013, Rene foi convidado pelo consulado americano para criar, em parceria, um projeto de intercâmbio de jornalismo comunitário; em 2014, participou de uma campanha publicitária da Unilever gravada na Índia; em 2015, entrou para a lista da revista ‘Forbes’ como um dos 30 jovens brasileiros influentes abaixo de 30 anos; foi citado pelo ‘The Guardian’ como um dos 6 jovens que devem mudar o mundo; palestrou na Universidade de Harvard; conheceu a Escola da ONU nos Estados Unidos; entre outros eventos e prêmios que recebeu (SILVA, 2016)¹².

Em 2015, o jornal impresso bimestral já possuía distribuição de 10.000 exemplares e o digital alcançava a marca de um milhão de visitas na internet (com picos de três milhões de acessos em dias específicos) (BETIM, 2015)¹⁵. A internet já mostrava seu alcance e participação essencial no crescimento do projeto. No mesmo ano, o VOZ se tornou uma Organização Não Governamental (ONG), com times de responsabilidade social e jornalismo (SCHMIDT, 2021)¹⁶. Em 2017, 12 anos após a fundação, a equipe contava com 12 pessoas e a distribuição gratuita da versão impressa foi expandida para as favelas da Kelson, do Borel, Formiga, Cantagalo, Pavão/Pavãozinho, Cidade de Deus, Fumacê, Vila Kennedy, da Penha e outras do Complexo do Alemão (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017)¹⁷.

Em maio de 2020, durante a pandemia de Covid-19, o jornal lançou um aplicativo financiado pelo consulado americano no Rio de Janeiro, com objetivo de combater a desinformação e minimizar os impactos da pandemia (COMUNICAÇÃO COMUNITÁRIA, 2020)¹⁸. Em 2022, o Voz das Comunidades passou a atuar com um aplicativo próprio que disponibiliza conta personalizada, participação e votação em concursos (como o “Garoto e Garota da Favela”), enquetes e colaboração em pesquisas (FREITAS, 2022)¹⁹. No mesmo ano, realizou uma roda de conversa sobre igualdade de gênero e raça no Complexo do Alemão junto da Organização das Nações Unidas (ONU)

(DIREITOS HUMANOS, 2022)²⁰.

Segundo a declaração de Maria Carolina Morganti, chefe de redação do projeto, à revista Veja (2017)¹⁷, a comunicação online do VOZ começou a expandir em 2017. O uso da internet e das novas tecnologias potencializou o alcance do trabalho realizado pelo jornal comunitário (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017)¹⁷. O perfil no Twitter possui hoje mais de 433 mil seguidores e mais de 174 mil no Instagram. Grupos de WhatsApp também foram criados para que moradores e colaboradores de outras comunidades trocassem informações. Dessa forma, os moradores e correspondentes do jornal conseguiriam se manter conectados e atualizados de forma coletiva e colaborativa. Além da interação entre comunidades, o jornal também faz a ponte entre comunidade e órgão público, cobrando e fiscalizando a melhoria de serviços (VOZ DAS COMUNIDADES, 2017)¹⁷.

Os participantes do projeto enfatizam o papel social que a ONG desempenha hoje dentro dos territórios. Em matéria ao Voz das Comunidades (COSTA, 2022)²², a coordenadora da equipe de Responsabilidade Social conta que

É um jornal que mostra realmente que as comunidades não são o que a grande mídia passa. Favela não é só confronto e guerras. O Voz mostra que existem moradores extraordinários e pessoas com futuros extraordinários. Esse é o papel do Voz das Comunidades: mostrar realmente quem nós somos. (COSTA, 2022)

A expansão ocasionada pelo boom de 2010 e, por consequência, pelas redes sociais, permitiu que o jornal ganhasse espaço nas mídias tradicionais e alcançasse outros territórios. Hoje, algumas matérias são feitas e reproduzidas por repórteres do Voz das Comunidades em parceria com a Rede Globo (NASCIMENTO; GUIMARÃES, 2023)²³ – por exemplo. Dessa forma, pode-se dizer que o desejo inicial de Rene Silva – de mostrar que a comunidade possui outros problemas sociais para além de tiroteio e violência – pode estar se encaminhando para um horizonte otimista ao conseguir retratar a favela na grande mídia, sob os olhos da favela. Graças a movimentos como o Voz das Comunidades, a periferia vem ganhando espaço em ambientes antes negados, como a COP 27 (COSTA, 2022)²². Segundo Rene, “hoje o jornal faz um trabalho de comunicação comunitária de empoderamento. O principal objetivo é contribuir com a mudança e dar voz à comunidade.” (SILVA, 2016)¹².

4.2. Análise do artigo e fatores promotores do caso “Voz das Comunidades”

O artigo “Escalabilidade de inovações sociais: uma meta-síntese” (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016)¹ possuiu como objetivo analisar como características levantadas em estudos de caso em Inovação Social, indicam fatores promotores de escalabilidade. Para Silva, Takahashi e Segatto (2016)¹, o processo de Inovação Social possui três fases: (1) diagnóstico de um problema e proposição de soluções inovadoras; (2) desenvolvimento e (3) expansão.

A terceira etapa é classificada como a expansão das operações para além das dimensões locais. No artigo, os autores apontam que a escalabilidade de um caso para Inovação Social ocorre quando um projeto inicia seus esforços à nível local e atinge um nível satisfatório de desempenho (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016)¹. Com o tempo, desenvolve estratégias de replicação, cria redes, desenvolve conhecimento, ganha experiência e reputação. Assim, pode ser implementado em maior escala para proporcionar maior geração de valor social, podendo atingir uma mudança à nível sistêmico (SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016)¹.

Baseados na metodologia de meta-síntese, os autores analisaram nove artigos da base de dados Web of Science sobre ganho de escala em casos para Inovação Social. Após análise individual de cada artigo, exploraram os insights gerados acerca das características que proporcionariam a ampliação de uma Inovação Social. Como resultado, foram desenvolvidas redes causais para cada caso, a fim de visualizar padrões que se repetiam. Com o cruzamento das redes, criou-se uma rede meta-causal (Figura 1) que consolida as principais características de um ambiente propício à expansão de uma Inovação Social. A análise revelou a existência de dois ambientes: um interno e um externo aos projetos. A partir desses elementos, foi possível identificar quais fatores contribuíram para o ganho de escala no caso “Voz das Comunidades” (Figura 2).

4.2.1. Fatores promotores da escalabilidade no projeto “Voz das Comunidades”

A partir da Figura 2, é possível observar os fatores apontados como promotores da escalabilidade no Voz das Comunidades. Abaixo, no Quadro 1, foram detalhadas as definições de cada fator no artigo e sua correlação com o caso analisado.

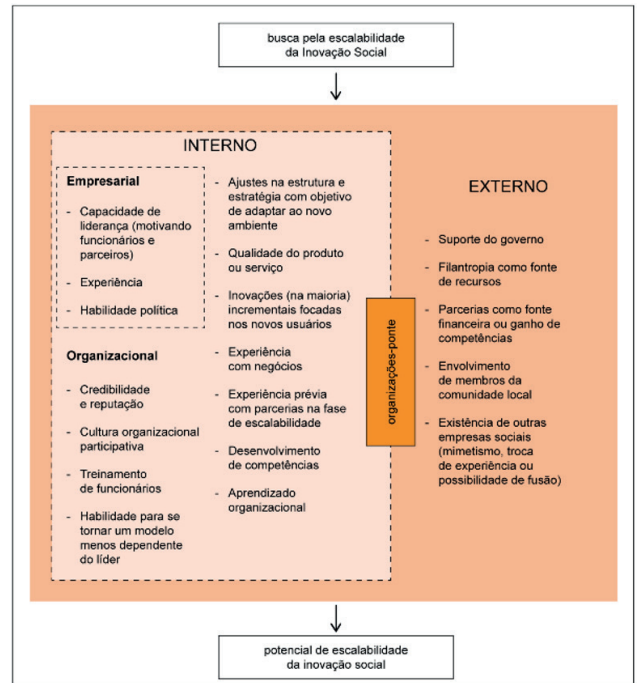


Figura 1: Fatores promotores da escalabilidade.
 Fonte: SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016.

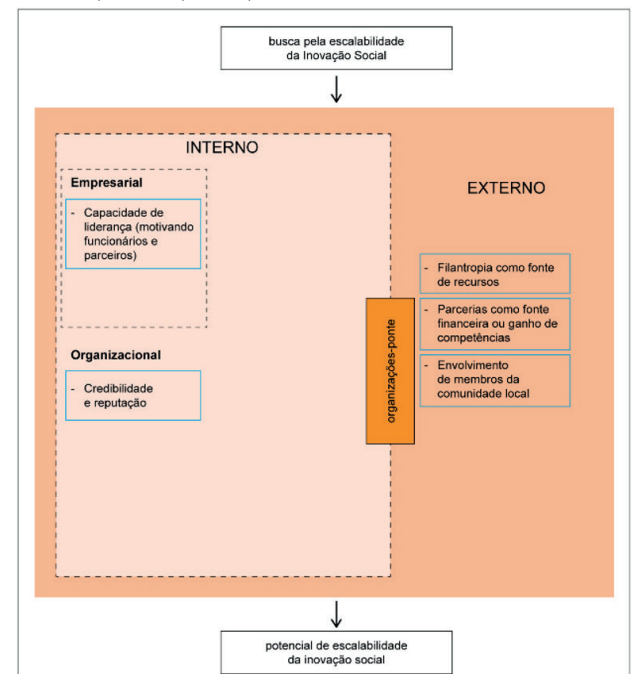


Figura 2: Fatores promotores da escalabilidade no projeto “Voz das Comunidades”.
 Fonte: SILVA; TAKAHASHI; SEGATTO, 2016, adaptado pelos autores.

| Fator | Definição no artigo | Relação com o Voz |
|---------------------------|---|--|
| Liderança | Engajamento de funcionários e parceiros para implementação de atividade social. | Capacidade de Rene em mobilizar a comunidade desde o início do projeto – quando ainda criança. Também se manteve como principal referência e “rosto” do projeto. |
| Credibilidade e reputação | Meio de obtenção de apoio na captação de recursos ou troca de experiências com parceiros. | Episódio da ocupação do Complexo do Alemão que possibilitou que Rene Silva ganhasse visibilidade como figura pública mundialmente reconhecida, respeitada e influente. Junto ao seu nome, o VOZ que obteve um crescimento exponencial. Desse modo, novas oportunidades de apoio e captação de recursos surgiram. |
| Filantropia | Forma de angariação de fundos. | Construção e doação da sede da redação do Voz das Comunidades, financiado pelo Luciano Huck (2011 a 2013). Em seguida, a sede da redação se mudou para um edifício de dois andares com aluguel de dois meses pago pela Coca-Cola (2015). |

| Fator | Definição no artigo | Relação com o Voz |
|----------------------------------|--|---|
| Parceria | Forma de angariação de fundos, aquisição de novas competências e acesso a novas tecnologias. | Em 2011, o VOZ firmou uma parceria com a Rádio Globo no programa “Boa Tarde, Globo”. Além disso, o jornal comunitário produz matérias que são transmitidas pela Rede Globo. Essa parceria, permite o desenvolvimento na área de atuação dos integrantes do jornal e acesso a novas tecnologias. |
| Envolvimento da comunidade local | Forma de criação de valor social por meio da geração de empregos. | A mobilização da comunidade local é um dos elementos principais para o funcionamento do projeto. Sem a troca de informações nos grupos, não há notícia. Para além do envolvimento informal da comunidade, os atores formais (redatores, jornalistas, editores, etc.) que trabalham no jornal, também são moradores da região e compõe a comunidade local. Esse envolvimento contribui para o crescimento do projeto e, consequentemente, geração de empregos no jornal. |

Quadro 1: Análise dos fatores contribuintes para escalabilidade no projeto.

Fonte: Autores.

5. DISCUSSÕES

As características identificadas na pesquisa de Silva, Takahashi e Sagatto (2016)¹, apontaram que diversos fatores estão relacionados ao aumento do impacto de uma Inovação Social. A partir da análise do histórico do projeto, pode-se observar que após a invasão do Complexo do Alemão pela Polícia Militar, o “Voz das Comunidades” ganhou maior visibilidade em diversos níveis. Do mesmo modo, alguns fatores listados (Quadro 1) como Credibilidade e reputação, Filantropia e Parceria, foram fortalecidos devido ao episódio de 2010.

Apesar de Rene Silva possuir uma imagem respeitada e consolidada dentro da comunidade, suas fronteiras e as do projeto expandiram após o episódio, ganhando maior reputação e permitindo que o jornal ganhasse espaço nas mídias tradicionais e alcançasse outros territórios. Novas formas de angariação de fundos e investimentos em tecnologia e desenvolvimento também foram possíveis a partir da percepção da potência do projeto e de seus integrantes.

Apesar do ganho de visibilidade ter promovido fortalecimentos, se fez necessário um ambiente prévio fortalecido que possibilitasse que o projeto sustentasse os bons frutos da grande exposição ocasionada pelo episódio. Sem um ambiente sólido para o aumento do impacto que o projeto iria ocasionar, o ganho de visibilidade seria em vão. Pode-se concluir, portanto, que antes do projeto começar a expandir por meio dos fatores apontados, foi necessário um ambiente que possuísse um forte envolvimento da comunidade local e a consolidação da imagem do projeto entorno da figura do líder.

Desse modo, a partir da análise dos fatores observados (Quadro 1) é possível observar duas categorias: dos fatores que irão proporcionar o aumento do impacto e dos que irão sustentá-lo. O primeiro, pode ser entendido como aquele que possui características que irão possibilitar novas oportunidades de ampliação, para que o projeto

auge seu impacto. Nesse caso, por exemplo, o Voz das Comunidades estabeleceu parcerias com instituições privadas. Essas parcerias permitiram o aperfeiçoamento da equipe, a realização de networking e uma maior visibilidade para futuras replicações do projeto.

O segundo, pode ser entendido como aquele que possui as características que irão sustentar as variações do projeto, possibilitando que o aumento do impacto se sustente e evitando que retroceda ao patamar anterior. Nesse caso, por exemplo, o Voz das Comunidades possui um forte envolvimento da comunidade local. Essa atuação colaborativa se consolidou de forma que permite a criação de um sentimento de pertencimento e o fortalecimento do projeto, de modo que torna maior o comprometimento dos integrantes e da comunidade com o jornal.

Desse modo, os fatores Liderança e Envolvimento da comunidade local são elementos estruturantes do projeto e tornaram o ambiente fortalecido à expansão da Inovação Social. Logo, é possível afirmar que não foi, por si só, a invasão do Complexo do Alemão que causou a expansão do projeto. O evento de 2010 – apesar de mais emblemático – foi um dos fatores contribuintes para a escalabilidade do Voz das Comunidades, mas não o único. Sem o fator de “envolvimento da comunidade local”, por exemplo, o projeto não possuiria recursos para manter seu impacto ao nível que possui hoje.

O ambiente como um todo, portanto, possibilitou que o caso fosse replicado em diferentes comunidades, impactando um maior número de pessoas (scaling up). Em paralelo, o caso se encaminhou também para a criação de um valor social no local de origem (scaling deep), mudando a prática das pessoas no dia a dia ao criar uma rede de colaboração para denunciar notícias – por exemplo. Além disso, como apontado, o objetivo inicial do projeto era resolver problemas sociais (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010)². Ao iniciar o projeto, o Voz havia sido criado para dar luz aos problemas sociais da comunidade e pressionar os órgãos públicos.

Entretanto, com o crescimento do projeto, sua definição se expandiu como um projeto que traz contribuições para uma mudança social (CAJAIBA-SANTANA, 2014)³ e sistêmica, uma vez que faz uso estratégico de tecnologias de comunicação que possibilitam mecanismos de reflexão, ação e mobilização de pessoas com intuito de viabilizar mudanças sociais efetivas nas sociedades. Rene afirma que, hoje, o principal objetivo do jornal é contribuir com a mudança social e dar voz à comunidade, por meio da comunicação comunitária de empoderamento

(SILVA, 2016)12.

Por fim, cabe ressaltar que dentro dos fatores mapeados pelos pesquisadores na rede meta-causal, ainda existem diversos agentes inexplorados pelo Voz das Comunidades que podem colaborar para que o projeto aumente seu impacto ainda mais. Fatores como: capacidade de organização sem a dependência do líder, suporte governamental, troca com outras iniciativas sociais de mesmo propósito, entre outros. Dessa forma, o ambiente se tornaria mais propício para crescer ainda mais. Apesar da forte liderança ter sido um fator contribuinte para a escalabilidade, a capacidade da organização desempenhar suas atividades sem o líder e ser reconhecida sem estar totalmente atrelada a uma imagem específica, também podem ser muito benéficas.

6. CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo identificar e analisar os fatores que colaboraram para o aumento do impacto do caso para Inovação Social “Voz das Comunidades”. A partir do conceito de ambiente propício à escalabilidade de uma Inovação Social proposto por Silva, Takahashi e Sagatto (2016)¹, pode-se observar o que contribui para a construção de um ambiente favorável à expansão de projetos. Desse modo, a partir da análise do histórico do caso para Inovação Social e comparação com a rede meta-causal desenvolvida pelos autores, foi possível identificar que os fatores podem ser divididos entre os que irão proporcionar o aumento do impacto e os que irão sustentá-lo. Fatores promotores: credibilidade e reputação, filantropia e parcerias. Fatores suporte: liderança e envolvimento de membros da comunidade.

Apesar dos fatores apontados como responsáveis pela escalabilidade do caso, ainda há outros inexplorados que podem colaborar para que o projeto cresça ainda mais. Deste modo, como desdobramento, torna-se possível uma pesquisa que aponte possíveis caminhos de expansão, observando os agentes da rede meta-causal ainda inexplorados pelo Voz das Comunidades. Essa pesquisa pode ser realizada de modo conjunto aos integrantes do projeto, analisando as possibilidades reais e estratégias de atuação.

Outro ponto a ser observado, é a que a presente pesquisa foi realizada sob contexto do caso “Voz das Comunidades”. Os fatores analisados dizem respeito ao projeto específico. Cada caso terá suas especificidades e características, não podendo ter os resultados dessa pesquisa simplesmente replicados fora deste contexto de

atuação. Entretanto, os resultados aqui encontrados podem servir de base comparativa para pesquisas e análises do ganho de escala em outros projetos, possibilitando que mais casos de Inovação Social aumentem ainda mais seus impactos.

REFERÊNCIAS

SILVA, Rodrigo Luiz Morais da; TAKAHASHI, Adriana Roseli Wünsch; SEGATTO, Andrea Paula. Scaling up social innovation: a meta-synthesis. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ram/a/cXYVrXNhcYw6H8VGV-LHbSHQ/?lang=en>. Acesso em: 4 dez. 2022.

MURRAY, Robin; CAULIER-GRICE, Julie; MULGAN, Geoff. The process of social innovation. In: **The Open Book of Social Innovation**. [S. l.: s. n.], 2010.

CAJAIBA-SANTANA, Giovany. Social innovation: Moving the field forward. A conceptual framework. *Technological Forecasting and Social Change*, [s. l.], 2014.

MULGAN, Geoff. The process of social innovation. **Innovations: Technology, Governance, Globalization**, [s. l.], 2006.

WESTLEY, Frances; ANTADZE, Nino; RIDDELL, Darcy J.; ROBINSON, Kirsten; GEOBEY, Sean. Five Configurations for Scaling Up Social Innovation: Case Examples of Nonprofit Organizations From Canada. **The Journal of Applied Behavioral Science**, [s. l.], 2014. Disponível em: https://uwaterloo.ca/waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/sites/ca.waterloo-institute-for-social-innovation-and-resilience/files/uploads/files/5_configurations.pdf. Acesso em: 5 dez. 2022.

MOORE, Michele-Lee; RIDDELL, Darcy; VOCISANO, Dana. Scaling Out, Scaling Up, Scaling Deep: Strategies of Non-profits in Advancing Systemic Social Innovation. **The Journal of Corporate Citizenship**, [s. l.], 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298971574_Scaling_Out_Scaling_Up_Scaling_Deep_Strategies_of_Non-profits_in_Advancing_Systemic_Social_Innovation. Acesso em: 4 dez. 2022.

RIDDELL, Darcy; MOORE, Michele-Lee. Scaling Up, Out, Deep. In: **Living Guide to Social Innovation Labs**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://mars-solutions-lab.gitbook>.

io/living-guide-to-social-innovation-labs/doing/scaling/scaling-up-out-deep. Acesso em: 5 dez. 2022.

BOLZAN, Larissa Medianeira; BITENCOURT, Claudia Cristina; MARTINS, Bibiana Volkmer. Exploring the scalability process of social innovation. **Emerald insight**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/INMR-05-2018-0029/full/pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.

FLOR, Amanda. **Voz das Comunidades**: um exemplo de como o jornalismo cidadão de base comunitária pode impactar a vida do jovem comunicador popular. 2019. Monografia (Bacharelado em Jornalismo) - Faculdades Integradas Hélio Alonso, [S. l.], 2019.

OLIVEIRA, Cinthya. VOZ que ecoa: narrativas e redes de mobilização para mudança social. **Associação dos Magistrados do Estado do Rio de Janeiro (AMAERJ)**, [s. l.], 20 out. 2022. Disponível em: <https://www2.amaerj.org.br/premio/noticias/conheca-os-finalistas-do-11o-premio-amaerj-patricia-acioli-de-direitos-humanos/>. Acesso em: 2 jan. 2023.

VOZ DAS COMUNIDADES. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/nossa-historia-2/#>. Acesso em: 2 jan. 2023.

SILVA, Rene. Dando voz à comunidade. **TEDx Talks**, 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=A56feDb1UF4>. Acesso em: 4 jan. 2023.

SILVA, Rene. A importância da comunicação comunitária. **TEDx Talks**, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0RY7ZxGqchA>. Acesso em: 4 jan. 2023.

BETIM, Felipe. A voz da comunidade que corre o Rio. **El País**, [S. l.], 4 abr. 2015. Disponível em: https://brasil.el-pais.com/brasil/2015/04/05/politica/1428194084_073598.html. Acesso em: 5 jan. 2023.

SCHMIDT, Selma. Jornal 'Voz da comunidade' completa 16 anos com tiragem 150 vezes maior. **O Globo**, [S. l.], 13 ago. 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/jornal-voz-da-comunidade-completa-16-anos-com-tiragem-150-vezes-maior-conseguimos-virar-referencia-diz-rene-silva-1-25153380/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

VOZ DAS COMUNIDADES: da favela para o mundo.

Veja Rio, [S. l.], 6 nov. 2017. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br/cidade/voz-das-comunidades-da-favela-para-o-mundo/>. Acesso em: 5 jan. 2023.

COMUNICAÇÃO COMUNITÁRIA. **Voz das Comunidades e sua trajetória de engajamento social**, [s. l.], 4 dez. 2020. Disponível em: <http://www.comcom.fac.unb.br/referencias/estudo-de-caso/153-voz-das-comunidades-e-sua-trajetoria-de-engajamento-social.html>. Acesso em: 4 jan. 2023.

FREITAS, Ariel. De “cara nova”, aplicativo do Voz das Comunidades oferece interatividade maior com o morador. **Voz das Comunidades**, [S. l.], 5 jul. 2022. Disponível em: <https://www.vozdascomunidades.com.br/geral/de-cara-nova-aplicativo-do-voz-das-comunidades-oferece-interatividade-maior-com-o-morador/>. Acesso em: 4 jan. 2023.

DIREITOS HUMANOS: ONU realiza roda de conversa sobre gênero e raça no Complexo do Alemão. **ONU**, [S. l.], 8 dez. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/210691-direitos-humanos-onu-realiza-roda-de-conversa-sobre-genero-e-raca-no-complexo-do-alemao>. Acesso em: 4 jan. 2023.

COSTA, Rafael. Com diversas conquistas e novos desafios, Voz das Comunidades completa 17 anos. **Voz das Comunidades**, [S. l.], 15 ago. 2022. Acesso em: 4 jan. 2023.

NASCIMENTO, Alana; GUIMARÃES, Matheus. VOZ das Comunidades conta a história da Tia Bete no RJTV – GLOBO. **Voz das Comunidades**, 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZOxRzejFHZQ>. Acesso em: 4 jan. 2023.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

ALBRECHT, Leticia Martins Alves; CIPOLLA, Carla Martins. “Voz das comunidades”: Identificação e análise dos fatores que permitiram seu ganho de escala. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 27-39, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.65-74>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

LMAA: conceituação, metodologia, visualização e escrita (rascunho, revisão e edição)

CMC: supervisão e validação

Declaração de conflito: nada foi declarado.

WETLANDS CONSTRUÍDOS COMO SUMIDOUROS DE CARBONO OU COMO FONTES DE EMISSÃO – UMA REVISÃO

CONSTRUCTED WETLANDS AS CARBON SINKS OR EMISSION SOURCES – A REVIEW

HUMEDALES CONSTRUIDOS COMO SUMIDEROS DE CARBONO O COMO FUENTES DE EMISIÓN - UNA REVISIÓN

GABRIELA OLIVEIRA VALENÇA | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

PAULO BELLI FILHO, Dr. | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

DAYANE DALL'AGO CONEJO E SILVA | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

RODRIGO DE ALMEIDA MOHEDANO, Dr. | UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

RESUMO

Diante do cenário de aquecimento global, diversas pesquisas sobre remoção de carbono como forma de mitigar os efeitos das mudanças climáticas vêm sendo realizadas. O uso de wetlands construídos (WC) para tratamento de águas residuais é conhecido, entretanto a quantidade de estudos sobre o sequestro de carbono desse sistema ainda é limitada. Dessa forma, a revisão sistemática e de literatura teve como objetivo expor as características dos wetlands construídos em relação às emissões de Gases do Efeito Estufa. As bases utilizadas foram Scopus, Springer e Google Scholar e os termos selecionados estavam relacionados aos wetlands construídos e aos gases. Concluiu-se que o wetland construído subsuperficial horizontal tem o potencial de se tornar sumidouro de carbono, por conta do carbono retido nas plantas, e pode emitir menos N₂O que o WC de fluxo vertical; quanto à emissão de CH₄ é importante conhecer a espécie de planta adotada e o tipo de WC por conta da influência nas emissões de metano.

PALAVRAS-CHAVE

Wetland construído; gases do efeito estufa; mudanças climáticas.

ABSTRACT

In the face of global warming, research on carbon removal to mitigate the effects of climate change has been carried out. The use of constructed wetlands for wastewater treatment is known, however the quantity of studies about carbon sequestration of this system is still limited. Thus, the systematic and literature review aimed to expose the characteristics of constructed wetlands in relation to greenhouse gas emissions. The bases used were Scopus, Springer and Google Scholar and the selected terms were related to constructed wetlands and GHG. It was concluded that the horizontal subsurface flow CWs has the potential to become a carbon sink, due to the carbon retained in the plants, and may emit less N₂O than the vertical subsurface flow CW; about the emission of CH₄, it is important to know the species of plant adopted and the type of CW due to its influence on methane emissions.

KEYWORDS

Constructed wetland; greenhouse gases; climate change.



RESUMEN

Ante el escenario de calentamiento global, se han llevado a cabo varias investigaciones sobre la eliminación de carbono como forma de mitigar los efectos del cambio climático. El uso de humedales construídos para el tratamiento de aguas residuales es conocido, sin embargo la cantidad de estudios sobre el secuestro de carbono de este sistema es aún limitada. Por ello, la revisión sistemática y bibliográfica pretendía exponer las características de los humedales construídos en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero. Las bases de datos utilizadas fueron Scopus, Springer y Google Scholar y los términos seleccionados estaban relacionados con humedales construídos y gases. Se concluyó que el humedal construído subsuperficial horizontal tiene el potencial de convertirse en un sumidero de carbono, debido al carbono retenido en las plantas, y puede emitir menos N₂O que el WC de flujo vertical; en cuanto a la emisión de CH₄, es importante conocer las especies de plantas adoptadas y el tipo de WC por su influencia en las emisiones de metano.

PALABRAS CLAVE

Humedal construído; gases de efecto invernadero; cambio climático

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CH₄: Metano

CO₂: Dióxido de Carbono

GEE: Gases do Efeito Estufa

GESAD: Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

N₂O: Óxido Nitroso

WC: Wetlands construídos

WCVD: Wetland construído de fluxo vertical descendente

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas vêm causando danos substanciais. De acordo com o Comunicado de Imprensa, de 28 de fevereiro de 2022, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC), o aumento das ondas de calor, secas e inundações já estão excedendo a tolerância de plantas e animais, levando à alta mortalidade de espécies como árvores e corais. Esses extremos climáticos estão ocorrendo simultaneamente, o que faz com que os impactos em cascata sejam cada vez mais difíceis de gerenciar. Esses impactos expõem milhões de pessoas à insegurança alimentar e hídrica, especialmente na África, Ásia, América Central e do Sul, em pequenas ilhas e no Ártico (IPCC, 2022).

Antes da Revolução Industrial, o clima da Terra mudava devido a causas naturais não relacionadas à atividade humana e as concentrações atmosféricas de Gases do Efeito Estufa (GEE) se mantinham relativamente constantes (IPCC, 2001; RIEBEEK, 2010). Desde 1750, os aumentos nas concentrações de CO₂ (47%), CH₄ (156%) e N₂O (23%) excedem em muito as mudanças naturais multimilenares entre os períodos glacial e interglacial ao longo dos últimos 800.000 anos. Em 2019, as concentrações atmosféricas de CO₂ foram maiores do que em qualquer época em pelo menos 2 milhões de anos, e as concentrações de CH₄ e N₂O foram maiores do que em qualquer época em pelo menos 800.000 anos. (IPCC, 2021).

A concentração atmosférica de CO₂ aumentou principalmente pelas combustões de combustíveis fósseis que ocorreram ativamente desde o século XX. Além disso, a mudança de uso da terra que inclui o desmatamento, a queima de biomassa, bem como a conversão de florestas naturais em terras agrícolas, contribuiu não só para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, mas também para o aumento de outros gases de efeito estufa (GEE) como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (ROSLI et al., 2017).

Em 2019 a concentração de óxido nitroso (N₂O) atingiu uma média anual de 332 ppb. (IPCC, 2021). As emissões naturais de óxido nitroso (N₂O) são causadas principalmente por atividades microbianas em solos e oceanos, porém, o aumento das emissões desde a era pré-industrial se deu por conta das atividades humanas (KROEZE, 1994). As estimativas são de que aproximadamente 40% das emissões totais de N₂O são antropogênicas, sendo as principais atividades de emissão a agricultura e mudanças no uso do solo (IPCC, 2007). A concentração de Metano

(CH₄) aumentou mais do que o dobro desde a era pré-industrial, alcançando o valor de 1866 ppb em 2019 (IPCC, 2021). As principais fontes naturais de CH₄ incluem pântanos, cupins e liberação de terra e fontes geológicas offshore (REAY; SMITH, VAN AMSTEL, 2010).

Diante desse cenário, muitas pesquisas vêm sendo realizadas para remoção de carbono da atmosfera como forma de mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Dentre as iniciativas está o aumento do uso de áreas úmidas, como por exemplo os pântanos (conhecidos em inglês como “natural wetlands”), pois essas áreas desempenham um papel importante no ciclo global do carbono, por serem sumidouros. Os cientistas têm conduzido investigações sobre o uso de zonas úmidas que armazenam carbono, desde que o conceito de sequestro de carbono em zonas úmidas foi revelado e aceito (ROSLI et al., 2017).

Já os wetlands construídos (WC) foram criados e adotados com sucesso para o tratamento de águas residuais desde 1980 (ROSLI et al., 2017). Estes sistemas reproduzem funções similares aos wetlands naturais, porém, a quantidade de pesquisas de como os wetlands construídos podem contribuir com o sequestro de carbono ainda é limitada. Assim, essa revisão objetiva expor características dos wetlands construídos, referências que discutam essa tecnologia baseada na natureza como sendo uma fonte emissora de carbono ou um sumidouro, e o contexto dos outros GEE envolvidos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa seguiu os princípios de uma revisão sistemática e de literatura (NAN et. al, 2020; LIU et al., 2019). Foi realizado um levantamento da literatura de publicações sobre wetlands e wetlands construídos nas bases Scopus (Elsevier), Springer e Google Scholar utilizando-se os termos ‘gases do efeito estufa’ em combinação com ‘wetlands’ ou ‘wetlands construídos’ e o termo ‘mudanças climáticas’ em combinação com os termos ‘wetlands’ ou ‘wetlands construídos’.

Foram selecionados os artigos originais, artigos de revisão, documentos governamentais, teses e dissertações que explicavam

- 1) o funcionamento dos wetlands construídos;
- 2) o fluxo dos gases e metodologias de medição;
- 3) o contexto dos GEE dos wetlands construídos e o aquecimento global GEE;
- 4) artigos que eram de revisão dos wetlands construídos em escala real ao redor do mundo.

Depois de eliminar trabalhos fora do escopo do estudo ou que eram monografias, trabalhos publicados em anais foram selecionados 18 artigos sobre o contexto dos GEE dos wetlands construídos e o aquecimento global, 16 do fluxo dos gases e metodologias de medição. Tendo esses artigos abordado também o funcionamento dos wetlands construídos e revisões dos wetlands construídos em escala real ao redor do mundo.

Posteriormente foram utilizados termos 'óxido nitroso', 'dióxido de carbono', 'metano', em combinação com 'wetland construído'. O foco dessa etapa foi buscar por referencial que explicasse o ciclo do carbono e as transformações do nitrogênio nos wetlands construídos. Foram selecionados 8 artigos para leitura nessa etapa.

Para além das bases de dados foram utilizados os materiais do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - para obter o panorama ao longo dos anos dos GEE -, e do Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado da UFSC (GESAD), para obter informações sobre os wetlands construídos da estação experimental.

3. FUNCIONAMENTO DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS

Os wetlands construídos são sistemas projetados e construídos para utilizar os processos naturais que envolvem a vegetação de uma zona úmida, solo e suas associações microbianas associadas para auxiliar no tratamento de águas residuais (VYMAZAL, 2007). Dessa forma, a tecnologia dos WC replica processos físicos, químicos e biológicos que acontecem na natureza, como a filtração dos sólidos em suspensão do esgoto pelo material filtrante; adsorção na superfície dos grãos do material filtrante; e, depuração da matéria orgânica pelos microrganismos e fitoextração pelas macrófitas (SEZERINO et al., 2018). O sistema de wetland construído - ou seja, uma zona úmida construída - foi adotado e aplicado com sucesso para o tratamento de purificação de águas residuais desde 1980, devido a sua facilidade operacional, baixo custo de construção e necessidade de pouca manutenção (ROSLI et al., 2017).

No sistema de wetland construído existem três principais elementos que atuam em conjunto para realizar a depuração dos esgotos sanitários a serem tratados: material filtrante, microrganismos e macrófitas. O material filtrante sustenta a vegetação, fornecendo à área superficial para a adesão dos micro-organismos, e está associado com os mecanismos físico-químicos de tratamento. O substrato influencia no tempo de detenção, superfícies de contato

dos micro-organismos com o efluente e na disponibilidade de oxigênio (CELIS, 2014). A permeabilidade deve permitir a filtração de sólidos suspensos presentes no esgoto sem que o sistema colmate rapidamente. O potencial reativo deve favorecer a adsorção de compostos inorgânicos presentes no esgoto, para que haja a retenção por atração química de alguns compostos sobre a superfície dos grãos do material filtrante (SEZERINO et al., 2018).

O material filtrante é responsável por propiciar o local de fixação das comunidades bacterianas, formando o biofilme. O biofilme pode ser definido como um conjunto de microrganismos e de produtos extracelulares que se aderem sobre um suporte sólido, formando uma camada volumosa e espessa. Nos wetlands construídos há uma diversidade e abundância de microrganismos, destacando-se o grupo das bactérias e das arqueas. A ação dos microrganismos é o principal agente no tratamento dos compostos biodegradáveis presentes no esgoto (SEZERINO et al., 2018).

As macrófitas possuem uma grande importância para operação e correto funcionamento dos wetlands construídos aplicados no tratamento de esgotos. 10% do total de nitrogênio removido em wetlands construídos se dá pela ação de fitoextração das macrófitas. A nível global, observam-se três tipos de macrófitas empregadas em wetlands construídos: *Phragmites australis* (popularmente conhecida como caniço); *Typha* spp. ou (tendo como nome popular taboa); e, *Juncus* spp, (ou junco) (SEZERINO et al., 2018). Algumas funções que as macrófitas podem desempenhar nos wetlands construídos estão expostas no Quadro 1 abaixo.

| Característica da macrófita | Função no processo de tratamento |
|---|---|
| Parte aérea do tecido vegetal | <ul style="list-style-type: none">• Atenuação de luz - crescimento reduzido de fitoplâncton• Influência no microclima - isolamento durante o inverno• Estética agradável do sistema• Armazenamento de nutrientes |
| Parte vegetal em contato com a parte líquida | <ul style="list-style-type: none">• Filtração• Reduz a velocidade da corrente - aumenta a taxa de sedimentação, reduz risco de ressuspensão• Fornece área de superfície para aderência de micro-organismos• Absorção de nutrientes |
| Raízes e rizomas em contato com os sedimentos | <ul style="list-style-type: none">• Estabilização da superfície - menos erosão• Evita o entupimento do meio em sistemas de fluxo vertical• Liberação de oxigênio aumenta a degradação (e nitrificação)• Absorção de nutrientes |

Quadro 01: Função das macrófitas em Wetlands Construídos.

Fonte: Adaptado de Brix (1997).

Os wetlands construídos podem ser classificados se baseando no tipo de crescimento da macrófita, baseando-se em seguida pelo regime de fluxo da água (Figura 1) (VYMAZAL, 2007).

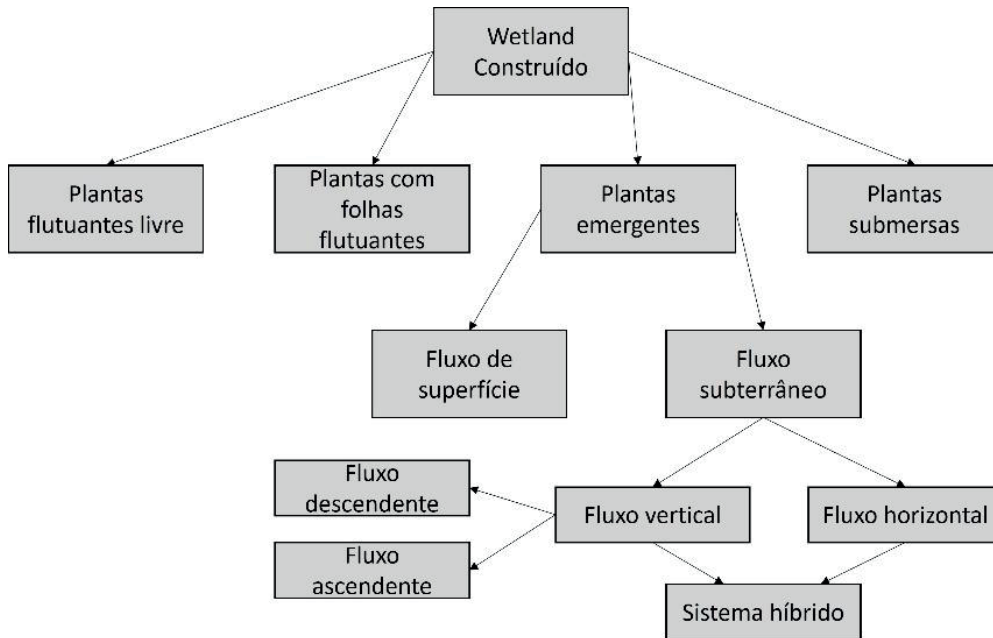


Figura 01: Classificação do wetland construído.
 Fonte: Vymazal (2007).

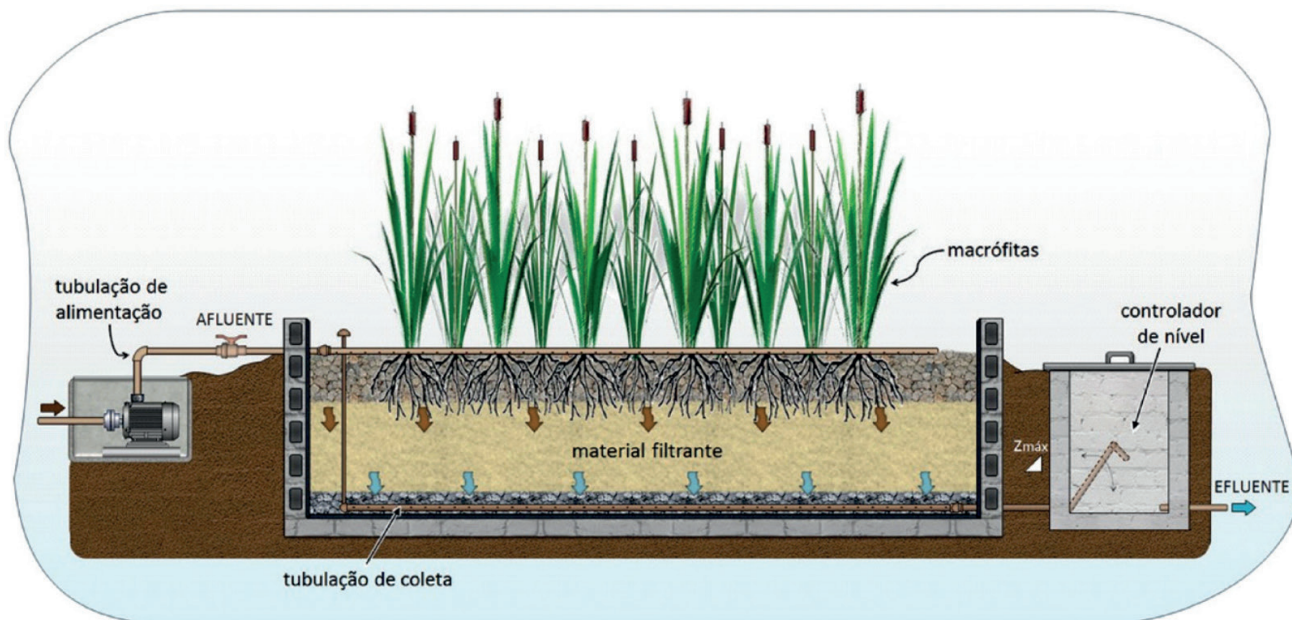


Figura 02: Representação de um wetland construído subsuperficial horizontal.
 Fonte: Sezerino et al. (2018).

No WC subsuperficial de fluxo horizontal (Figura 2), a água residual que entra flui lentamente sobre um meio poroso e sob a superfície que possui vegetação. Durante a passagem a água residual entra em contato com zonas aeróbicas, anóxicas e anaeróbicas. A maior parte do WC subsuperficial horizontal é anóxica/anaeróbica, por conta da saturação das camadas (obtida utilizando um controle de nível de água). Nesse sistema, a remoção de amônia-N é limitada pela falta de oxigênio do meio, no

entanto fornece condições adequadas para a desnitrificação (MANDER et al., 2014).

No Wetland Construído de fluxo vertical descendente o esgoto é aplicado uniformemente na superfície e percola através do maciço filtrante, e em seguida é coletado no fundo do reator por meio de um conjunto de tubulações (Figura 3). O sistema não é saturado, ou seja, não tem esgoto acumulado no interior do módulo. (SEZERINO et al., 2018).

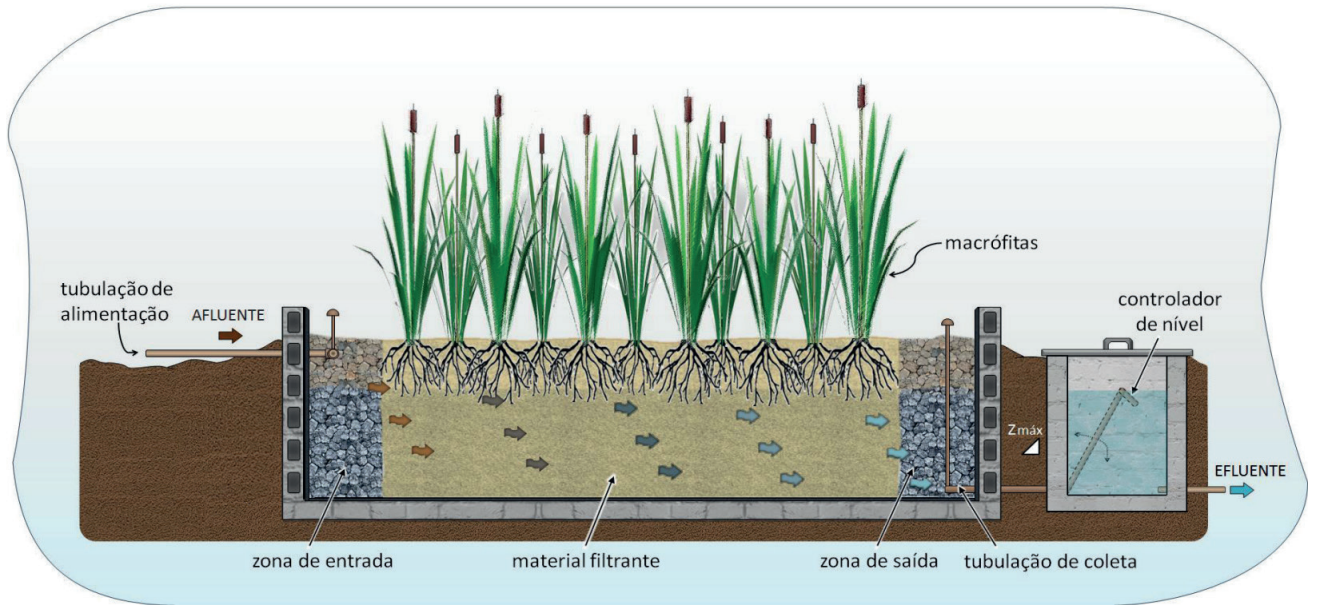


Figura 03: Representação de um wetland construído vertical descendente.
Fonte: Sezerino (2018).

3.1. Fluxo do carbono nos wetlands construídos

Diversas reações utilizando carbono ocorrem nos wetlands naturais - zonas úmidas naturais – como observado na Figura 4.

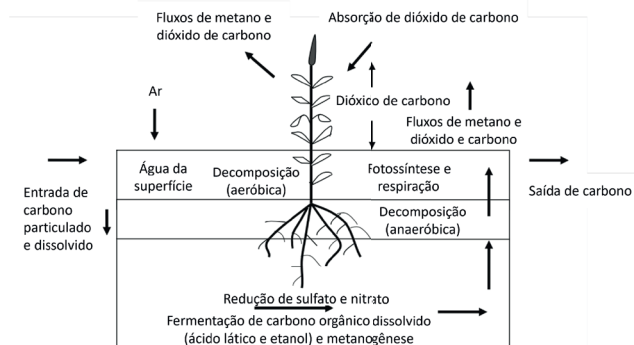


Figura 04: Diagrama esquemático mostrando os principais componentes do ciclo do carbono.
Fonte: Adaptado de Kayranli et al. (2010).

Os principais processos são: a respiração na zona aeróbica, fermentação, metanogênese e redução de sulfato, ferro e nitrato na zona anaeróbica (SCHOLZ, 2011). Na superfície, em condições aeróbicas, acontece a fotossíntese - em que a planta fixa o carbono inorgânico e produz CO₂ - e a respiração - em que ocorre a conversão biológica de carboidratos em dióxido de carbono. Em condições anaeróbicas, ocorre a metanogênese - que é a degradação anaeróbica da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono -, e a fermentação - a conversão de carboidratos em compostos químicos, como ácido lático ou etanol e dióxido de carbono (KAYRANLI et al., 2010).

Existe grande quantidade de matéria orgânica nos

wetlands naturais, promovendo a atividade microbiana, armazenando carbono e nitrogênio no solo. A oxidação bacteriana do carbono orgânico dissolvido resulta na mineralização, processo pelo qual as substâncias orgânicas são convertidas em substâncias inorgânicas e armazenadas (ROSLI, 2017; SCHOLZ, 2011). Dessa forma, são cinco reservatórios principais de carbono que os wetlands possuem: carbono de biomassa vegetal, carbono orgânico particulado, carbono orgânico dissolvido, carbono de biomassa microbiana e produtos finais gasosos, como dióxido de carbono e metano (SCHOLZ, 2011).

Os wetlands construídos são projetados para replicar os wetlands naturais. Na Figura 3 é possível observar o balanço do carbono de um wetland construído subsuperficial horizontal. Como entrada Picek et al. (2007) consideraram o carbono das águas residuais de entrada, da biomassa vegetal e da eliminação pelas raízes (Figura 5). Para a saída de

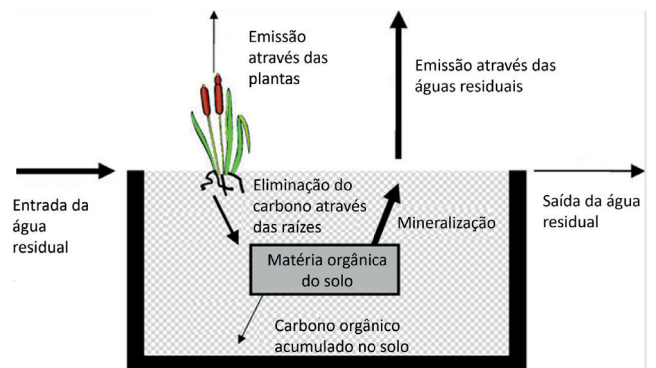


Figura 05: Diagrama esquemático do balanço de carbono de um wetland construído subsuperficial horizontal.
Fonte: Adaptado de Picek et al. (2007).

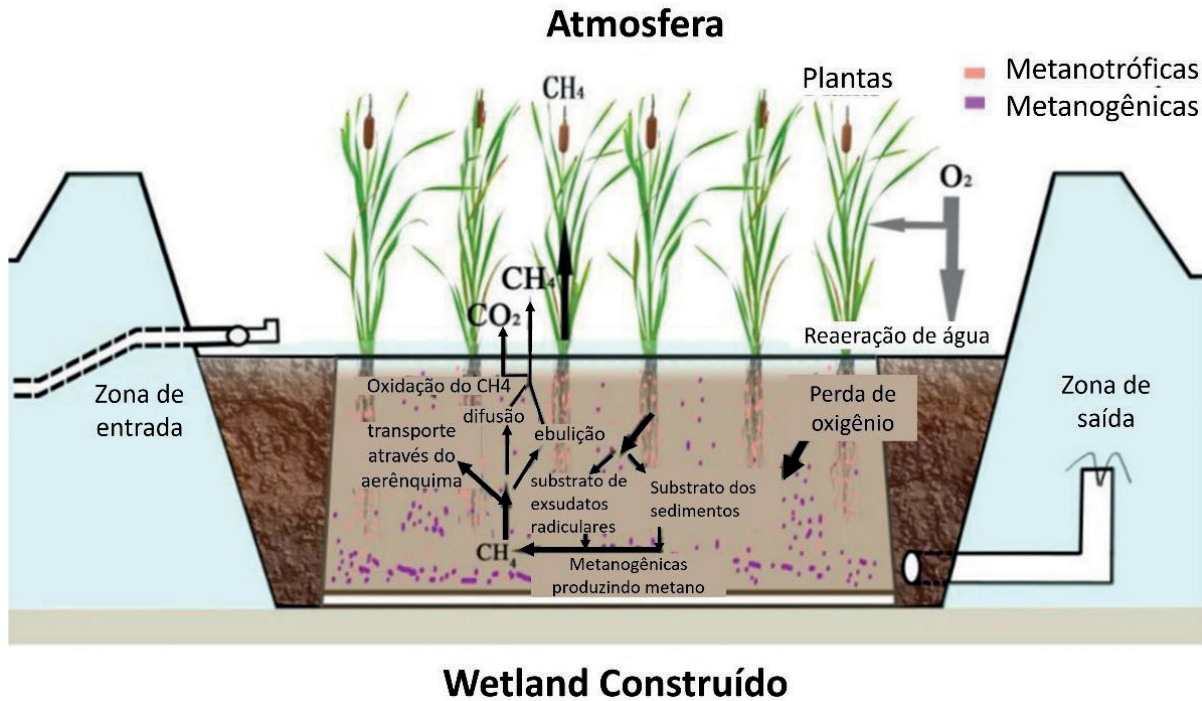


Figura 06: Diagrama esquemático da emissão de CH₄ em um wetland construído.
Fonte: Adaptado de Xu et al. (2019).

carbono foram consideradas as emissões na superfície, a biomassa vegetal que restou, e o carbono contido na água residual de saída. Observou-se que as emissões de CO₂ e CH₄ foram maiores na zona de entrada, - região que não possuía vegetação (PICEK et al., 2007).

Algumas das propriedades mais importantes das macrófitas plantadas no WC subsuperficial horizontal são o sequestro de carbono, substrato para o crescimento de bactérias aderidas, dentre outras (MANDER et al., 2014). O estudo de Mander et al. (2008) relata a importância das macrófitas nos WC, ao expor que o WC subsuperficial horizontal analisado no estudo foi considerado um sumidouro de carbono, com um sequestro de 649 kg C ano⁻¹ no ano de 2001 e 484 kg C ano⁻¹, em 2002. Esse resultado significou que 1,5 - 2,2 kg C m⁻² foi incorporado a massa vegetal ou ao solo, evidenciando a importância da vegetação nos WC (MANDER et al., 2008).

Analisando o ciclo do carbono nos wetlands, evidencia-se que os wetlands naturais e construídos tem o potencial de sequestrar carbono (ROSLI, 2017). Cada um fornece uma área com potencial de absorção. No entanto, não gerenciados e projetados adequadamente, em especial os construídos, podem se tornar fontes de GEE e não sumidouros. É necessário entender os fatores potenciais de sequestro de carbono e os fatores que podem minimizar a produção de metano.

3.2. Emissões de metano e óxido nitroso

Embora a mineralização da matéria orgânica para CO₂ seja o objetivo dos processos de tratamento de águas residuais, as emissões de CH₄ e N₂O devem ser evitadas devido ao seu alto potencial de aquecimento global (VARGA, 2015). O metano tem um Potencial de Aquecimento Global de 25 vezes maior que o dióxido de carbono num período específico de 100 anos. Já o óxido nitroso 298 vezes maior que o dióxido de carbono, num mesmo período específico (IPCC, 2007). O Potencial de Aquecimento Global compara o forçamento radiativo integrado durante um período específico, por exemplo, 100 anos, a partir de uma emissão de pulso de massa unitária; sendo uma métrica útil para comparar o impacto climático potencial das emissões de diferentes gases (IPCC, 2007).

3.2.1. Fluxo do metano

O metano emitido para a atmosfera passa por três processos: produção, consumo e transporte (Figura 6). Para a produção, as plantas fornecem uma superfície radicular e exsudatos adequados para o crescimento e atividade de microrganismos, possibilitando a conversão da matéria orgânica em CH₄. Em seguida, a quantidade de oxigênio liberada pelos sistemas radiculares no sedimento aumenta o número de bactérias metanotróficas. O transporte na

emissão de CH₄ também é determinante para a contribuição da quantidade de CH₄ atmosférico. (XU et al., 2019).

O fluxo de emissão de CH₄ para a atmosfera em wetlands construídos dominadas por plantas vasculares é principalmente impulsionado por três processos: ebulição e difusão, e emissões de plantas - mais CH₄ é oxidado nos dois primeiros processos do que no transporte mediado por plantas através do aerênquima (tecido da planta). O fluxo final de CH₄ em Wetlands construídos com ou sem vegetação é determinado pelos efeitos combinados das plantas na produção, transporte e consumo de CH₄ (XU et al., 2019).

A estrutura do WC pode afetar a atividade das bactérias metanogênicas e metanotróficas, assim como a presença de plantas também pode influenciar nessa atividade. Os dados da literatura mostram que a presença de plantas reduz a emissão de CH₄ dos WC subsuperficial horizontal, mas aumenta a emissão de CH₄ dos WC subsuperficial vertical. Nos WC subsuperficial horizontal com vegetação, a planta pode transportar O₂ para rizosfera e promover a atividade das bactérias metanotróficas, o que é benéfico para redução da emissão de CH₄ (HU et al., 2023).

A emissão de CH₄ também é influenciada pela espécie de planta adotada durante a operação de wetlands construídos, sendo os sistemas que utilizam *Z. latifolia* os que emitem mais CH₄. Além das plantas adotadas, o fluxo de CH₄ também pode ser afetado por outros fatores como o fluxo das águas residuais e sua qualidade, os esquemas de alimentação, as condições ambientais, o ano em que o wetland foi construído (XU et al., 2019). Dessa forma, um melhor projeto, construção e operação dos wetlands construídos deve ser feito para ajudar a minimizar os fluxos de metano, objetivando contribuir com o aquecimento global (KAYRANLI et al., 2010).

3.2.2. Fluxo do nitrogênio

As principais transformações de nitrogênio nos wetlands construídos são apresentadas na Tabela 1. As formas de nitrogênio estão envolvidas em transformações químicas de compostos inorgânicos para orgânicos e de volta de orgânicos para inorgânicos. Alguns desses processos necessitam de energia - que normalmente é derivada de uma fonte de carbono orgânico - para prosseguir, e outros liberam energia, que é usada pelos organismos para crescimento e sobrevivência. Todas essas transformações são necessárias para que ecossistema do wetland funcione com sucesso, e a maioria das mudanças químicas

é controlada por meio da produção de enzimas e catalisadores pelos organismos vivos que eles beneficiam (VYMAZAL, 2007).

| Processo | Transformação |
|---|---|
| Volatilização | amônia-N (aq) → amônia-N (g) |
| Amonificação | N-orgânico → N-amônia |
| Nitrificação | N- amônia → N-nitrito → N-nitrato |
| Amonificação de nitrato | N-nitrato → N-amônia |
| Desnitrificação | N- nitrato → N- nitrito → N ₂ , N ₂ O |
| Fixação N ₂ | N ₂ → N-amônia (N-orgânico) |
| Absorção vegetal/microbiana (assimilação) | Amônia-, nitrito-, nitrato-N → N-orgânico |
| Adsorção de amônia | |
| Nitrogênio orgânico enterrado | |
| Oxidação anaeróbica de amônia | N-amônia → N ₂ |

Tabela 01: Transformações de nitrogênio em wetlands construídos.

Fonte: Adaptado de Vymazal (2007).

A coexistência entre condições aeróbias, anóxicas e anaeróbias é uma importante característica dos sistemas de wetlands construídos com biofilmes (conjunto de microrganismos e de produtos extracelulares aderidos). As regiões aeróbias serão responsáveis pela oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito e em seguida a nitrato. Na camada anóxica ocorrerá a desnitrificação e nas regiões anaeróbias ocorrerá a formação de ácidos orgânicos e a redução de sulfatos (SEZERINO et al., 2018).

No Wetland Construído Vertical de fluxo descendente a aplicação de esgoto é feita com intervalos de repouso entre as aplicações, o que favorece o arraste de oxigênio para dentro do WCVD. Dessa forma, criam-se condições favoráveis para processos oxidativos, como a nitrificação. Entretanto, no WCVD a remoção de nitrogênio não ocorre completamente em virtude da baixa ocorrência da desnitrificação. Já o Wetland Construído subsuperficial de fluxo horizontal apresenta condições favoráveis para a desnitrificação, por possuir o controlador de nível, que permite a saturação do meio filtrante, criando um ambiente anaeróbio e anóxico – ambientes favoráveis a desnitrificação (SEZERINO et al., 2018).

No estudo de Mander et al. (2005) foi encontrado que o WC de fluxo vertical emitia significativamente mais N₂O que o WC subsuperficial horizontal, e que acontecia uma maior emissão de N₂O durante os períodos de temperatura mais elevada. Huang et al. (2013), afirmaram que as pesquisas de N₂O ainda são mais voltadas para as características dos mecanismos de emissão de N₂O em wetlands construídos baseados na produção de N₂O em wetlands naturais, e que diante desse cenário, é

necessário que mais pesquisas sejam realizadas para entender quais plantas afetam o fluxo de N₂O e quais outros fatores podem ser relevantes para as emissões.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário de aquecimento global e diversas catástrofes associadas as mudanças climáticas, dentre as muitas pesquisas destacam-se aquelas que vêm sendo realizadas para remoção de carbono da atmosfera e para redução das emissões de GEE. As zonas úmidas ou wetlands naturais, assim como os wetlands construídos (utilizados no tratamento de esgoto) têm o potencial de sequestrar carbono e podem vir a ser soluções para mitigação dos efeitos do aquecimento global.

Frente a isso, essa revisão objetivou expor características dos wetlands construídos no contexto de emissão de Gases do Efeito Estufa, para que essa tecnologia de tratamento de águas residuais pudesse ser discutida no contexto de sequestro de carbono e otimização das emissões em relação aos outros gases, se tornando uma alternativa de ação para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Concluiu-se que o wetland construído subsuperficial horizontal pode se tornar sumidouro de carbono assim como os wetlands naturais, por conta do carbono retido através das plantas. É necessário que a espécie de planta adotada durante a operação do WC tenha funcionamento conhecido, por conta da influência significativa nas emissões de CH₄, evitando assim o aumento desse gás. A presença de plantas pode reduzir a emissão de CH₄, como acontece no WC subsuperficial horizontal, ou aumentar a emissão, como acontece no WC subsuperficial vertical. A estrutura do WC também pode afetar na emissão de CH₄ por conta da influência na atividade das bactérias metanogênicas e metanotróficas.

Quanto ao N₂O, estudos mediram que o WC subsuperficial horizontal emite menos N₂O que o WC de fluxo vertical. O WCVD favorece a nitrificação, por conta do arraste de oxigênio para dentro do sistema durante os intervalos de repouso entre as aplicações de esgoto. Porém, o WCVD possui baixa ocorrência de desnitrificação.

Pode-se concluir de forma geral que os wetlands construídos quando não gerenciados e projetados adequadamente podem se tornar fontes de emissão de GEE ao invés de sumidouros, por conta dos processos envolvidos no seu ciclo de carbono e de nitrogênio.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao professor Dr. Pablo Sezerino e toda a equipe do GESAD, por todos os ensinamentos sobre o sistema de Wetlands Construídos do GESAD da UFSC.

REFERÊNCIAS

BRIX, Hans. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?. **Water science and technology**, v. 35, n. 5, p. 11-17, 1997.

CELIS, G. **Participação da macrófita typha domin-gensis na remoção de nutrientes de esgoto sanitário em wetlands construídos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

DE LA VARGA, D. et al. Methane and carbon dioxide emissions from constructed wetlands receiving anaerobically pretreated sewage. **Science of the Total Environment**, v. 538, p. 824-833, 2015.

HU, Sile et al. Factors influencing gaseous emissions in constructed wetlands: a meta-analysis and systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 5, p. 3876, 2023.

HUANG, Lei et al. A review on the mechanism and affecting factors of nitrous oxide emission in constructed wetlands. **Environmental earth sciences**, v. 68, p. 2171-2180, 2013.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Houghton, JT., Ding, Y., Griggs, DJ., Noguer, M., Linden, PJ van der, Xiaosu, D., Maskell, K. & Johnson, CA. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 1-20, 2001.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor

and H. L. Miller Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp., 2007

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou Eds.**, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3-32, 2021.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. **IPCC releases Working Group II's report on Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Press Release, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2022/02/PR_WGII_AR6_english.pdf>. Acesso em: 10 de março, 2023.

KAYRANLI, Birol et al. Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. **Wetlands**, v. 30, p. 111-124, 2010.

KROEZE, Carolien. Nitrous oxide and global warming. **Science of the total environment**, v. 143, n. 2-3, p. 193-209, 1994.

LIU, Xiaohui et al. A review on removing antibiotics and antibiotic resistance genes from wastewater by constructed wetlands: performance and microbial response. **Environmental Pollution**, v. 254, p. 112996, 2019.

MANDER, Ülo et al. Gaseous fluxes from subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 40, n. 6-7, p. 1215-1226, 2005.

MANDER, Ülo et al. Gaseous fluxes in the nitrogen and carbon budgets of subsurface flow constructed wetlands. **Science of the Total Environment**, v. 404, n. 2-3, p. 343-353, 2008.

MANDER, Ülo et al. Greenhouse gas emission in

constructed wetlands for wastewater treatment: a review. **Ecological Engineering**, v. 66, p. 19-35, 2014.

NAN, Xi; LAVRNIĆ, Stevo; TOSCANO, Attilio. Potential of constructed wetland treatment systems for agricultural wastewater reuse under the EU framework. **Journal of Environmental Management**, v. 275, p. 111219, 2020.

PICEK, Tomáš; ČÍŽKOVÁ, Hana; DUŠEK, Jiří. Greenhouse gas emissions from a constructed wetland—plants as important sources of carbon. **Ecological engineering**, v. 31, n. 2, p. 98-106, 2007.

REAY, Dave; SMITH, Peter; VAN AMSTEL, Andre. **Methane and Climate Change.** Washington, DC: Earthscan, 2010. ISBN 978-1-84407-823-3

RIEBEEK, H. "NASA Earth Observatory: Global Warming", 2010. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming>>. Acesso em: 10 de março, 2023.

ROSLI, Farah Afiqah et al. The Use of Constructed Wetlands in Sequestering Carbon: An Overview. **Nature Environment & Pollution Technology**, v. 16, n. 3, 2017.

SCHOLZ, Miklas. Carbon storage and fluxes within wetland systems. **Wetland Systems: Storm Water Management Control**, p. 127-147, 2011.

SEZERINO, P. H. et al. Cartilha **Wetlands construídos aplicados no tratamento de esgoto sanitário: recomendações para implantação e boas práticas de operação e manutenção/Ministério da Saúde.** Fundação Nacional de Saúde.–Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

VYMAZAL, Jan. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. **Science of the total environment**, v. 380, n. 1-3, p. 48-65, 2007.

XU, Guangming et al. An overview of methane emissions in constructed wetlands: how do plants influence methane flux during the wastewater treatment?. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 34, n. 1, p. 333-350, 2019.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3863-5207>

GABRIELA OLIVEIRA VALENÇA, Engenheira Ambiental, Universidade Tiradentes, Aracaju (SE) - Brasil | Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC) - Brasil | Correspondência para: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº, Trindade – Florianópolis – SC, 88040-900, Centro Tecnológico, Dept. de Eng. sanitária e ambiental | gabriela.ovalenca@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4338-2830>

PAULO BELLI FILHO, Pós-Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC) - Brasil | Correspondência para: Rua Itapiranga, 200. Apto 401 BL Cachoeira, Bairro Itacorubi, Florianópolis – SC, 88034-480 | paulo.belli@ufsc.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4675-0215>

DAYANE DALL'AGO CONEJO SILVA, Oceanógrafa, pela Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí (SC), Mestranda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC) - Brasil | Correspondência para: Avenida Hercílio Luz, n. 807, apto 803, Florianópolis - SC, 88020-001 | dayane.dallago@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2860-639X>

RODRIGO DE ALMEIDA MOHEDANO, Pós-Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), Brasil | Correspondência para: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº, Trindade – Florianópolis – SC, 88040-900, Centro Tecnológico, Dept. de Eng. sanitária e ambiental | rodrigo.mohedano@ufsc.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

VALENÇA, Gabriela Oliveira; FILHO, Paulo Belli; SILVA, Dayane Dall'ago Conejo; MOHEDANO, Rodrigo de Almeida. MIX Sustentável, v. 9, n. 4, p. 75-85, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: [_/_/_](https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.75-85). doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.75-85>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/11/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

GOV: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

RAM: conceituação, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão.

PBF: conceituação, aquisição de financiamento, administração de projetos, supervisão.

DDCS: conceituação, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

ANÁLISE TEÓRICA DE VIGAS DE MADEIRA ARMADAS COM VERGALHÕES DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA (PRF)

THEORETICAL ANALYSIS OF TIMBER BEAMS REINFORCED WITH POLYMERS FIBER REINFORCED (FRP) BARS

ANÁLISIS TEÓRICO DE VIGAS DE MADERA ARMADAS CON BARRAS DE REFUERZO DE POLÍMERO REFORZADO CON FIBRA (PRF)

ALMIR BARROS DA S. SANTOS NETO, DR. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

ANDRÉ LÜBECK, DR. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

ROGÉRIO CATTELAN A. DE LIMA, DR. | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

LUCIANA FERNANDES HOPPE | UFSM - Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.

RESUMO

A madeira por ser um material natural, originário de fontes renováveis e, portanto, de consciência ecológica e sustentável oferece uma alternativa viável para o seu uso em edificações. Devido às suas propriedades mecânicas é possível uma ampla aplicabilidade na construção civil. Por outro lado, é possível obter resistência e rigidez maiores para a madeira com a inclusão de reforços estruturais. Uma dessas técnicas utiliza elementos em Polímero Reforçado com Fibras (PRF). Neste artigo, vigas de madeira, são reforçadas com barras de PRFV (Polímero Reforçado com Fibras de Vidro) e PRFC (Polímero Reforçado com Fibras de Carbono). É desenvolvida a análise teórica do comportamento mecânico da viga, analisando sua rigidez e momento resistente último. Ao final do trabalho é desenvolvido um exemplo numérico de uma viga de madeira sem reforço e também com a inclusão desses reforços. Os resultados mostraram um acréscimo tanto na resistência ao momento fletor, quanto rigidez à flexão da viga de madeira com reforço, em relação a viga sem reforços.

PALAVRAS-CHAVE

Vigas de madeira; Reforço de PRF; Barras de PRFV; Barras de PRFC.

ABSTRACT

Wood, as a natural material, originating from renewable sources and therefore ecologically and sustainably aware, offers a viable alternative as a structure system for buildings. Due to its mechanical properties, wide applicability in civil construction is possible. On the other hand, it is possible to obtain greater strength and rigidity for wood with the inclusion of structural reinforcements. One of these techniques uses Fiber Reinforced Plastic (FRP) elements. In this article, wooden beams are reinforced with fiberglass and carbon fiber bars. A theoretical analysis of the mechanical behavior of the beam is developed, analyzing its stiffness and ultimate resistance moment. At the end of the work, a numerical example of a wooden beam without reinforcement is developed and also with the inclusion of these reinforcements. The results showed an increase in both bending moment resistance and flexural stiffness of the wooden beam with reinforcement, in relation without one.

KEYWORDS

Wooden beams; FRP reinforcement; fiberglass rebars; carbon fiber rebars.



RESUMEN

Por ser un material natural, que tiene su origen en fuentes renovables y, de ese modo, de conciencia ecológica y sustentable, la madera ofrece una alternativa viable para su uso en edificaciones. Debido a sus propiedades mecánicas, es posible una amplia aplicabilidad en la construcción civil. Por otro lado, se puede obtener resistencia y rigidez más grandes para la madera con la inclusión de refuerzos estructurales. Una de esas técnicas utiliza elementos en Polímero Reforzado con Fibras (PRF). En este artículo, las vigas de madera son reforzadas con barras de PRFV (Polímero Reforzado con Fibras de Vidrio) e PRFC (Polímero Reforzado con Fibras de Carbono). Se desarrolla el análisis teórico del comportamiento mecánico de la viga, analizando su rigidez y momento resistente último. Al fin del trabajo se desarrolla un ejemplo numérico de una viga de madera sin refuerzo y también uno con la inclusión de dichos refuerzos. Los resultados mostraron un aumento tanto en la resistencia al momento flector como rigidez a la flexión de la viga de madera con refuerzo, con relación a la viga sin refuerzos.

PALABRAS CLAVE

Vigas de madera; Refuerzo de PRF; Barras de PRFV; Barras de PRFC.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é considerada um dos materiais de construção mais antigos, ainda em uso, devido suas propriedades mecânicas, tais como a considerável resistência à tração e compressão, o que atribui uma ampla aplicabilidade na construção civil. Além disso, por ser um material natural, originário de fontes renováveis, a madeira oferece uma alternativa viável para o uso em edificações de consciência ecológica e sustentável.

A respeito das vantagens apresentadas pelo material, é necessário também destacar que a madeira pode apresentar defeitos naturais como nós ou modificação na direção das fibras, fatores que influenciam na sua qualidade e nos valores de suas propriedades físicas e mecânicas. No caso do uso da madeira serrada existe ainda a limitação nas dimensões comerciais, sendo uma condição limitante para o uso em estruturas, na construção civil. Na busca por soluções a estas limitações, foram realizados estudos para o desenvolvimento de sistemas estruturais construtivos, de forma a minimizar os efeitos das condicionantes naturais e o desgaste causado pelo tempo durante o desempenho da função estrutural a que se destina a peça.

Um desses produtos é a Madeira Lamelada Colada Estrutural (MLCE), sistema que combina as técnicas de laminação e colagem. Neste sistema construtivo os elementos estruturais são concebidos a partir de tábuas, dispostas com as fibras paralelas entre si, unidas com cola sintética por meio da prensagem. Assim, o método faz uso de pequenas seções transversais de madeira para constituir peças de grandes dimensões superando, portanto, as limitações de tamanho e padrão da madeira maciça.

Outra possibilidade para se obter uma rigidez e resistência maiores para a madeira, é a inclusão no elemento estrutural de reforços. Técnicas de reforço para uso na madeira foram propostas no passado, em especial com o uso de elementos metálicos, sejam estes em barras ou chapas, fixados na madeira. Mais recentemente tem-se acompanhado o avanço no uso dos Polímeros Reforçados com Fibras (de sigla PRF ou FRP - do inglês Fiber Reinforced Polymer) nos reforços em elementos estruturais de madeira.

Reforços metálicos com barras de aço foram utilizados em (DZIUBA, 1985 e BULLEIT et al., 1989). Já o polímero reforçado com fibra, está disponível na forma de chapas, hastes e barras (GENTILE et al., 2002; FIORELLI e ALVES, 2003). Atualmente, os polímeros reforçados com fibra de carbono (PRFC), fibra de vidro (PRFV) e fibra de basalto (PRFB) são os principais tipos de reforços utilizados (ALAM

et al., 2009; GARCÍA et al., 2013; LI et al., 2014).

A recomendação para o uso dos PRF se deve ao fato destes materiais apresentarem vantagens peculiares como a flexibilidade de uso e praticidade, rigidez adaptável aos critérios de projeto, além da alta resistência à tração, imunidade à corrosão, facilidade de aplicação em locais de difícil acesso, capacidade de deformação, tamanhos e geometrias diversas (FIB BULLETIN 14, 2001).

Segundo o (ACI 440R, 1996), o processo de fabricação das barras de polímero reforçado com fibras, denominado de pultrusão, compreende a fabricação de perfis lineares de seção constante e unidirecionais, a partir de fibras contínuas (em inglês rovings) impregnadas com resina. Este material é então puxado através de um molde de metal aquecido, de maneira que a mistura fibra-resina toma a forma deste, sendo a temperatura do molde a responsável por ativar a reação presente na mistura, ver Figura 1.

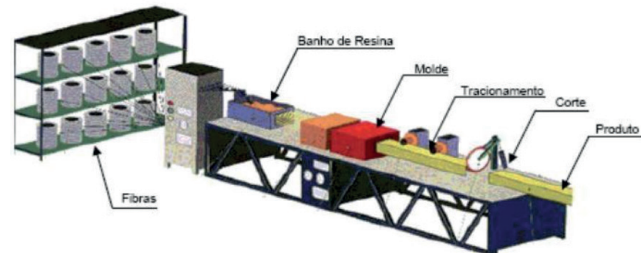


Figura 1: Processo de pultrusão.
Fonte: FiberMeyer – Soluções em Fiberglass.

Diferentes seções transversais de perfis podem ser produzidas pelo processo de pultrusão, utilizando também diferentes tipos de fibra (vidro, carbono, aramida, basalto), inclusive com combinação entre as fibras. A Figura 2 apresenta diferentes diâmetros de barras de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV).



Figura 2: Barras (vergalhões) de PRFV.
Fonte: ANJIEZJ.

Já no início da década de 1990, quando Plevris e Triantafyllou (1992) aplicaram pela primeira vez PRF (ou FRP) unidirecional para fortalecer as estruturas de madeira, estudos mostraram que, com o reforço de FRP na zona de tração, existe uma melhora na capacidade de carga, rigidez à flexão e ductilidade de deformação das vigas de madeira (LORENZIS et al., 2005; RAFTERY e WHELAN, 2014; MORALES-CONDE et al., 2015). Além disso, observou-se um aumento na capacidade de resistência ao cisalhamento das estruturas de madeira através do reforço de PRF (CORRADI et al., 2015).

Atualmente, as técnicas de reforço mais comuns utilizando sistemas com os FRP são, segundo o (ACI 440.2R, 2008), o reforço colado externamente (EBR – do inglês Externally-Bonded Reinforcing) e o montado próximo à superfície (NSM – do inglês Near-Surface Mounted), conforme apresentado na Figura 3.

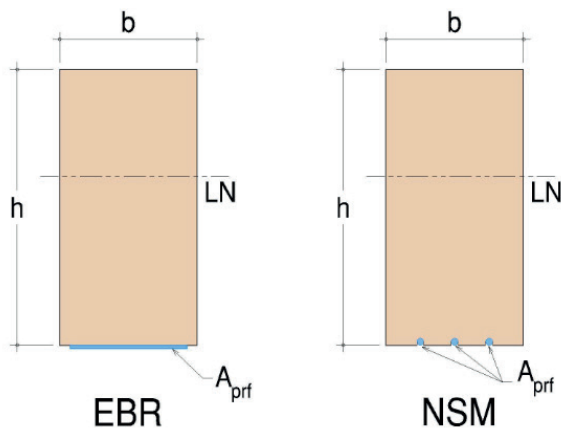


Figura 3: Representação dos sistemas EBR e NSM.
Fonte: ACI 440-2R:08 (adaptado).

A técnica de reforço EBR tem sido amplamente estudada e utilizada, não só em estruturas de concreto, mas também em estruturas de madeira. Segundo (LORENZIS e TENG, 2007), a técnica NSM é mais recente, mas sua eficácia no ganho de resistência à flexão e cisalhamento é bastante relevante. Quando comparado ao EBR, o reforço NSM apresenta algumas vantagens, como:

a) na quantidade de armadura in situ, o trabalho de instalação pode ser reduzido, uma vez que não é mais necessária a preparação da superfície além da ranhura (por exemplo, a remoção da cobertura não é necessária; as irregularidades da superfície da madeira podem ser mais facilmente acomodadas);

b) o reforço NSM é menos propenso a descolar do substrato;

c) os elementos NSM podem ser mais facilmente ancorados em membros adjacentes para evitar falhas de

descolamento;

d) Os elementos NSM são protegidos pela cobertura de madeira e, portanto, estão menos expostos a impactos acidentais e danos mecânicos, incêndios e vandalismo;

e) a estética da estrutura reforçada é praticamente inalterada.

Na literatura são encontradas poucas publicações relacionadas às aplicações de PRF com a técnica NSM em estruturas de madeira, como por exemplo, (BORRI et al., 2005; JOHNSON et al., 2007 e AHMAD, 2010). Os resultados apontados nestes trabalhos revelam um bom desempenho da técnica NSM para aumento tanto da capacidade de resistência, quanto da rigidez.

Neste artigo, vigas de madeira, são reforçadas com barras de polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) e carbono (PRFC). É desenvolvida a análise teórica do comportamento mecânico da viga e madeira reforçada com barras aplicadas sob a técnica NSM, analisando sua rigidez e momento resistente último. Ao final do trabalho são apresentados exemplos analíticos, comparando-se os momentos resistentes de uma viga de madeira sem reforço com outras onde aplicou-se cada um dos materiais de reforço.

2. ANÁLISE TEÓRICA

2.1. Rigidez à Flexão

A rigidez à flexão da viga reforçada é obtida utilizando o método da seção transformada ou homogeneizada, amplamente utilizado em análises estruturais. Nesse método, os diferentes materiais são considerados todos como um único, adaptando suas dimensões em função da relação entre os módulos de elasticidade ($\alpha\epsilon$). Assim, a profundidade da linha neutra da viga foi calculada como o centroide da seção transformada (ver Figura 4), utilizando a equação.

$$\bar{x} = \sum \frac{A_i x_i}{A_i} \quad (1)$$

Por ser formado por dois materiais (madeira e PRF) com propriedades diferentes, é necessário homogeneizar a seção. Essa homogeneização é feita substituindo-se a área de PRF (A_{prf}) por uma área correspondente de madeira equivalente ($A_{m,eq}$).

$$\alpha_e = \frac{E_{prf}}{E_m} \quad (2)$$

$$A_{m,eq} = \alpha_e \cdot A_{prf} \quad (3)$$

Sendo x a profundidade da linha neutra, medida a partir da face superior da viga, A_i a área dos elementos e x_i a distância do centro de cada elemento até a face superior. Considerando o momento estático em relação a linha neutra (QLN) igual a zero, é possível calcular a profundidade de x_1 da linha neutra.

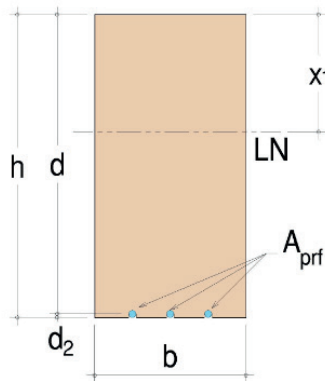


Figura 4: Seção transversal da viga.

Fonte: ACI 440-2R:08 (adaptado).

$$Q_{LN} = b \cdot x_1 \cdot \frac{x_1}{2} - b \left(h - x_1 \right) \cdot \frac{(h - x_1)}{2} - (\alpha_e - 1) \cdot A_{prf} \cdot (d - x_1) = 0 \quad (4)$$

Assim, obtém-se x_1 :

$$x_1 = \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + (\alpha_e - 1) \cdot A_{prf} \cdot d}{b \cdot h + (\alpha_e - 1) \cdot A_{prf}} \quad (5)$$

Obtido x_1 pode-se calcular o momento de inércia equivalente da seção transversal (I_{eq}).

$$I_{eq} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left(x_1 - \frac{h}{2} \right)^2 + (\alpha_e - 1) \cdot A_{prf} \cdot (d - x_1)^2 \quad (6)$$

A rigidez à flexão da seção é calculada multiplicando o momento de inércia equivalente pelo módulo de elasticidade da madeira.

2.2. Reforço à Flexão – Critérios de Projeto

O reforço à flexão nas vigas de madeira pode ser posicionado nas faces tracionadas e comprimidas da viga, podendo ser na forma de placas coladas externamente (EBR) ou com reforços de barras ou tiras/fitas próximas à superfície da viga (NSM). No caso das placas coladas

externamente, estas não são recomendadas para reforço à compressão devido a possibilidade flambagem do elemento estrutural (SCHÖBER et al. 2015).

A análise dos elementos reforçados à flexão é baseada na teoria clássica da resistência dos materiais, considerando as seguintes hipóteses:

- A seção transversal é simétrica no plano de flexão;
- A seção permanece plana na flexão;
- Existe uma perfeita ligação entre a madeira e o reforço PRF (não há escorregamento nem descolagem entre os materiais);
- O comportamento da madeira é linear na tração (Figura 5a) e não linear na compressão (Figura 5b);
- O comportamento do PRF é linear até a ruptura, tanto à tração quanto compressão (ver Figura 5c).

Muitos modelos constitutivos foram utilizados, considerando o comportamento não linear da madeira na compressão. O modelo bilinear (BUCHANAN, 1990) assume o comportamento elástico-linear até o ponto de escoamento, seguido de uma curva em ramo descendente até a ruptura. Este modelo foi corroborado em alguns resultados experimentais satisfatórios, (BORRI et al., 2005; GENTILE et al., 2002 e BRADY e HARTE, 2008). Em alguns estudos o ramo descendente até a ruptura não foi encontrado, sendo neste caso utilizado um modelo elasto-plástico perfeito, (KLIGER et al., 2008; HERNANDEZ et al., 1997). Modelos com aproximações quadráticas também foram utilizados com sucesso, (LI et al., 2009).

Com o objetivo de definir o momento resistente último, todos os possíveis modos de ruptura devem ser considerados. No entanto, na revisão bibliográfica realizada não foi encontrado relato de a ruptura ter acontecido no reforço de PRF. A Figura 6 apresenta a distribuição de deformações e tensões na seção transversal da viga.

As simbologias utilizadas nesta figura podem ser assim definidas: y distância do eixo neutro até a face superior da viga; c_1 tensão de compressão na madeira e c_0 tensão de escoamento na compressão da madeira; t_1 tensão de tração na madeira; A_{prf} área de reforço de fibra e prf a tensão de tração no reforço de fibra.

As deformações específicas c_1 , t_1 , c_0 e prf são as deformações específicas de compressão e tração na madeira, deformação de escoamento na compressão da madeira e deformação de tração do PRF, respectivamente.

O momento resistente último é calculado considerando o instante que a madeira atinge a deformação de ruptura na compressão na face superior da viga ou sua tensão de ruptura à tração, na face inferior da viga.

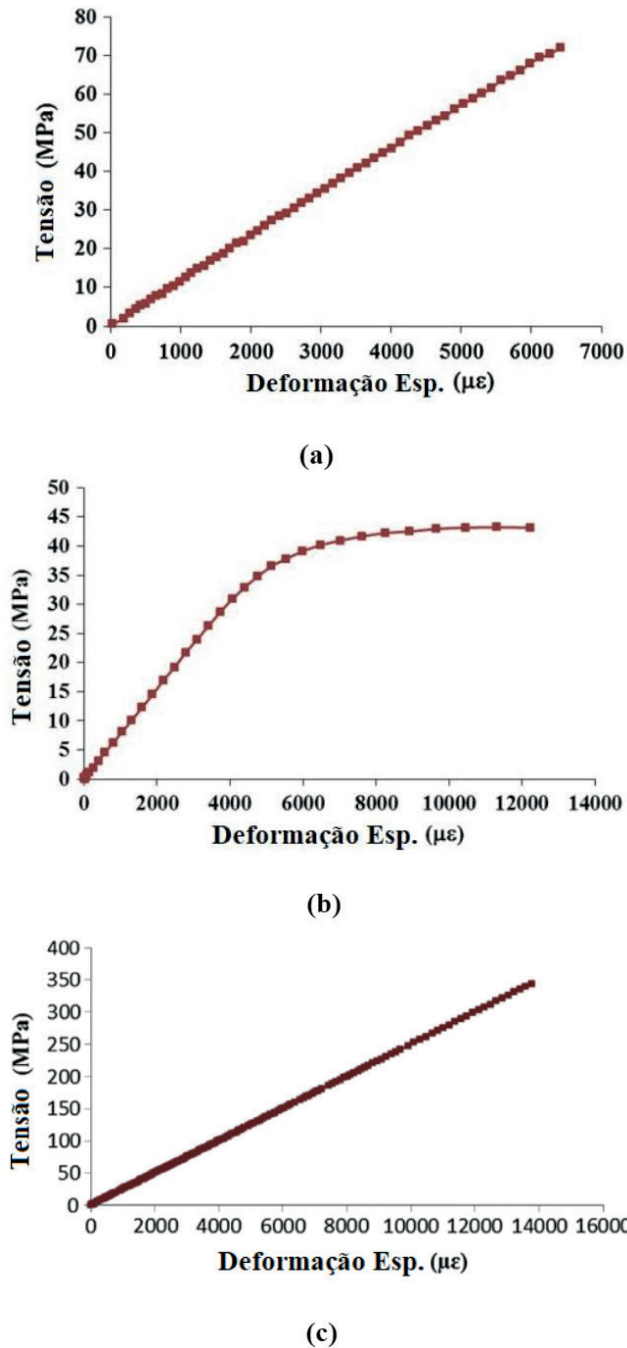


Figura 5: Comportamento típico tensão-deformação da madeira na tração; (b) Comportamento típico tensão-deformação da madeira na compressão; (c) Comportamento típico tensão-deformação do PRF na tração.

Fonte: Nadir et al. (2016).

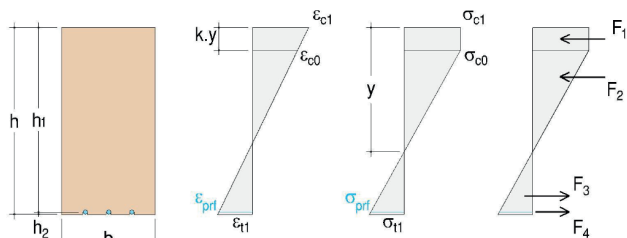


Figura 5: (a) seção transversal; (b) deformações específicas; (c) tensões; (d) forças resultantes.

Fonte: Nadir et al. (2016).

Assim, aplicando as equações de equilíbrio das forças, Figura 6d, tem-se:

$$F_1 + F_2 - F_3 - F_4 = 0 \quad (7)$$

Onde, as forças na região comprimida da seção são dadas por:

$$F_1 = \sigma_{c1} \cdot b \cdot k \cdot y \quad (8)$$

$$F_2 = \frac{\sigma_{co}}{2} \cdot b \cdot y \cdot (1 - k) \quad (9)$$

E as forças na região tracionada são dadas por:

$$F_3 = \frac{\sigma_{t1}}{2} \cdot b \cdot (h - y) \quad (10)$$

$$F_4 = A_{prft} \cdot \sigma_{prft} \quad (11)$$

Utilizando as relações lineares das deformações, é possível encontrar, Figura 6b:

$$\frac{\epsilon_{c1}}{y} = \frac{\epsilon_{t1}}{h-y} = \frac{\epsilon_{co}}{y-(k \cdot y)} = \frac{\epsilon_{prft}}{h_1-y} \quad (12)$$

A partir das relações constitutivas dos materiais madeira e PRF é possível definir:

$$\sigma_{c1} = E_1 \cdot \epsilon_{c1} \quad \text{se } \epsilon_{c1} \leq \epsilon_{co} \quad (13)$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{co} \quad \text{se } \epsilon_{c1} > \epsilon_{co} \quad (14)$$

$$\sigma_{t1} = E_1 \cdot \epsilon_{t1} \quad (15)$$

$$\sigma_{prft} = E_{prf} \cdot \epsilon_{prft} \quad (16)$$

Utilizando as equações (7) a (16) é possível encontrar a equação que define a profundidade da linha neutra, para cada caso de ruptura. Uma vez obtida a profundidade da linha neutra o momento resistente último pode ser calculado da seguinte maneira:

$$M_u = F_1 \cdot \left[\frac{k \cdot y}{2} + (y - k \cdot y) \right] + \frac{2}{3} F_2 \cdot (y - k \cdot y) + \frac{2}{3} F_3 \cdot (h - y) + F_4 \cdot (h_1 - y)$$

3. EXEMPLO NUMÉRICO

Neste item é desenvolvido o exemplo numérico de uma viga de madeira. São utilizadas as propriedades da madeira e do reforço, obtidas em (NADIR et al., 2016). Os autores utilizaram madeira da espécie *H. brasiliensis*, de densidade 605 kg/m³, com teor de umidade média de 10%. As propriedades mecânicas da madeira, na direção

longitudinal, foram obtidas de acordo com as normas (ASTM D143, 2009 e ASTM D695, 2002), ver Tabela 1.

O material PRF utilizado neste trabalho é composto por elementos em fibra de vidro (PRFV) e fibra de carbono (PRFC). As propriedades destes materiais à tração foram também obtidas em (NADIR et al., 2016), de acordo com as prescrições da (ASTM D3039, 2000) e são encontradas na Tabela 2.

| Propriedade da Madeira | Unidade | Valor | Desvio Padrão |
|--|---------|--------|---------------|
| Deformação última à compressão | - | 0,011 | 0,0041 |
| Deformação de escoamento à compressão | - | 0,0058 | 0,00025 |
| Deformação última à tração | - | 0,0115 | 0,001 |
| Resistência última à compressão | MPa | 43,05 | 1,39 |
| Resistência de escoamento à compressão | MPa | 41,00 | 1,87 |
| Resistência última à tração | MPa | 82,72 | 5,11 |
| Módulo de elasticidade na compressão | GPa | 8,17 | 0,908 |
| Módulo de elasticidade na tração | GPa | 8,68 | 1,27 |

Tabela 1: Propriedades mecânicas da madeira, na direção longitudinal (valores médios).

Fonte: Nadir et al. (2016).

| Material | Módulo de Elasticidade (GPa) | Resistência última à tração (MPa) | Deformação última à tração (%) |
|----------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| PRFV | 25,02 | 344,13 | 1,37 |
| PRFC | 100,19 | 1834,65 | 1,83 |

Tabela 2: Propriedades mecânicas à tração dos PRFs.

Fonte: Nadir et al. (2016).

Considerando a resistência da madeira à compressão como limitante, tem-se o esquema de deformações, tensões e forças como o da Figura 7.

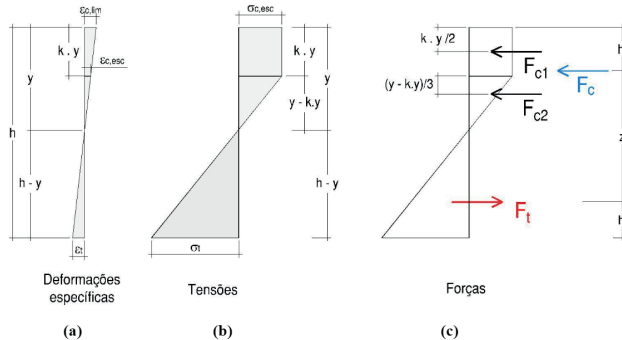


Figura 7: Equilíbrio da seção sem reforço: (a) deformações específicas; (b) tensões; (c) forças.

Fonte: Autores

Encontrando o valor de $k.y$ por semelhança de triângulos, tem-se:

$$\frac{\varepsilon_{c,lim}}{y} = \frac{\varepsilon_{c,esc}}{y - ky}$$

$$y - ky = \frac{\varepsilon_{c,esc}}{\varepsilon_{c,lim}} \cdot y$$

$$ky = y - \frac{\varepsilon_{c,esc}}{\varepsilon_{c,lim}} \cdot y = y \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{c,esc}}{\varepsilon_{c,lim}}\right)$$

$$k = 1 - \frac{\varepsilon_{c,esc}}{\varepsilon_{c,lim}}$$

A força de compressão resistente da seção é dada pelas parcelas F_{c1} , da região plastificada, e F_{c2} , da região não plastificada. Sendo F_c a soma dessas duas parcelas.

$$F_{c1} = k \cdot y \cdot \sigma_{c,esc} \cdot b$$

$$F_{c2} = (y - k \cdot y) \cdot \sigma_{c,esc} \cdot \frac{b}{2}$$

$$F_c = F_{c1} + F_{c2}$$

Encontrando a resultante para F_c . Na equação a tensão de compressão e a largura da seção já foram simplificadas. h' é a distância da resultante marcada desde o topo da seção.

$$h' = \frac{\left[k \cdot \frac{y}{2} \cdot k \cdot y\right] + \left[\left(\frac{y - k \cdot y}{3} + k \cdot y\right) \cdot \frac{(y - k \cdot y)}{2}\right]}{k \cdot y + \frac{(y - k \cdot y)}{2}}$$

A deformação da madeira na fibra mais tracionada é encontrada por semelhança de triângulos.

$$\frac{\varepsilon_{c,lim}}{y} = \frac{\varepsilon_t}{h - y}$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{c,lim} \cdot \frac{h - y}{y}$$

Com a deformação de tração, pode-se encontrar a tensão máxima atuante na fibra mais tracionada.

$$\sigma_t = E_t \cdot \varepsilon_t$$

Sendo a distribuição de tensões de tração linear, encontra-se a força de tração resistente.

$$F_t = (h - y) \cdot \frac{\sigma_t}{2}$$

Lembrando que as forças de compressão e tração precisam se equilibrar.

$$F_c = F_t$$

A distância h_i desde a resultante das forças de tração até o fundo da peça é dada por.

$$h_i = \frac{h - y}{3}$$

A distância entre a resultante das forças de compressão e a resultante das forças de tração z é calculada.

$$z = h - h' - h_i$$

E o momento resistente da seção será dado por:

$$M_R = F_c \cdot z = F_t \cdot z$$

Sendo z , o braço de alavanca entre as forças resultantes de tração e de compressão.

Sendo z , o braço de alavanca entre as forças resultantes de tração e de compressão.

$$\begin{aligned} b &= 12 \text{ cm} & \varepsilon_{c,lim} &= 0,011 & \sigma_{c,esc} &= 4,1 \text{ kN/cm}^2 \\ h &= 20 \text{ cm} & \varepsilon_{c,esc} &= 0,0058 & E_t &= 868 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Substituindo os termos na equação encontra-se o valor de k :

$$k = 0,473$$

Na sequência, iterativamente encontra-se o valor de y que satisfaz o equilíbrio de forças, resultando:

$$y = 11,141 \text{ cm}$$

E as demais equações assumem os valores:

$$\begin{aligned} F_{c1} &= 259,11 \text{ kN} & \varepsilon_t &= 0,00875 & z &= 12,77 \text{ cm} \\ F_{c2} &= 144,5 \text{ kN} & \sigma_t &= 7,59 \text{ kN/cm}^2 & & \\ F_c &= 403,61 \text{ kN} & F_t &= 403,61 \text{ kN} & M_R &= 5154 \text{ kNcm} = 51,54 \text{ kNm} \\ h' &= 4,277 \text{ cm} & h_t &= 2,953 \text{ cm} & & \end{aligned}$$

Quando são inseridas as barras de reforço, a deformação nas barras será proporcional à da fibra mais tracionada (ver Figura 8).

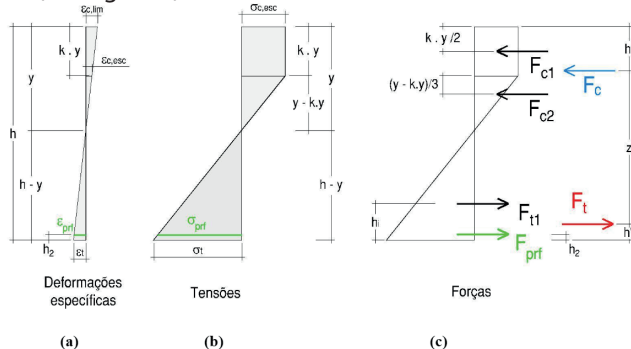


Figura 8: Equilíbrio da seção com reforço: (a) deformações específicas; (b) tensões; (c) forças.

Fonte: Autores

Mais uma vez, por semelhança de triângulos, tem-se:

$$\frac{\varepsilon_{prf}}{(h-y)-h_2} = \frac{\varepsilon_t}{h-y}$$

$$\varepsilon_{prf} = \frac{\varepsilon_t [(h-y)-h_2]}{h-y}$$

Com a deformação de tração na fibra definida, pode-se encontrar a tensão atuante no reforço.

$$\sigma_{prf} = E_{prf} \cdot \varepsilon_{prf}$$

E com a tensão e área de reforço, calcula-se a força que atua no reforço.

$$F_{prf} = A_{prf} \cdot \sigma_{prf}$$

Na nova condição de equilíbrio tem-se:

$$F_{t1} + F_{prf} = F_{c1} + F_{c2}$$

A resultante de tração na porção inferior da viga é:

$$F_t = F_{t1} + F_{prf}$$

Essa resultante de tração está distante h'' da face inferior da viga, sendo:

$$h'' = \frac{F_{t1} \cdot h_i + F_{prf} \cdot h_2}{F_{t1} + F_{prf}}$$

A distância z entre a resultante de compressão e de tração passa a ser:

$$z = h - h' - h''$$

E o momento resistente da seção reforçada pode ser calculado por:

$$M_R = F_c \cdot z = F_t \cdot z$$

Substituindo os valores para o cálculo do acréscimo de resistência e rigidez proporcionado pelos reforços. Considerando que o reforço proposto são três barras de diâmetro de 10 mm ($A_{prf} = 2,36 \text{ cm}^2$), instaladas de forma reentrante na base da viga (montagem NSM), a nova situação de equilíbrio passa a ser para os dois materiais de reforço de PRFV (fibra de vidro) e PRFC (fibra de carbono), com as propriedades mecânicas dadas na Tabela 2.

| PRFV | PRFC |
|---|---|
| $y = 11,429 \text{ cm}$ | $y = 12,194 \text{ cm}$ |
| $k \cdot y = 5,40 \text{ cm}$ | $k \cdot y = 5,76 \text{ cm}$ |
| $F_{c1} = 265,81 \text{ kN}$ | $F_{c1} = 283,62 \text{ kN}$ |
| $F_{c2} = 148,24 \text{ kN}$ | $F_{c2} = 158,17 \text{ kN}$ |
| $F_c = 414,05 \text{ kN}$ | $F_c = 441,79 \text{ kN}$ |
| $h' = 4,388 \text{ cm}$ | $h' = 4,682 \text{ cm}$ |
| $\varepsilon_t = 0,00825$ | $\varepsilon_t = 0,00704$ |
| $\sigma_t = 7,16 \text{ kN/cm}^2$ | $\sigma_t = 6,11 \text{ kN/cm}^2$ |
| $F_{t1} = 368,26 \text{ kN}$ | $F_{t1} = 286,23 \text{ kN}$ |
| $h_t = 2,857 \text{ cm}$ | $h_t = 2,602 \text{ cm}$ |
| $\varepsilon_{prf} = 0,00777$ | $\varepsilon_{prf} = 0,00659$ |
| $\sigma_{prf} = 19,44 \text{ kN/cm}^2$ | $\sigma_{prf} = 66,02 \text{ kN/cm}^2$ |
| $F_{prf} = 45,8 \text{ kN}$ | $F_{prf} = 155,57 \text{ kN}$ |
| $F_t = 414,05 \text{ kN}$ | $F_t = 441,79 \text{ kN}$ |
| $h'' = 2,60 \text{ cm}$ | $h'' = 1,86 \text{ cm}$ |
| $z = 13,016 \text{ cm}$ | $z = 13,457 \text{ cm}$ |
| $M_R = 5389 \text{ kNcm} = 53,89 \text{ kNm}$ | $M_R = 5945 \text{ kNcm} = 59,45 \text{ kNm}$ |

Para o caso da limitante ser a resistência à tração na peça, considerando que a região comprimida fica inteiramente plastificada.

$$\sigma_c = \sigma_{c,esc}$$

$$F_c = y \cdot \sigma_{c,esc} \cdot b$$

A região tracionada tem altura $(h-y)$ e segue uma distribuição linear de tensões.

$$\sigma_t = \sigma_{t,lim}$$

$$F_t = \frac{\sigma_{t,lim} \cdot (h-y) \cdot b}{2}$$

Na Figura 9 apresenta-se a distribuição de tensões e

forças atuantes nos casos de haver ou não reforço.

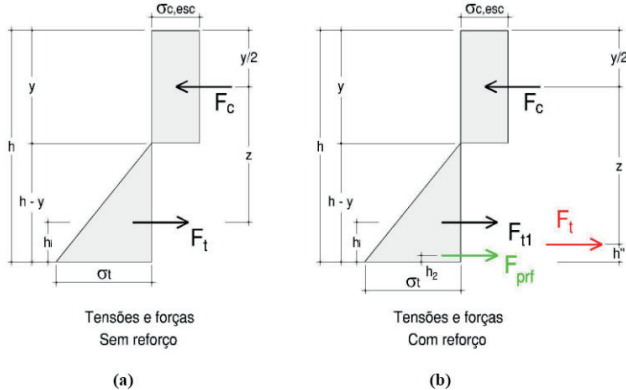


Figura 9: Equilíbrio da seção, tensões e forças, para seções limitadas pela resistência à tração: (a) sem reforço; (b) com reforço.

Fonte: Autores

Primeiramente, para o caso sem reforço (Figura 9a). A resultante de tração F_t fica distante de h_i em relação ao fundo da seção da viga.

$$h_i = \frac{h-y}{3}$$

E com isso o braço de alavanca z é dado por:

$$z = h - \left(\frac{y}{2}\right) - h_i$$

O momento resistente é calculado fazendo:

$$M_R = F_c \cdot z = F_t \cdot z$$

Quando existe reforço instalado na porção tracionada da viga (Figura 9b), a nova situação de equilíbrio passa a ser:

$$F_c = F_t = F_{t1} + F_{prf}$$

Onde F_{t1} é a parcela resistida à tração pela madeira e F_{prf} é a parcela resistida pelo reforço.

$$\frac{\varepsilon_{prf}}{(h-y)-h_2} = \frac{\varepsilon_t}{h-y}$$

$$\varepsilon_{prf} = \frac{\varepsilon_t [(h-y)-h_2]}{h-y}$$

Com a deformação de tração na fibra, pode-se encontrar a tensão atuante no reforço.

$$\sigma_{prf} = E_{prf} \cdot \varepsilon_{prf}$$

E com a tensão e área de reforço, calcula-se a força no reforço.

$$F_{prf} = A_{prf} \cdot \sigma_{prf}$$

A resultante de tração dada pela soma das parcelas resistidas pela madeira e pelo reforço atua a uma distância h'' do fundo da seção.

$$h'' = \frac{F_{t1} \cdot h_i + F_{prf} \cdot h_2}{F_{t1} + F_{prf}}$$

O novo braço de alavanca passa a ser.

$$z = h - \left(\frac{y}{2}\right) - h''$$

Mais uma vez, repetindo o exemplo, mas agora considerando o limite sendo a resistência à tração da madeira. Primeiramente para a situação sem reforço.

$$y = 10,044 \text{ cm} \quad h_i = 3,32 \text{ cm} \quad M_R = 5762 \text{ kNcm} =$$

$$F_c = F_t = 494,15 \text{ kN} \quad z = 20 - \left(\frac{10,044}{2}\right) - 3,32 = 11,66 \text{ cm}$$

Para o caso com reforço de PRFC, chega-se a:

$$y = 12,605 \text{ cm} \quad \sigma_{prf} = 107,43 \text{ kN/cm}^2 \quad M_R = 7463 \text{ kNcm} =$$

$$F_c = 620,16 \text{ kN} \quad F_{prf} = 253,12 \text{ kN} \quad = 74,63 \text{ kNm}$$

$$F_{t1} = 367,04 \text{ kN} \quad h'' = 1,66 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{prf} = 0,01072 \quad z = 12,03 \text{ cm}$$

Já para o caso com reforço de PRFV, tem-se:

$$y = 10,693 \text{ cm} \quad \sigma_{prf} = 27,23 \text{ kN/cm}^2 \quad M_R = 6244 \text{ kNcm} =$$

$$F_c = 526,09 \text{ kN} \quad F_{prf} = 64,15 \text{ kN} \quad = 62,44 \text{ kNm}$$

$$F_{t1} = 461,93 \text{ kN} \quad h'' = 2,79 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{prf} = 0,01088 \quad z = 11,87 \text{ cm}$$

Com as propriedades dos materiais de reforço, é possível calcular também a inércia equivalente para os dois casos. Considerando que a seção de madeira maciça tem momento de inércia em relação ao eixo horizontal que passa pelo centro da seção igual a 8000 cm^4 , pode-se obter o acréscimo de inércia para cada um dos reforços.

| PRFV | PRFC |
|---|--|
| $x_1 = 10,17 \text{ cm}$ | $x_1 = 10,89 \text{ cm}$ |
| $I_{eq} = 8393 \text{ cm}^4$ | $I_{eq} = 10031,6 \text{ cm}^4$ |
| $\frac{I_{eq}}{I} = \frac{8393}{8000} = 1,05$ | $\frac{I_{eq}}{I} = \frac{10031,6}{8000} = 1,25$ |

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo considerou-se a análise teórica de vigas de madeira reforçadas com barras (vergalhões) de PRF, em fibra de vidro (PRFV) e fibra de carbono (PRFC). Ao final do trabalho desenvolve-se um exemplo numérico para uma melhor compreensão da influência da inclusão desses reforços na resistência e rigidez da viga de madeira.

Foi considerada, nas análises, a possibilidade de ruptura à compressão da madeira, desenvolvendo o equilíbrio das forças na seção adotando a deformação última de compressão da madeira, e também a hipótese de ruptura à tração da madeira, adotando a sua deformação última de tração. De acordo com as propriedades da madeira utilizadas no trabalho, a resistência da viga à flexão

foi limitada pela compressão da madeira.

Os resultados mostraram que o uso das barras de PRFV produziram um acréscimo de momento resistente de 4,6%, em relação ao momento da viga de madeira sem o reforço. Por outro lado, a inclusão das barras de PRFC produziram um acréscimo de momento resistente de 15,3%, em relação ao momento da viga de madeira sem o reforço.

O pequeno acréscimo no valor do momento resistente produzido pelo reforço de PRFV se deve ao fato da madeira utilizada no trabalho apresentar já uma resistência relativamente elevada.

Os acréscimos de rigidez à flexão na viga de madeira foram de 10,5% e 12,5% para os reforços de PRFV e PRFC, respectivamente, em relação a viga sem reforço. No caso da rigidez a flexão, o acréscimo no valor produzido pelos reforços foi mais significativo.

REFERÊNCIAS

AHMAD, Y. Bending behavior of timber beams strengthened using fiber reinforced polymer bars and plates. 2010. Tese de Doutorado. **Universiti Teknologi Malaysia**.

ALAM, P.; ANSELL, M.P.; SMEDLEY, D. Mechanical repair of timber beams fractured in flexure using bonded-in reinforcements. *Composites Part B: Engineering*, v. 40, n. 2, p. 95-106, 2009.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI 440.2R-08). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. **Farmington Hills, MI**. 2008.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI 440R-96). State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures. (Reapproved in 2002). **Farmington Hills, MI**. 1996.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM D 143). Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM D 695). Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. 2002.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM D3039). Standard Test Method for Tensile Properties

of Polymer Matrix Composite Materials. 2000.

BORRI, A.; CORRADI, M.; GRAZINI, A. A method for flexural reinforcement of old wood beams with CFRP materials. *Composites Part B: Engineering*, v. 36, n. 2, p. 143-153, 2005.

BRADY, J.F., HARTE, A.M. Flexural reinforcement of glue-laminated timber beams using prestressed FRP plates. In: *Proceedings of 4th International Conference on Advanced Composites in Construction (ACIC)*, Edinburgh, UK, 2008.

BUCHANAN, A. Bending strength of lumber. *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 116, No. 5, 1990, pp.1213-1229.

BULLEIT, W.M.; SANDBERG, L. B.; WOODS, G.J. Steel-reinforced glued laminated timber. *Journal of Structural Engineering*, v. 115, n. 2, p. 433-444, 1989.

CORRADI, M.; RIGHETTI, L.; BORRI, A. Bond strength of composite CFRP reinforcing bars in timber. *Materials*, v. 8, n. 7, p. 4034-4049, 2015.

DZIUBA, T. The ultimate strength of wooden beams with tension reinforcement. *Holzforschung und Holzverwertung*, v. 37, n. 6, p. 115-119, 1985.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. BULLETIN 14: Design and use of externally bonded fibre reinforced polymer reinforcement (FRP EBR) for reinforced concrete structures. 2001.

FIORELLI, J.; DIAS, A.A. Analysis of the strength and stiffness of timber beams reinforced with carbon fiber and glass fiber. *Materials research*, v. 6, p. 193-202, 2003.

GARCÍA, P.R.; ESCAMILLA, A.C.; GARCÍA, M.N.G. Bending reinforcement of timber beams with composite carbon fiber and basalt fiber materials. *Composites Part B: Engineering*, v. 55, p. 528-536, 2013.

GENTILE, C.; SVECOVA, D.; RIZKALLA, S.H. Timber beams strengthened with GFRP bars: development and applications. *Journal of Composites for Construction*, v. 6, n. 1, p. 11-20, 2002.

HERNANDEZ, R., DAVALOS, J.F., SONTI, S.S., KIM, Y.,

MOODY, R.C., Strength and stiffness of reinforced yellow-poplar glued-laminated beams, Research Paper FPL-RP-554, **Department of Agriculture**, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, US, 1997.

JOHANSSON, H.; BLANKSVÄRD, T.; CAROLIN, A. Glulam members strengthened by carbon fibre reinforcement. **Materials and Structures**, v. 40, n. 1, p. 47-56, 2007.

KLIGER, R., JOHANSSON, M., CROCETTI, R. Strengthening timber with CFRP or steel plates – short and long-term performance. In: Proceedings of **World Conference on Timber Engineering**, Miyazaki, Japan, 2008.

LI, M.; Wang, L-J.; LI, D.; Cheng, Y-L.; ADHIKARI, B. Preparation and characterization of cellulose nanofibers from de-pectinated sugar beet pulp. **Carbohydrate Polymers**, v. 102, p. 136-143, 2014.

LI, Y.F., XIE, Y.M., TSAI, M.J. Enhancement of the flexural performance of retrofitted wood beams using CFRP composite sheets. **Construction and Building Materials**, Vol. 23, 2009, pp.411-422.

LORENZIS, L.; SCIALPI, V.; LA TEGOLA, A. Analytical and experimental study on bonded-in CFRP bars in glulam timber. *Composites Part B: Engineering*, v. 36, n. 4, p. 279-289, 2005.

LORENZIS, L.; TENG, J-G. Near-surface mounted FRP reinforcement: An emerging technique for strengthening structures. *Composites Part B: Engineering*, v. 38, n. 2, p. 119-143, 2007.

MORALES-CONDE, M. J.; RODRÍGUEZ-LIÑÁN, C.; RUBIO-DE HITA, P. Bending and shear reinforcements for timber beams using GFRP plates. **Construction and Building Materials**, v. 96, p. 461-472, 2015.

NADIR, Y.; NAGARAJAN, P.; AMEEN, M.; ARIF, M.M. Flexural stiffness and strength enhancement oh horizontally glued laminated wood beams with GFRP and CFRP composite sheets. **Construction and Building Materials**, v. 112, pp. 547-555, 2016.

PLEVRIS, Nikolaos; TRIANTAFILLOU, Thanasis C. FRP-reinforced wood as structural material. **Journal of materials in Civil Engineering**, v. 4, n. 3, p. 300-317, 1992.

RAFTERY, Gary M.; WHELAN, Conor. Low-grade glued

laminated timber beams reinforced using improved arrangements of bonded-in GFRP rods. **Construction and building materials**, v. 52, p. 209-220, 2014.

SCHOBER, K-U., HARTE, A. M., KLIGER, R., JOCKWER, R., XU, Q.; CHEN, J-F. FRP reinforcement of timber structures. **Construction and Building Materials**, 97, 106-118. 2015.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SANTOS NETO, Almir Barros Da S.; LÜBECK, André; LIMA, Rogério Cattelan A.; HOPPE, Luciana Fernandes. Análise teórica de vigas de madeira armadas com vergalhões de polímero reforçado com fibra (PRF). **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 87-97, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.87-97>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

ABSSN: Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Aquisição de financiamento, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita - rascunho original, Escrita - revisão e edição.

AL: Análise formal, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita - rascunho original, Escrita - revisão e edição.

RCAL: Conceituação, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão, Escrita - revisão e edição.

LFH: Curadoria de dados, Aquisição de financiamento, Investigação, Metodologia.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

ESTUDO SOBRE EMPREGO DE ISOLANTES TERMOACÚSTICOS ECOLÓGICOS NA ARQUITETURA E NA CONSTRUÇÃO CIVIL

STUDY OF THE USE OF ECOLOGICAL THERMOACOUSTIC INSULATORS IN ARCHITECTURE AND CIVIL CONSTRUCTION

ESTUDIO SOBRE EL USO DE AISLANTES TERMOACÚSTICOS ECOLÓGICOS EN ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CIVIL

ISABELLA SABRINA FERNANDES DOS SANTOS | USP - Universidade de São Paulo, Brasil.

AKEMI INO, DRA. | USP - Universidade de São Paulo, Brasil.

RESUMO

O uso da madeira de plantios florestais como material construtivo mostra-se uma alternativa mais sustentável no meio da construção civil, seu uso em painéis pré-fabricados faz-se interessante como solução de vedação leve para edificações mais econômicas e otimizadas. Mas, há de se considerar a necessidade de isolamento termoacústico nesses painéis, e aqui se insere a proposta do artigo, que visa preencher a lacuna de pesquisas sobre materiais isolantes ecológicos. A partir de investigação nas literaturas técnico-científicas e no mercado, nacional e internacional, foi constatado que existem muitos materiais naturais ou reciclados com propriedades adequadas para o emprego como materiais isolantes na construção civil, e inclusive alguns desses já são comercializados no exterior com preços competitivos. No Brasil, esse mercado ainda é incipiente, entretanto percebe-se o potencial no uso de resíduos agrícolas como isolantes, tendo em vista a alta produção do país.

PALAVRAS-CHAVE

Sustentabilidade; Isolamento termoacústico; Isolantes ecológicos.

ABSTRACT

The use of wood from forest plantations as a building material proves to be a sustainable alternative in the field of civil construction, its use in prefabricated panels becomes interesting as a lightweight sealing solution for more economical and optimized buildings. However, the need for thermoacoustic insulation in these panels must be considered, and this is where the proposal of the article is inserted, which aims to fill the gap in research on ecological insulating materials. From research in the technical-scientific literature and in the national and international market, it was found that there are many natural or recycled materials with suitable properties for use as insulating materials in civil construction, and even some of these are already sold abroad with competitive prices. In Brazil, this market is still incipient, however the potential in the use of agricultural residues as insulators is perceived, in view of the high production in the country.

KEYWORDS

Sustainability; Thermoacoustic insulation; Ecological insulators.

RESUMEN

El uso de madera procedente de plantaciones forestales como material de construcción es una alternativa más sostenible en la industria de la construcción, su uso en paneles prefabricados es interesante como solución de sellado



ligero para edificios más económicos y optimizados. Sin embargo, debe considerarse la necesidad de aislamiento termoacústico en estos paneles, y esta es la propuesta del artículo, que pretende cubrir el vacío de investigación sobre materiales aislantes ecológicos. A partir de investigaciones en la literatura técnico-científica y en el mercado nacional e internacional, se constató que existen muchos materiales naturales o reciclados con propiedades adecuadas para ser utilizados como aislantes en la construcción civil, e incluso algunos de ellos ya son comercializados en el exterior a precios competitivos. En Brasil, este mercado aún es incipiente, sin embargo, se percibe el potencial en el uso de residuos agrícolas como aislantes, en vista de la alta producción del país.

PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad; Aislamiento termoacústico; Aislantes ecológicos.

1. INTRODUÇÃO

A Construção Civil, englobando toda sua cadeia produtiva, é responsável por grandes impactos ambientais ao consumir grande quantidade de recursos naturais, de energia, de materiais, gerar alta quantidade de resíduos e emitir gases de efeito estufa (GEE). Os materiais usados convencionalmente nessa indústria compartilham fortemente a responsabilidade desse impacto; como por exemplo o concreto, que tem sido o elemento base da construção civil e utiliza o cimento como aglomerante. Atualmente, a produção de cimento passa de 4 bilhões de toneladas por ano, e é responsável pela emissão de mais de 1,5 bilhão de toneladas de CO₂, compondo 8% das emissões globais (LEHNE; PRESTON, 2018).

O Brasil ocupa o preocupante 6º lugar entre os maiores emissores de GEE, com 3,2% do total mundial (SEEG, 2019). Em meio a este cenário, para que se impeça o agravamento do efeito estufa, é necessário que haja redução das emissões de GEE e também maneiras de sequestrar e armazená-los. Desta forma, a Construção Civil pode diminuir seu impacto ambiental através da adoção da madeira de plantios florestais como material de construção, visto que ela pode contribuir em ambos os aspectos por ser nula em relação às emissões de carbono, e os benefícios podem ser ainda maiores ao adicionar o uso da madeira à pré-fabricação (GHELLERE, 2020).

A madeira é um material de pouco impacto, ainda mais se comparado aos materiais de construção convencionais, ela possui características positivas em diversos aspectos: é um material de fonte renovável que permite um ciclo fechado; possui processos menos complexos de transformação e de menor energia incorporada; apresenta facilidade de execução no canteiro de obras (equipamentos e ferramentas mais leves, unidades produtivas menores, proximidade produção-consumo); maior facilidade na formação e qualificação de mão de obra (INO, 2016). O Brasil, apesar de apresentar grande potencial de produção madeireira por sua dimensão continental e clima favorável, demonstra baixa demanda de construção com este material. Esse entrave pode ser consequência de um ciclo vicioso que engloba questões culturais, falta de especialização de profissionais envolvidos, preferência de madeireiros na produção de celulose e a consequente falta de qualidade da madeira que se tem no mercado atual. Em meio a discussões acerca da sustentabilidade, o uso da madeira como material de construção no país pode vir a crescer e mudar esse cenário, sua produção efetiva vem acompanhada de geração de renda e novos empregos,

além da mitigação do efeito estufa.

Um outro ponto a se considerar é o uso da pré-fabricação. Sua aplicação possibilita maior controle do processo produtivo, permitindo maior rapidez de execução, economia de materiais, agilidade com mão de obra, e consequente economia financeira, aumento da qualidade do produto e diminuição na geração de resíduos. E, ao ser executada no canteiro de obra, simplifica ainda mais o processo logístico, reduzindo os gastos com transporte e maquinários pesados, diminuindo o consumo de combustíveis e energia. A associação da madeira em painéis pré-fabricados vai ao encontro da temática sustentabilidade. De acordo com as experimentações com painéis de madeira para pré-fabricação feitas por Ghellere (2020) pode-se chegar a algumas conclusões: painéis com camada única apresentam menor custo e complexidade, facilitando a execução, porém resultam em pouco conforto térmico. O aumento da espessura do painel poderia resolver esse aspecto, mas encareceria a construção; uma alternativa mais viável seria a produção de um painel duplo com uma camada de isolamento.

Finalmente, a respeito do isolamento, os materiais isolantes convencionais da construção civil, em sua maioria, são derivados do petróleo e não recicláveis, como a lã de rocha, a fibra de vidro e o poliestireno expandido (EPS). Havendo assim, uma lacuna a respeito de isolantes ecológicos, que são pouco difundidos e dificilmente encontrados no mercado nacional. Tendo em vista os pontos discutidos até então, e a necessidade do emprego de isolantes em painéis de madeira pré-fabricados, a pesquisa a respeito da utilização de isolantes ecológicos torna-se de profunda relevância. Materiais esses que se caracterizam pela baixa condutividade térmica, e que por vezes podem ser empregados como isolantes térmicos e acústicos (termoacústicos). Por serem ecológicos e naturais, além da função isolante que tem importância contra o desperdício de energia, podem ter menor custo, serem biodegradáveis e recicláveis, adotando uma iniciativa mais sustentável; exemplos desses materiais a serem estudados incluem a terra palha e fibras naturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, o setor de edificações foi responsável pela expressiva parcela de 52% do consumo de energia elétrica no país em 2019; Dentro desse segmento as residências responderam por 26% desse consumo, e o restante atribuído a estabelecimentos comerciais (17%) e prédios públicos (9%) (EPE, 2020). O alto índice de consumo de

energia dos edifícios ressalta a significativa importância da indústria da Construção Civil na sociedade, e a urgência de se firmar seu compromisso com a sustentabilidade.

As estratégias para se alcançar a maior eficiência energética de um edifício estão presentes desde o início, é preciso que o projeto inclua esse pensamento em todo o processo de produção, desde fabricação, transporte e construção até demolição. Uma construção energeticamente eficiente traz benefícios econômicos, ambientais e principalmente positivos para os usuários, possibilitando edifícios mais confortáveis a menor custo. Portanto, um projeto pensando na eficiência energética e sustentabilidade da construção deve levar em consideração uma das principais causas do alto consumo de energia: o uso excessivo de equipamentos climatizadores. Neste aspecto, é de grande contribuição a utilização de materiais isolantes no edifício, sendo eles térmicos e/ou acústicos.

O isolamento na construção civil pode ser resultante do próprio sistema construtivo adotado, mas também pode ser obtido ao se adicionar materiais isolantes ao sistema; como por exemplo acrescentar uma camada de material isolante em meio ao painel duplo de madeira ao invés de se usar um painel único de grande espessura. Além do conforto do usuário, as vantagens em se utilizar sistemas de isolamento englobam a economia de energia devido à redução das necessidades de climatização do ambiente interior, redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura e diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes (NAVROSKI et al., 2010).

Referente a temperatura, a condutividade térmica está associada a ligações na estrutura atômica ou molecular de um material, os metais, por exemplo, são bons condutores de calor por terem seus elétrons mais externos livres para transportar energia, ao contrário de materiais como madeira, lã, vidro e poliestireno, que são maus condutores por possuírem os elétrons mais externos firmemente ligados (NAVROSKI et al., 2010). Para fins de simplificação, um material pode ser considerado como um isolador térmico se o seu índice de condutividade térmica (λ) for inferior a 0,07 W/m.K (ASDRUBALI et al., 2015).

Em relação específica à acústica, o tratamento inclui isolar ou absorver ondas sonoras. O isolamento acústico atua na diminuição do nível de ruído que entra e sai do ambiente, e é expresso pelo índice de redução sonora ponderado (R_w) expresso em dB, que caracteriza a habilidade de uma estrutura prevenir e dificultar a passagem de som através de si mesma. Quanto maior o índice de redução sonora, maior o isolamento acústico da estrutura

(ASDRUBALI et al., 2015). Materiais de alta densidade superficial minimizam a transmissão de energia sonora de um ambiente a outro, isolando-os, como o concreto, vidro e chumbo. A absorção sonora trata do fenômeno que minimiza a reflexão das ondas sonoras em um determinado ambiente, ou seja, diminui ou elimina o nível de reverberação, que por sua vez é responsável por comprometer a inteligibilidade do meio (BASTOS et al., 2010). A capacidade de materiais e sistemas de dissipar a energia acústica incidente é dada pelo coeficiente de absorção sonora (α), adimensional. Os materiais utilizados para absorver som são os de baixa densidade, fibrosos ou porosos, como por exemplo as lãs minerais sintéticas, como as de vidro ou de rocha, a espuma de poliuretano, as fibras cerâmicas, os tecidos e etc.

Os materiais isolantes convencionais da construção civil, em sua maioria, são derivados do petróleo e não naturais, como a lã de rocha, a fibra de vidro e o poliestireno expandido (EPS), e podem trazer problemas tanto em seu processo de produção quanto de instalação. Como por exemplo as lãs minerais, apesar do baixo custo podem prejudicar a saúde durante o manuseio, como irritação de pele e problemas respiratórios devido à inalação. Já os materiais porosos, como as espumas de poliuretano, além de possuírem maior custo de produção, ainda são mais agressivos ao meio ambiente devido a emissão de gases tóxicos (ASDRUBALI et al., 2012).

Em meio a essa série de desvantagens que acompanham os isolantes convencionais, o uso de materiais isolantes naturais se faz pertinente, estes podem ter menor custo, são biodegradáveis e recicláveis, requerem menor quantidade de energia, fazem uso limitado de fontes não-renováveis adotando uma iniciativa mais sustentável, como por exemplo as fibras vegetais. Os materiais isolantes naturais podem ser comparados, em termos de desempenho, aos materiais convencionais, e já são encontrados comercialmente no exterior a um preço acessível, porém no Brasil ainda há certa dificuldade em encontrá-los.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A abordagem inicial utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi de levantamento bibliográfico, pesquisando por artigos científicos, dissertações e teses publicadas até o momento em referência: 2022.

Primeiramente, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre: eficiência energética e o papel dos materiais isolantes nesse contexto; as normas brasileiras de desempenho em edificações habitacionais; e, finalmente, materiais

isolantes naturais, sendo também considerados materiais reciclados. Para a busca, foram utilizadas as palavras-chave: materiais isolantes, isolantes construção civil, isolantes sustentáveis, isolantes naturais, isolantes térmicos, isolantes acústicos, e suas respectivas traduções para o inglês, a fim de explorar os materiais isolantes sustentáveis que estão sendo estudados e testados nacional e internacionalmente. A partir dos resultados encontrados, foram selecionadas e analisadas pesquisas com materiais naturais ou reciclados com potencial de uso como isolante térmico e/ou acústico na construção civil, sendo algumas dessas pesquisas compiladas de outras, obtendo ampla gama de insumos.

Posteriormente, foi feita uma busca por empresas, nacionais e internacionais, que comercializam os materiais naturais indicados como bons isolantes na construção civil pela bibliografia; e também por projetos construídos que utilizem os mesmos materiais. Para assim, ao final, organizar uma tabela de fácil consulta sintetizando todos os dados levantados.

4. RESULTADOS

Os resultados da pesquisa foram divididos em três partes, e são elas: isolantes ecológicos encontrados na literatura,

isolantes ecológicos encontrados no mercado e, por último, projetos que utilizam materiais isolantes ecológicos.

4.1. Isolantes ecológicos encontrados na literatura

A partir do levantamento bibliográfico de pesquisas sobre isolantes ecológicos, foi possível encontrar uma gama de materiais, sejam eles naturais ou reciclados, que se mostraram promissores para o emprego na construção civil devido a propriedades térmicas e acústicas adequadas. Ainda, foi percebido que falta uma melhor caracterização dos materiais, pois por se tratarem de materiais naturais estão mais expostos a adversidades como parasitas, fungos e umidade; e também se mostra muito necessário testes a respeito de resistência mecânica e ao fogo.

A Tabela 01 sistematiza os dados coletados a respeito desses materiais. A tabela contém para cada material, além de uma breve descrição, a variação de valores obtidos nos ensaios das seguintes propriedades: densidade (d) dada em kg/m³, condutividade térmica (λ) em W/m.K, coeficiente de absorção sonora (α), grandeza adimensional, para frequência de 500 Hz, e índice de redução sonora (Rw) dada em dB, o número entre colchetes ao lado do material relaciona-se com a referência da pesquisa.

| Material | Descrição | d (kg/m ³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|-----------------------|---|------------------------|-----------|------|---------|
| Abacaxi [1] | placas compostas por fibra de folha de abacaxi e látex de borracha natural como aglutinante (1:3) | 210 | 0,035 | - | - |
| Açaí [2] | painéis compostos por fibra de açaí com ligante a base de acrilato e água | - | - | 0,45 | - |
| Arroz [3] | casca seca de arroz | 149 | 0,049 | - | - |
| Arroz [4] | compósito com palha de arroz e madeira (20% do peso em palha de arroz) | - | - | 0,30 | - |
| Bambu [5] | amostra a partir de fibra de bambu | 120 | - | 0,40 | - |
| Cana-de-açúcar [6] | bagaço da cana-de-açúcar | 100 | 0,048 | - | - |
| Casca de pinheiro [7] | casca de pinheiro triturada seca | 250 | 0,069 | - | - |
| Coco [8] | fibra de casca e coco sem utilização de ligantes | - | 0,041 | 0,31 | 12,5 |
| Coco [2] | painéis de fibra de coco | - | - | 0,29 | - |
| Dendê [4] | amostra de fibra de dendê | 100 | 0,055 | - | - |
| Dendê [2] | painel composto por fibra de dendê e ligante a base de acrilato e água | - | - | 0,19 | - |
| Denim [8] | painel composto por denim, jeans reciclado, sem utilização de ligantes | - | 0,038 | 0,03 | 11,5 |
| Durião [4] | amostra de aglomerados compostos por casca de durião | 428 | 0,064 | - | - |

| Material | Descrição | d (kg/m ³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|---|---|---------------------------|---------------|------|------------|
| Hastes de algodão [4] | placas feitas a partir da fibra da haste de algodão sem aglomerante químico | - | 0,059 | - | - |
| Junco [4] | painel composto por junco | 130 - 190 | 0,045 - 0,056 | 0,50 | - |
| Junco + cânhamo [5] | amostra composta por uma camada de 5 cm de junco e 7 cm de cânhamo | - | - | 1,20 | - |
| Kenaf [9] | placa dura com fibra de kenaf com 50 mm de espessura | 30 | - | 0,74 | - |
| Lã de ovelha [10] | amostra com composição de diferentes qualidades de lã de ovelha | 30 | - | 0,45 | - |
| Linho [5] | amostra com espessura de 10 mm de estopa, sem adição de aglutinantes | - | - | 0,56 | - |
| Milho [6] | placa composta por sabugo de milho triturado | 130 | 0,058 | - | - |
| Palha [11] | placa composta por palha com 8,25% de umidade | 76 | 0,053 | - | - |
| Poliuretano derivado do óleo de mamona [12] | espuma de poliuretano derivado do óleo de mamona, biodegradável | - | 0,045 | - | - |
| Sisal [8] | placas de fibra de sisal sem ligantes | - | 0,039 | 0,29 | 12,1 |
| Taboa [4] | fibra de taboa | 200 - 400 | 0,044 - 0,061 | - | - |

Tabela 1: Materiais isolantes naturais encontrados na LITERTURA.
Fonte: Autoras.

Alguns materiais se destacaram entre os encontrados no levantamento bibliográfico, tanto pelas propriedades apresentadas quanto pela potência no contexto brasileiro. Os materiais são: a fibra de açai, a fibra de coco, o denim e o poliuretano derivado do óleo de mamona, que serão melhor abordados a seguir.

4.1.1. Açai

Bastos et al. (2021) realizou ensaios com painéis compostos por fibras de açai a fim de testar sua aplicabilidade na melhoria da inteligibilidade da fala em sala de aula. Os resultados indicaram que embora apresente valores baixos nas frequências graves (até 500 Hz), o material analisado se comporta como um bom absorvedor acústico, considerando que acima de 2.000 Hz a absorção sonora é superior a 80%, os coeficientes de absorção sonora estão indicados na Tabela 02.

| f (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| α | 0,33 | 0,18 | 0,36 | 0,56 | 0,80 | 0,87 |

Tabela 2: Coeficientes de absorção sonora do painel de fibra de açai por banda de oitava.
Fonte: BASTOS et al., 2021.



Figura 1: a) Formação das camadas de fibras de açai; b) Painéis de fibra de açai.
Fonte: BASTOS et al., 2021.

4.1.2. Coco

Araujo et al. (2015) testou amostras de fibras de coco verde e seca minimamente processadas, em uma solução composta por óleo da castanha de caju, objetivando estimar suas características térmicas. Essas amostras foram produzidas com densidades variáveis para identificar as mais apropriadas em termos de desempenho térmico, segundo a norma francesa NF EN 12664 onde foi utilizado o método fluximétrico. A partir dos resultados obtidos, pode-se determinar que a melhor relação entre a densidade e a condutividade térmica de fibra de coco verde é 0,046 W/m.K para densidade de 57,87 kg/m³, e para a fibra de coco seco é 0,041 W/m.K para densidade de 89,34 kg/m³.

Navacerrada et al. (2021) desenvolveu ensaios com placas de fibra de coco sem a utilização de ligantes,

graças a utilização da máquina de punção, e a partir do resultado de valor de condutividade térmica $\lambda = 0,041 \text{ W/m.K}$ à 10°C foram determinados os valores de rigidez dinâmica de 4 MN/m^3 ; frequência de ressonância $f_0 = 93 \text{ Hz}$; índice de redução sonora $R_w = 12,5 \text{ dB}$; e para o coeficiente de absorção sonora obteve-se os valores expostos na Tabela 03.



Figura 2: Painel de fibra de coco minimamente processada.
Fonte: ARAUJO et al., 2015

| f (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| α | 0,21 | 0,15 | 0,31 | 0,40 | 0,77 | 0,82 |

Tabela 3: Coeficientes de absorção sonora do painel de fibra de coco por banda de oitava.
Fonte: NAVACERRADA et al., 2021



Figura 3: Painel de fibra de coco minimamente processada.
Fonte: ARAUJO et al., 2015

4.1.3. Denim

O denim tem como grande fonte de matéria prima o jeans reciclado, material que descartado pode contaminar o solo e água. Sua utilização como material isolante foi estudada por Navacerrada et al., (2021), que realizou vários ensaios com placas compostas por suas fibras sem utilização de ligantes, obtendo os seguintes valores: condutividade térmica (λ) de $0,038 \text{ W/m.K}$ à 10°C ; rigidez dinâmica de 6 MN/m^3 ; frequência de ressonância $f_0 = 105 \text{ Hz}$; índice de redução sonora $R_w = 11,5 \text{ dB}$; e para o coeficiente de absorção sonora (α) obteve-se os valores mostrados na Tabela 04.

| f (Hz) | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| α | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,71 | 0,96 | 0,96 |

Tabela 4: Coeficientes de absorção sonora do painel de denim por banda de oitava.
Fonte: NAVACERRADA et al., 2021



Figura 4: Placa composta por fibra de denim.
Fonte: NAVACERRADA et al., 2021

4.1.4. Poliuretano derivado do óleo de mamona

Os materiais isolantes de poliuretano mais comercializados são geralmente derivados de petróleo. No entanto, há o poliuretano derivado de óleo de mamona (*Ricinus communis*), que além de suas propriedades químicas e físicas de sua espuma oferecem diversas vantagens como leveza, fácil manuseio e instalação, resistência, menor volume ocupado, alta durabilidade, baixa condutividade térmica, e também biodegradável.

Cardoso (2010) caracterizou a espuma rígida de poliuretano (PU) derivada de óleo de mamona (*Ricinus communis*) para aplicação como forro na isolamento térmica de sistemas de cobertura. A partir do método de fio quente paralelo, foram determinadas a condutividade térmica da espuma de $0,045 \text{ W/m.K}$, calor específico de $4.607,15 \text{ J/kg.K}$ e difusividade térmica: $2,65 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Também foi realizado estudo comparativo entre quatro células de teste para análise do comportamento térmico do forro isolante com dados coletados em canteiro experimental, (Figura 05). Os resultados obtidos comprovaram a eficiência da espuma nas trocas térmicas, visto que a célula com o forro isolante apresentou até $6,8^\circ\text{C}$ de diferença em relação à célula sem o forro. Além disso, a espuma rígida de poliuretano apresentou propriedades termomecânicas compatíveis para utilização como isolante térmico em temperaturas abaixo do ambiente, e em temperaturas acima de 100°C



Figura 5: a) Colocação das placas de PU; b) Placas de PU aplicadas no forro.
Fonte: CARDOSO, 2010.

4.2. Isolantes ecológicos encontrados no mercado

Com base no levantamento bibliográfico de materiais naturais ou reciclados que podem funcionar como isolantes térmicos e ou acústicos foi feita uma busca a fim de encontrar esses mesmos materiais oferecidos no mercado. Pôde-se notar de imediato maior facilidade em encontrar produtos no mercado internacional em comparação ao nacional, destacando maior quantidade de empresas europeias.

Para a sistematização da busca realizada foi elaborada a Tabela 05, contendo os produtos comercializados encontrados que utilizam como princípio materiais naturais

ou reciclados para a produção de isolantes na construção civil. As propriedades expostas são as mesmas apresentadas na Tabela 01, na coluna do nome comercial foram incluídos os países de origem de cada produto e, novamente, o número entre colchetes relaciona-se com a empresa de referência.

A partir do levantamento dos produtos oferecidos pelo mercado internacional, foram selecionados três distintos produtos de materiais naturais e/ou reciclados para maior detalhamento. E apresentando, posteriormente, seus respectivos preços de comercialização no mercado a fim de realizar um breve comparativo de valores com os materiais convencionais locais.

| Nome comercial | Descrição | d (kg/m ³) | λ (W/m.K) | α | Rw (dB) |
|---|---|------------------------|-----------|------|-------------|
| Acoustic Panels Letônia [13] | painel com 25 mm de lã de madeira e 60 mm de air gap | - | 0,066 | 0,55 | - |
| Aglomerado de Cortiça Expandida Portugal [14] | aglomerado de cortiça expandida, até 30 cm de espessura | 110 | 0,039 | - | - |
| Agribiopanel Índia [15] | painéis compostos 90% palha e 10% ligante | 800 | 0,013 | - | 40,0 |
| alfaWall Espanha [16] | painel estrutural de palha (arroz, trigo e centeio) prensada com estrutura de madeira | 120 | 0,067 | - | 49,0 |
| Coco Portugal [17] | placas rígidas e duras compostas por fibras de coco | 110 - 140 | 0,043 | - | - |
| Echo Eliminator EUA [18] | algodão reciclado com espessura de 2,5 cm | 96 | 0,039 | 0,86 | - |
| Eco-Core Eco Friendly Insulation EUA [19] | painel composto por celulose, papel e algodão reciclado com 5 cm de espessura | - | - | 1,18 | - |
| EcoCocon Eslováquia [20] | painel feito de palha prensada com espessura de 40 cm e camada externa de fibra de madeira | 110 | 0,065 | - | 54,0 |
| Fibra de Coco Brasil [21] | placas de fibra de coco com espessura de 4 cm | - | 0,053 | 0,45 | 4,0 |
| Painel ROOTMAN Chile [22] | material com raízes como base | 120 - 140 | 0,035 | 0,67 | 48,0 |
| Quiet Batt EUA [23] | composto 80% de algodão reciclado, espessura de 76 cm | - | 0,476 | 0,99 | - |
| RH50 Itália [24] | painel 92% fibras de palha de arroz 8% fibras termofusíveis de poliéster, espessura 4,5 - 20 cm | 50 | 0,039 | - | 46,0 - 48,0 |
| Sheepwool Irlanda [25] | rolos de lã de ovelha | 20 | 0,036 | - | - |
| Steico flex 036 Alemanha [26] | painel composto por fibra de madeira | 60 | 0,036 | - | - |
| Thermo Hemp Combi Jute Alemanha [27] | 58% fibras de cânhamo, 29% fibras de juta reciclada, 9% fibras de PET reciclada | 37 | 0,039 | 0,70 | - |
| Ultrawool Reino Unido [28] | composto 75% lã de ovelha e 25% poliéster reciclado, espessura de 5 cm | 31 | 0,035 | 0,85 | 41,0 |

Tabela 5: Materiais isolantes termoacústicos naturais encontrados no MERCADO.

Fonte: Autoras.

4.2.1. Thermo Hanf

A Thermo Hanf é uma empresa alemã que produz placas isolantes compostas 58% fibras de cânhamo, 29% fibras de juta reciclada, 9% fibras de PET reciclada, apresenta coeficiente de absorção acústica de 0,7 a 500 Hz e condutividade térmica de 0,039W/m.K, se mostrando bom isolante térmico e absorvedor acústico, suas características de absorção sonora variando com a espessura estão expostas na Tabela 06.

| α | e (mm) | f (Hz) | | | | | |
|---|--------|--------|------|------|------|------|------|
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| | 40 | 0,20 | 0,45 | 0,70 | 0,85 | 0,90 | 0,95 |
| | 160 | 0,85 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Tabela 6: Coeficientes de absorção sonora do painel Thermo Hanf por banda de oitava de acordo com a espessura.
Fonte: Thermo Hanf, 2022.



Figura 6: Placas Thermo Hanf.
Fonte: Thermo Hanf, 2022.

4.2.2. Eco-Core

A Eco-Core é uma marca norte americana que produz placas específicas para absorção acústica compostas por celulose, papel e algodão reciclados, suas características de absorção sonora variando com a espessura estão expostas na Tabela 07.

| α | e (mm) | f (Hz) | | | | | |
|---|--------|--------|------|------|------|------|------|
| | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| | 25 | 0,09 | 0,21 | 0,84 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| | 50 | 0,39 | 0,51 | 1,18 | 1,11 | 1,06 | 1,09 |

Tabela 7: Coeficientes de absorção sonora do painel Eco-Core por banda de oitava de acordo com a espessura.
Fonte: Acoustic Mac, 2022.



Figura 7: Placas Eco-Core.
Fonte: Acoustic Mac, 2022.

4.2.3. Sheep Wool Insulation

A Sheep Wool Insulation é uma empresa irlandesa que comercializa rolos de lã de ovelha para isolamento térmico, a condutividade térmica do produto é de 0,036W/m.K.



Figura 8: a) Rolos Sheep Wool Insulation; b) Aplicação dos rolos.
Fonte: Sheepwool Insulation, 2022.

4.2.3. Comparativo de custos

Em relação a custos, no site dessas empresas foi possível consultar o valor de seus produtos, sendo que variam de acordo com densidade, espessura e modelo. Para a empresa irlandesa Sheep Wool Insulation, o valor do metro quadrado de seus produtos variou entre €9,75 e €45,12. O metro quadrado do produto estadunidense Eco-Core variou entre \$12,31 e \$34,48. Já a empresa alemã Thermo Hanf oferece o metro quadrado entre £6,78 e £15,99.

Também foi feito o levantamento do preço dos materiais isolantes tradicionais em dois dos mesmos países, para fins de referência. Na empresa de materiais de construção irlandesa Build 4 Less foi encontrado lã mineral com metro quadrado entre €6,41 e €9,28, lã de rocha com metro quadrado de €98,92, e fibra de vidro com metro quadrado de €4,24. Na loja de isolamento acústico estadunidense Acoustimac foi possível encontrar isolantes de lã de rocha com o metro quadrado variando entre \$17,07 e \$40,96.

Analisando os valores levantados, pode-se perceber que no mercado dos respectivos países os isolantes naturais encontram-se na mesma faixa de preço que os tradicionais, entendendo que há competitividade dos materiais naturais no mercado internacional.

4.3. Projetos que utilizam materiais isolantes ecológicos

Após o levantamento de materiais na literatura e no mercado, foi feita uma busca por projetos construídos que utilizassem algum dos materiais isolantes ecológicos já estudados. Assim, foram selecionados dois projetos de interesse que serão melhores abordados a seguir: a Hemp House e as 13 Maisons en Bois-Paille. Ambas se tratam de habitações localizadas na Europa, com estrutura em madeira.

4.3.1. Hemp House

A Hemp House, dos arquitetos Bach Mühle Fuchs e Ljubica Arsić, é um projeto de 2021, localizado na Sérvia e se relaciona fortemente com seu entorno predominante natural, utilizando de métodos simples de construção e materiais ecológicos. A estrutura é de madeira e a vedação é feita de “hempcrete”.



Figura 9: Fachada da Hemp House.
Fonte: ArchDaily.

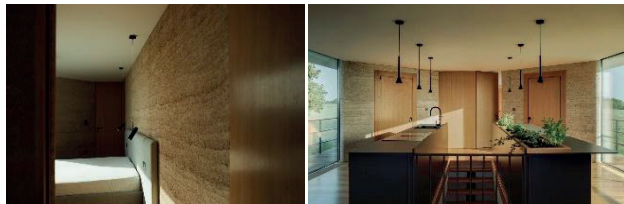


Figura 10: Interior.
Fonte: ArchDaily.

Hempcrete é a contração do inglês concrete hemp, em português: concreto de cânhamo. Trata-se de um composto ecológico de lascas de cânhamo com cal ou solo cimento, ele é leve e não estrutural, pode ser moldado no local ou pré-fabricado em componentes de construção, dentre suas propriedades está inclusa o isolamento térmico.



Figura 11: Detalhe da parede.
Fonte: ArchDaily.

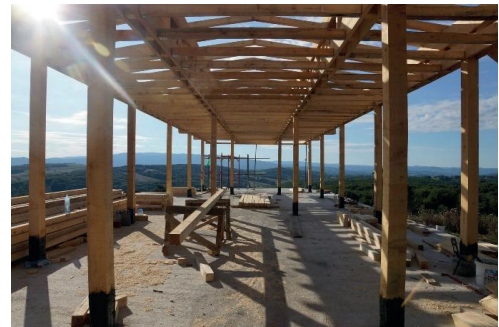


Figura 12: Processo de construção.
Fonte: ArchDaily.



Figura 13: Processo de construção.
Fonte: ArchDaily.

4.3.2. 13 Maisons en Bois-Paille

O projeto 13 maisons en bois-paille à Nogent-le-Rotrou, de 2019, trata de 13 casas populares localizadas em Nogent-le-Rotrou, ao norte da França, tendo como escritório de arquitetura responsável NZI Architectes. As residências são organizadas em três blocos conectados por um caminho pedonal, e nelas foram exploradas técnicas construtivas sustentáveis, em que a eficiência energética foi tomada como aspecto importante ao se priorizar o conforto da construção.

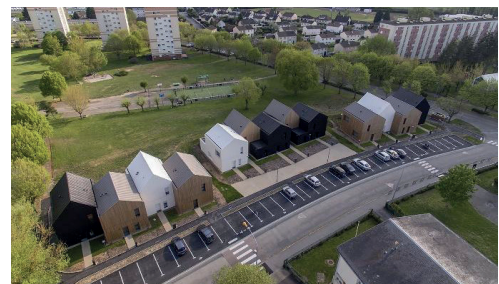


Figura 14: Implantação.
Fonte: NZI Architectes.



Figura 15: Revestimentos de madeira com diferentes tratamentos.

Fonte: NZI Architectes.

As casas são constituídas de painéis de madeira preenchidos com fardos de palha comprimida de 36 cm de espessura e revestimento de madeira, sendo esta, madeiras de acabamentos variados. Os painéis pré-fabricados possibilitaram que o projeto fosse construído 70% na oficina, reduzindo custos, tempo e desperdícios materiais, além disso, a leveza dos painéis facilita o manuseio, transporte e proporciona o uso de equipamentos menos pesados.



Figura 16: Processo de pré-fabricação dos painéis.

Fonte: NZI Architectes.



Figura 17: Processo de finalização e transporte dos painéis.

Fonte: NZI Architectes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir desta pesquisa foi possível constatar que existem muitas alternativas no uso de materiais naturais ou reciclados como isolantes térmicos e/ou acústicos na construção civil. Essa constatação pode ser confirmada pela quantidade expressiva apresentada no quadro síntese elaborado a partir do levantamento bibliográfico e da pesquisa de mercado de empresas que vêm investindo nesse ramo, principalmente as europeias. Para a realidade

brasileira, se configura como uma oportunidade de investimento pela sua produção agrícola significativa que resulta também, em muitos casos, em geração de resíduos, os quais poderiam ser destinados à produção de isolantes naturais. Neste sentido, há um campo de pesquisa ainda pouco explorado, e para tanto é necessário maior investimento nas pesquisas nacionais, e mais testes de caracterização dos materiais, como por exemplo para resistência mecânica, ao fogo e adversidades ambientais.

Em relação ao mercado de isolantes naturais, o europeu se destaca pelo número de empresas e opções de produtos; países onde já se é comum a comercialização de isolantes naturais na construção civil apresenta preços competitivos com os tradicionais, sendo uma opção viável e aos consumidores. Além disso, também foram encontrados projetos construídos que utilizaram de isolantes naturais para isolamento, confirmando a potencialidade que esses materiais têm, não só no conforto ambiental, mas também na qualidade arquitetônica.

Em suma, há uma ampla opção de materiais naturais a serem utilizados como isolantes na construção civil e os países europeus são prova, visto a sua comercialização já estabelecida. O Brasil tem insumos suficientes para gerar a matéria prima de muitos dos materiais naturais apresentados neste trabalho, mas ainda falta um aprofundamento nas suas caracterizações e investimento para que se viabilize a inserção desses produtos no mercado nacional. Reforça-se também a importância da disseminação da inserção do isolamento térmico e acústico nas residências, visto a falta de conforto ambiental nas casas populares brasileiras.

REFERÊNCIAS

13 MAISONS EN BOIS-PAILLE A NOGENT LE ROTROU. Nouveau Blog - NZI Architectes, 2019. Disponível em: <<https://www.nzi.fr/logements-nogentt>>. Acesso em: 01 de ago. de 2022.

A.MARTINS. A.Martins - madeiras e derivados. **Componentes de isolamento.** Disponível em: <<https://www.a-martins.pt/componentes-isolamento>>. Acesso em: 09 de jul. de 2022. [17]

ACOUSTIMAC. Acoustimac - always sound your best. **Eco Core Acoustic Insulation.** Disponível em: <<https://www.acoustimac.com/acoustic-insulation-materials/acoustic-insulation/eco-core-acoustic-insulation>>. Acesso em: 08

de jun. de 2022. [19]

ACOUSTIMAC. Acoustimac - always sound your best. **ROCKWOOL Acoustic Insulation**. Disponível em: <<https://www.acoustimac.com/acoustic-insulation-materials/acoustic-insulation/mineral-wool-acoustic-insulation>>. Acesso em: 06 de jul. de 2022.

ASDRUBALI, F.; D'ALESSANDRO, F.; SCHIAVONI, S. A review of unconventional sustainable building insulation materials. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 4, p. 1-17, jun. 2015.

ASDRUBALI, F.; SCHIAVONI, S.; HOROSHENKOV, K. V. A review of sustainable materials for acoustic applications. **Building Acoustics**, v. 19, n. 4, p. 283-311, dez. 2012.

BASTOS, L. P.; MELO, G. S. V.; SOEIRO, N. S. Avaliação do Desempenho Acústico de Painéis Fabricados a Partir de Fibras Vegetais em Câmara Reverberante em Escala Reduzida. VI **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Campina Grande (PB), Brasil, 2010.

BONDED LOGIC. Bonded Logic. Homepage. Disponível em: <<http://www.bondedlogic.com/>>. Acesso em: 08 de jun. de 2022.

BUILD4LESS. Build 4 Less - Ireland's Leading Provider of Building Supplies. **Cavity Wall Insulation**. Disponível em: <<https://www.build4less.ie/insulation-materials/cavity-wall-insulation.html>>. Acesso em: 06 de jul. de 2022.

CARDOSO, G. T. **Caracterização da espuma rígida de poliuretano (PU) derivada de óleo de mamona (Ricinus communis) para isolamento térmico na construção civil**. 2010. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CEWOOD. Cewood - wood wool panels. **Products**. Disponível em: <<https://www.cewood.com/products-eng>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022.

COCO VERDE. **Coco verde reciclado**. Tratamento acústico. Disponível em: <<http://www.cocoverderj.com.br/tratamento-acustico.htm>>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

D'ALESSANDRO, F.; PISPOLA, G. Sound absorption

properties of sustainable fibrous materials in an enhanced reverberation room. **Proceedings of Internoise 2005**. Rio de Janeiro, Brazil, 2005.

DEL REY, R. et al. Characterization of sheep wool as a sustainable material for acoustic applications. **Materials**, v. 10, n. 11, p. 1277, 2017.

ECOCOCON. **EcoCocon**. The Panel. Disponível em: <<https://ecococon.eu/the-panel>>. Acesso em: 18 de maio de 2022.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica - Ações para Promoção da Eficiência Energética nas Edificações Brasileiras: no Caminho da Transição Energética**. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro, 2020.

GHELLERE, F. B. **Painel de vedação vertical pré-fabricado em madeira**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

GRUPO AMORIM. **Amorim cork insulation**. Produtos. Disponível em: <<https://www.amorimcorkinsulation.com/produtos/>>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

HEMP HOUSE / BACH MÜHLE FUCHS + LJUBICA ARSIĆ. **ArchDaily**, 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com/986188/hemp-house-bach-muhle-fuchs-plus-ljubica-arsic>>. Acesso em: 03 de ago. de 2022.

HEMPFLAX. Thermo Hanf - insulate ecologically with hemp and jute. **Thermo Hanf® Combi jute insulations mats**. Disponível em: <<https://www.thermo-hanf.de/en/products/thermo-hemp-combi-jute-insulation-mat/>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022.

INO, A. **Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono: a madeira e novos paradigmas para a construção civil**. Tecnologias Construtivas de Baixo Carbono (TCBCs), São Carlos, ed. 1, p. 0-37, 2016.

LEHNE, J.; PRESTON, F. **Making Concrete Change**. Innovation in Low-carbon Cement and Concrete, 2018.

MANOHAR, K. et al. Biodegradable fibrous thermal insulation. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p.

45-47, mar. 2006.

NAVACERRADA, M. Á. et al. Comportamiento acústico y térmico de materiales basados en fibras naturales para la eficiencia energética en edificación. **Informes de la Construcción**, v. 73, n. 561, p. e373-e373, 2021.

NAVROSKI, M. C. et al. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 1, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v01n01a04, 2010.

OKAMBUVA. Okambuva bioconstrucción. **Alfawall**, módulos prefabricados de paja. Disponível em: <<https://www.okambuva.coop/frontpage/alfawall-modulos-prefabricados-de-paja/>>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

PRUTEANU, M. Investigations Regarding the Thermal Conductivity of Straw. **Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi**, Iasi, v. 56, n. 3, p. 9-16, 2010.

RICE HOUSE. Rice House - per un'architettura possibile. **Products for a possible architecture**. Disponível em: <<https://www.ricehouse.it/en/products/>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

ROOTMAN. Rootman - la naturaleza es nuestra fábrica. **Construcción**. Disponível em: <<https://www.rootman.com/que-hacemos/>>. Acesso em: 01 de jun. de 2022.

SEEG, **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa**. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019. 2020.

SHEEP WOOL INSULATION. Sheep Wool Insulation. **Thermal Insulation 100% Pure SheepWool With IONIC PROTECT®**. Disponível em: <<https://www.sheepwoolin-sulation.com/store/thermal-insulation/>>. Acesso em: 01 de jun. de 2022.

SOUNDPROOF COW. Soudproofing & Acoustic Solutions - Soundproof Cow. **Sound Absorption Materials**. Disponível em: <<https://www.soundproofcow.com/product-category/sound-absorption-materials/>>. Acesso em: 08 de jun. de 2022.

SPINELLI, R. et al. Isolamento Térmico de Fachadas com

Utilização de Elemento Vegetal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 686-703, 2020.

STEICO. Steico - engineered by nature. **Insulation Materials**. Disponível em: <<https://www.steico.com/en/solutions/product-advantages/steico-insulation-materials/>>. Acesso em: 01 de jul. de 2022.

STRAWCTURE ECO. Strawcture Eco - eco-friendly building materials. **Agribiopanel**. Disponível em: <<https://strawcture.com/agribiopanel/>>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

TANGJUANK, S. Thermal insulation and physical properties of particleboards from pineapple leaves. **International Journal of Physical Sciences**, v. 6, n. 19, p. 4528- 4532, set. 2011.

THERMAFLEECE. Thermafleecce® - nature's finest insulation. **Our products**. Disponível em: <<https://www.thermafleecce.com/our-products/>>. Acesso em: 02 de jun. de 2022.

WOOD AND STRAW HOUSING / NZI ARCHITECTES. **ArchDaily**, 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com/918820/wood-and-straw-housing-nzi-architectes?ad_medium=office_landing&ad_name=article>. Acesso em: 03 de ago. de 2022.

YARBROUGH, D. W. et al. Apparent thermal conductivity data and related information for rice hulls and crushed pecan shells. **Thermal Conductivity**, v. 27, p. 222-230, 2005.

AGRADECIMENTOS

Esse artigo é resultado de uma pesquisa de iniciação científica da vertente de ensino, e financiada pela Pró Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo através do Programa Unificado de Bolsas.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3023-8296>

ISABELLA SABRINA FERNANDES DOS SANTOS,
GRADUANDA | Universidade De São Paulo (USP) |
Arquitetura e Urbanismo | São Carlos (SP) - Brasil |
Correspondência para: Av. Trab. São Carlense, 400 - Parque
Arnold Schimidt, São Carlos - SP, 13566-590 | e-mail: isa-
bellasfs@usp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5362-4242>

AKEMI INO, PROFESSORA DOUTORA | Universidade De
São Paulo (USP) | Arquitetura e Urbanismo | São Carlos
(SP) - Brasil | Correspondência para: Av. Trab. São Carlense,
400 - Parque Arnold Schimidt, São Carlos - SP, 13566-590 |
e-mail: inoakemi@sc.usp.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SANTOS, Isabella Sabrina Fernandes dos; INO, Akemi. Estudo Sobre Emprego de Isolantes Termoacústicos Ecológicos na Arquitetura e na Construção Civil. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 99-112, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.99-112>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferrolli

Registro da contribuição de autoria:

ISFS: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Escrita - rascunho original.

AI: Conceituação, Aquisição de financiamento, Administração de projetos, Supervisão, Escrita - revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

JOIA DE TERRITÓRIO NO ESTADO DO PARÁ: UMA ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DOS ADORNOS COM SEMENTES NATIVAS

*TERRITORY JEWEL IN THE STATE OF PARÁ: AN ANALYSIS OF THE PRODUCTIVE CHAIN OF
ADORNMENT WITH NATIVE SEEDS*

*JOYERÍA DEL TERRITORIO EN EL ESTADO DE PARÁ: UN ANÁLISIS DE LA CADENA PRODUCTIVA
DE ADORNOS CON SEMILLAS NATIVAS*

VIVIANNE FERREIRA GONÇALVES, Me. | UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

LIA PALETTA BENATTI, Dra. | UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

GERMANNYA D’GARCIA A. SILVA, Dra. | UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados parciais da pesquisa de mestrado desenvolvida no PPGDesign da UFPE, cujo objetivo foi mapear a cadeia produtiva das joias de território do Pará com sementes amazônicas visando contribuir para o fortalecimento e a sustentabilidade do setor joalheiro local. O método foi adaptado do Modelo de Análise da Cadeia Produtiva do Artesanato proposto pelo Laboratório de Design O Imaginário/UFPE, para coletar informações sobre a identificação da matéria-prima, dos processos produtivos e do acesso ao mercado. A pesquisa de cunho qualitativo contou com a participação voluntária de designers cadastrados no Programa Polo Joalheiro/Pará; representantes do IGAMA e da Embrapa, sendo os primeiros resultados, indicativos de fragilidades nas etapas iniciais de fabricação. Os produtores dependem dos atravessadores para coleta e beneficiamento da matéria prima, no entanto, a Embrapa-PA já dispõe de um método eficaz para o tratamento das sementes, ainda não praticado pelos produtores locais.

PALAVRAS-CHAVE

Joia de território; sementes amazônicas; cadeia produtiva; estado do Pará.

ABSTRACT

This paper presents the partial results of the master's research developed at the UFPE's PPGDesign, whose objective was to map the productive chain of territory jewelry from Pará with Amazonian seeds, aiming to contribute to the strengthening and sustainability of the local jewelry sector. The method was adapted from the Handicraft Productive Chain Analysis Model proposed by O Imaginário Design Laboratory/UFPE, to collect information for identifying raw materials, production processes and access to the market. The qualitative research had the voluntary participation of designers registered in the Polo Joalheiro Program/Pará; representatives of IGAMA and Embrapa, with the first results indicative of weaknesses in the initial manufacturing stages. Producers depend on middlemen to collect and process raw materials, however, Embrapa-PA already has an effective method for seed treatment, which has not yet been applied by local producers.

KEYWORDS

Territory jewels; amazonian seeds; productive chain; state of Pará.



RESUMEN

Este artículo presenta los resultados parciales de la investigación de maestría desarrollada en el PPGDesign de la UFPE, cuyo objetivo fue mapear la cadena productiva de la joyería del territorio de Pará con semillas amazónicas para contribuir al fortalecimiento y sostenibilidad del sector joyero local. El método fue adaptado del Modelo de Análisis de la Cadena Productiva Artesanal propuesto por el Laboratorio de Diseño O Imaginário/UFPE, para recoger información sobre la identificación de materias primas, procesos productivos y acceso al mercado. La investigación cualitativa contó con la participación voluntaria de diseñadores inscritos en el Programa Polo Joyería/Pará; representantes del IGAMA y de Embrapa, y los primeros resultados indican debilidades en las etapas iniciales de la fabricación. Los productores dependen de intermediarios para recolectar y procesar la materia prima, sin embargo, Embrapa-PA ya cuenta con un método eficaz para el tratamiento de las semillas, aún no practicado por los productores locales.

PALABRAS CLAVE

Joyería del territorio; semillas amazónicas; cadena productiva; estado de Pará.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Pará é rico em biodiversidade por estar inserido no bioma da Floresta Amazônica, que compreende 15% da biodiversidade do planeta, com 60 mil espécies entre fauna e flora, sendo 8% delas particulares da região, e com potencial para grandes descobertas de tratamento e cura de doenças (FOLHA DE SÃO PAULO, 2020). O estado possui ainda maior jazida de ferro do mundo, é o maior produtor de ouro, possui 80% da reserva brasileira de bauxita, com 256 ocorrências de gemas, como o diamante, a ametista e o topázio (IBGM, 2005).

No que tange à cultura material, o estado tem tradição na joalheria tradicional, com a predominância dos metais preciosos e das gemas inorgânicas na sua composição. No entanto, a joalheria paraense tem se afirmado através de uma identidade que traz os aspectos do território a partir do uso de materiais alternativos naturais da região amazônica junto à estética da flora, da fauna e da cultura local, são reflexos do quanto o ambiente ao redor influencia na criatividade dos designers.

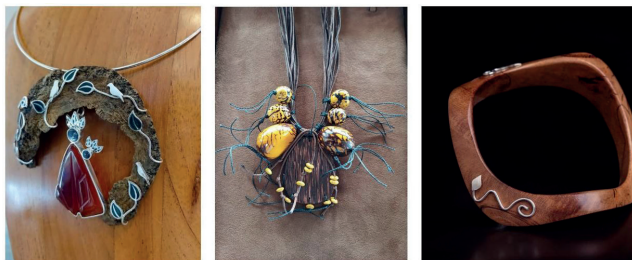


Figura 01: Produções de designers paraenses com materiais naturais.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Dentre os diversos materiais alternativos naturais utilizados, as sementes estão entre os mais difundidos, pois possuem baixo custo e são de fácil montagem. É possível agrupá-las em dois grandes grupos: as oriundas de palmeiras e as oriundas de plantas leguminosas. Essa diferenciação tem impactos em aspectos como os de durabilidade, dureza e absorção de água. Nos adornos se apresentam na cor natural ou tingidas, aliadas a outros materiais naturais ou sintéticos.

Com tantas peculiaridades, a produção de adornos do Pará não consegue ser classificada dentro dos conceitos pré-estabelecidos de joia ou artesanato. Pois, no sentido mais tradicional, a definição de joia está atrelada ao valor implícito do material, que é produzido e trabalhado com metais preciosos, e entendida como um objeto precioso (MERCALDI; MOURA, 2017). Já o artesanato pode ser aquele produzido por grupos de artesãos que valorizam a forma predominante do fazer manual e do uso de

recursos e matérias-primas locais (ANDRADE, 2015).

Por isso que, seja na forma de um produto que utiliza técnicas tradicionais e é comercializado em feiras de artesanato, seja em artefatos que associam os materiais de maior valor àqueles naturais, esta pesquisa cunha o termo joia de território para caracterizar um artefato que carrega técnicas tradicionais, matéria-prima local, além de conceitos e temáticas que retratam diversos aspectos culturais da região. Todavia, alguns modos de fazer ficam restritos aos artesãos e ourives, ou mesmo atravessadores de matéria-prima, o que dificulta o compartilhamento do saber.

Dentro desse cenário, reconhecem-se aspectos que comprometem a sustentabilidade econômica, política, ambiental e social dessa produção. O primeiro diz respeito à sustentabilidade econômica, pois por se tratar de um material orgânico, a semente possui maior probabilidade de apresentar problemas quanto à sua durabilidade.

[...] a procedência do material impacta diretamente o resultado final da joia. Este ponto deve ser ressaltado pois sementes com secagem insuficiente, armazenagem inadequada e até mau uso pelo consumidor final podem acarretar na ação de fungos e insetos, ocasionando mudança de coloração, degradação rápida, surgimento de furos ou perda de partes da semente. (GONÇALVES, et al., 2021).

O segundo problema está relacionado à sustentabilidade política, não apenas no contexto do estado do Pará mas da produção nacional. Benatti (2013) apontou em sua pesquisa sobre biojoias que há dificuldade em se conhecer sobre a legislação vigente para a coleta de sementes, e resalta a importância de uma legislação específica de fácil compreensão pelo catador e artesão a fim de promover uma produção artesanal dentro das normas de qualidade.

Já a sustentabilidade ambiental está diretamente relacionada com o descarte de resíduos pois, a exemplo do que acontece com a semente do açaí, atualmente, o estado é o seu maior produtor, com 86% da produção nacional, enfrentando problemas com os resíduos para a retirada da polpa, pois apenas 17% do fruto é utilizado na extração. As fibras e sementes restantes terminam por ser descartadas, em sua maioria, de forma irregular (SATO, 2018).

Por fim, a sustentabilidade social está associada a uma demanda crescente por parte do consumidor em relação

à origem dos materiais empregados nos produtos que consomem. Em entrevista concedida, a diretora executiva do Espaço São José Liberto - Polo joalheiro do Pará ressalta que os consumidores desses produtos, normalmente turistas, exigem saber das suas procedências, como é produzido, quem fez, se causaram poluição, desmatamento, ou mesmo, se é resultante de trabalho escravo (FURTADO, 2019).

A falta de legislação e formalização do trabalho na cadeia produtiva das joias de território com sementes impacta diretamente os aspectos sociais dos atores envolvidos. Segurança do trabalho e direitos trabalhistas são fatores de difícil mapeamento pela informalidade do setor.

A região amazônica sempre esteve isolada dos grandes centros urbanos do país, tendo que criar seu próprio caminho no mercado, além de enfrentar os desafios impostos pelo próprio território. A escassez de conhecimento de como a produção da região está organizada dificulta as ações para a sua melhoria. Como ressalta Krucken (2007, p. 30) “a qualidade de um produto tem que ser considerada de forma ampla, envolvendo o território, os recursos utilizados e a comunidade que o produziu”.

Diante do exposto, a falta de discussão e acesso aos dados do processo de produção das joias de território no estado do Pará gera problemas de sustentabilidade do negócio. Esta pesquisa parte do pressuposto que o mapeamento da cadeia produtiva das joias de território com sementes no estado do Pará é uma ação necessária para a sustentabilidade econômica, a política ambiental e social do segmento, e questiona: como está estruturada a cadeia produtiva das joias de território que utilizam sementes amazônicas no estado do Pará?

2. CADEIA PRODUTIVA DAS JOIAS DO PARÁ

A temática da cadeia produtiva das joias do Pará e das biojoias já foi tratada em outros trabalhos acadêmicos nacionais. A pesquisa realizada por Schreiner (2014), por exemplo, trouxe a perspectiva da área da administração e enfatiza que os estudos sobre as questões mercadológicas, organizacionais e tecnológicas da indústria de joias e da economia criativa na Amazônia são insuficientes.

O Instituto Brasileiro de Gemas e Metais preciosos (IBGM) conceitua a cadeia produtiva como um:

[...] conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos e

matérias-primas até o produto final, incluindo a extração e o processamento da matéria-prima e sua transformação, a distribuição e comercialização do produto, nos mercados nacional e internacional, constituindo os segmentos de uma corrente ou cadeia (IBGM, 2005, p. 20).

Este estudo apontou como necessário a análise da cadeia de valor da joalheria tradicional para identificar se as atividades desenvolvidas estão impulsionando a economia criativa da região. De forma esquemática, o cenário



Figura 02: Fluxograma do setor joalheiro.
Fonte: Adaptado de Schreiner, 2014.

da produção de joias tradicionais do Pará foi proposto por Schreiner (2014), no qual é possível ver as fases do fluxo da cadeia do setor joalheiro (Figura 2).

O fluxograma pode ser dividido em quatro fases: a primeira contempla as etapas 1 e 2 (Extração e Tratamento), no qual o material bruto é coletado e tratado; a segunda, Criação e Design, diz respeito ao projeto da peça em si, que geralmente é realizada por um designer. A terceira corresponde à etapa de produzir a peça na bancada e, contemplando as etapas 4, 5 e 6 (Ourivesaria, Lapidação e Montagem) que podem ser realizadas por ourives e lapidários. A quarta e última fase direciona-se às ações de acesso ao mercado consumidor (Publicidade, Vendas e Serviço pós-venda). No entanto, uma das maiores problemáticas na cadeia da joia tradicional encontra-se na primeira fase, a de extração dos minerais, em função da dificuldade dos poderes locais em fiscalizar o garimpo ilegal nas regiões mais remotas do país.

O estudo mais próximo sobre cadeia produtiva envolvendo joias com uso de sementes foi publicado por Benatti (2013). Este trata sobre o acabamento ornamental em sementes com o objetivo de contribuir com a competitividade da biojoia brasileira provendo a possibilidade

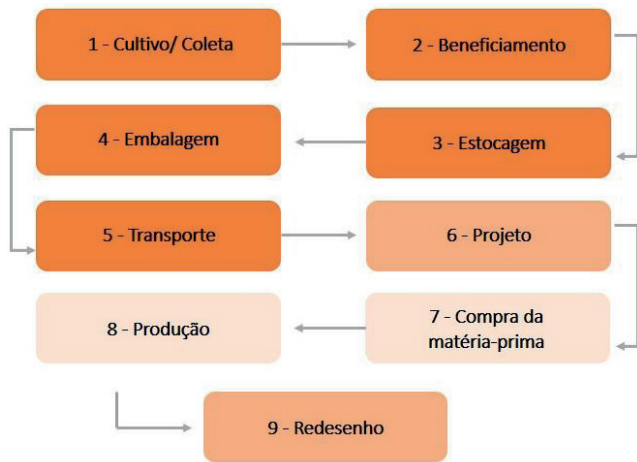


Figura 03: Fluxograma da cadeia de valor da biojoia.
Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de Benatti, 2013.

de catalogação dos acabamentos decorativos das sementes. A Figura 3, apresenta a proposta de organização da cadeia de valor das biojoias brasileiras.

A etapa 1 deste fluxo, Cultivo e Coleta, se assemelha à cadeia da joalheria proposto por Schreiner (2014) quando, por exemplo, para a joia tradicional há a extração dos minérios enquanto que na biojoia se tem o cultivo e coleta dos materiais de origem vegetal ou animal.

3. TRAJETÓRIA METODOLÓGICA

O método proposto foi desenhado para expandir os conhecimentos a respeito das etapas que envolvem o processo de produção dos adornos com sementes apenas na cidade de Belém- PA. O “Modelo de Análise da Cadeia Produtiva do Artesanato” proposto pelo Laboratório o Imaginário/ UFPE foi selecionado como ferramenta metodológica para coleta dos dados.

O Laboratório de Design, O Imaginário, tem como objetivo atender demandas ligadas às produções tanto artesanais quanto industriais a partir da colaboração de professores, estudantes e técnicos de diversas áreas do conhecimento, integrando extensão, ensino e pesquisa, trabalhando, assim, dentro de cinco eixos: gestão, produção, design, comunicação e mercado (ANDRADE; CAVALCANTI, 2020).

Dentre os trabalhos realizados pelo laboratório, o projeto de pesquisa “Modelo de análise da cadeia produtiva do artesanato”, fomentado pelo Sistema de Incentivo à Cultura (SIC) do Estado de Pernambuco, foi implementado junto a seis grupos de artesãos no período de três anos. No ano de 2013, a pesquisa se direcionou à duas comunidades que trabalham com a matéria-prima no seu estado natural; no ano seguinte, os grupos estudados

utilizavam os materiais de origem industrial; e em 2014, a pesquisa se direcionou aos artesãos que trabalhavam com matérias-primas recicláveis (TABOSA et al., 2016).

Desde a sua concepção, este Modelo considera três protocolos: I. Identificação das matérias-primas; II. Identificação de processos produtivos; e III. Identificação de acesso a mercados, e já foi testado e validado com várias tipologias de artesanato (madeira, tecido, cana-brava e cerâmica). Barbosa e Silva (2022) ressaltam ainda que essas três fases são analisadas a partir dos fornecedores, produtores e consumidores, sob os vieses:

Sustentabilidade – econômica, social, ambiental e cultural;

da dinâmica dos fluxos e contra-fluxos – recursos, produtos, informação e conhecimento;

e, do movimento do circuito da cultura – identidade, produção, representação, consumo e regulação. (BARBOSA; SILVA, 2022, p. 27).

| DIMENSÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL | | | |
|--|---------|---------|---------|
| ASPECTOS | FONTE 1 | FONTE 2 | FONTE 3 |
| Fontes | | | |
| Formas de extração | | | |
| Impactos ao meio ambiente | | | |
| Organização da extração | | | |
| Geração de resíduo não aproveitável | | | |
| Geração de refugo (aproveitável) | | | |
| Destinação de resíduos | | | |

Figura 04: Quadro do protocolo de Identificação de matérias-primas.
Fonte: Adaptado do Modelo de análise da cadeia produtiva do artesanato.

No viés da sustentabilidade, as quatro dimensões estabelecidas foram propostas por Deheinzelin (2010) e relatam as relações sociais estabelecidas na cadeia de pré-produção, produção, distribuição, comunicação e consumo. Já na dinâmica dos fluxos e contrafluxos, o modelo de análise do laboratório procura “visibilidade e a busca de oportunidades nas ineficiências ou gargalos identificados nos fluxos e contrafluxos dos produtos, recursos, informações e conhecimento da cadeia produtiva, em toda a sua extensão” (Relatório da pesquisa: Modelo de análise da cadeia produtiva – Projeto cultural 1111/12).

Sobre o último viés, movimento do circuito da cultura, pode-se entender que é uma forma articulada de ver o artefato artesanal na análise do processo da produção, identidade, representação, consumo e regulação.

Este trabalho de pesquisa de abordagem qualitativa foi desenhado em três (03) fases: a Fase 1) tratou do levantamento de informações sobre o cenário da produção da joalheria no estado do Pará; a Fase 2) propôs o uso da

ferramenta para a coleta dos dados do “Modelo de análise da cadeia produtiva do artesanato”, em uma amostra de produtores que poderiam advir dos ramos da ourivesaria, design e artesanato, com visita aos seus ateliês e/ou ponto de venda dos seus produtos para a observação, aplicação dos protocolos, e registro das suas produções; por fim, a Fase 3) que consistiu na transcrição e análise dos dados coletados, no intuito de encontrar os pontos convergentes e divergentes dos elos desta produção, e assim sintetizar como está organizada a cadeia produtiva da joia de território do Pará.

As técnicas de pesquisa aplicadas foram: a) Pesquisa documental indireta e direta (pesquisa de campo) através da busca de documentos, relatórios e/ou anotações referentes a joalheria de território do Pará em fontes físicas e digitais nas instituições locais públicas que dão suporte ao setor joalheiro do estado; b) Visitas técnicas aos locais de comercialização das peças e de produção, como os ateliês e oficinas dos produtores voluntários da pesquisa; c) Observação assistemática não participante e individual com o auxílio de um smartphone para registro de imagens e áudios durante o contato com os vendedores, produtores e gestores das instituições de pesquisa e; d) Entrevistas estruturadas com o suporte dos protocolos impressos propostos pelo “Modelo de análise da cadeia produtiva” para a coleta de dados de cada voluntário da pesquisa.

4. RESULTADOS PARCIAIS

4.1. Fase 1

Os espaços públicos visitados foram selecionados pelo seu reconhecimento na comercialização de produtos regionais: o Espaço São José Liberto (ESJL), o Ver-o-Peso, a Estação das Docas, e a Praça da República (Figura 5). Como resultado das primeiras visitas técnicas, foi desenhado um mapa dos mais representativos produtores de artesanato/acessório de moda e joias paraenses.

O ESJL foi o local de maior representatividade de artefatos classificados como joia de território com sementes amazônicas, sendo possível identificar doze (12) produtoras que tinham peças com sementes expostas para comercialização (Figura 6). Deste total, foi possível entrar em contato com sete (07) produtoras, mas apenas três (03) se dispuseram a participar como voluntárias da pesquisa.

Até o momento em que a pesquisa foi realizada, o Instituto de Gemas e Joias da Amazônia (IGAMA) era o responsável por administrar o ESJL. O espaço comporta



Figura 05: Espaço São José Liberto; B - Mercado Ver-o-Peso; C - Estação das Docas e D - Praça da República.

Fonte: Elaborado pelos autores (A, C e D); Luciano Gemaque (B).



Figura 06: Adornos vendidos no ESJL.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

o Programa Polo Joalheiro do Pará e o Arranjo Produtivo Local de Moda, Design e Indústria do Vestuário, ambos implementados pelo Governo do Estado do Pará, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia.

Até o momento em que a pesquisa foi realizada, o Instituto de Gemas e Joias da Amazônia (IGAMA) era o responsável por administrar o ESJL. O espaço comporta o Programa Polo Joalheiro do Pará e o Arranjo Produtivo Local de Moda, Design e Indústria do Vestuário, ambos implementados pelo Governo do Estado do Pará, por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia.

4.2. Fase 2

Como exposto anteriormente, após os levantamentos da fase 1, foram realizadas as entrevistas com alguns profissionais envolvidos na cadeia produtiva dessa produção. Os dados foram coletados a partir de perguntas semiestruturadas e do Modelo de análise.

4.2.1. Designer 1

A primeira designer entrevistada revela que, apesar do



Figura 07: Colar com semente e fios de couro; à direita a bancada e ferramentas de trabalho.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

interesse na área ser desde jovem, o seu ingresso no ensino superior ocorreu na fase adulta após incentivo da sua filha. Porém, mesmo com a formação acadêmica, o seu processo de criação é mais empírico e se desenvolve principalmente em cima dos materiais disponíveis, tem predileção pelos temas da fauna e da flora e de peças em escalas maiores.

A designer possui um cômodo da sua casa reservado para o seu processo de criação, é equipado com uma bancada de ourives onde são realizados alguns processos, de forma manual e individual, com o auxílio de equipamentos como polidor, broca e alicates, mas não aplica nenhum tratamento nos materiais naturais utilizados, costuma adquiri-los já tratados.

4.2.2. Designer 2:

A segunda entrevistada possui ensino superior e técnico em Design, e ao longo das disciplinas ofertadas no bacharelado o interesse pela área do Design de joias e acessórios despontou. Apesar de enfatizar a importância do uso de metodologias, o seu processo de criação também tem um viés empírico de montagem a partir dos materiais disponíveis.

A exemplo da imagem 8, suas peças têm o fio de algodão como principal material aliados a outros como as sementes e a madeira, e tem como propósito o emprego mínimo de materiais industriais. Sua produção ocorre em casa de maneira manual e na maioria de forma individual.

Todo o material natural utilizado é adquirido tratado, e quando necessário aplica apenas spray com ação fungicida e proteção UV. Já os fios de algodão recebem o tingimento e a termolína, no intuito de não desfiarem.



Figura 08: Colar em fio de algodão e sementes; à direita os materiais utilizados.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.2.3. Designer 3

A Terceira designer se intitula também como pesquisadora, criadora e artesã na qual a vontade e curiosidade pela área despertou na infância. As suas inspirações são muito atribuídas ao fato dela ter nascido na Ilha do Marajó-PA, então, o rio, a floresta e tudo que envolve esse cenário é absorvido.

Seu trabalho é desenvolvido a partir de coleções que se dividem por materiais, aquelas que utilizam a semente como sua principal matéria-prima estão inseridas na Coleção Sabor Marajoara.

Possui experiência no tratamento de materiais naturais, porém, hoje a maioria das sementes são adquiridas já beneficiadas de um fornecedor, mas ainda mantém a coleta de algumas em seu sítio particular. E assim como as demais, o seu espaço de trabalho é em casa e individual.

4.2.4. IGAMA

De acordo com a gestora do IGAMA, das marcas que estão expostas no Espaço, o maior exemplo de rastreabilidade do produto com uso de sementes, é o da Amazônia Kamã, da designer Rita Reis. Acredita-se que muitos produtores ainda não têm a maturidade de compreender a importância do registro do começo, meio e fim das suas produções.

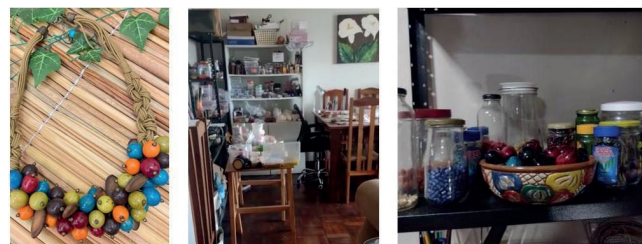


Figura 09: Colar com fios e sementes; Arranjo espacial e estoque.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Segundo uma vendedora do ESJL, as sementes de maior preferência pelos clientes são as de açai e jarina. Os modelos mais extravagantes e diferentes que trazem as sementes na sua coloração natural são os preferidos pelos turistas, todavia, o consumidor local não valoriza a produção dos adornos com sementes. A entrevistada declara ainda que as peças da designer Rita Reis são as únicas que não apresentam problemas quanto a fungos, pois recebem o tratamento de superfície proposto pela EMBRAPA.

4.2.5. EMBRAPA

A EMBRAPA, instituição de pesquisa referência no estado

para o tratamento de sementes amazônicas, desenvolveu em 2009, um protocolo (Figura 11) focado na etapa de secagem da matéria-prima para o uso em adornos. Isso ocorre porque, segundo a pesquisadora da instituição, é necessário rebaixar o teor de umidade ao nível de 2% a 3% para que não haja mais atividade microbiana.

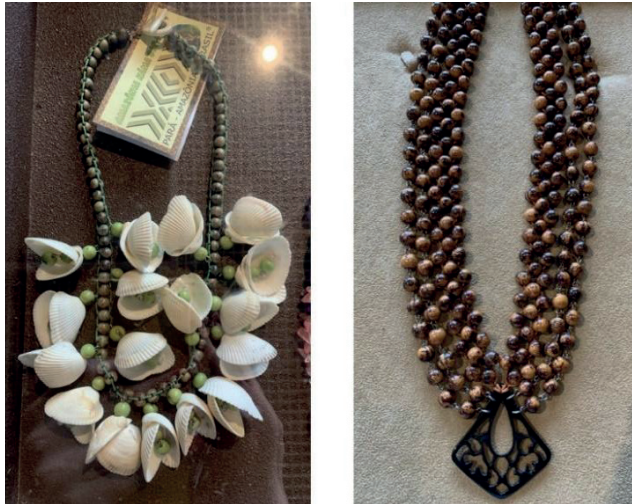


Figura 10: Colares da designer Rita Reis.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Segundo a voluntária, as sementes são postas em uma estufa em temperatura de $103 \pm 5^\circ \text{C}$ por 24 horas. Ao fim desse período, é feita uma segunda pesagem para avaliação de eficácia do processo de secagem. A depender do resultado, elas podem ser colocadas em uma estufa de circulação de ar forçado. Na sequência, é realizado o tratamento fitossanitário em câmara de luz ultravioleta para irradiação e esterilização, das sementes ou das peças já montadas, por cerca de 2 a 4 horas. Como medidas de conservação do produto é sugerido que as peças sejam

mantidas em embalagens com sachê de sílica gel para evitar a absorção de umidade.

No entanto, atualmente, poucos são os produtores que se apropriaram dessa tecnologia para realizar o tratamento das suas sementes, e a falta de políticas públicas para o setor dificulta o financiamento de pesquisas para testar o protocolo em outras espécies de sementes e promover a disseminação do conhecimento para um número maior de produtores locais.

Como resultado da aplicação do Modelo de análise foi possível identificar as principais características da produção de adornos com sementes no estado do Pará sobre os aspectos: I. Identificação das matérias-primas (Quadro 1); II. Identificação de processos produtivos (Quadro 2) e III. Identificação de acesso a mercados (Quadro 3). Eles estão relacionados, principalmente, com as experiências das produtoras voluntárias.

Os dados apresentados são parte das informações coletadas a partir dos 14 protocolos que compõem o “Modelo de análise da cadeia produtiva do artesanato”, mas para esse artigo foram sintetizadas.

4.3. Fase 3

Após a análise das informações, principalmente em relação aos pontos que convergem, foi possível determinar o fluxo da cadeia produtiva dos adornos com sementes do estado do Pará, conforme figura 12.

A cadeia foi organizada em três fases compostas por dez etapas. A primeira fase indica as ações ligadas diretamente à matéria-prima, no entanto, o detalhamento de como cada uma das etapas funcionam foi prejudicada pela dificuldade de contato com os atores diretamente ligados a elas. Mas, é possível colocar o atravessador como uma figura importante nessa fase, e, segundo relatos da pesquisadora da EMBRAPA, eles acabam se prevalecendo dos lucros de quem coleta e beneficia as sementes, além de criar uma dependência dos atores presentes na fase 2.

A fase 2 vai tratar das etapas de aquisição das sementes e posterior projeto e produção dos adornos, com a presença ativa do designer/criativo. Já outros profissionais (ourives, lapidário, artesão podem ou não estar presentes, vai depender dos tipos de materiais e técnicas que a peça criada vai demandar.

Por último, a terceira fase vai envolver as etapas de acesso a mercados. Aqui são levados em consideração a embalagem das peças para serem destinadas aos seus pontos de venda, a venda em si e os serviços pós-venda que podem vir a ocorrer.



Figura 11: Fluxo de tratamento da EMBRAPA.
Fonte: Adaptado de Embrapa, 2009.

| Identificação da matéria-prima | |
|----------------------------------|--|
| Aspecto ambiental | As fontes das sementes são sítios particulares; comércio local e fornecedor individual. |
| | A extração é organizada pelo artesão no início da cadeia |
| Aspecto econômico | A pandemia é um fator que dificultou a aquisição da matéria-prima. |
| | O beneficiamento compreende as etapas de secagem (natural ou em estufas), furo, lixamento, tingimento e em alguns casos aplicação de resina sintética na superfície. |
| | As sementes são usadas em conjunto com diversos materiais, sejam eles naturais ou sintéticos. |
| Regulação – Legislação de Normas | A principal medida ambiental é a proibição da sua coleta em área de preservação. |
| | A semente com maior risco de extinção é a jarina. |

Quadro 01: Principais pontos identificados no Protocolo de Identificação da matéria-prima.
Fonte: Autoras.

| Identificação de processos produtivos | |
|---|--|
| Fluxo de conhecimento da pré-produção | A produção das peças pode ocorrer de duas formas: (1) o produtor dispõe o material sobre a mesa e cria a partir do que está disponível ou (2) é feito o projeto da peça para depois adquirir o material. |
| Fluxo de conhecimento dos modos de fazer e acabamento | Os acabamentos podem ser realizados com o tingimento natural ou sintético, resina e polimento. |
| Fluxo de conhecimento sobre o estoque e a expedição | As sementes costumam ser acondicionadas em potes de vidro ou sacos plásticos. As sementes que recebem tratamento de superfície com resina ficam livres de restrições. |
| Regulação - Organização da produção | A produção ocorre de forma individual nas casas (ateliês) das produtoras. |
| Práticas culturais e organizacionais | As etapas de montagem das peças costumam ser individuais, com exceção de quando há a necessidade de um trabalho de ourivesaria ou de um artesão específico. |

Quadro 02: Principais pontos identificados no Protocolo de Identificação de processos produtivos.
Fonte: Autoras.

| Identificação de acesso a mercados | |
|---|---|
| Aspecto Social - Recorte de gênero, idade, etnia e parentesco | O trabalho é realizado por mulheres em sua maioria, de jovens à senhoras. Não foi identificado grau de parentesco. |
| Aspecto econômico - Fixação de preços | A fixação dos preços leva em consideração a mão de obra de todos os atores envolvidos, além do material empregado e o consumo de energia. |
| Fluxo de informação - Alavancar/Divulgação (material) | A divulgação é realizada pela imprensa no caso de algumas exposições; pelas designers em suas redes sociais e pela equipe do ESJL nas mídias do Espaço. |
| Regulação - Princípios | As designers buscam pela qualidade das produções, objetivam a sustentabilidade e a realização pessoal. |

Quadro 03: Principais pontos identificados no Protocolo de Identificação de acesso a mercados.
Fonte: Autoras.

Vale ressaltar que a organização é dinâmica em alguns pontos, por exemplo, a sequência das etapas 5 e 6 pode inverter a depender de como é o processo criativo do designer. Assim como no serviço pós-venda, quando a peça necessita de reparo e retorna para a etapa 7 de produção. Pode ocorrer, também, da fase de projeto não existir, pois em algumas situações a criação surge no momento da montagem e sem qualquer requisito previamente estabelecido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do cruzamento dos dados coletados (Fase 3) foi possível identificar e relatar algumas das fragilidades da cadeia produtiva dos adornos com sementes levantadas na cidade de Belém:



Figura 12: Fluxo da cadeia produtiva de adornos com sementes no Pará.
Fonte: Autoras.

- Poucas são as produções acadêmicas encontradas sobre essa temática, e as dificuldades em reunir informações sobre como funciona os elos dessa cadeia produtiva impedem ações acadêmicas que poderiam auxiliar em uma produção mais sustentável;
- Há uma resistência dos produtores em fornecer informações. Segundo uma das gestoras entrevistadas, já houveram registros de evidências das irregularidades ambientais e trabalhistas no setor e isso pode ser uma das questões que geram insegurança em compartilhar os dados. Esse dado traz à tona a necessidade de ações governamentais para fiscalizar e auxiliar as práticas no processo de extração/coleta das matérias-primas;
- A etapa de beneficiamento ocorre através da informalidade e sem o cuidado adequado por parte de alguns produtores;
- Alguns produtores abrem mão de seus direitos trabalhistas, e a falta de transparência dessa produção pode levar à desvalorização das peças do setor de joias de território, uma vez que a rastreabilidade do produto é uma demanda urgente;

- É urgente o investimento em tecnologias e pesquisas para tratar da coleta e tratamento das sementes, bem como a capacitação dos produtores visando disseminar o conhecimento sobre os materiais e técnicas sustentáveis de fabricação.

Por fim, é iminente a proposição de leis visando a regulação da coleta e tratamento das sementes a fim de valorizar o trabalho do catador, inclusive para redução da figura do atravessador, pois estes obtêm grande parte do lucro da venda. O incentivo às pesquisas é fundamental para o desenvolvimento dessa produção, a exemplo da Embrapa que consegue entregar à comunidade local serviços de apoio e conscientização sobre como tratar a matéria-prima e, por consequência, consegue entregar ao consumidor final um produto com qualidade e certificação garantida. Ratificamos com isso que a experimentação do Modelo de análise para o setor de joias foi exitosa e que o mesmo tem potencial de expansão para além do ambiente artesanal e suas especificidades.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo incentivo e apoio à essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ana Maria Q. **A gestão de Design e o Modelo de Intervenção de Design para Ambientes Artesanais: um estudo de caso sobre a atuação do laboratório de Design O Imaginário/UFPE nas comunidades produtoras artesanato Cana-brava – Goiana e Centro de artesanato Wilson de Queiroz Campos Júnior – Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco**. 395 p. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Design. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

ANDRADE, Ana Maria Q.; CAVALCANTI, Virginia P (coord). **Laboratório O Imaginário: uma trajetória entre design e artesanato**. Recife: Zoludesign, 2020.

BARBOSA, Ana Carolina de Moraes A.; SILVA, Germannya D Garcia A. (coord). **Relatório parcial de pesquisa: Flores do barro – mapeamento e ideação da cadeia produtiva do artesanato**. Universidade Federal de Pernambuco, 2022.

BENATTI, Lia Paletta. **Inovação nas técnicas de acabamento decorativo em sementes ornamentais brasileiras: Design aplicado a produtos com perfil sustentável**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Design. Universidade do Estado de Minas Gerais, 2013.

EMBRAPA. **Bijuterias, adornos e artesanatos: uso de sementes de espécies florestais como gemas orgânicas**. Embrapa Amazônia Oriental; LEÃO, Noemi V. M. (coords.). Belém, 2009.

FOLHA DE SÃO PAULO. A maior diversidade do planeta está aqui. **Folha de São Paulo**. Estúdio Folha. Disponível em: <https://estudio.folha.uol.com.br/amazonia-importa/2020/08/1988816-a-maior-biodiversidade-do-planeta-esta-aqui.shtml>, 2020. Acesso em: 29 out. 2021.

FURTADO, Victor. Indústria sustentável: Sementes e cascas ganham status de joias da Amazônia. O liberal, Belém, 17 Nov. 2019. **Folha cidades e atualidades**, p. 8 e 9. Disponível em: <https://www.oliberal.com/cascas-e-sementes-ganham-status-de-joias-na-amazonia-1.213193>. Acesso em: 27 mar 2021.

GONÇALVES, Vivianne F.; SILVA, Germannya D Garcia A.; BENATTI, Lia P.; MARTINS, Laura. A usabilidade do efêmero: os desafios tecnológicos da joalheria contemporânea na adoção de materiais alternativos. In: **II Simpósio Internacional de Ourivesaria, Joalheria e Design**, 2021, vol. 9, n. 3.

IBGM. **Políticas e Ações para a cadeia produtiva de Gemas e Jóias**. HENRIQUES, Hécliton S.; SOARES, Marcelo M. (coords.). Brasília: Brisa, 2005. Disponível em: https://cursosextensao.usp.br/pluginfile.php/180964/mod_resource/96/positivo/1/cadeia%20produtiva%20brasileira.pdf. Acesso em: 15 Abr. 2022.

KRUCKEN, Lia. **Design e território: valorização de identidades e produtos locais**. São Paulo: Studio Nobel, 2009.

MERCALDI, Marlon Aparecido; MOURA, Mônica. Definições da joia contemporânea. **Moda palavra E-periódico**, Santa Catarina, n. 19, p. 54-67, 2017.

Modelo de análise da cadeia produtiva do artesanato.

Relatório da pesquisa. Sistema de incentivo à cultura: Projeto cultural 1111/12. Recife, 2013.

SATO, Michel Keisuke. **Biocarvão de resíduos de açaí como condicionante de solos.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/468>. Acesso em: 15 mar 2021.

SCHREINER, Lílian Cristina. **Análise da cadeia de valor do Polo de Joias do Pará.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002462667>. Acesso em: Set 2022.

TABOSA, Tibério et al. Processos culturais e cadeia produtiva do artesanato: Uma análise sobre a cerâmica do Cabo de Santo Agostinho/PE, Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, 12, 2016, Belo Horizonte: Blucher, 2016, v. 9, n. 2, p. 3858-3868.

AUTORES

ORCID: 0009-0006-2284-1240

VIVIANNE FERREIRA GONÇALVES, Mestre | Universidade Federal de Pernambuco | Bacharelado em Design | Recife - PE, Brasil | Correspondência para: Tv. Monte Alegre, 999, bairro do Jurunas. Belém - PA Cep 66025-400
vivianne.vfg@ufpe.br

ORCID: 0000-0003-1628-9585

LIA PALETTA BENATTI, Doutora | Universidade Federal de Juiz de Fora | Bacharelado em Design | Juiz de Fora - MG, Brasil | Correspondência para: rua José Lourenço Kelmer, s/n. Instituto de Artes e Design - UFJF. Bairro São Pedro. Juiz de Fora/MG Cep 36036-900
lia.paletta@ufff.br

ORCID: 0000-0001-9118-202X

GERMANNYA D'GARCIA ARAÚJO SILVA, Doutora | Universidade Federal de Pernambuco | Bacharelado em Design | Recife - PE, Brasil | Correspondência para: Rua Mauricéia, 401 apt 202 Iputinga Recife -PE Brasil | Cep 50670480
germannya.asilva@ufpe.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

GONÇALVES, Vivianne Ferreira; BENATTI, Lia Paletta; SILVA, Germannya D'Garcia Araújo. *MIX Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 113-124, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mix-sustentavel>. Acesso em: [_/_/_doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.113-124>](https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.113-124).

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

VFG: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

LPB: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

GDAS: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

MODELOS MENTAIS E ROTINAS ORGANIZACIONAIS: UMA DISCUSSÃO SOBRE CAPACIDADE ABSORTIVA E SUSTENTABILIDADE

MENTAL MODELS AND ORGANIZATIONAL ROUTINES: A DISCUSSION ON ABSORPTIVE CAPACITY AND SUSTAINABILITY

MODELOS MENTALES Y RUTINAS ORGANIZATIVAS: UN DEBATE SOBRE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD

RICARDO LUIS BARCELOS, Dr. | UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil

CARLOS RICARDO ROSSETTO, Dr. | UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, Brasil

RACHEL FAVERZANI MAGNAGO, Dra. | UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil

RESUMO

Este documento é parte de tese de doutorado defendida em 2022, sendo parte da discussão teórica acerca da Capacidade Absortiva e o Desempenho Sustentável de organizações e suas relações.

Objetivo – A partir do modelo de Lane et al (2006) para a Capacidade Absortiva, discutir sobre indagações como: “quais rotinas organizações permitem aquisição de conhecimento verde externo?” ou “quais modelos mentais permitem aquisição de conhecimento verde nas organizações?”

Metodologia - Análise de conteúdo, tendo como base artigos indexados na SCOPUS e WEB of SCIENCE utilizando o software AtlasTi como ferramenta de apoio e análise.

Resultado - A análise profunda dos textos e a discussão teórica levou a criação de duas hipóteses quanto a relação entre modelos mentais sustentáveis (MMS) e rotinas organizacionais (RO) como direcionadores da capacidade absorptiva verde e o desempenho sustentável das organizações, a serem testadas.

PALAVRAS-CHAVE

Capacidade absorptiva; sustentabilidade; desempenho sustentável.

ABSTRACT

This document is part of the doctoral thesis defended in 2022, being part of the theoretical discussion about the Absorptive Capacity and Sustainable Performance of organizations and their relationships.

Purpose – Based on the model by Lane et al (2006) for Absorptive Capacity, discuss questions such as: “which organizational routines allow the acquisition of external green knowledge?” or “which mental models allow acquisition of green knowledge in organizations?”

Methodology - Content analysis, based on articles indexed in SCOPUS and WEB of SCIENCE using AtlasTi software as a support and analysis tool.

Result - The in-depth analysis of the texts and the theoretical discussion led to the creation of two hypotheses regarding the relationship between sustainable mental models (MMS) and organizational routines (OR) as drivers of green absorptive capacity and the sustainable performance of organizations, to be tested.



KEYWORDS

Absorptive capacity; sustainability; sustainable performance.

RESUMEN

Este documento forma parte de una tesis doctoral defendida en 2022, formando parte de la discusión teórica sobre la Capacidad de Absorción y el Desempeño Sostenible de las organizaciones y sus relaciones. Objetivo – Basado en el modelo de Lane et al (2006) para la capacidad de absorción, discutir preguntas como: “¿qué rutinas organizacionales permiten la adquisición de conocimiento verde externo?” o “qué modelos mentales permiten la adquisición de conocimiento verde en las organizaciones?” Metodología - Análisis de contenido, a partir de artículos indexados en SCOPUS y WEB of SCIENCE utilizando el software AtlasTi como herramienta de apoyo y análisis. Resultados - El análisis en profundidad de los textos y la discusión teórica condujeron a la creación de dos hipótesis sobre la relación entre los modelos mentales sostenibles (SMM) y las rutinas organizativas (OR) como impulsores de la capacidad de absorción verde y el desempeño sostenible de las organizaciones, que serán puestas a prueba.

PALABRAS CLAVE

Capacidad de absorción; sostenibilidad; rendimiento sostenible.

1. INTRODUÇÃO

A busca pela Sustentabilidade Global é uma preocupação legítima e premente na sociedade. A agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis 2030 (ODS), proposta pelos países signatários da Organização das Nações Unidas (ONU) é sinal claro de que ações para mitigação de impactos negativos à sociedade, meio ambiente e desenvolvimento econômico são necessárias (TROWBRIDGE et al., 2022). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, adotados por todos os estados membros das Nações Unidas em 2015, contribuem incentivando a sociedade a considerar as questões ambientais como relevantes. Consequentemente, os países signatários a ONU consideraram políticas que orientam organismos internos às Práticas de Gestão Ambiental Sustentável.

A partir deste momento, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável tornam-se parte de uma abordagem estratégica das organizações onde questões ambientais e a melhora do desempenho ambiental são prioridades (SADELI et al., 2022). É notado que a procura por sustentabilidade ambiental emerge nas organizações por questões que não podem mais ser ignoradas. Fatores como mudanças climáticas globais e degradação ambiental; o esgotamento dos recursos naturais e o crescente reconhecimento do papel das organizações como agentes de mudança estimularam o interesse pelo desempenho ambiental sustentável (ACQUAYE et al., 2018; R. ABIDIN et al., 2016; SETYADI, 2019).

Como fator influente do Desempenho Ambiental Sustentável, as capacidades organizacionais são frequentemente abordadas em pesquisa científica (AL-ABRROW; ALI; ALNOOR, 2022; MOUSAVI; BOSSINK; VAN VLIET, 2018). Dentre as capacidades dinâmicas a capacidade das organizações em adquirir conhecimento, modificá-los e aplicá-los para obter desempenho foi originariamente conceituada em 1990 por Cohen e Levinthal (1990), como Capacidade Absortiva. Mas até a atual data, no ano de 2022, muito já foi escrito sobre a relação entre capacidade absorptiva e o desempenho ambiental sustentável, ao ponto do surgimento do conceito de Green Absorptive Capacity, ou em português, Capacidade Absortiva Verde.

Com a crescente preocupação com os problemas ambientais, a capacidade absorptiva verde (CAV), a capacidade de uma empresa de identificar, adquirir, internalizar e aplicar o conhecimento ambiental em um ambiente dinâmico, tem sido proposta e cada vez mais enfatizada por pesquisadores (CUI et al., 2020).

Este artigo discute teoricamente a influência dos

Modelos Mentais e Rotinas Organizacionais sob a ótica dos direcionadores da Capacidade Absortiva relatados no modelo de Lane, Koka e Pathak, (2006). Lane et al. (2006) explicam que os modelos mentais dos colaboradores são fatores internos críticos da capacidade de absorção. Mas que, as rotinas organizacionais também influenciam a assimilação e a aplicação do conhecimento.

Este artigo propõe uma discussão teórica quanto a influência dos Modelos Mentais Sustentáveis e Rotinas Organizacionais, como direcionadores da Capacidade Absortiva Verde sobre o desempenho ambiental de organizações.

2. METODOLOGIA

Este estudo é metodologicamente classificado como uma pesquisa qualitativa tendo como estratégia uma análise de conteúdo. A análise de conteúdo é definida por Krippendorff (2004) como uma técnica de pesquisa que cria inferências válidas e replicáveis de textos para seus contextos de uso. Para o método de análise de conteúdo, a noção de inferência é especialmente importante porque o pesquisador utiliza construtos analíticos, ou regras de inferência, para responder às questões de pesquisa (WHITE; MARSH, 2006).

As principais bases científicas na área de gestão foram selecionadas como base para a seleção de textos: Scopus e Web of Science. Elas foram selecionadas porque contêm um número expressivo de periódicos de alto impacto e são bases indexadas que permitem a exportação de metadados necessários para a análise das publicações. O Quadro 1 aponta para os artigos utilizados neste trabalho, divididos pelos temas abordados.

Para que a ideia principal do trabalho, a identificação dos modelos mentais e rotinas organizacionais direcionadores da Capacidade Absortiva Verde, foi necessário buscar de forma contínua e sequencial bibliografias nacionais e internacionais, sobre os seguintes tópicos:

- a sustentabilidade, como um dos pilares teóricos que orienta as variáveis analíticas;
- a dimensão ambiental da sustentabilidade como balizador do escopo de abrangência teórica da pesquisa;
- capacidade absorptiva e os direcionadores de Lane;
- capacidade absorptiva verde, modelos mentais sustentáveis e rotinas organizacionais.

Importante ressaltar que a partir da análise de

| ASSUNTO | REFERÊNCIAS |
|---|---|
| Sustentabilidade | WCED (1987); Hāni et al., (2006); Sachs (1993); Sachs (2002); Elkington (2000); Araújo e Mendonça (2009); Lozano (2011); Ahamed e Sundaram (2012); Maturana e Varela (1986), Leriopio (2001); Van Bellen (2004); Van Bellen (2010); Seghezze (2009); Elkington (2001); Petri e Pozzebon (2010); Milne e Gray (2013); Sachs (2002); ODS (2015); Nilsson et al., (2016) |
| Dimensão Ambiental | Sachs (1993); Sachs (2002); WCED (1987); Elkington (2001); Gibson et al. (2012); Claro et al. (2008); Seghezze (2009); Closs et al. (2010); Silva et al. (2012); Hahn e Kühnen (2013); Veiga (2010); Guimarães e Feichas (2009); Delai e Takahashi (2008); Siena (2008) |
| Capacidade Absortiva e os Direcionadores do Modelo de Lane | Cohen e Levinthal (1990); Lane e Lubatkin (1998); Lane et al. (2006); Ojo e Raman (2015); Kiss e Barr (2017); Adamides e Karacapiilidis (2020); Mousavi et al. (2018); Al-Abrow et al. (2022); Helfat e Peteraf (2009); Teece et al., (2009); |
| Capacidade Absortiva Verde, Modelos Mentais Sustentáveis e Rotinas Organizacionais | Zhou et al. (2021); Chen et al. (2015); Lane et al. (2006); Apeji e Sunmola (2022); Chen et al. (2015b); Lin e Chen (2017); Zhang et al. (2020); Meirun et al. (2020); Chen et al. (2020), Garrity (2018); Levy et al. (2018); Rosner (1995); Hoffman et al. (2014); Hielscher e Will (2014); Chen et al. (2014); Jansen et al. (2005); Pham et al. (2019); Yahya et al. (2021); Baeshen et al. (2021); Abbas et al. (2021); Qu et al., (2022); Lane et al. (2006), Long (2016), Raineri e Paillé (2016), Farooq et al. (2022), Chen (2018), Wang (2021), Collis (1994); Lewin et al. (2011); Chalmers e Balan-Vnuk (2012); Marrucci et al. (2022); Zhang et al. (2020a); Gil-Marques e Moreno-Luzon (2020), Lin et al. (2016); Zhou (2021), Garay et al. (2017); Chen (2018), Pace (2016); Zhang (2019); Jakobsen et al. (2019), Tempelaar et al. (2008); Wang (2021), Dubey et al., 2017); Ghassim e Foss (2018), Hellsmark et al. (2016) |

Quadro 01: Base de artigos.

Fonte: autores.

conteúdo foi possível determinar as hipóteses a serem apresentadas ao longo da discussão. Isso porque a análise de conteúdo é definida por Krippendorff (2004) como uma técnica de pesquisa que cria inferências válidas e testáveis. Para o método de análise de conteúdo, a noção de inferência é especialmente importante porque o pesquisador usa construções analíticas, ou regras de inferência, para responder às questões de pesquisa (WHITE; MARSH, 2006).

Ainda, segundo White e Marsh (2006), mesmo que trabalhos apresentem algumas características estruturais de viés qualitativo, o passo a passo para a estruturação do processo de pesquisa por meio da análise de conteúdo é semelhante a maioria das etapas de perfil quantitativo, como: selecionar material relevante; unificar o conteúdo distinguindo palavras ou proposições e usando citações ou exemplos; contextualizar o que está à luz da teoria sobre as circunstâncias que envolvem o texto; e ter em mente as questões de pesquisa específicas (KRIPPENDORFF, 2004).

No caso, se desejava identificar itens que pudessem compor Modelos Mentais Sustentáveis (valores, paradigmas, conceitos) e Rotinas Organizacionais (processos, estruturas e indivíduos) no contexto das dimensões de reconhecimento, assimilação e aplicação da Capacidade Absortiva Verde.

3. DISCUSSÃO

3.1. Capacidade Absortiva e os direcionadores do modelo de Lane, Koka e Pathak (2006)

Os primeiros autores a abordar consistentemente o conceito de capacidade absorptiva foram Cohen e Levinthal

(1990). Segundo eles, a capacidade absorptiva é definida como a capacidade da organização de avaliar o valor do novo conhecimento externo, assimilá-lo e aplicá-lo para fins comerciais. No modelo desenvolvido pelos autores, são apresentadas três dimensões: reconhecimento do valor da informação, assimilação do conhecimento pela empresa e aplicação do conhecimento para gerar inovação. Cohen e Levinthal (1990) também argumentam que a capacidade de absorver novas informações dependerá do nível de conhecimento prévio na organização, que está relacionado a habilidades e experiências de aprendizagem, e ao reconhecimento do valor de novas informações. A importância das atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento (P e D) como geradores de informações para a organização que sugerem, além dessa geração de novos conhecimentos, aumentam a capacidade da empresa de assimilar e implantar informações existentes. Essa habilidade faz com que a empresa acumule, ao longo do tempo, uma base de conhecimento relevante (COHEN e LEVINTHAL, 1990).

Nesta mesma perspectiva, Lane e Lubatkin (1998) trouxeram a visão da capacidade absorptiva no nível interorganizacional, estabelecendo que a capacidade de absorção se refere à capacidade de uma organização de aprender de outra organização, sendo determinada pelas características relativas das duas organizações.

Já em 2006, Lane et al. (2006), definiram a capacidade de absorção através de três processos: identificar e compreender novos conhecimentos externos potencialmente valiosos através da aprendizagem investigativa; assimilar esse novo conhecimento através da aprendizagem transformadora; e finalmente, usar este conhecimento assimilado para criar conhecimento e resultados comerciais. Lane et al. (2006), propõem um modelo que enfatiza a

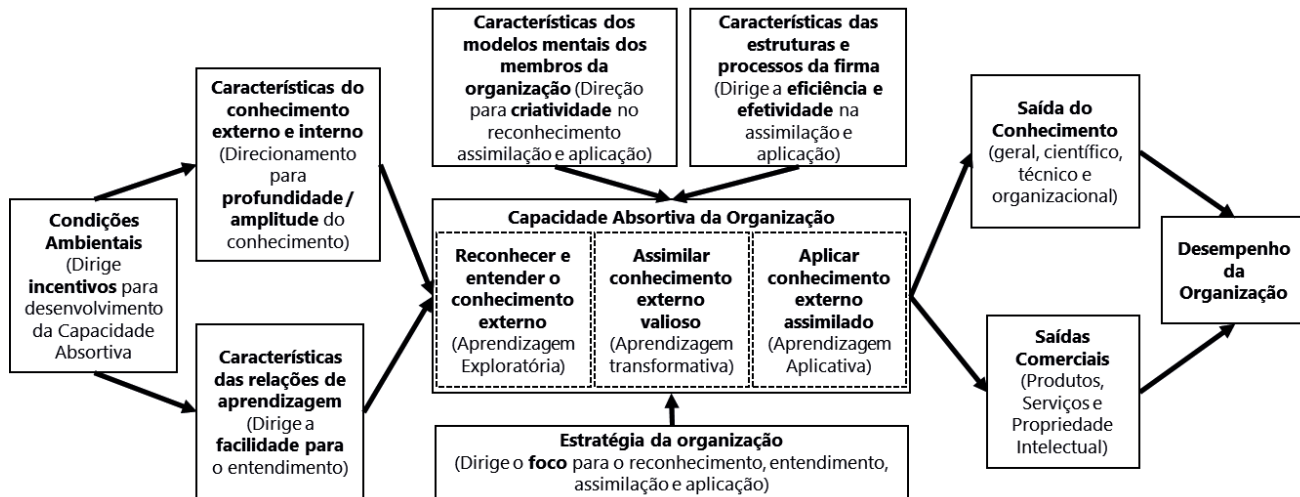


Figura 01: Base de artigos.

Fonte: Modelo Teórico da Capacidade Absortiva de Lane, Koka e Patak.

perspectiva processual da capacidade absorptiva relativa a rotinas de aprendizagem organizacional. Os autores estabeleceram três processos da capacidade absorptiva para usar o conhecimento externo, a saber: (1) Reconhecer e compreender novos conhecimentos externos potencialmente valiosos através da aprendizagem investigativa; (2) Assimilar novos conhecimentos valiosos através da aprendizagem transformadora; (3) Uso do conhecimento assimilado para criar conhecimentos e resultados comerciais através da aprendizagem exploratória (LANE; KOKA; PATHAK, 2006).

O modelo proposto por Lane et al. (2006) inclui fatores que influenciam os resultados da capacidade absorptiva. Notam-se na figura os seguintes fatores de influência:

- Características do conhecimento externo e interno, que direcionam para a profundidade e amplitude do conhecimento;
- Características das relações de aprendizagem, que dirigem a facilidade para o entendimento;
- Estratégia da organização, que dirige o foco para o reconhecimento, assimilação e aplicação;
- Características das estruturas e processos da firma, que dirigem a eficiência e a efetividade na assimilação e aplicação; e
- Características dos modelos mentais dos membros da organização, que dirigem a criatividade no reconhecimento, assimilação e aplicação.

Especificamente as características dos modelos mentais e dos processos, em função da proposição feita no artigo, merecem destaque.

Inicialmente, Lane et al. (2006) explicam que os

modelos mentais dos colaboradores são fatores internos críticos da capacidade de absorção. Os autores argumentam que a criação de vantagem competitiva a partir do conhecimento são fruto das formas únicas e valiosas de como esses conhecimentos são combinados e aplicados. Essa singularidade surge do conhecimento pessoal e dos modelos mentais dos indivíduos dentro da empresa, que examinam o ambiente, trazem o conhecimento para a empresa e exploram o conhecimento em produtos, processos e serviços. Em suma, são os membros individuais da empresa que adicionam a criatividade necessária para ajudar a empresa a criar valor a partir de novos conhecimentos.

É importante ressaltar que os modelos mentais dos indivíduos, principalmente os modelos mentais compartilhados impactam a cognição coletiva, bem como a ação comportamental subjacente à utilização do conhecimento externo. O processo de transferência de conhecimento envolve o engajamento social entre os indivíduos, facilitado por meio de relacionamentos e interações interpessoais, assim como modelos mentais centralizados de indivíduos em diferentes funções e organizações, e a presença destes fatores aumenta sua eficácia (OJO; RAMAN, 2015).

Kiss e Barr (2017) ao se referirem a centralização do modelo mental a um número limitado de conceitos centrais compartilhados pelos indivíduos reforçam as ideias de Ojo e Raman (2015). Os autores explicam que estes modelos servem como nexo de relacionamentos entre os membros da organização. A centralização do modelo mental ajuda a canalizar a atenção para a combinação apropriada de conhecimentos que levam a soluções precisas. Adamides e Karacapilidis (2020) exemplificam que modelos mentais compartilhados relacionados a

mudanças complexas permitem que as empresas percebam e respondam a um maior número de estímulos diferentes, aumentando assim sua capacidade de inovação.

Mas, Lane et al. (2006) afirmou que as rotinas organizacionais também influenciam a assimilação e a aplicação do conhecimento. A importância das rotinas para as capacidades dinâmicas das organizações, inclusive a capacidade absorviva, é reconhecida por Mousavi et al. (2018) e Al-Abrow et al. (2022) quando explicam que as capacidades ocorrem na forma de várias rotinas, que coordenam as atividades da organização, apoiando a criação de habilidades. As rotinas, no contexto da Capacidade Absorviva, se relacionam com desempenho organizacional quando estas permitem à organização um rearranjo de recursos e processos através da aquisição, assimilação e aplicação de conhecimento, permitindo a organização aptidões evolutivas (HELFAT; PETERAF, 2009; TEECE; PISANO; SHUEN, 2009). Mousavi et al. (2018) explica, que no contexto do desempenho sustentável, as capacidades podem ser vistas como rotinas organizacionais pelas quais as empresas reconfiguram recursos implementando mudanças em seus processos para contribuir com a transição para uma indústria mais sustentável.

Al-Abrow, Ali e Alnoor (2022) argumentam que apesar das rotinas trazerem estabilidade a organização, são as suas mudanças que irão permitir a evolução e a melhoria de desempenho. Ou seja, apesar dos riscos que mudanças possam trazer, o redesenho sólido da rotina oferece potencial para reforçar o desempenho organizacional por meio de melhorias de padrões que constituem a rotina e, portanto, influenciam sua eficiência. O trabalho dos autores ainda comenta que além do redesenho de rotinas contribuir à sustentabilidade organizacional, o comportamento dos funcionários pode contribuir para a Capacidades Absorviva Verde.

A Capacidade Absorviva Verde, Modelos Mentais Sustentáveis e Rotinas Organizacionais

Conforme Zhou et al. (2021), a Capacidade de Absorção Verde, frente ao conceito original de capacidade de absorção, pode ser considerada como a capacidade de uma empresa de identificar, assimilar e explorar o conhecimento externo verde ou ambiental. Ou seja, ao conceito originário se dá a especificidade do tipo de conhecimento a ser gestado: ambiental e verde. Uma definição mais ilustrativa de restrição à tipicidade de conhecimento aplicado na Capacidade Absorviva Verde é dada por Chen et al. (2015) como “a capacidade de compreender, conectar, combinar, identificar e aplicar o conhecimento

ambiental” (p.15677). Ou seja, não há discussões sobre as questões determinadas por Lane et al. (2006) quanto ao reconhecimento, assimilação e transformação, e aplicação do conhecimento, proposto pelo autor. Mas sim à restrição na tipologia de conhecimento como afirmado por Apeji e Sunmola (2022) onde a capacidade de absorção verde refere-se a uma capacidade organizacional de obter, integrar, converter, utilizar e aplicar o conhecimento ambiental para uso comercial. Inclusive, esta característica da Capacidade Absorviva Verde de estar relacionada especificamente ao conhecimento verde ou ambiental, é destacado no trabalho de Chen et al. (2015).

As discussões e estudos sobre a Capacidade Absorviva Verde vem se intensificando, inclusive em multinível ou quanto aos microfundamentos. Mais especificamente quanto ao escopo deste artigo, trabalhos como o de Lin e Chen (2017), indicam que rotinas e atividades de transferência de conhecimento entre indivíduos contribuem para a melhoria contínua da fonte de conhecimento verde organizacional, sendo essencial no contexto da busca deecoinovação. Zhang et al. (2020) reforçam a importância das rotinas na Capacidade Absorviva Verde dizendo que rotinas podem criar continuamente mudança organizacional e adaptação sendo associados à transferência de novos conhecimentos e habilidades de produção e tecnologias verdes.

Já com relação aos indivíduos, o estudo de Meirun, Makhloufi e Hassan (2020) afirma que o desempenho inovativo verde é altamente impactado pelo sucesso na absorção, assimilação e aplicação do conhecimento verde recém-explorado pelos indivíduos da alta administração. Esse sucesso da Capacidade Absorviva Verde também é viabilizado por uma visão compartilhada verde, definido por Chen et al. (2020) como “uma direção estratégica clara e comum de metas e aspirações ambientais coletivas que foram internalizadas pelos membros de uma organização”.

Ou seja, os indivíduos tendo um papel fundamental na Capacidade Absorviva Verde. Nesta perspectiva se entende que o construto Capacidade Absorviva Verde tem seus resultados influenciados pelo uso adequado dos direcionadores, aqui chamados neste artigo como os Modelos Mentais Sustentáveis e Rotinas Organizacionais. Esses direcionadores para a Capacidade Absorviva Verde sob a visão de Lane et al. (2006), podem influenciar através da Capacidade Absorviva Verde, o Desempenho Ambiental Sustentável.

Para um entendimento mais detalhado sobre a participação dos indivíduos e das rotinas na Capacidade

Absortiva Verde, os itens a seguir aprofundam a discussão sobre os temas.

3.3. Modelos Mentais Sustentáveis para a Capacidade Absortiva Verde

Modelos Mentais são um recurso usados pelo cérebro humano para lidar com a complexidade, são representações cognitivas da realidade externa. Os Modelos Mentais podem ser explicados como redes nas quais os nós são conceitos e as ligações direcionadas entre os conceitos são relações causais percebidas.

Os modelos mentais existentes - de gestores, políticos, consumidores, de todos - influenciam em grande parte as decisões que estão sendo tomadas e, portanto, esses modelos são parte dos próprios problemas e soluções nos processos organizacionais (GARRITY, 2018; LEVY; LUBELL; MCROBERTS, 2018; ROSNER, 1995).

Especificamente ligados a questões da sustentabilidade ambiental, autores vem trabalhando com o construto Modelos Mentais Sustentáveis (MMS). Hoffman, Lubell e Hillis (2014) e Hielscher e Will (2014) explicam que os Modelos Mentais Sustentáveis são fortemente ligados à determinados conceitos: como administração de recursos, redução no impacto ambiental negativo, conservação da água, o próprio desempenho ambiental sustentável, entre outros.

A questão da influência dos indivíduos, ligados a Capacidade Absortiva Verde já é citada em 2014 por Chen, Chang e Lin (2014) quando explicam que quando os membros de uma organização compartilham uma visão, eles são mais capazes de buscar a exploração e exploração de novos conhecimentos. Inclusive, na argumentação lembram Jansen, Van Den Bosch e Volberda (2005) que à época já afirmava que uma visão compartilhada dos membros da organização é benéfica para coordenar atividades de exploração e exploração. Em consonância, os trabalhos Chen et al. (2014) e de Pham, Paillé e Halilem (2019) afirmam que uma visão compartilhada verde possibilita uma direção estratégica clara e comum de objetivos e aspirações ambientais coletivas. Sendo essas internalizadas pelos membros de uma organização, concluindo então que a visão compartilhada verde de membros de uma empresa afeta positivamente sua Capacidade Absortiva Verde. Então, em 2021, os trabalhos de Yahya, Jamil e Farooq (2021) e Baeshen, Soomro e Bhutto (2021) afirmam que os fatores humanos podem melhorar significativamente empresas em relação à gestão ambiental e à inovação verde.

A partir deste ponto se iniciam alguns questionamentos sobre quais fatores e características cognitivas podem favorecer mais adequadamente a Capacidade Absortiva Verde. Coincidentemente em 2021 Abbas et al. (2021) indicam que o comportamento dos funcionários é crucial para o controle da degradação ambiental que garante o desempenho ambiental verde. E nesse sentido os achados de Yahya et al. (2021) indicam algumas características de colaboradores que podem ser definidas como “competências verdes” que contribuirão com um desempenho verde.

Mas chama a atenção do trabalho de Yahya et al. (2021) os resultados obtidos com relação as questões relativas à atitude e consciência ambiental que influenciam positivamente e suportam o desempenho organizacional. Estes podem ser listados da seguinte forma: consciência ambiental, atitude ambiental, habilidade ambiental, e atenção ambiental. Além disso, esse conjunto de características está quebrando as formas convencionais de inovação e incentivam a adoção de tecnologia de baixo impacto para o crescimento sustentável. Nesse sentido, a Capacidade de Absorção Verde resulta de uma cultura organizacional verde que fornece insights úteis para uma organização trazer mudanças ecologicamente corretas para sua operação.

A cultura verde faz com que os funcionários tenham modelos mentais preocupados com as questões ambientais, seja na prevenção da poluição, na gestão de produtos ou no desenvolvimento sustentável, os funcionários sentem maior preocupação com a proteção do meio ambiente (QU et al., 2022).

Mas o modelo de Lane et al. (2006) também responsabiliza em parte, os resultados da Capacidade Absortiva a direcionadores como as rotinas organizacionais. No contexto do desempenho ambiental também podem ser observados peculiaridades sobre estes direcionamentos das rotinas.

3.4. Rotinas Organizacionais para Capacidade Absortiva Verde

No tocante a questões de rotinas direcionadoras da Capacidade Absortiva Verde, segundo Collis (1994), as capacidades organizacionais podem ser explicadas através de rotinas complexas que determinam a eficiência com que as empresas transformam e agrupam recursos em combinações únicas, constituindo um desempenho superior. Nesse sentido a Capacidade Absortiva Verde tem como direcionadores rotinas que permitam explorar seus

recursos e conhecimentos para renovar e desenvolver suas capacidades organizacionais verdes e reagir a um mercado dinâmico.

É importante neste ponto contextualizar que as rotinas podem variar desde regras simples, como busca procedimentos operacionais padrão do dia a dia, até rotinas de nível superior ou meta-rotinas que regulam mudanças em rotinas de nível inferior. Em essência, na teoria evolucionária, meta-rotinas são rotinas de nível superior que estão associadas a um pacote de rotinas operacionais específicas de nível inferior ou procedimentos operacionais padrão (rotinas praticadas) que expressam essas meta-rotinas (LEWIN; MASSINI; PEETERS, 2011).

Para essa discussão, sobre o direcionamento das rotinas na Capacidade Absortiva Verde, Chalmers e Balan-Vnuk (2012) apresentam resultados de seus estudos que mostram que organizações têm uma função única de mediação no processo de inovação sustentável ao configurar rotinas de capacidade absorptiva interna e externa para combinar fluxos de conhecimento de usuários e tecnológicos. Inclusive elencando as meta-rotinas externas e internas:

Internas:

1. facilitar a variação;
2. gerenciar regimes de seleção interna;
3. compartilhar conhecimento e práticas superiores em toda a organização;
4. refletir, atualizar e replicação; e
5. gerenciar a tensão adaptativa.

Externas:

1. identificar e reconhecer o valor do conhecimento gerado externamente;
2. aprender com e com parceiros, fornecedores, clientes, concorrentes e consultores; e
3. transferência de conhecimento de volta para a organização.

O trabalho de Marrucci et al. (2022) corrobora estas afirmativas quando afirma que a introdução de rotinas para interpretação do conhecimento externo e adaptá-lo ao seu contexto é um processo de tradução. Tradução essa de pressões externas impelindo a organização a mudanças. Nesse sentido algumas rotinas acabam por ser orientadas por comando e regulação de controle podendo criar continuamente mudança organizacional e adaptação. Estas rotinas não são apenas compostas por respostas ao ambiente

externo, mas também associadas à transferência de novos conhecimentos e habilidades de produção e tecnologias. Por exemplo, a percepção gerencial da regulação, comando e controle podem ser percebidas como oportunidades levando ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras e à cooperação com outras empresas (ZHANG et al., 2020) Rotinas de análise sobre políticas regulatórias acabam por se tornar gatilhos para a absorção de novos conhecimentos verdes.

Outra questão importante relacionada as rotinas é que elas são fundamentais na definição do contexto de sustentabilidade ambiental da organização. As empresas constroem, por meio de rotinas derivadas da normalização de processos, competências e resultados, capacidades de exploração ou exploração do conhecimento, em cada caso particular. O caráter facilitador das rotinas permite que os profissionais equilibrem resultados que orientam o desempenho para a satisfação das demandas dos clientes e desempenho sustentável (GIL-MARQUES; MORENO-LUZON, 2020)). Nestas buscas a questão mais significativa é claramente a discussão sobre a influência das Rotinas Organizacionais e dos Modelos Mentais nas dimensões da Capacidade Absortiva no modelo de Lane et al. (2006), representados pela Figura 2. Essa influência é relatada por Tanner et al. (2016) que destacam que a incorporação do conhecimento depende do quanto já estão funcionando as rotinas organizacionais e as culturas, interpretadas aqui como visão compartilhada (JANSEN et al., 2005). No trabalho de Gangi, Mustilli e Varrone (2019) é relatado que a incorporação de determinados princípios pela equipe, e rotinas organizacionais são o ponto de partida para a eficácia na melhoria de desempenho. A Figura 2 apresenta o recorte do modelo teórico da Capacidade Absortiva desenvolvido por Lane, Koka e Pathak (2006), onde está representada a Capacidade Absortiva e suas dimensões, os direcionadores Modelos Mentais e Característica das Estruturas e Processos, as saídas e o Desempenho Organizacional.

Na Figura 2, verifica-se o recorte teórico analisado neste artigo. Destacada ao centro, em azul, está a Capacidade Absortiva com as três dimensões, Reconhecimento, Assimilação e Aplicação. Sendo destacado em cinza estão os Modelos Mentais dos colaboradores, que influenciam o Reconhecimento, Assimilação e Aplicação. Destacado em vermelho estão as estruturas e processos da firma que direcionam a eficiência e efetividade na assimilação e aplicação. Em azul escuro estão os "outputs" que levam ao desempenho organizacional, destacado em roxo. Chama atenção nos direcionadores que a influência exercida pelos Modelos Mentais afeta as três dimensões,

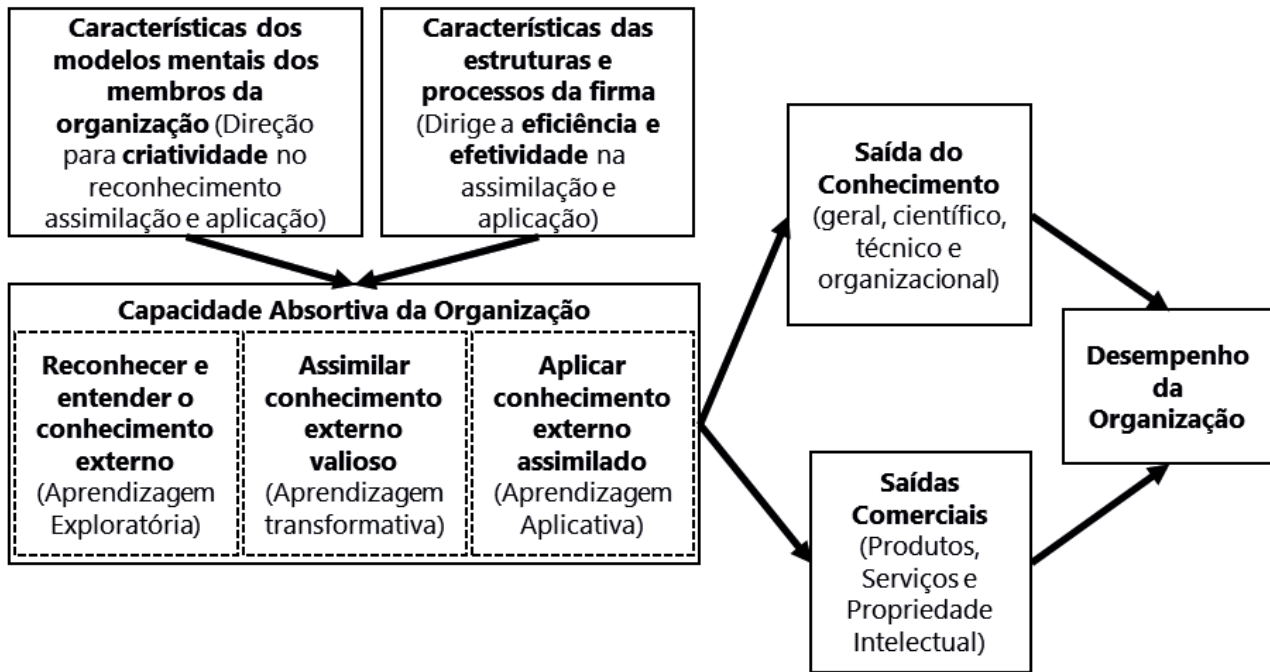


Figura 02: Recorte do modelo teórico da Capacidade Absortiva de Lane, Koka e Patakf.
Fonte: adaptado de Lane, Koka e Pathak (2006).

Reconhecimento, Assimilação e Aplicação. Enquanto as Rotinas Organizacionais, segundo Lane et al. (2006), tem influência somente sobre Assimilação e Aplicação. Mas, a ausência de influência das Rotinas Organizacionais sobre a dimensão Reconhecimento é refutado por uma série de trabalhos como os de Chalmers e Balan-Vnuk (2012) e Marrucci et al. (2022).

Chalmers e Balan-Vnuk (2012) explicam que ao configurar rotinas de capacidade absorviva externa, é necessário desenvolver rotinas externas que identifiquem e valorizem o conhecimento externo, e que possibilite aprender com parceiros, fornecedores, clientes, concorrentes e consultores. Vale ressaltar que as rotinas aqui são analisadas com

base na visão de Felin et al. (2012) onde rotinas incluem componentes constituintes: indivíduos, processos e estrutura; e interações dentro e entre os componentes que contribuem para a agregação e construções coletivas. Ou seja, o que Lane et al. (2006) chama de Característica das Estruturas e Processos, neste trabalho é entendido, com base na definição de Felin et al. (2012), como Rotina Organizacional. Assim se propõe o seguinte modelo teórico.

A Figura 3 demonstra os construtos abordados neste artigo bem como as relações propostas. Nota-se ao centro a Capacidade Absortiva Verde (CAV), acima o direcionador Modelos Mentais Sustentáveis e sua relação de influência sobre o reconhecimento, assimilação e aplicação, para com

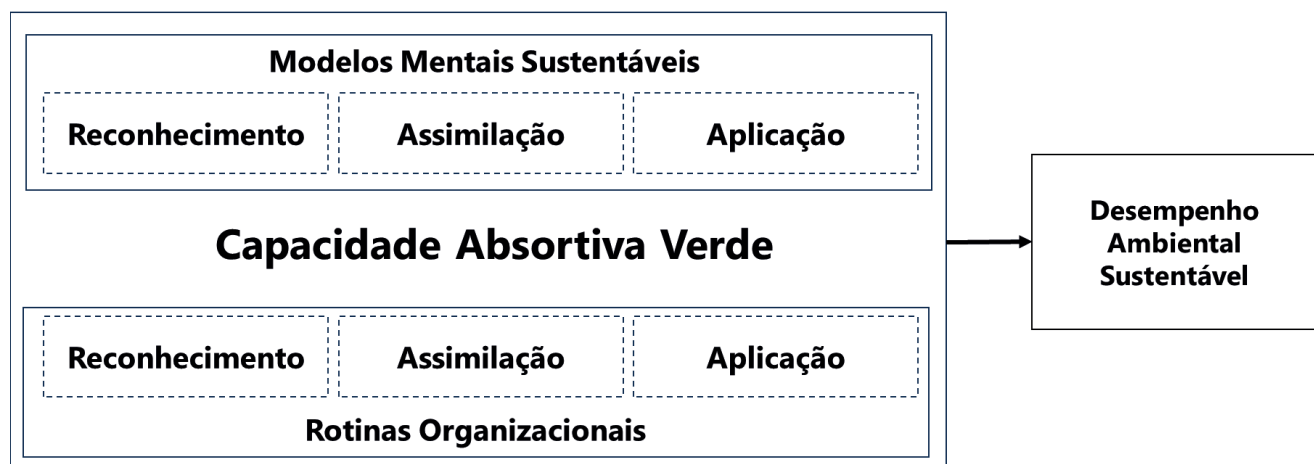


Figura 03: Modelo teórico proposto.
Fonte: autores.

a CAV. Abaixo está o direcionador Rotinas Organizacionais e as relações de influência nas dimensões. A direita da CAV verifica-se a variável dependente do modelo, o Desempenho Ambiental. É válido ressaltar que o Desempenho Ambiental representa os outputs derivados da Capacidade Absortiva Verde.

Quanto as relações propostas dos direcionadores para com as dimensões da CAV, estas são mais detalhadas nos itens a seguir.

3.5. Relação entre Modelos Mentais Sustentáveis e as Dimensões da CAV

Rosner (1995) já apontava para Modelos Mentais Sustentáveis como saída para uma visão fatalista de que os problemas ambientais não podem ser resolvidos. Ferramentas de pensamento aprimoradas podem ser derivadas de uma consideração sistêmica da situação ambiental de uma empresa. Nesse sentido, para Hukkinen (1999), os modelos mentais dos gestores, está relacionado aos problemas ambientais com os quais lidam. Subjacentes às estas relações estão os modelos mentais com os quais eles racionalizam as decisões.

Galbreath (2017), explica que na relação dos Modelos Mentais Sustentáveis com a Capacidade Absortiva, à medida que as empresas aumentam certos tipos de recursos de capital humano a implementação de inovações verdes é fortalecida. Assim, modelos mentais que demonstram maior sensibilidade ao ambiente natural e padrões morais e éticos mais elevados tendem a ser mais passíveis de implementações de inovações verdes. Os relatos acima atestam que os Modelos Mentais têm variações em diferentes circunstâncias e condições, de modo que também se pode atestar que as pessoas podem ter modelos mentais especiais que valorizam a sustentabilidade, são os Modelos Mentais Sustentáveis (LONG; LIN, 2017; RAINERI; PAILLÉ, 2016).

Especificamente relativo as questões de relação aos Modelos Mentais Sustentáveis e as dimensões da Capacidade Absortiva Verde o trabalho de Long (2016) pressupõe, quanto a dimensão Reconhecimento que, os colaboradores tenham como premissa que os recursos não renováveis estão em momento crítico e que custos são irrelevantes em relação ao benefício ambiental. Essas premissas se somam aos conceitos de Raineri e Paillé (2016) onde os indivíduos da instituição se importam com o desempenho ambiental institucional, e reconhecem no real significado do verde a chave para o desempenho ambiental da instituição (FAROOQ et al., 2022).

Ainda relativo a Dimensão Reconhecimento os MMS dos colaboradores devem reconhecer a importância da consciência verde para o desempenho da instituição, e que o conhecimento verde é necessário para discernimento quanto ao risco ambiental (FAROOQ et al., 2022). Chama a atenção que os MMS também estão sujeitos à condição de reconhecimento externo como incentivo para práticas ambientalmente sustentáveis (FAROOQ et al., 2022). Mas de forma positiva os autores Chen (2018) e Farooq et al. (2022) e atestam que os valores morais são importantes para reconhecimento de conhecimento verde. Onde, havendo essa sinergia de valores morais entre os colaboradores no direcionamento ao desempenho ambiental amplia a capacidade de Reconhecimento da IES.

Já com relação a dimensão Assimilação Long (2016) indica a necessidade que os colaboradores entendam que o equilíbrio ecológico pode ser restaurado por métodos técnicos. Ainda é necessário que sugestões de novas práticas para melhoria de desempenho ambiental soem importantes para os colaboradores, e que os próprios colaboradores possam sugerir formas de como proteger o meio ambiente de forma mais eficaz (RAINERI e PAILLÉ, 2016).

Por isso o encorajamento entre os colegas em prol de comportamento ambientalmente consciente e o voluntariado para projetos ou atividades que abordam questões ambientais também é importante para a CAV (RAINERI e PAILLÉ, 2016; CHEN, 2018; FAROOQ, 2022). Assim como reconhecer que a disseminação do conhecimento é importante para as ações pró ambiente é um conceito importante, como dar grande importância à pesquisa e desenvolvimento verde e à inovação em tecnologia verde (FAROOQ et al., 2022; WANG; BRUNSWICKER; MAJCHRZAK, 2021).

Quanto a dimensão Aplicação da CAV os MMS, segundo Long (2016), impõem como obrigatória a resolução de problemas de poluição, e que deve ser avaliado o desempenho ambiental na escolha de fornecedores pois o desempenho ambiental vem à frente do custo na escolha de fornecedores. Deve haver um sentimento que "Somos ambientalistas e nosso consumo é ambientalmente sustentável!". Ou seja, há um sentimento de culpa quando há falta de esforços para o desempenho ambiental positivo, pois os colaboradores sentem o dever de apoiar os esforços ambientais na IES sentindo como se os problemas ambientais da instituição fossem deles (RAINERI e PAILLÉ, 2016). Para os colaboradores a ação pró ambiente é importante e, havendo o conhecimento há a ação para o ambiente. Sendo nesse contexto necessária uma visão sistêmica nas ações ambientalmente sustentáveis (FAROOQ et al., 2022).

Diante do exposto, foi estabelecida a primeira

hipótese: H1. Os Modelos Mentais Sustentáveis influenciam a Capacidade Absortiva Verde das organizações. Como estão sendo trabalhados as dimensões da CAV optou-se pela análise por dimensão, ou seja, a hipótese H1 foi desmembrada em três hipóteses, H1a, H1b e H1c, sendo:

- H1a – Determinadas características são necessárias nos MMS, quanto a dimensão Reconhecimento da CAV, para a identificação, valorização e seleção, influenciando o nível de desempenho ambiental.
- H1b – Determinadas características são necessárias nos MMS, quanto a dimensão Assimilação da CAV, para a aprendizagem, transformação e disseminação do novo conhecimento, influenciando o nível de desempenho ambiental.
- H1c – Determinadas características são necessárias nos MMS, quanto a dimensão Aplicação da CAV, para efetivação na produção de desempenho ambiental, influenciando o nível de desempenho ambiental.

As hipóteses propõem a validação e avaliação de questões estruturantes dos MMS que sejam necessário para determinados níveis de desempenho ambientais dentro de organizações a partir do direcionamento das dimensões da CAV, reconhecimento, assimilação e aplicação.

A seguir é discutida a relação entre as Rotinas Organizacionais e as Dimensões da CAV.

3.6 Relação entre as Rotinas Organizacionais e as Dimensões da CAV

É plausível deduzir que, a partir de modelos mentais apropriados, processos, rotinas e estruturas devem se alinhar a esse modelo mental e que o processo da Capacidade

Absortiva seja conduzido ativamente para o conhecimento verde. Quando da revisão teórica sobre a relação das Rotinas Organizacionais sobre as dimensões da CAV surgem itens, que se direcionam de forma específica.

Por exemplo com relação a dimensão de Reconhecimento é colocada por Lin, Su e Higgins (2016) e Zhou et al. (2021) que são necessárias rotinas sistemáticas e corriqueiras onde a instituição seja capaz de identificar, obter e valorizar o conhecimento verde externo que é crucial para suas operações. A instituição identifica, na aplicação da rotina, semelhança dos objetivos ambientais da empresa com conhecimento externo em comparação a organizações de outros setores (CHEN; LEE; CHEN, 2017; GARAY; FONT; PEREIRA-MOLINER, 2017).

Nesse sentido, as Rotinas Organizacionais preveem que as IES contem com parcerias ao buscar por conhecimento externo para fornecer novas gerações da tecnologia (JAKOBSEN; LAUVÁS; STEINMO, 2019; PACE, 2016; ZHANG et al., 2020). Sendo necessário que os gestores monitorem o impacto ambiental da instituição com vista a aquisição de conhecimento externo correlato (ZHOU, 2021). Essa rotina permitiria que a instituição integrasse o conhecimento verde existente com o novo conhecimento verde obtido (LIN et al., 2016; ZHOU, 2021; WANG, 2021).

Já para a dimensão da Assimilação pressupõe-se que a estrutura organizacional da instituição, dentro da visão de Felin et al. (2012), como parte das Rotinas Organizacionais, seja necessária como facilitadora do desenvolvimento da capacidade de analisar, compreender e deduzir informações do conhecimento verde externo (TEMPELAAR et al., 2008; C. P. LIN et al., 2016; WANG, 2021). A instituição necessita ter por rotina explorar, integrar, combinar, criar, adquirir, compartilhar e converter novas tecnologias ambientais (C. P. LIN et al., 2016).

Pressupõe-se que as instituições sejam capazes de,

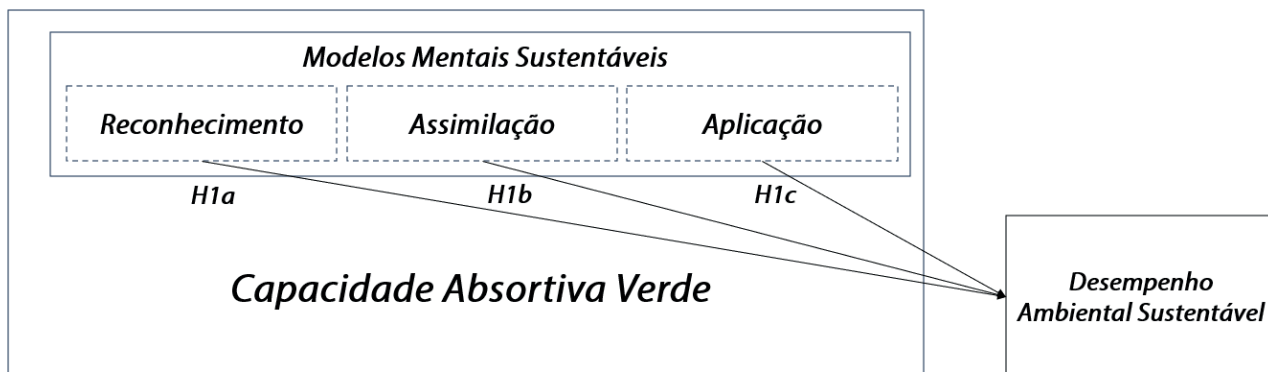


Figura 03: Modelo teórico proposto.
Fonte: autores.

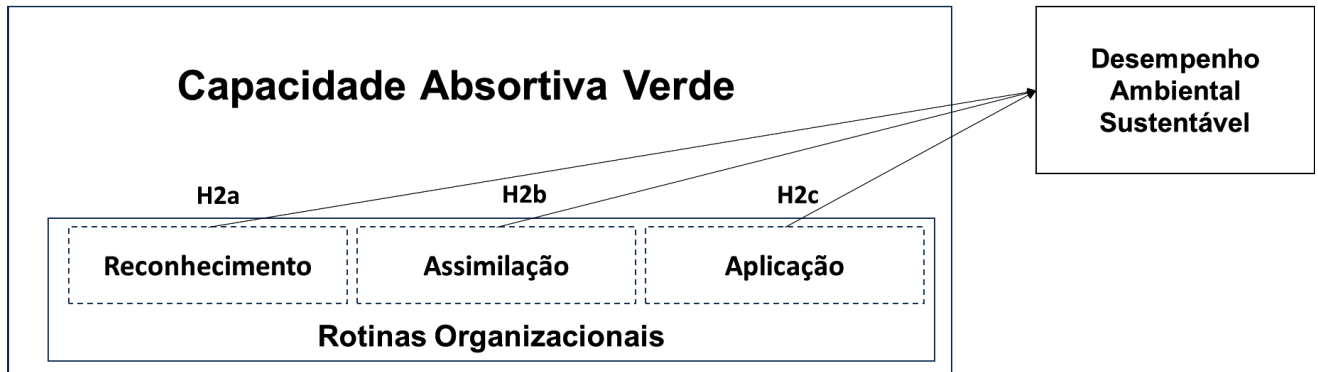


Figura 05: Modelo teórico para relação das RO às dimensões da CAV.
Fonte: autores.

através de rotinas, coordenar efetivamente os funcionários para gerar conhecimento verde (C. P. LIN et al., 2016; (DUBEY et al., 2017; GHASSIM; FOSS, 2018; ZHANG, 2019; WANG, 2021), gerenciando e assimilando de forma eficaz tecnologias ambientais de fontes externas (Lin et al., 2016). Pois também é previsto que a instituição invista sistematicamente recursos na obtenção de conhecimento externo (ZHANG, 2019).

Nesse sentido, é necessário que a instituição fortaleça sistematicamente as parcerias para assimilação de parte de seu conhecimento (HELLSMARK et al., 2016; ZHANG, 2019) pois a instituição é fortemente dependente de fontes externas para geração de novos conhecimentos. Na Assimilação também é necessário que a alta gestão da instituição enfatize a troca e compartilhamento sistemático de informações entre diferentes níveis da instituição (COOPER; MOLLA, 2016; C. P. LIN et al., 2016; WANG; BRUNSWICKER; MAJCHRZAK, 2021). Isso auxilia a instituição na aplicação, prontamente, do novo conhecimento verde externo adquirido (LIN et al., 2016; ZHOU, 2021).

A dimensão Aplicação, como inicialmente comentado acima, necessitará que a instituição, rotineiramente, utilize recursos para o desenvolvimento de inovações verdes (LIN et al., 2016; ZHOU, 2021). Será necessário também que as instituições possuam rotinas que garantam o cumprimento das exigências e legislações ambientais (LIU; ZHANG; YE, 2019), afinal as instituições deveriam possuir planos de ação para atingimento de metas ambientais e mensuração do impacto ambiental (GANGI; MUSTILLI; VARRONE, 2019; ZHANG, 2019) derivados dos sistemas de avaliação ambiental utilizados para mensuração do impacto operacional (ZHANG, 2019). Ainda na dimensão Aplicação, conforme os autores, as instituições necessitaram adotar novas tecnologias para reduzir o consumo de água, energia e materiais (ZHOU, 2021; C. P. LIN et al., 2016). Necessitando também investir no desenvolvimento de projetos, aplicando os conhecimentos assimilados, de

recuperação de danos ambientais causados por práticas anteriores (ZHOU et al., 2021).

Diante do exposto, foi estabelecida a segunda hipótese desta pesquisa: H2. As Rotinas Organizacionais influenciam o desenvolvimento da Capacidade Absortiva Verde nas organizações.

Todas essas afirmações ensejam questionamentos sobre a influência das rotinas organizacionais sobre as dimensões da CAV. Assim optou-se pela análise por dimensão, ou seja, a hipótese H2 foi desmembrada em três hipóteses, H2a, H2b e H2c, sendo:

- H2a – Determinadas rotinas organizacionais são necessárias, quanto a dimensão Reconhecimento da CAV, para a identificação, valorização e seleção do novo conhecimento, influenciando o nível de desempenho ambiental.
- H2b – Determinadas rotinas organizacionais são necessárias, quanto a dimensão Assimilação da CAV, para a aprendizagem, transformação e disseminação do novo conhecimento, influenciando o nível de desempenho ambiental.
- H2c – Determinadas rotinas organizacionais são necessárias, quanto a dimensão Aplicação da CAV, utilização do novo conhecimento influenciando no desempenho ambiental.

Pode-se verificar na Figura 5 a proposição de influência das rotinas ligadas a atividades de reconhecimento, assimilação e aplicação de conhecimento verde para desempenho sustentável das organizações.

4. CONCLUSÃO

Em suma, este artigo explorou a interseção entre Modelos Mentais Sustentáveis, Rotinas Organizacionais, Capacidade Absortiva Verde e Desempenho Ambiental.

Os resultados apresentados evidenciam a importância de abordar esses quatro conceitos de forma integrada, a fim de promover a sustentabilidade e melhorar o desempenho ambiental das organizações.

Foi constatado que os Modelos Mentais Sustentáveis desempenham um papel fundamental na orientação das ações das organizações em direção à sustentabilidade. Ao adotar uma mentalidade sustentável, os líderes e os membros da equipe são capazes de compreender e valorizar os impactos ambientais das suas atividades e tomar decisões mais conscientes e responsáveis.

As Rotinas Organizacionais desempenham um papel crucial na implementação de práticas sustentáveis no dia a dia das organizações. Através da incorporação de processos e procedimentos sustentáveis nas rotinas, é possível promover a eficiência operacional e reduzir o consumo de recursos naturais, contribuindo assim para a melhoria do desempenho ambiental.

A Capacidade Absortiva Verde emerge como um elemento-chave nesse contexto. A capacidade da organização de absorver, assimilar e aplicar conhecimento relacionado à sustentabilidade é fundamental para impulsionar a inovação e a adoção de práticas mais sustentáveis. Isso inclui o desenvolvimento de parcerias estratégicas, a busca de conhecimento externo e a incorporação de tecnologias verdes, que fortalecem a capacidade de resposta e adaptação das organizações às mudanças ambientais.

Por fim, o estudo revelou que a integração desses quatro conceitos - Modelos Mentais Sustentáveis, Rotinas Organizacionais, Capacidade Absortiva Verde e Desempenho Ambiental - é essencial para alcançar um desempenho ambiental superior e sustentável. As organizações que adotam uma abordagem holística e integrada para a sustentabilidade estão melhor posicionadas para enfrentar os desafios ambientais e obter vantagens competitivas a longo prazo.

No entanto, é importante ressaltar que essa interseção ainda apresenta desafios a serem superados. A mudança de mentalidade e a implementação de rotinas sustentáveis exigem um compromisso contínuo por parte das organizações, bem como a superação de barreiras culturais, estruturais e de conhecimento. Além disso, a promoção da capacidade absorptiva verde requer investimentos em treinamento, desenvolvimento e colaboração com outras partes interessadas.

Em última análise, este estudo destaca a importância de uma abordagem sistêmica e integrada para a sustentabilidade organizacional. Ao reconhecer a interdependência entre Modelos Mentais Sustentáveis,

Rotinas Organizacionais, Capacidade Absortiva Verde e Desempenho Ambiental, as organizações estarão melhor preparadas para enfrentar os desafios ambientais, promover a inovação sustentável e contribuir para um futuro mais verde e sustentável.

REFERÊNCIAS

ABBAS, Z. et al. Green HRM promotes higher education sustainability: a mediated-moderated analysis. **International Journal of Manpower**, 19 jul. 2021.

ACQUAYE, A. et al. A quantitative model for environmentally sustainable supply chain performance measurement. **European Journal of Operational Research**, v. 269, n. 1, p. 188–205, 16 ago. 2018.

ADAMIDES, E.; KARACAPILIDIS, N. Information technology for supporting the development and maintenance of open innovation capabilities. **Journal of Innovation and Knowledge**, v. 5, n. 1, p. 29–38, 2020.

AL-ABRROW, H.; ALI, J.; ALNOOR, A. Multilevel Influence of Routine Redesigning, Legitimacy and Functional Affordance on Sustainability Accounting: Mediating Role of Organizational Sense-making. **Global Business Review**, v. 23, n. 2, p. 287–312, 1 abr. 2022.

APEJI, U. D.; SUNMOLA, F. T. Principles and Factors Influencing Visibility in Sustainable Supply Chains. *Procedia Computer Science. Anais...Elsevier B.V.*, 2022.

BAESHEN, Y.; SOOMRO, Y. A.; BHUTTO, M. Y. Determinants of Green Innovation to Achieve Sustainable Business Performance: Evidence From SMEs. **Frontiers in Psychology**, v. 12, 18 nov. 2021.

CHALMERS, D. M.; BALAN-VNUK, E. Innovating not-for-profit social ventures: Exploring the microfoundations of internal and external absorptive capacity routines. **International Small Business Journal**, v. 31, n. 7, p. 785–810, 2012.

CHEN, H. H.; LEE, A. H. I.; CHEN, J. The relationship between innovation and performance in special nonprofit firms: Social and cooperative agrifood firms. **Journal of Management and Organization**, v. 23, n. 4, p. 587–602, 2017.

CHEN, Y. S. et al. Enhancing green absorptive capacity,

green dynamic capacities and green service innovation to improve firm performance: An analysis of Structural Equation Modeling (SEM). **Sustainability (Switzerland)**, v. 7, n. 11, p. 15674–15692, 2015.

CHEN, Y. S.; CHANG, C. H.; LIN, Y. H. The determinants of green radical and incremental innovation performance: Green shared vision, green absorptive capacity, and green organizational ambidexterity. **Sustainability (Switzerland)**, v. 6, n. 11, p. 7787–7806, 2014.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on and Innovation Learning. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990.

COLLIS, D. J. RESEARCH NOTE: HOW VALUABLE ARE ORGANIZATIONAL CAPABILITIES? **Strategic Management Journal**, v. 15, p. 143–152, 1994.

COOPER, V.; MOLLA, A. Information systems absorptive capacity for environmentally driven IS-enabled transformation. **Information Systems Journal**, v. 27, n. 4, p. 379–425, 2016.

CUI, R. et al. Interorganizational learning, green knowledge integration capability and green innovation. **European Journal of Innovation Management**, v. 24, n. 4, p. 1292–1314, 2020.

DUBEY, R. et al. Examining the effect of external pressures and organizational culture on shaping performance measurement systems (PMS) for sustainability benchmarking: Some empirical findings. **International Journal of Production Economics**, v. 193, p. 63–76, 2017.

FAROOQ, K. et al. Make it their Decisions, not your Directives: Exploring Required Green Competencies for Employee Ecological Behaviour. **Organizacija**, v. 55, n. 2, p. 128–141, 1 maio 2022.

FELIN, T. et al. Microfoundations of Routines and Capabilities: Individuals, Processes, and Structure. **Journal of Management Studies**, v. 49, n. 8, p. 1351–1374, 2012.

GALBREATH, J. Drivers of Green Innovations: The Impact of Export Intensity, Women Leaders, and

Absorptive Capacity. **Journal of Business Ethics**, p. 1–15, 2017.

GANGI, F.; MUSTILLI, M.; VARRONE, N. The impact of corporate social responsibility (CSR) knowledge on corporate financial performance: evidence from the European banking industry. **Journal of Knowledge Management**, v. 23, n. 1, p. 110–134, 2019.

GARAY, L.; FONT, X.; PEREIRA-MOLINER, J. Understanding sustainability behaviour: The relationship between information acquisition, proactivity and performance. **Tourism Management**, v. 60, p. 418–429, 2017.

GARRITY, E. J. Using systems thinking to understand and enlarge mental models: Helping the transition to a sustainable world. **Systems**, v. 6, n. 2, 1 jun. 2018.

GHASSIM, B.; FOSS, L. Understanding the micro-foundations of internal capabilities for open innovation in the minerals industry: a holistic sustainability perspective. **Resources Policy**, p. 1–13, 2018.

GIL-MARQUES, M.; MORENO-LUZON, M. D. Building sustainable contextual ambidexterity through routines: A case study from information technology firms. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 24, p. 1–19, 2 dez. 2020.

HELIFAT, C. E.; PETERAF, M. A. Understanding dynamic capabilities: Progress along a developmental path. **Strategic Organization**, 2009.

HELLSMARK, H. et al. Innovation system strengths and weaknesses in progressing sustainable technology: The case of Swedish biorefinery development. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 702–715, 2016.

HIELSCHER, S.; WILL, M. G. Mental models of sustainability: Unearthing and analyzing the mental images of corporate sustainability with qualitative empirical research. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 31, n. 6, p. 708–719, 1 nov. 2014.

HOFFMAN, M.; LUBELL, M.; HILLIS, V. Linking knowledge and action through mental models of sustainable agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 36, p. 13016–13021, 2014.

- HUKKINEN, J. INSTITUTIONS IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT **Constructing mental models and and sustainability**. 1. ed. London: Routledge, 1999. v. 1
- JAKOBSEN, S.; LAUVÅS, T. A.; STEINMO, M. Collaborative dynamics in environmental R&D alliances. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 950–959, 2019.
- JANSEN, J. J. P.; VAN DEN BOSCH, F. A. J.; VOLBERDA, H. W. Managing potential and realized absorptive capacity: How do organizational antecedents matter? **Academy of Management Journal**, v. 48, n. 6, p. 999–1015, 2005.
- KISS, A. N.; BARR, P. S. New Product Development Strategy Implementation Duration and New Venture Performance: A Contingency-Based Perspective. **Journal of Management**, v. 43, n. 4, p. 1185–1210, 2017.
- KRIPPENDORFF, K. **Reliability in content analysis: Some common misconceptions and recommendations**. [s.l.] Wiley Online Library, 2004. v. 30
- LANE, P. J.; KOKA, B. R.; PATHAK, S. The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. **Academy of Management Review**, v. 31, n. 4, p. 833–863, 2006.
- LANE, P. J.; LUBATKIN, M. Relative absorptive capacity and interorganizational learning. **Strategic Management Journal**, v. 19, n. 5, p. 461–477, 1998.
- LEVY, M. A.; LUBELL, M. N.; MCROBERTS, N. The structure of mental models of sustainable agriculture. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 8, p. 413–420, 1 ago. 2018.
- LEWIN, A. Y.; MASSINI, S.; PEETERS, C. Microfoundations of internal and external absorptive capacity routines. **Organization Science**, v. 22, n. 1, p. 81–98, jan. 2011.
- LIN, H. F.; SU, J. Q.; HIGGINS, A. How dynamic capabilities affect adoption of management innovations. **Journal of Business Research**, v. 69, n. 2, p. 862–876, 2016.
- LIN, Y. H.; CHEN, Y. S. Determinants of green competitive advantage: the roles of green knowledge sharing, green dynamic capabilities, and green service innovation. **Quality and Quantity**, v. 51, n. 4, p. 1663–1685, 1 jul. 2017.
- LIU, L.; ZHANG, M.; YE, W. The adoption of sustainable practices: A supplier's perspective. **Journal of Environmental Management**, v. 232, n. October 2018, p. 692–701, 2019.
- LONG, C.; LIN, J. Theoretical and exploratory research on sustainability mental model of the public in China: based on a typical survey in Guangdong province. **Chinese Journal of Population Resources and Environment**, v. 15, n. 2, p. 167–174, 3 abr. 2017.
- MARRUCCI, L. et al. Antecedents of absorptive capacity in the development of circular economy business models of small and medium enterprises. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 1, p. 532–544, 1 jan. 2022.
- MEIRUN, T.; MAKHLOUFI, L.; HASSAN, M. G. Environmental outcomes of green entrepreneurship harmonization. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 24, p. 1–27, 2 dez. 2020.
- MOUSAVI, S.; BOSSINK, B.; VAN VLIET, M. Dynamic capabilities and organizational routines for managing innovation towards sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 203, p. 224–239, 1 dez. 2018.
- OJO, A. O.; RAMAN, M. Micro perceptive on absorptive capacity in joint ICT project teams in Malaysia. **Library Review**, v. 64, p. 162–178, 2015.
- PACE, L. A. How do tourism firms innovate for sustainable energy consumption? A capabilities perspective on the adoption of energy efficiency in tourism accommodation establishments. **Journal of Cleaner Production**, v. 111, p. 409–420, 16 jan. 2016.
- PHAM, D. D. T.; PAILLÉ, P.; HALILEM, N. Systematic review on environmental innovativeness: A knowledge-based resource view. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier Ltd, , 20 fev. 2019.
- QU, X. et al. Green core competencies to prompt green absorptive capacity and bolster green innovation: the moderating role of organization's green culture. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 65, n. 3, p. 536–561, 2022.
- R. ABIDIN et al. Environmental Sustainability Performance: The Influence os Supplier and Customer

Integration. **The Social Science**, v. 11, p. 2673–2678, 2016.

RAINERI, N.; PAILLÉ, P. Linking Corporate Policy and Supervisory Support with Environmental Citizenship Behaviors: The Role of Employee Environmental Beliefs and Commitment. **Journal of Business Ethics**, v. 137, n. 1, p. 129–148, 1 ago. 2016.

ROSNER, W. J. Mental models for sustainability. **J. Cleaner Prod**, v. 3, n. 2, p. 107–121, 1995.

SADELI, S. et al. A REVIEW ON THE EFFECTS OF GREEN STRATEGY ON FIRMS' ENVIRONMENTAL PERFORMANCE. **JURNAL TEKNIKAL & KAJIAN SOSIAL**, v. 20, n. 2, 2022.

SETYADI, A. Does green supply chain integration contribute towards sustainable performance? **Uncertain Supply Chain Management**, v. 7, n. 2, p. 121–132, 2019.

TANNER, A. S. et al. The water Utility Adoption Model (wUAM): Understanding influences of organisational and procedural innovation in a UK water utility. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. S86–S96, 2016.

TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Knowledge and Strategy**, v. 18, n. April 1991, p. 77–116, 2009.

TROWBRIDGE, J. et al. Examining Intersectoral Action as an Approach to Implementing Multistakeholder Collaborations to Achieve the Sustainable Development Goals. **International Journal of Public Health**, v. 67, 16 maio 2022.

WANG, C.; BRUNSWICKER, S.; MAJCHRZAK, A. Knowledge search breadth and depth and OI projects performance: a moderated mediation model of control mechanism. **JOURNAL OF KNOWLEDGE MANAGEMENT**, v. 25, n. 4, p. 847–870, 2021.

WHITE, M. D.; MARSH, E. E. Content analysis: A flexible methodology. **Library Trends**, v. 55, n. 1, p. 22–45, 2006.

YAHYA, S.; JAMIL, S.; FAROOQ, M. The impact of green organizational and human resource factors on developing countries' small business firms tendency toward green innovation: A natural resource-based view

approach. **Creativity and Innovation Management**, v. 30, n. 4, p. 726–741, 1 dez. 2021.

ZHANG, J. et al. Green innovation to respond to environmental regulation: How external knowledge adoption and green absorptive capacity matter? **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 1, p. 39–53, 1 jan. 2020.

ZHOU, M. et al. How to drive green innovation in China's mining enterprises? Under the perspective of environmental legitimacy and green absorptive capacity. **Resources Policy**, v. 72, 1 ago. 2021.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4536-1585>

RICARDO LUIS BARCELOS, Dr. | Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, Administração | Palhoça/SC - Brasil
E-mail: ricardo.barcelos73@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0718-4362>

CARLOS RICARDO ROSSETTO, Dr. | Universidade do Vale do Itajaí - Curso: Programa de Pós Graduação em Administração - PPGA | Biguaçu/SC - Brasil
E-mail: rossetto@univali.br

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7306-7984>

RACHEL FAVERZANI MAGNAGO, Dra. | Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL - Programa de Pós Graduação em Ciência Ambientais - PPGCA | Palhoça/SC - Brasil
E-mail: rachelfaverzanimagnago@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BARCELOS, Ricardo Luis; ROSSETTO Carlos Ricardo; MAGNAGO, Rachel Faverzani. *MIX Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 125-141, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: __/__/__. doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.125-141>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/11/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

RLB: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, escrita - revisão & edição.

CRR: conceituação, metodologia, administração de projetos, supervisão.

RFM: supervisão, supervisão, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

CONSUMO, PROCESSOS PRODUTIVOS E DESIGN DE VESTUÁRIO NA PERSPECTIVA DA SUSTENTABILIDADE – REVISÃO SISTEMÁTICA DOS ARTIGOS PUBLICADOS NAS 10 EDIÇÕES DO ENSUS

CONSUMPTION, PRODUCTION PROCESSES AND CLOTHING DESIGN FROM A SUSTAINABILITY PERSPECTIVE - SYSTEMATIC REVIEW OF ARTICLES PUBLISHED IN 10 EDITIONS OF ENSUS

CONSUMO, PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO DE PRENDAS DE VESTIR DESDE UNA PERSPECTIVA DE SOSTENIBILIDAD - REVISIÓN SISTEMÁTICA DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LAS 10 EDICIONES DE ENSUS

GLAUBER SOARES JUNIOR | Feevale, Brasil

ÍTALO JOSÉ DE MEDEIROS DANTAS | Feevale, Brasil

FABIANO ELOY ATÍLIO BATISTA | UFJF/UFV - Universidade Federal de Juiz de Fora e Universidade Federal de Viçosa, Brasil

JAILSON OLIVEIRA SOUSA, Me. | UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil

RESUMO

Esse artigo objetiva compreender as perspectivas e as contribuições de pesquisas que interconectam moda e sustentabilidade, utilizando como contexto específico o caso do evento científico Encontro de Sustentabilidade em Projeto – ENSUS. Trata-se de uma pesquisa de abordagem quantitativa-qualitativa do tipo exploratório-descritiva, realizada mediante a uma análise sistemática de bibliografia, em que, com apoio no software IRaMuTeQ®, foram elencadas redes temáticas. Em relação aos principais resultados, destaca-se que foram encontrados 76 textos classificados em três redes de temas, sendo estas: I) Sustentabilidade, processos produtivos e uso de resíduos; II) Designer de moda e sustentabilidade; e III) Moda, consumo e impacto ambiental. Se em outrora, os debates tramados focalizavam nos impactos ambientais ocasionados pela produção e consumo de roupas de forma rápida e massificada, atualmente, as discussões centralizam-se cada vez mais na criação de estratégias e na utilização de tecnologias que visam uma diminuição das consequências socioambientais acarretadas por essa indústria.

PALAVRAS-CHAVE

Moda; vestuário; têxteis; sustentabilidade; pesquisas.

ABSTRACT

This article aims to understand the perspectives and contributions of researches that interconnect fashion and sustainability, using as specific context the case of the scientific event Encontro de Sustentabilidade em Projeto - ENSUS. This is a study of quantitative-qualitative approach of exploratory-descriptive type, carried out through a systematic analysis of bibliography, in which, with support of the software IRaMuTeQ®, thematic networks were listed. In relation to the main results, that were found 76 texts classified in three networks of themes, these being: I) Sustainability, productive



processes, and waste use; II) Fashion designer and sustainability; and III) Fashion, consumption and environmental impact. If in the past, the debates focused on the environmental impacts caused by the production and consumption of clothes in a fast and massive way, currently, the discussions are increasingly centered on the creation of strategies and the use of technologies that aim to reduce the social and environmental consequences caused by this industry.

KEYWORDS

Fashion; clothing; textiles; sustainability; research.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo comprender las perspectivas y contribuciones de las investigaciones que interconectan moda y sostenibilidad, utilizando como contexto específico el caso del evento científico Encontro de Sustentabilidade em Projeto - ENSUS. Trata-se de um estudo de abordagem quantitativa-qualitativa de tipo exploratório-descritivo, realizado através de uma análise sistemática de bibliografia, em que, com apoio do software IRaMuTeQ®, foram listadas redes temáticas. En relación a los principales resultados, que fueron encontrados 76 textos clasificados en tres redes de temas, siendo estos: I) Sostenibilidad, procesos productivos y uso de residuos; II) Diseñador de moda y sostenibilidad; y III) Moda, consumo e impacto ambiental. Si en el pasado, los debates se centraban en los impactos ambientales causados por la producción y el consumo de ropa de forma rápida y masiva, en la actualidad, las discusiones se centran cada vez más en la creación de estrategias y el uso de tecnologías que tienen como objetivo reducir las consecuencias sociales y ambientales causadas por esta industria.

PALABRAS CLAVE

Moda; ropa; textiles; sostenibilidad; investigación.

1. INTRODUÇÃO

O mercado da moda, bem como as pesquisas realizadas sobre esse campo temático, incorpora de forma progressiva os preceitos da sustentabilidade. Se por um lado, a indústria têxtil e de vestuário ainda é uma das que mais poluem o meio ambiente, por outro, existe uma série de pesquisadores e eventos científicos que trabalham buscando por soluções para que o processo produtivo de novos produtos desse segmento seja cada vez menos prejudicial à esfera ambiental.

Nessa perspectiva, o estudo das tensões relacionadas aos impactos socioambientais – uso exorbitante e irresponsável de recursos naturais, exploração de mão de obra, descarte inadequado de refugos têxteis e efluentes químicos, poluição ambiental, entre outros – causados pela indústria têxtil e de vestuário torna-se cada vez mais fundamental quando o intuito é projetar produtos com a focalização no desenvolvimento sustentável (FLETCHER; GROSE, 2020).

As discussões acerca da necessidade de se pensar e projetar uma cadeia produtiva de objetos de moda mais sustentável efervescem na última década (BERLIM, 2012; 2021). Em contrapartida, mesmo com o avanço desses estudos, a indústria têxtil e de vestuário segue sendo uma das que mais poluem o meio ambiente, causando em amálgama problemáticas sociais e culturais.

Em um contexto de degradação ambiental, muitos designers de vestuário alçam, de forma progressiva, suas preocupações no desenvolvimento de diretrizes que busquem reduzir os impactos causados por essa área industrial, bem como tragam métodos para desacelerar o consumo descomedido desses produtos. O *slow fashion* (BERLIM, 2012; FLETCHER; GROSE, 2020), é nesse caso, uma tentativa de conceber uma moda mais lenta e limpa ao passo em que incentiva que o consumo seja igualmente lento, assertivo e durável.

Os impactos socioambientais ocasionados pela indústria têxtil e de vestuário são, portanto, conhecidos e muitas pesquisas no campo do design são orientadas para o desenvolvimento de práticas sustentáveis (JUNG, 2014). Existe então um empenho em modificar algumas lógicas mercadológicas e produtivas, visando solucionar e diminuir os efeitos gerados por essa indústria. A sustentabilidade tornou-se uma tendência global, enquanto essa temática é cada vez mais discutida nos âmbitos acadêmico e de mercado. Em relação às pesquisas realizadas acerca do diálogo moda-sustentabilidade, existe uma gama de subtemas cuja focalização se dá de forma bastante específica.

A partir desses pressupostos, esse artigo foi desenvolvido

com a finalidade de compreender as perspectivas e as contribuições de pesquisas que relacionam moda e sustentabilidade, utilizando como contexto específico o caso do evento científico Encontro de Sustentabilidade em Projeto – ENSUS – que foi realizado em dez edições. Pesquisas como essa se justificam inicialmente pelo levantamento e análise do estado da arte de uma temática específica.

A escolha pelo ENSUS foi estimulada pela compreensão de que se trata de um dos principais eventos científicos do Brasil no que diz respeito à sustentabilidade, assimilando que ele possibilita que sejam discutidas tensões relacionadas à moda e ao design de vestuário. Ainda, pelo evento, pode-se averiguar as progressões dos estudos que interrelacionam moda e sustentabilidade, sobretudo ao observar que a primeira edição ocorreu no ano de 2007 e a última em 2022, havendo um espaço temporal de 15 anos – tempo em que ocorreram modificações significativas, sobretudo tecnológicas, que possibilitaram novas discussões em relação à aplicação do conceito de sustentabilidade no desenvolvimento de produtos têxteis.

No que diz respeito a estrutura deste manuscrito, para além desta introdução e das considerações finais, apresenta-se um tópico de referencial teórico que busca enfatizar o desenvolvimento das pesquisas e os subtemas oriundos da relação moda-sustentabilidade. Sequencialmente, no tópico de metodologia são apresentados os materiais e os passos metodológicos realizados. Posteriormente, são apresentados os resultados, as discussões e as análises tramadas a partir dos dados levantados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Elkington (2015) define a sustentabilidade como um princípio que visa alcançar o equilíbrio entre três pilares fundamentais: econômico, social e ambiental. Esse princípio, comumente chamado de tripé da sustentabilidade ou triple bottom line, afirma que, para que uma atividade seja considerada sustentável, ela deve ser economicamente viável, socialmente equitativa e ambientalmente responsável. Adicionalmente, Nascimento (2012) já enfatizava também a importância de considerar fatores políticos e culturais. Nessa perspectiva, a sustentabilidade engloba não apenas a preservação ambiental, mas também a justiça social e a viabilidade econômica. Consequentemente, a sustentabilidade requer uma reavaliação abrangente da utilização e distribuição de recursos, bem como da organização e governança da sociedade (JOHNSON; SCHALTEGGER, 2016).

Quando se fala sobre e se estuda as relações entre moda e sustentabilidade, um dos grandes desafios de

designers e pesquisadores está na aplicação do conceito sustentável de forma holística na cadeia e nos processos produtivos de objetos têxteis e de vestuário. Reconhecendo a sustentabilidade como uma necessidade e não uma escolha, a indústria da moda prioriza cada vez mais esse aspecto. De acordo com Niinimäki e Armstrong (2018), a indústria da moda é classificada como um dos setores mais prejudiciais e exploradores do mundo, impactando significativamente o meio ambiente e as comunidades de trabalhadores.

Nesse âmbito, a sustentabilidade engloba a implementação de práticas de produção e consumo que mitiguem esses efeitos negativos ao mesmo tempo em que promovam a justiça social. Isso envolve a utilização de materiais reciclados ou de origem sustentável, defendendo condições de trabalho seguras e justas e incentivando o consumo consciente e responsável (JUNG; JIN, 2014). Como enfatizam Fletcher e Grose (2020), a sustentabilidade na moda também exige uma mudança de mentalidade, passando de uma cultura de consumo rápido e descartável para uma que valoriza qualidade, longevidade e considerações éticas na produção e consumo de moda.

Ao pensar na produção de moda sustentável, Fletcher (2019) conceitua o processo que preocupa com a forma de produzir, o ciclo de vida dos produtos e a maneira que se consome moda como *slow fashion*, que em tradução livre significa moda lenta. Nessa lógica, o sistema de produção de moda precisa ser projetado a partir do respeito com os recursos naturais, os trabalhadores dessa indústria e com os consumidores – para além de potencializar o pensamento crítico destes para com o consumo de moda. Então, pelas concepções da autora, a qualidade precisa ser um aspecto fulcral na projeção de artefatos de vestuário. Muitas pesquisas dessa área temática partem desses pressupostos.

Berlim (2021) auxilia na construção e no fortalecimento do conceito de *slow fashion* ao salientar que a moda se tornou uma temática de discussão para si própria na modernidade tardia, em que a sociedade enfrenta problemáticas socioculturais, políticas e ambientais específicas de seu tempo. Nesse contexto, as pesquisas oriundas dessa temática buscam por soluções resolutivas para estas tensões. Assim, no campo da moda, a questão da sustentabilidade torna-se cada vez mais um ponto indispensável para a produção e consumo de artefatos têxteis.

A vida cotidiana tornou-se pautada na velocidade. A maneira de produzir e consumir moda comede-se também de forma veloz, sendo inclusive um modelo de negócio regulado pela busca desenfreada por lucro e pela

obsolescência programada de produtos que são feitos para serem efêmeros (LIPOVETSKY, 2009). Então, pesquisar moda pela perspectiva da sustentabilidade é também relevante, pois, como já reverberava Lipovsky (2009) a moda é um fenômeno que manifesta as linguagens, os hábitos e as formas de viver de uma sociedade, que passa por questões como os gostos e até mesmo as ideias e os ideais.

Conforme pontua Berlim (2012; 2021) a produção *slow surge* como um movimento que questiona a lógica do funcionamento hegemônico do sistema capitalista, a velocidade, a massificação e a padronização da confecção e do consumo de moda. Por esse prisma, o *slow fashion* sugere que haja interrelações que integrem:

as dimensões humanas da moda, a criatividade, a produção local, o compartilhamento, o ativismo ambiental e social e a redistribuição ética de capitais financeiros. Assim, a “moda lenta” se propõe a conectar consumo e produção, e a alocar as práticas de moda na relação direta com a justiça social, a geração de renda local, a inclusão da diversidade cultural, a ética com o meio ambiente natural e, portanto, com a sustentabilidade em sua compreensão mais profunda (BERLIM, 2021, p. 134-135).

A relação do design de vestuário e da moda com a sustentabilidade é dificultosa na medida em que, no sistema de moda contemporâneo, existem preceitos e orientações voltados para a produção em larga escala, e muitas vezes, por métodos que agridem o meio ambiente – seja pelo uso exacerbado de recursos naturais ou pelo descarte incorreto de resíduos têxteis, microplásticos e efluentes químicos. Por esse ângulo, o conceito de sustentabilidade precisa ser empregado por empresas desse segmento para além da superficialidade, alinhando discursos e aplicabilidades, pautando-se em critérios sustentáveis (ALMEIDA; MOURA, 2015).

É nesse contexto que muitos pesquisadores do campo do design e da moda vem, nos últimos anos, direcionando seus esforços para a pesquisa e aplicação dos preceitos da sustentabilidade na cadeia produtiva de artefatos têxteis, reverberando também questões relacionadas a conscientização quanto o consumo desses objetos (BARROS; NUNES, 2021; DUARTE; SANTOS, 2021; SOUZA et al., 2021; SOBREIRA; SILVA; ROMERO, 2021), salientando entre outras questões a utilização de processos e matérias primas artesanais (SCHULZ; CUNHA, 2021).

Outros estudiosos do tema pautam suas pesquisas na elaboração de metodologias e técnicas voltadas para a reutilização de resíduos têxteis (DE SOUZA; BILMAIA EMIDIO, 2015; GENTILE; MORO; MENDES, 2016; AVILA et al., 2018; CARVALHO; SCHULTE, 2020). Esses estudos sobre a utilização de refugos dialogam também com a Economia Solidária ao ser tramado um diálogo com o âmbito social a partir do fomento de emprego e renda (SCHULTE; ALMEIDA; SALINAS, 2017).

Ainda, são pesquisadas novas fibras, a utilização de novas tecnologias e a (re)utilização de materiais de outros segmentos para a confecção de itens de moda (ALESSIO et al., 2014; LIMA; ALVES. FERREIRA MARTINS, 2021; BARAUNA, et al., 2022).

3. METODOLOGIA

Em relação à metodologia, trata-se de uma pesquisa de abordagem quantitativa-qualitativa, pois foram levantados e posteriormente analisados um número específico de dados bibliográficos. No que concerne aos objetivos, é um estudo exploratório-descritivo ao explorar e conhecer um determinado nicho de pesquisas, gerando descrições das principais características destas.

Quanto aos procedimentos técnicos, realizou-se uma revisão sistemática de literatura desenvolvida por meio de um sistema, extraindo as principais contribuições de uma determinada área temática. Apoiando-se em Wolf e Capra (2018), o texto foi realizado a partir de quatro etapas: I) escolha da base de dados; II) busca por marcadores; III) seleção do que seria analisado; IV) realização da análise dos conteúdos e criação de redes temáticas.

Os dados foram analisados por meio da construção de redes temáticas como propõe Attride-Stirling (2001), com auxílio do software IRaMuTeQ®, local onde foram manuseadas especificamente as ferramentas 'nuvem de palavras' e 'dendrograma de classificação'. Nessa análise, os artigos foram decodificados e separados em grupos temáticos. Em cada grupo foram amalgamados estudos que possuíam temáticas centrais semelhantes ou próximas.

A base de dados utilizada para a busca dos textos foram os anais do evento ENSUS. Nessa base, buscou-se pelos marcadores moda, vestuário, roupa, têxtil e têxteis. Como critério de inclusão, pelo menos um destes termos deveria estar presente nos títulos e/ou nas palavras-chave dos manuscritos encontrados. Pelos marcadores, encontraram-se 76 artigos. A primeira etapa realizada foi a leitura dos títulos, palavras-chave e dos resumos dos textos. A partir disso, todos os manuscritos selecionados foram

incluídos nas análises.

Posteriormente, realizou-se a leitura dos artigos em sua totalidade, decodificando os temas, subdividindo-os em três grandes redes temáticas, sendo estas: I) Sustentabilidade, processos produtivos e uso de resíduos; II) Designer de moda e sustentabilidade; e III) Moda, consumo e impacto ambiental. Em relação às dificuldades quanto à metodologia, destaca-se que este caminho metodológico foi uma possibilidade, mas não o único. A busca pelos termos supramencionados deu especificidade a este manuscrito, mas, simultaneamente, pode ter ocasionado a exclusão de outros textos, fazendo com que o levantamento possa ter sido subestimado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Entre os resultados quantitativos, constatou-se a existência de 76 artigos que versam sobre a temática ora estudada. Em relação à periodicidade das publicações, como pode ser observado nos dados do gráfico dispostos na Figura 1, desde a primeira edição do evento, pelo menos dois textos foram publicados em cada ano. Para além, consegue-se constatar que a partir de 2016 – com exceção para o ano de 2020 – esses estudos foram sendo cada vez mais publicados. Além do fator associado a indispensável preocupação com o meio ambiente quanto a degradação causada pela indústria da moda, uma das explicações para esse crescimento pode ser a criação de sessões temáticas específicas para a moda e design de vestuário.

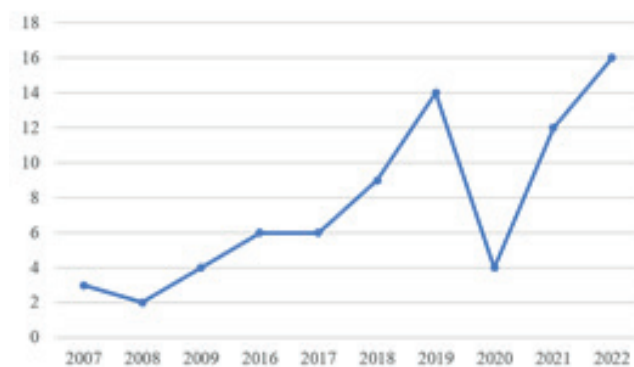


Figura 01: Artigos publicados por ano no evento.
Fonte: dados da pesquisa (2023).

Prosseguindo as análises quantitativas, mas já iniciando conjuntamente a investigação qualitativa, foi produzida através do IRaMuTeQ® uma nuvem de palavras com o uso dos resumos dos artigos.

Por essa ótica, consegue-se observar a multiplicidade dos temas desses textos. Assim, atenta-se para o vocábulo



Figura 02: Nuvem de palavras das pesquisas.
Fonte: dados da pesquisa (2023).

moda (frequência de 127) circundado por assuntos distintos, tais quais: produto e design (125), sustentabilidade e sustentável (105), resíduo e têxtil (73), consumo e consumidor (56), material (51), processo (43), ambiental (39), desenvolvimento (34), indústria (34), estudo (31), entre outros termos que auxiliam a desvelar as preocupações e os tensionamentos dos pesquisadores que interrelacionam moda e sustentabilidade.

A etapa posterior foi a separação e o agrupamento dos artigos conforme os temas centralizados. Nessa circunstância, as redes criadas podem ser mais bem observadas na Figura 3, em que novas nuvens de palavras (realizadas pela ferramenta dendrograma de classificação) subdividem esses textos em três seções que serão apresentadas e detalhadas nos próximos tópicos.

4.1. Sustentabilidade, processo produtivo e uso de resíduos

Em meio aos 76 artigos que discutiram as dinâmicas traçadas no diálogo entre a indústria têxtil e de vestuário e a sustentabilidade, 27 textos focalizaram na exploração e/ou no desenvolvimento de processos produtivos, na criação de novas fibras e principalmente, na reutilização de resíduos para a confecção de novas peças de vestuário. É interessante observar que o primeiro texto desta seção foi publicado no ano de 2008, entretanto, foi a partir de 2016 que estas temáticas passaram a circular no evento de maneira constante, sendo um indicativo da progressão dos estudos dessa temática e da inserção de tecnologias nos processos produtivos de artigos de moda.

No que tange aos trabalhos que abordam os processos produtivos, o destaque central está na análise e na aplicação de conceitos ligados à sustentabilidade na cadeia de produção dos artefatos de moda. Dessa forma, o primeiro dos textos publicados nessa seção, de Mucci (2008) abordou a utilização da moulage – modelagem tridimensional – intuindo aproveitar 100% dos tecidos para aproveitar toda a matéria-prima e não gerar desperdícios, eliminando os recortes das peças. Em direcionamento similar, focalizando processos de modelagem, outras pesquisas destacaram a tentativa de utilizar do conceito de zero waste – lixo zero – como metodologia produtiva para a redução do desperdício de matérias, sendo o caso do trabalho publicado por Rocha e Piccoli (2018), que desenvolveram uma coleção de vestuário feminino por meio do uso de algodão e tingimento natural. Para atingir o conceito supramencionado, foram desenvolvidas peças amplas semelhantes a túnicas. Cavalcanti e Silva (2022) alinharam o conceito de zero waste a economia circular,

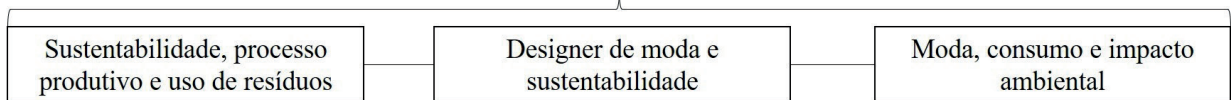


Figura 03: Redes temática das pesquisas.
Fonte: dados da pesquisa (2023).

demonstrando a possibilidade de utilização mais consciente de recursos naturais.

Outros manuscritos evidenciaram as possibilidades da técnica do *upcycling* – reutilização – na indústria da moda, algumas inclusive, elucidando questões como experiências sensoriais para pessoas com deficiência. Entre esses casos, têm-se os tensionamentos de Binotto (2019) que pesquisou o caso da coleção re-FARM da marca FARM, em que roupas inutilizadas e resíduos foram utilizados para a criação de novas peças. Outros conceitos abordados neste grupo foram o de *prosumer* – quando o consumidor participa do desenvolvimento dos produtos – e da aplicação da biomimética – conhecimento acerca de estruturas biológicas para serem aplicadas em diversas áreas – especificamente quanto a biodiversidade amazônica, na moda.

No que tange a criação de novas fibras, foram encontrados textos que exploram fibras pouco utilizadas e desenvolvem novas, e entre esses projetos, consegue-se visualizar a progressão das tecnologias para a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente. Pode-se citar o trabalho de Santos et al., (2019) que observaram a aplicação de tecidos confeccionados por meio da utilização da Kombucha, produzindo a partir de tal, acessórios de moda. Outros materiais observados por outras pesquisas foram a juta, a malva, a celulose bacteriana, a casca de arroz, folhas de fórmio, caruma, cana de bambu, folha de palmeira e a criação de um compósito de fibra têxtil desfibrada provenientes de uniformes e resina poliuretana vegetal de mamona. Importante pontuar que a maioria dos estudos demonstra os benefícios e as dificuldades da utilização dessas fibras, mas reverberam que estes materiais possuem condições de serem usados para a produção de moda. Nesse agrupamento, também foram amalgamados artigos que se utilizam de materiais não tão convencionais como abordado por Merisio e Rosa (2017) que propuseram a possibilidade da aplicação de borracha de pneus descartados como superfícies táteis para o design de moda inclusiva.

Por fim, quanto ao aproveitamento de resíduos têxteis, as pesquisas são das mais diversas, mas possuem como núcleo comum a questão do reaproveitamento visando prolongar o ciclo de vida de materiais têxteis e de reutilizar refugos desperdiçados. Algumas pesquisas são de cunho bibliográfico e abordam principalmente o aspecto da reciclagem, especialmente no que tange as sobras de têxteis deixadas pelo setor de corte de confecções. Outros projetos propõem a utilização desses dejetos e trama relações com cooperativas locais, visando reciclar, reaproveitar e aplicar esses artefatos em novos produtos.

Entre essas reflexões, têm-se os estudos de Coutinho e

Frade (2022) que idealizaram a confecção de adornos a partir de resíduos de cacos de cerâmica cozidos. Ainda nessa ótica dos resíduos, destacam-se os estudos de Carvalho et al., (2020) que por um estudo de caso realizado em uma indústria localizada no Estado de Santa Catarina, elucidaram que a reciclagem, o reuso e a descontaminação são as destinações mais adequadas para esses refugos. Finalmente, um dos artigos possuía uma temática de preocupação bastante atual que diz respeito a geração de resíduos plásticos e microplásticos e a estagnação da reciclagem destes. Assim, Beppler, Dickie e Santos (2020) apresenta por meio do desenvolvimento de uma coleção de acessórios por meio da reciclagem artesanal de resíduos plásticos, a possibilidade de reutilização destes materiais.

4.2. Designer de moda e sustentabilidade

Em se tratando da segunda rede temática identificada, pode resumi-la como a dimensão em que o papel do designer de moda, profissional que atua na área, cruza com as diversas fronteiras da sustentabilidade aplicada ao desenvolvimento de produtos ou ações, seja ela de cunho ambiental, social ou econômica. Dentre os 76 textos analisados, 25 se caracterizam enquanto pertencentes a esta rede temática. Tal como o subtópico anterior, os primeiros artigos desta temática surgiram nos anos de 2007 e 2009, no entanto, tal escopo somente se consolidou no âmbito do encontro mais amplamente a partir de 2017, sendo confirmado como um ano relevante para as pesquisas na área do *slow fashion*, isto é, quando a questão da sustentabilidade borbulhou de maneira mais ampla entre os designers de Moda e a discussões sobre sustentabilidade se massifica entre os consumidores.

Com relação ao conteúdo dos trabalhos, destaca-se, amplamente, nessa rede temática, o pensar de práticas sustentáveis na configuração de produtos de Moda, em especial a ideia do fomento ao consumo e ao artesanato. Tais artigos focam na perspectiva do produtor de moda como um mediador da necessidade e busca pela valorização dos atributos artesanais como um item essencial para o desenvolvimento sustentável da sociedade ou de comunidades tradicionais e a criação de produtos mercadologicamente orientados. Dentre os trabalhos abordados nesta seção, enfatiza-se o de Soratto et al. (2017), quando a autora discute o papel da gestão do bordado, considerando o trabalho manual, em empresas de confecção da cidade de Araranguá (Santa Catarina), e como tais ações influenciam na economia criativa local e na promoção da sustentabilidade social e econômica.

Ainda nesta seção, identificaram-se trabalhos que trazem uma perspectiva de projetos acadêmicos, bem como práticas extensionistas desenvolvidas em âmbito universitário, como contributos para a formação sustentável do designer de Moda. Essas discussões podem ser vislumbradas nos artigos de Babinski Júnior et al. (2019) e Morgenstern (2022), onde os autores apresentam propostas que conectam o compartilhamento de espaços universitários, de aprendizados dos alunos, com a valorização da economia circular, da parceira durante o processo de criação de novos produtos de Moda, seja pela vinculação a comunidades tradicionais de artesanato para proposição de novas peças ou a criação de espaços de coworking.

Em consonância, esta rede temática apresenta discussões voltadas à definição dos requisitos projetuais para o desenvolvimento de produtos de moda ecologicamente orientados. Os trabalhos desta seção foram os primeiros a aparecer no encontro, demonstrando a necessidade dos designers em debater e descobrir os principais meios e necessidades inerentes à proposição de tais artefatos. Nesse contexto, pode-se destacar o trabalho de Ruiz, Pinheiros e Pires (2009), em que os autores ressaltam o pensamento holístico no design de produtos de moda, partindo desde o conhecimento sobre a origem da matéria-prima, seu posterior impacto no ambiente e o papel do designer como um ator social, que viabiliza um processo produtivo e um pós-consumo mais limpo, saudável e sustentável. Tais discussões vão ao encontro da ideia de slow fashion, que se torna mais massificada alguns anos após a publicação deste estudo. Ainda nessa ideia, Puppim e Beduschi (2018) conduzem uma investigação acerca da epistemologia da Eco Fashion, definindo áreas de estudo que se cruzam com a prática de definição dos requisitos projetuais em Moda, sendo elas a de matéria-prima, transparência nos processos, consumo e ciclo de vida do artefato.

De tal forma, em consonância a seção anterior, esta última apresenta proposta de produtos ou marcas que carregam aspectos sustentáveis, também considerando a sua tríade, não somente a ambiental. Nesse entremeio, ressalta-se a pesquisa de Zacheo et al. (2017), no que tange a produção de um sutiã para mulheres mastectomizadas, valorizando o corpo e a sustentabilidade social, além do emprego de técnicas de construção upcycling (LUCIETTI et al., 2017) e inserção de conceitos acadêmicos, mais especificamente o Cradle to Cradle – a Ecoefetividade, na construção de estruturas têxteis (VAVOLIZZA; CHAVES, 2018). Assim sendo, observou-se que as práticas vislumbram mais amplamente a sustentabilidade social, e como esta pode contribuir para o bem-estar dos consumidores.

4.3. Moda, consumo e impacto ambiental

Uma das primeiras temáticas reverberadas no evento diz respeito às problemáticas relacionadas ao consumo exacerbado de itens de vestuário. Foram 25 os manuscritos publicados acerca dessa temática, dos quais, seis, tiveram circulação nas três primeiras edições do evento. Esses textos focalizavam principalmente em desencadear reflexões sobre a relevância da moda ser produzida e consumida de forma consciente e ética, como já salientava Schulte e Lopez (2007).

Essas pesquisas foram realizadas por diferentes metodologias – de investigações bibliográficas até estudos de caso – abordando aspectos que perpassam pelos problemas gerados pela indústria têxtil e de moda na produção exacerbada de artefatos confeccionados com o uso de recursos naturais até a tentativa de postergar o descarte e o ciclo de vida de roupas pela compra e venda de peças de segunda mão em brechós. Em tal circunstância, Abreu (2018) urdiu análises sobre a produção e o consumo de moda por meio do estudo de dois casos, salientando o advento da indústria 4.0 e a geração de alternativas como o zero waste e o upcycling.

Também a partir de estudos de caso, outras pesquisas observaram o potencial de consumo de produtos slow fashion em localidades específicas, como pontuado por Dantas et al. (2022) que destacaram o caso do Rio Grande do Norte. Para esses autores, esse movimento de desaceleração da produção e do consumo de moda influencia de maneira positiva na decisão de compra dos consumidores de moda do RN, sobretudo em relação às dimensões da equidade, do localismo e da exclusividade.

O que se consegue apurar no geral dessas pesquisas é que a moda, o consumo e os impactos ambientais, sociais e econômicos oriundos dessa relação vem sendo, ao longo dos anos, um vasto campo de estudo na e sobre a sociedade brasileira. As principais problemáticas investigadas estão atreladas aos danos oriundos do consumo exacerbado de artefatos de moda, sua produção em larga escala e o seu descarte, o que vem apresentando grandes desafios à sustentabilidade. Nessa perspectiva, Martim et al. (2022) trouxeram tensionamentos específicos sobre o comportamento de consumidores, realçando elementos como a oferta abundante de artefatos de moda e como isso intensifica o consumismo, entre outras questões.

As discussões sobre sustentabilidade no Brasil vêm contribuindo no delineamento de novas teorias e conceitos relacionados aos processos da prática no campo do design

de vestuário e oportunizando para que se possa reconhecer as limitações ambientais dos produtos e processos já existentes.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

É interessante perceber que conceitos distintos são imbricados nessas pesquisas, mas que se direcionam para um caminho similar. Assim, para além da sustentabilidade e do slow fashion, outros estudos dialogam também acerca da economia verde, visando melhorar o bem-estar social e do meio ambiente a partir de uma articulação entre a produção industrial, a sustentabilidade e a valorização da cultura. Esses estudos situam a produção do vestuário pelos prismas da economia criativa e circular, da economia compartilhada e da colaborativa e do comércio justo (DUARTE; SANTOS, 2021).

Assim como reverberam Souza et al., (2021), repensar a maneira de produzir e consumir e acerca do ciclo de vida dos produtos de moda é um caminho que não tem espaço para volta. Aplicar a sustentabilidade não é mais algo diferenciador e agregador de valor, mas sim uma necessidade. Dessa forma, projetam-se a utilização de novas técnicas, tecidos e tecnologias, mas também pode-se olhar para processos já existentes, como por exemplo, o uso de pigmentos naturais, técnicas e matéria prima artesanal no design têxtil. Por esse ângulo, o diálogo moda e artesanato também é abordado como um caminho possível para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, como assinalam Schulz e Cunha (2021).

Uma das problemáticas bastante investigada diz respeito aos resíduos sólidos oriundos da indústria da moda. Nessa circunstância, vem sendo pensadas soluções para a redução e até mesmo eliminação desses refugos. Muitas técnicas vêm sendo elaboradas e aplicadas para isso, tais quais o upcycling, o design multiuso e o design de peças modulares (GENTILE; MORO; MENDES, 2016).

Outras propostas são direcionadas para a utilização criativa de refugos têxteis no processo de criação de novos produtos de moda. Por esse viés, ao recolocar resíduos em circulação, posterga-se o ciclo de vida destes objetos, ao passo em que se utiliza de preceitos da economia circular e criativa e da técnica do upcycling e da reciclagem (AVILA et al., 2018). Dentro dessa lógica, o redesign de roupas inutilizadas, descartadas e de brechó ainda pode ser uma maneira criativa e inovadora de recolocar esses produtos em circulação (DE SOUZA; BILMAIA EMIDIO, 2015).

Existem grandes preocupações no que diz respeito ao final do ciclo de vida dos produtos de moda que são

descartados por consumidores e por marcas. Assim, a proposição de metodologias projetuais que visam o uso de roupas descartadas é uma temática recorrente. Os resíduos têxteis nesse contexto não podem ser vistos como resíduos, mas sim como matéria prima que ainda pode ser utilizada, e que a produção de novas peças utilizando esses materiais pode ser orientada pelo conceito da logística reversa, englobando todas as etapas do processo produtivo, dando evidência ao pós-consumo (CARVALHO; SCHULTE, 2020).

Os resíduos têxteis podem ser utilizados ainda em conjunto com projetos que focalizem a Economia Solidária. Diante disso, para além da reutilização de artefatos que seriam descartados, tem-se a possibilidade de impactar o âmbito social, ao gerar e fomentar empregos, e reinserir socialmente reeducandas de presídios – já que estes projetos podem ser realizados nesses espaços (SCHULTE; ALMEIDA; SALINAS, 2017).

A sistematização de práticas produtivas para a indústria têxtil e de vestuário é uma contribuição relevante de algumas dessas pesquisas, por possibilitar que sejam repensados processos produtivos. As etapas produtivas podem ser readequadas de forma gradual, fazendo com que as empresas progridam continuamente sua maturidade sustentável (BARROS; NUNES, 2021).

Outra problemática contemporânea está relacionada na utilização de têxteis sintéticos, especificamente, na geração de microplásticos, que acabam se acumulando em rios e oceanos, cuja tendência é elevar-se, na medida em que esses produtos são confeccionados e consumidos em abundância. Esse acúmulo de microplásticos é ocasionado especialmente pela lavagem domiciliar de roupas sintéticas (MESACASA; DEOLA DEMINSKI, 2022). Por outro lado, existe um grupo de estudos focalizado na análise e no desenvolvimento de novas fibras naturais, como o algodão orgânico (ALESSIO et al., 2014) que podem ser compreendidas como materiais substitutivos para os sintéticos e plásticos.

O conceito de inovação vem sendo abordado em conjunto com a sustentabilidade no estudo e na manufatura de produtos têxteis. Assim, o design de biomateriais têxteis é visto como uma possibilidade ao uso de fibras sintéticas – diminuindo por consequência, a problemática dos microplásticos. Então, são estudadas e realizadas experimentações a partir do design estratégico, em que são produzidos têxteis a partir de amido de milho, materiais com à base de gelatina, alginato de sódio (BARAUNA, et al., 2022), entre outras.

À vista disso, a biotecnologia é visualizada como uma alternativa mais sustentável para o campo da moda. Nesse enquadramento, a confecção de têxteis por meio de

organismos vivos, fungos e bactérias – como a celulose bacteriana – vem sendo uma temática atual e impactante. É essencial que essas pesquisas apresentem comparações e todas as variáveis possíveis no que tange a formulação e utilização de biotecnologias (LIMA; ALVES. FERREIRA MARTINS, 2021).

Pela perspectiva do consumo colaborativo, tem-se sugerido que a compra, a locação, e a troca de produtos de vestuário de segunda mão, pode ser uma possibilidade no âmbito social de diminuir a aquisição de novos produtos (SOBREIRA; SILVA; ROMERO, 2021).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados e das análises mensuradas nesse manuscrito, pode-se arrematar que as pesquisas que intercamiam o design de vestuário e a moda com a sustentabilidade são desenvolvidas para: I) gerar soluções para a cadeia e processos produtivos; II) para o ensino e a aprendizagem do designer de moda; III) para o consumo e a conscientização social; e IV) para orientar o descarte correto e o reaproveitamento de refugos; tudo isso focalizando na diminuição dos impactos ocasionados pela indústria têxtil e de vestuário nos âmbitos sociocultural e ambiental.

A partir disso, ao considerarmos as atuais condições de nosso planeta, podemos problematizar qual tem sido o papel real dos designers e dos pesquisadores já que a temática da sustentabilidade e as problemáticas desencadeadas pela indústria têxtil e de vestuário são velhas conhecidas. Assim, estes pesquisadores, estudantes e profissionais podem, devem e auxiliam nas mudanças de paradigmas no fazer de suas profissões, buscando a melhoria na qualidade de vida dos sujeitos e do ambiente de forma holística e sustentável.

Os artigos aqui analisados auxiliam na compreensão de como esse assunto vem obtendo fortalecimento e desdobramentos. Assim, na atualidade, a maior parte das focalizações das pesquisas oriundas deste debate utilizam de recursos tecnológicos para a criação de novas fibras, a reutilização de refugos têxteis e roupas inutilizadas, para a elevação da qualidade dos produtos, buscando por projetar artefatos vestíveis que possuam ciclo de vida prolongado.

Uma das questões que ainda precisa ser melhor estudada e aplicada diz respeito da identificação e da inserção de fatores psicossociais na prática projetual para que o design de vestuário sustentável seja mais eficaz. Por essa ótica, o design sustentável precisa ser orientado

de forma integrada, possuindo uma compreensão holística da forma que a moda é produzida e consumida, focalizando nesse processo, na relação emoções-vestuário sustentável.

Quanto à sugestão de pesquisas futuras, pode-se pensar em experimentações aplicadas das sugestões e métodos desenvolvidos dentro dos artigos publicados no ENSUS. Observa-se que se faz necessário entender a aplicação dos conhecimentos, de modo a gerar um mais amplo impacto sustentável na indústria da Moda.

REFERÊNCIAS

ABREU, B. Perspectivas do consumo de moda com o advento da indústria 4.0 e a produção sustentável. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 6., 2018, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 101-110. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/16rY5oBEXL6FUMNn78zBa3vW-9FeOizsLe/view>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ALESSIO, M. A.; ARAUJO, A. S.; LUCIANA DORNBUSCH LOPES, L. D.; SCHULTE, N. K. Algodão Orgânico na Produção Sustentável. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 136 - 150, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/5106>. Acesso em: 6 mar. 2023.

ALMEIDA, M. D. de; MOURA, M. O conceito de sustentabilidade empregado pelas empresas de vestuário. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, p. 079-103, 2015. DOI: 10.5965/1982615x09012015079. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/6871>. Acesso em: 6 mar. 2023.

ATTRIDE-STIRLING, J. Thematic networks: an analytic tool for qualitative research. **Qualitative Research**, [S.L.], v. 1, n. 3, p. 385-405, dez. 2001. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/146879410100100307>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/146879410100100307>. Acesso em: 18 jan. 2023.

AVILA, P. S. de; MACIEL, M. H.; SILVEIRA; RECH. R. 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, 2018. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n3.15-22. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/>

article/view/2555. Acesso em: 6 mar. 2023.

BABINSKI JÚNIOR, V. et al. Sustentabilidade, universidade e comunidade: práticas extensionistas no âmbito da moda. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 7., 2019, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2019. p. 279-291. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/244902/VOLUME-5-279-291.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BARAUNA, D.; RENCK, E.; SANTOS, M.; TOMÉ, P. D. Práticas de experimentação em design de biomateriais como uma estratégia para a moda sustentável. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 95–108, 2022. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n2.95-108. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5244>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BARROS, T.; NUNES, dos G. A. Sustentabilidade na indústria do vestuário: estudo de caso em uma empresa do segmento moda festa. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 115–124, 2021. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.115-124. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4292>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BERLIM, L. G. Contribuições para a construção do conceito Slow Fashion: um novo olhar sobre a possibilidade da leveza sustentável. **dObras** – revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda, [S. l.], n. 32, p. 130–151, 2021. DOI: 10.26563/dobras.i32.1370. Disponível em: <https://dobras.emnuvens.com.br/dobras/article/view/1370>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BERLIM, L. **Moda e sustentabilidade: uma reflexão necessária**. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2012.

BINOTTO, R. C. O conceito Upcycling aplicado à moda: um estudo de caso da marca farm. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 7., 2019, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 402-413. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/244949>. Acesso em: 10 mar. 2023.

BREVE, D. G.; GONZAGA, L. da S.; MENDES, F. D. Sustentabilidade como uma Tendência no Mercado da Moda. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v. 11, n. 22, p. 311-331, 2018. DOI: 10.5965/1982615x11222018311.

Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/11859>. Acesso em: 6 mar. 2023.

CARVALHO, M. M. et al. Resíduos sólidos têxteis e sua destinação: o exemplo de uma empresa em Santa Catarina. In: ENSUS - encontro de sustentabilidade em projeto, 8., 2020, Palhoça. **Anais** [...]. Palhoça: UNISUL/UFSC, 2020. p. 150-161. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1OKKocTxblutO-xTIDdRTIxTasDhJ-NihA/view>. Acesso em: 03 mar. 2023.

CARVALHO, M. M.; DICKIE, I. B.; SANTOS, A. S. dos Reciclagem artesanal de polímeros para aplicação no desenvolvimento de coleção de acessórios de moda. In: ENSUS - encontro de sustentabilidade em projeto, 8., 2020, Palhoça. **Anais** [...]. Palhoça: UNISUL/UFSC, 2020. p. 385-396. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1OKKocTxblutO-xTIDdRTIxTasDhJNihA/view>. Acesso em: 03 mar. 2023.

CARVALHO, M.; SCHULTE, K. Resumo de dissertação: Sustentabilidade na moda: transformação de resíduos têxteis em matéria-prima. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 191–192, 2020. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.191-192. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3756>. Acesso em: 6 mar. 2023.

CAVALCANTI, A. L. M. de S.; SILVA, T. S. da. Economia Circular e Zero Waste na Indústria de Moda Brasileira. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 10., 2022, Marabá. **Anais** [...]. Marabá: UNIFESSPA/UFSC, 2022. p. 831-841. Disponível em: <https://ensus2022.paginas.ufsc.br/anais/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

COUTINHO, I. P.; FRADE, J. M. C. B. C. Design de adornos de corpo obtidos a partir da conformação através de molde e posterior maquinação simples de mosaicos de resina epóxi carregados com resíduos cozidos de faiança. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 10., 2022, Marabá. **Anais** [...]. Marabá: UNIFESSPA/UFSC, 2022. p. 156-66. Disponível em: <https://ensus2022.paginas.ufsc.br/anais/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

DANTAS, I. J. M. de. et al. Estudo sobre o potencial do consumo de produtos slow fashion no Rio Grande do Norte. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 10., 2022, Marabá. **Anais** [...]. Marabá: UNIFESSPA/

UFSC, 2022. p. 763-774. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/245073>. Acesso em: 10 mar. 2023.

DE SOUZA, N. E. de; BILMAIA EMIDIO, L. de F. Diferenciação e Sustentabilidade a partir do redesign de roupas de roupas de brechó: um modelo de estratégia produtiva. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, p. 024-041, 2015. DOI: 10.5965/1982615x09012015024. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/6862>. Acesso em: 6 mar. 2023.

DUARTE, G. G.; SANTOS, A. dos. Construindo um design para a economia verde. **dObras[s]** – revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda, [S. l.], n. 32, p. 41–65, 2021. DOI: 10.26563/dobras.i32.1366. Disponível em: <https://dobras.emnuvens.com.br/dobras/article/view/1366>. Acesso em: 6 mar. 2023.

ELKINGTON, J. Enter the Triple Bottom Line. In: **The Triple Bottom Line**. Routledge, 2015.

FLETCHER, K; GROSE, L. **Moda & sustentabilidade: design para mudança**. São Paulo: Senac, 2020.

GENTILE, A. P.; MORO, R. de C. L.; MENDES, F. D. Design com foco na redução dos resíduos sólidos: um estudo de caso em malharia retilínea. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v. 9, n. 17, p. 334-358, 2016. DOI: 10.5965/1982615x09172016334. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/1982615x09172016334>. Acesso em: 6 mar. 2023.

JOHNSON, M. P.; SCHALTEGGER, S. Two Decades of Sustainability Management Tools for SMEs: How Far Have We Come? **Journal of Small Business Management**, v. 54, n. 2, p. 481-505, 2016. Disponível em: onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jsbm.12154. Acesso em: 20 jul. 2023.

JUNG, S.; JIN, B. A theoretical investigation of slow fashion: sustainable future of the apparel industry. **International Journal of Consumer Studies**, v. 38, n. 5, p. 510-519, 2014. Disponível em: onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijcs.12127. Acesso em: 20 jul. 2023.

JUNG, S. **Slow Fashion: Understanding Potential Consumers and Creating Customer Value for Increasing Purchase Intention and Willingness to**

Pay a Price Premium. 2014. 203 f. Tese (Doutorado) - University of North Carolina at Greensboro. Greensboro, 2014. Disponível em: https://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/Jung_uncg_0154D_11493.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

LIMA, L.; ALVES, S.; FERREIRA MARTINS, C. Biofabricação: cultivo de celulose bacteriana para a área de moda. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 153–164, 2021. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n3.153-164. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4644>. Acesso em: 6 mar. 2023.

LIPOVETSKY, G. **O império do efêmero: a moda e seu destino nas sociedades modernas**. São Paulo: Companhia de Bolso, 2009.

LUCIETTI, T. J. et al. O uso do upcycling: um estudo de caso no segmento da moda. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 5., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2017. p. 660-670. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/16J2Ha6xu4vCiRYAloZvUvyvNC5zoQkrL/view>. Acesso em: 05 mar. 2023.

MARTIM, P. et al. Moda desvairada, consumo inesgotável. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 10., 2022, Marabá. **Anais [...]**. Marabá: UNIFESSPA/UFSC, 2022. p. 775-786. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/245074>. Acesso em: 10 mar. 2023.

MERISIO, D; ROSA, S. da. Design sustentável: a transformação de pneus em superfícies táteis. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 5., 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2017. p. 351-360. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1ZFpk-wNCjPFMxMXHL4s2yIkO-nSbVOs1/view>. Acesso em: 05 mar. 2023.

MESACASA, A.; DEOLA DEMINSKI, C. Fibras têxteis sintéticas e a liberação de microplásticos: uma revisão. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 80–90, 2022. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n1.80-90. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5434>. Acesso em: 6 mar. 2023.

MUCCI, A. E. Produtos de moda desenvolvidos por meio da moulage com total aproveitamento de matéria prima e conceitos de sustentabilidade. In: ENSUS

- Encontro de sustentabilidade em projeto do Vale do Itajaí, 2., 2008, Vale do Itajaí. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC, 2008. p. 1-10. Disponível em: <https://enssus2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/Produtos-de-moda-desenvolvidos.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: www.scielo.br/j/ea/a/yJnRYLWXSwyxqggqDWy8gct/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 17 jul. 2023.

NIINIMÄKI, K.; ARMSTRONG, C. M. From pleasure in use to preservation of meaningful memories: A closer look at the sustainability of clothing via longevity and attachment. **International Journal of Fashion Studies**, v. 5, n. 2, p. 271-292, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17543266.2013.825737>. Acesso em: 20 jul. 2023.

PUPPIM, R.; BEDUSCHI, D. P. Epistemologia do eco fashion: contributos à prática do design de moda e sustentabilidade. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 6., 2018, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 221-232. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1qcGM-TPAbOr6xMbuyJbBTmlZldHUKzEvV/view>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ROCHA, L. M.; PICCOLI, M. Estudo e aplicação da modelagem Zero Waste no desenvolvimento de uma coleção de moda feminina. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 6., 2018, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 243-254. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1O-9gK4S5rF2J4_Un2Afm3QIY163v_l_vMB/view. Acesso em: 10 mar. 2023.

RODRIGUES, T. Z. et al. "Blusiã": design de moda inclusiva e sustentável para mulheres mastectomizadas. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 5., 2017, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2017. p. 637-648. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1ybUUIGnBjlgktQW0hFB-vyXx5UiMHVRbD/view>. Acesso em: 05 mar. 2023.

RUIZ, M. R. S. de; PINHEIRO, E; PIRES, D. B. responsabilidade do designer no desenvolvimento de projetos de moda sustentáveis. In: ENSUS - Encontro de

sustentabilidade em projeto, 3., 2009, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC, 2009. p. 1-8. Disponível em: <https://enssus2009.paginas.ufsc.br/files/2015/09/A-RESPOSABILIDADE-DO-DESIGN-PROJETOS-DE-MODA-UNIPAR.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.

SANTOS, V. M. C. et al. A Utilização de novas tecnologias na Moda: aplicação de tecido orgânicos fabricados a partir de Kombucha na confecção de bolsas e acessórios da moda. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 7., 2019, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2019. p. 10-22. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/244883/VOLUME-5-10-22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SCHULTE, N.; ALMEIDA, V. de; SALINAS, L. Resíduo têxtil: matéria-prima para produtos de economia solidária. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 64-72, 2017. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2017.v3.n1.64-72. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1798>. Acesso em: 6 mar. 2023.

SCHULZ, F. E.; CUNHA, J. L. F. L. da. Diálogo entre crochê artesanato, design de moda e comunicação para a sustentabilidade. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v. 14, n. 34, p. 85-110, 2021. DOI: 10.5965/1982615x14342021085. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/19172>. Acesso em: 6 mar. 2023.

SOBREIRA, Érica M. C.; SILVA, C. R. M. da; ROMERO, C. B. A. Consumo colaborativo de moda e slow fashion: percursos para uma moda sustentável. **Modapalavra e-periódico**, Florianópolis, v. 14, n. 34, p. 35-60, 2021. DOI: 10.5965/1982615x14342021035. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/20810>. Acesso em: 6 mar. 2023.

SILVA, B; MORGENSTERN, E. Coworking de moda: o crescimento de espaços de trabalho compartilhados. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 10., 2022, Marabá. **Anais** [...]. Marabá: UNIFESSPA/UFSC, 2022. p. 842-852. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/245080/Vol.%206%20842%20-%20852.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SOUZA, T. C. V. de; RIBEIRO, R. A. C.; AYRES, E.; VIANA,

F. C. A sustentabilidade na indústria da moda e o resurgimento dos corantes naturais: desafios e possibilidades no século XXI. **dObras** – revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda, [S. l.], n. 32, p. 66–87, 2021. DOI: 10.26563/dobras.i32.1367. Disponível em: <https://dobras.emnuvens.com.br/dobras/article/view/1367>. Acesso em: 6 mar. 2023.

VAVOLIZZA, R; CHAVES, L. T. Estudo de caso: uma proposição da teoria Cradle to Cradle C2C para contexto têxtil catarinense. In: ENSUS - Encontro de sustentabilidade em projeto, 6., 2018, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 1704-1718. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1y0Cy-7DBLXaSA3ncQKpAoqmQr5HL6D5IL/view>. Acesso em: 10 mar. 2023.

WOLFF, F; CAPRA, A. A Análise Sistemática como técnica para pesquisa em design. In: VAN DER LINDEN, J. C. S. de; BRUSCATO, U. M; BERNARDES, M. M. S. e. (Orgs.). **Design em Pesquisa – Vol. II**. Porto Alegre: Marca visual, 2018. p 454-468.

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/0000-0001-9902-9740>.

GLAUBER SOARES JUNIOR, Doutorando | Universidade Feevale | Processos e Manifestações Culturais | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul (RS) - Brasil | Correspondência para: Rodovia RS-239, Vila Nova, Novo Hamburgo, RS, 93525075. E-mail: glaubersoares196@hotmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0710-6142>.

ÍTALO JOSÉ DE MEDEIROS DANTAS, Doutorando | Universidade Feevale | Processos e Manifestações Culturais | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul (RS) - Brasil | Correspondência para: Rodovia RS-239, Vila Nova, Novo Hamburgo, RS, 93525075. italodantasdesign@hotmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7067-560X>.

FABIANO ELOY ATÍLIO BATISTA, Doutorando | Universidade Federal de Juiz de Fora e Universidade Federal de Viçosa |

Artes, Cultura e Linguagem e Economia Doméstica | Juiz de Fora, Minas Gerais (MG) – Brasil e Viçosa, Minas Gerais (MG) – Brasil | Professor na Universidade do Estado de Minas Gerais | Ubá, MG – Brasil | Correspondência para: Rua dos encantos, 24 – Benfica, Juiz de Fora – Minas Gerais (MG), 36092063. E-mail: fabiano.batista@ufv.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9783-1585>.

JAILSON OLIVEIRA SOUSA, Mestre | Universidade do Estado de Santa Catarina | Design de Vestuário e Moda | Santa Catarina Florianópolis, (SC) - Brasil | Correspondência para: Rua José Wagner, 36 - Ponto Chic, Ibirama - SC, 89140000. E-mail: jailson.designmoda@outlook.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

JUNIOR, Glauber Soares; DANTAS, Ítalo José de Medeiros; BATISTA, Fabiano Eloy Atílio; SOUSA, Jailson Oliveira. *MIX Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 143-156, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: __/__/__. doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n3.143-156>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/11/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

GSJ: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

IJMD: curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

FEAB: curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

JOS: investigação, visualização, escrita - rascunho original.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

POLÍTICAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS PARA O PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO, ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES DE MODELOS DE CONSERVAÇÃO PREVENTIVA APLICADOS NO BRASIL E ESPANHA

SUSTAINABLE PUBLIC POLICIES FOR BUILT CULTURAL HERITAGE, STUDY OF THE CONTRIBUTIONS OF PREVENTIVE CONSERVATION MODELS APPLIED IN BRAZIL AND SPAIN

POLÍTICAS PÚBLICAS SOSTENIBLES PARA EL PATRIMONIO CULTURAL EDIFICADO, UN ESTUDIO DE LAS APORTACIONES DE LOS MODELOS DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA APLICADOS EN BRASIL Y ESPAÑA

ELIEZER PATISSI | UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, Brasil.

RAFAEL BURLANI NEVES, DR. | UNIVALI - Universidade do Vale do Itajaí, Brasil.

RESUMO

O patrimônio cultural brasileiro edificado é constituído principalmente pelas edificações históricas que atualmente apresentam-se em estado de risco, encontrando na conservação preventiva um meio para sua proteção. Este artigo discute quais as contribuições que a conservação preventiva oferece para uma política pública sustentável do patrimônio cultural edificado? Para responder é necessário compreender de que forma a conservação vincula-se à execução de uma política pública sustentável para o patrimônio histórico edificado. Visando o aperfeiçoamento de artefatos que solucionam problemas, foram apresentadas duas propostas governamentais de conservação preventiva, brasileira e espanhola. Demonstrou-se que a prática da conservação preventiva se vincula fortemente a uma política pública sustentável. O modelo espanhol demonstra-se alinhado aos princípios da sustentabilidade, contrastando significativamente com o modelo brasileiro. O estudo contribuiu para a investigação científica de modelos aplicados, tendo como contribuição, prática e social, a indicação que o modelo brasileiro carece de aperfeiçoamento, de modo que seja utilizado como um artefato efetivo e sustentável.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação preventiva; Patrimônio cultural; Políticas públicas.

ABSTRACT

The built Brazilian cultural heritage is constituted mainly by historic buildings that are currently at risk, finding in preventive conservation a means for their protection. This article discusses what contributions does preventive conservation offer to a sustainable public policy for built cultural heritage? To respond, it is necessary to understand how conservation is linked to the implementation of a sustainable public policy for built historical heritage. Aiming at improving artifacts that solve problems, two government proposals for preventive conservation, Brazilian and Spanish, were presented. It has been demonstrated that the practice of preventive conservation is strongly linked to a sustainable public policy. The Spanish model is in line with the principles of sustainability, contrasting significantly with the Brazilian model. The study contributed to the scientific investigation of applied models, having as a practical and social contribution, the indication that the Brazilian model needs improvement, so that it can be used as an effective and sustainable artifact.



KEYWORDS

Preventive conservation; Cultural Heritage; Sustainable public policy

RESUMEN

El patrimonio cultural edificado brasileño está constituido principalmente por edificios históricos que actualmente se encuentran en riesgo, encontrando en la conservación preventiva un medio para su protección. Este artículo discute las contribuciones que la conservación preventiva ofrece a una política pública sostenible para el patrimonio cultural edificado. Para responder a esta pregunta, es necesario comprender cómo la conservación está vinculada a la aplicación de una política pública sostenible para el patrimonio construido. Con vistas a mejorar los artefactos de resolución de problemas, se presentaron dos propuestas gubernamentales de conservación preventiva, una brasileña y otra española. Se demostró que la práctica de la conservación preventiva está fuertemente vinculada a una política pública sostenible. El modelo español se muestra alineado con los principios de sostenibilidad, contrastando significativamente con el modelo brasileño. El estudio contribuyó a la investigación científica de modelos aplicados, con la contribución práctica y social de indicar que el modelo brasileño necesita mejoras, para que pueda ser utilizado como un artefacto eficaz y sostenible.

PALABRAS CLAVE

Conservación preventiva; Patrimonio cultural; Políticas públicas

1. INTRODUÇÃO

As edificações históricas integram o patrimônio cultural brasileiro edificado, o qual têm sido alvo de políticas públicas desde a década de 1930, com o Decreto Lei n.º 25/1930 e a atual constituição de 1988. Leis, decretos, instituições e programas específicos compõem um conjunto de proposições e ações que objetivam salvar o patrimônio cultural brasileiro edificado, seja ele de propriedade particular ou pública. A preservação de um bem arquitetônico tombado vai ao encontro da proteção do patrimônio cultural, garantindo à sociedade a preservação de sua história, seus símbolos nacionais e a possibilidade de transmissão para as suas gerações futuras. Para Fonseca (1997), entre os bens que compõem os patrimônios, os de maior relevância são os arquitetônicos, e quando são considerados de interesse coletivo, ainda que sejam apropriáveis de forma individual, passam a ser propriedade da nação e seu valor cultural é que justifica seu reconhecimento e, conseqüentemente, sua proteção pelo estado.

Apesar da existência de políticas de proteção e salvaguarda do patrimônio cultural edificado, é comum deparar-nos presencialmente, ou por meio de noticiários, com o patrimônio cultural edificado em estado de risco. Para Benhamou (2016) as principais fontes de destruição do patrimônio são: as catástrofes naturais, a pobreza, a negligência, a violência e situações de guerra. Casos recentes no Brasil demonstram que a proteção do patrimônio cultural não tem logrado êxito, como, por exemplo, o incêndio no Museu Nacional no Rio de Janeiro em 2018, que levou a destruição da edificação e dos acervos de valor inestimável ali existentes. O desenvolvimento e crescimento vertiginoso das cidades, causam uma tensão em relação ao patrimônio cultural edificado, exigindo ações e políticas públicas de mediação e soluções sustentáveis para estes tensionamentos. Basu e Modest (2015) apontam temporalidades distintas entre patrimônio cultural e desenvolvimento, no qual seus próprios significados podem apresentar-se conotativamente antagônicos. Enquanto o desenvolvimento possui uma orientação para o futuro, sinônimo de avanço, mudança, evolução e progresso, o patrimônio cultural, por sua vez, sugere uma orientação para o passado, de preservação, de nostalgia, obsolescência ou tradição. Neste sentido, Castriota (2022, p. 307) destaca que “o campo do patrimônio é sempre marcado intrinsecamente pelo conflito – existente e potencial, entre interesses e valores distintos, representados por diferentes sujeitos”.

Observando os riscos aos quais está submetido, organizações internacionais uniram-se para buscar soluções conjuntas e colaborativas em prol do patrimônio cultural, tendo como protagonista a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO. A pauta do patrimônio cultural não escapou da agenda do desenvolvimento sustentável, e embora não esteja sido citado diretamente nos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, foi contemplado na meta 11.4, “fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo”. A proteção e a conservação do patrimônio cultural são as principais justificativas para incluí-lo na agenda do desenvolvimento sustentável. A UNESCO publicou a Declaração Sobre a Destruição Intencional do Patrimônio Cultural (2003), na qual reconhece “a importância da proteção do patrimônio cultural e reafirma a sua determinação em combater a destruição intencional desse patrimônio, sob qualquer forma, para que ele possa ser transmitido às gerações futuras” (UNESCO, 2003, p. 1).

Klüppel e Santana (2000) destacam que as edificações históricas estão sujeitas a agressões destrutivas se não houver ações que, além de proteger e manter, possam prevenir a destruição provocada por essas agressões. Encontra-se como alternativa, o estabelecimento das políticas de conservação preventiva, que podem ir desde procedimentos de limpeza, ações contra vandalismo, orientações quanto ao uso por seus usuários, verificação e inspeção de cada sistema construtivo da edificação.

Soares (2012) destaca que a manutenção e conservação preventiva tem se tornado um elemento decisivo na gestão de edifícios, e a sistematização de estratégias neste sentido, possibilita a gestão racional das intervenções, agindo a tempo de evitar a propagação de anomalias existentes, otimizando os recursos e minimizando os custos envolvidos. Carvalho (2014) cita que muitos países, principalmente europeus, contam com planos e políticas de manutenção e conservação do patrimônio histórico edificado bem definidas, como, por exemplo, os casos da Holanda, Espanha, Inglaterra e Itália.

Considerando a condição de exposição ao risco que o patrimônio cultural edificado está inserido, bem como as técnicas de conservação preventiva para edificações históricas, este artigo buscará responder: quais as contribuições que a conservação preventiva oferece para uma política pública sustentável do patrimônio cultural edificado? De modo a explorar possíveis caminhos para esta questão, o objetivo deste trabalho é compreender de que forma a conservação preventiva vincula-se à execução

de uma política pública sustentável para o patrimônio histórico edificado. Para alcançar este objetivo serão contrastados dois modelos de conservação preventiva para o patrimônio cultural edificado, o brasileiro e o espanhol, bem como as relações entre sustentabilidade e patrimônio cultural edificado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Conservação preventiva do patrimônio cultural edificado

Conservação preventiva “é o conjunto de medidas que se deve tomar para prevenir o aparecimento de danos em uma edificação, evitando trabalhos radicais de restauração” (KLÜPPEL e SANTANA, 2000, p. 14). O aspecto técnico da ciência da conservação preventiva para edificações históricas mostra-se desafiador por seu caráter multidisciplinar, envolvendo profissionais e conhecimentos das mais diversas áreas, como arquitetos, engenheiros, químicos, físicos, biólogos, administradores e outros.

Sobre o conceito de conservação preventiva, cabe-nos destacar que, Viñas (2004) pontua que o termo “conservação preventiva”, utilizado principalmente nos países de língua latina, pode demonstrar certa inadequabilidade, já que toda atividade de conservação possui a intenção de manter o bem em seu estado atual, de modo a evitar danos futuros. Para o autor, a diferença está no método de atuação da conservação, e nos casos em que não há uma intervenção direta sobre a edificação, demonstra-se mais adequado utilizar “conservação ambiental”, e nos casos em que há existência de intervenções sobre a edificação “conservação direta”. No entanto, a Conferência Trienal do International Council of Museums na Índia em 2008, validou a definição de conservação preventiva, conforme Carvalho (2014, p. 143), como um “conjunto de medidas e ações voltadas para evitar e minimizar a deterioração futura e a perda. São desenvolvidas no contexto ou entorno de um objeto, ou mais frequentemente de um grupo de objetos, qual seja a sua idade e condição”.

A conservação preventiva em edificações históricas possui um forte significado, e justifica-se sobre diversos aspectos, sejam econômicos, sociais, culturais, técnicos ou jurídicos. A NBR 5674 (1999) trata sobre a manutenção nas edificações, e apresenta que as despesas anuais envolvidas na operação, e manutenção, das edificações em uso variam 1% e 2% do seu custo. Negligenciar a conservação das edificações, além de reduzir o tempo de vida útil e trazer transtornos aos usuários, produz um sobrecusto

em intensivos serviços de restauração, que custam significativamente mais do que a manutenção e sua conservação. Neste sentido, considerando um contexto em que se busca a eficiência na aplicação dos recursos, impõe-se a necessidade da aplicação de planos de manutenção e conservação, considerando que parte das edificações históricas são de propriedade de instituições públicas, torna-se, portanto, imprescindível a existência dos planos de conservação, para que sejam previstos nos orçamentos as despesas de conservação a curto, médio e longo prazo.

A norma brasileira NBR 15575 (2013) estabelece requisitos de desempenho para as edificações, conceituando vida útil como uma medida temporal de durabilidade de um edifício ou de seus sistemas e componentes. A vida útil pode ser prolongada por meio de ações de manutenção, conforme Figura 01.

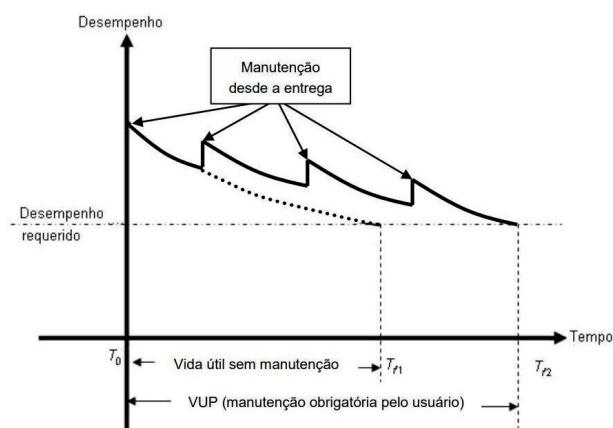


Figura 1: Desempenho das edificações ao longo do tempo.
Fonte: NBR 15575, 2013, p. 42.

A vida útil das edificações, associada ao contexto das edificações históricas, tem o foco na conservação do bem e de seus elementos, obedecendo às características de intervenção que possam preservar sua autenticidade.

As ações de intervenção serão aplicadas de forma diferente, orientadas para a conservação do bem. Será ainda assim importante abordar o horizonte temporal a que todos os elementos estão sujeitos. Tendo em conta que se pretende elaborar planos de manutenção, as intervenções deverão basear-se num modelo de gestão de manutenção, onde as ações preventivas para os vários valores de periodicidade devem ser integradas num programa financeiro anual a preços correntes e, posteriormente, transformados numa anuidade (valor constante) para um horizonte temporal estabelecido (SOARES, 2012, p. 23).

Conforme, ainda, explica Soares (2012), é preciso diferenciar os procedimentos de manutenção de um edifício

corrente, no qual o fim da vida útil de um elemento construtivo original não serve para justificar a sua imediata substituição, sendo contrário aos conceitos de conservação e preservação da autenticidade histórica, e neste caso sua substituição deve apenas ocorrer na existência de imperativos de ordem estrutural, de segurança para seus usuários e risco para os demais elementos. Edifícios correntes possuem parâmetros diferenciados, são associados ao ciclo de vida útil dos materiais, a regulamentação construtiva, e à valorização comercial. Por sua vez, a autenticidade dos materiais existentes e a valorização cultural e da zona em que se inserem serão aspectos exclusivamente condicionantes em edifícios históricos.

A realização da conservação preventiva em edificações históricas, implica no conhecimento sobre as principais causas geradoras de degradação, riscos, danos e condições ambientais. D’ossat (1972) no Guia para o Estudo Metodológico dos Monumentos e de suas Causas de Deterioração, lançado pelo Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro de Bens Culturais – ICCROM de Roma, divide em dois grandes grupos as principais causas de degradação das edificações, trazendo uma visão sistêmica das ações as quais estão submetidas. O primeiro grupo, Figura 02, inclui as causas de degradação intrínsecas, ligadas à origem e natureza do edifício, como sua localização e estrutura. São exemplos de causas intrínsecas a orientação solar, ventos predominantes e a resistência do terreno, podendo estas causar, por exemplo, recalques, deterioração das argamassas e diminuição da durabilidade dos materiais.

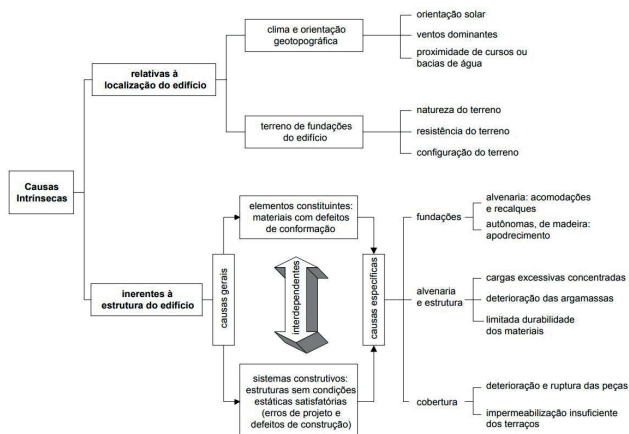


Figura 2: Causas intrínsecas de degradação das edificações.
Fonte: D’OSSAT, 1972 apud LERSCH, 2003, p. 45.

O segundo grupo, Figura 03, são as causas de degradação extrínsecas, que incluem aquelas provenientes do exterior, como a umidade, oxidação, animais nocivos, vegetação parasitária, e a ação do homem.

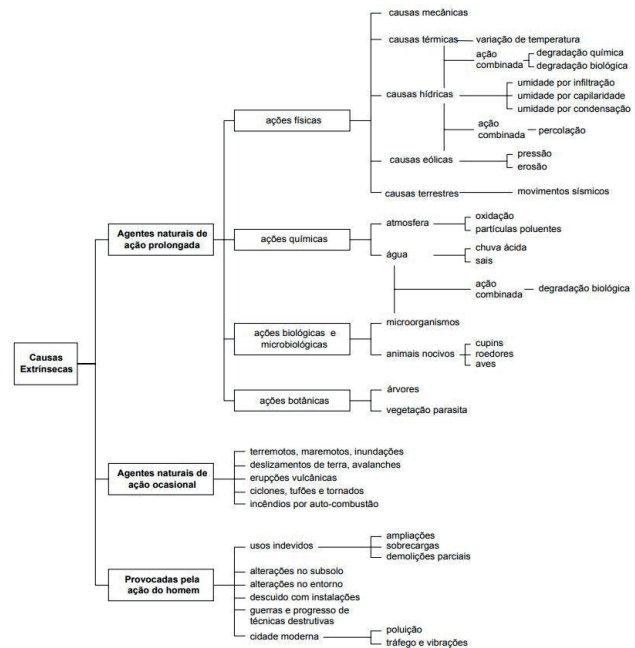


Figura 3: Causas intrínsecas de degradação das edificações.
Fonte: D’OSSAT, 1972 apud LERSCH, 2003, p. 45.

Dois aspectos ainda são relevantes na realização da conservação preventiva em edificações históricas, que são as prioridades das intervenções, e a sua periodicidade. De acordo com Soares (2012), nas prioridades serão considerados aspectos como as de caráter emergencial, o estado de degradação dos elementos, o efeito aos usuários da edificação e as implicações de custos. Quanto as periodicidades, são necessários dados de suporte, acerca do comportamento dos elementos do edifício em estudo e de suas condições ambientais.

Os objetivos da conservação preventiva vão para além da edificação histórica por si mesma, ou seja, do monumento isolado, e estão intimamente ligados aos aspectos relacionados a qualidade de vida, ambiental e possibilidades de desenvolvimento. Neste sentido, o conceito de conservação torna-se mais amplo e adequado do que unicamente ao da preservação de uma edificação histórica, Castriota (2009, p. 160) salienta que “enquanto a preservação pressupõe a limitação da mudança, a conservação refere-se à inevitabilidade da mudança e à sua gestão”. Nesta perspectiva, a conservação preventiva vincula-se com as políticas de planejamento e desenvolvimento urbano e territorial, cuja importância foi ratificada pela Declaração de Amsterdã de 1975, que cunhou o termo “conservação integrada”, na qual destacou “a conservação do patrimônio arquitetônico deve ser considerada não apenas como um problema marginal, mas como objetivo maior do planejamento das áreas urbanas e do planejamento físico territorial” (EUROPA, 1975, p. 2).

2.2. Sustentabilidade do patrimônio cultural edificado

A perspectiva de sustentar o patrimônio cultural para as próximas gerações, o reconhecimento das políticas de preservação e conservação, bem como a adoção de políticas institucionais a nível internacional, constituíram o primeiro passo para se obter as reais contribuições da simbiose entre patrimônio cultural e desenvolvimento sustentável. A primeira conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente, em junho de 1972, reconheceu a dimensão ambiental do desenvolvimento, abrindo também a porta para a dimensão social e econômica. No mesmo ano, em outubro, ocorreu em Paris a Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, trazendo a expressão “patrimônio cultural”. O preâmbulo do documento traz claramente o contexto de preocupação em relação às ameaças ao patrimônio cultural e natural:

Constatando que o patrimônio cultural e o patrimônio natural se encontram cada vez mais ameaçados de destruição não somente devido a causas naturais de degradação, mas também ao desenvolvimento social e econômico agravado por fenômenos de alteração ou de destruição ainda mais preocupantes (UNESCO, 1972, p. 1).

Em 2019, na França, o Fórum Mundial de Ministros da Cultura, com representantes culturais de mais de 120 países, estabeleceu 22 Indicadores de Cultura para a Agenda 2030, UNESCO (2019). Encontram-se dois indicadores diretamente relacionados ao patrimônio cultural, que são as despesas e a gestão sustentável do patrimônio, com objetivos e metodologias específicas de medição e acompanhamento, visando o cumprimento da meta 11.4. O primeiro indicador refere-se às despesas per capita, destacando a importância do financiamento público em nível local, nacional e internacional, em colaboração com a sociedade civil ou com o setor privado, para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural, obtendo um impacto direto em sua proteção e maior sustentabilidade das cidades e assentamentos humanos. O segundo indicador refere-se à gestão sustentável, oferecendo uma visão geral do conjunto de vantagens e desvantagens da ação pública voltada para a proteção e promoção da gestão sustentável, por meio da análise de três componentes, registros e inventários nacionais e internacionais, ações de proteção, salvaguarda e gestão, e o grau de apoio mobilizado para salvaguardar e revitalizar o patrimônio.

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – ICOMOS, organização não governamental associada

à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO, publicou em 2021 o documento “Heritage and The Sustainable Development Goals”, com uma perspectiva que relaciona o patrimônio cultural e os ODS, na qual apresenta, de forma integrada, o potencial que o patrimônio cultural possui para alcançar o desenvolvimento sustentável, por meio dos 17 ODS. O documento publicado pelo ICOMOS e organizado por Labadi (2021), apresenta esta perspectiva baseada nos 5P’s da sustentabilidade (pessoas, planeta, prosperidade, paz e parcerias), e aborda temas como o bem-estar das pessoas, do planeta, compartilhamento de recursos, coesão social e diálogo, no qual por meio do patrimônio cultural e sua transversalidade, podem ser elaboradas políticas públicas integradas para o desenvolvimento sustentável.

As ações de conservação aplicadas para o patrimônio cultural edificado podem contribuir de forma relevante em diretamente sete dos ODS, conforme Figura 04, abaixo:

Patrimônio cultural e desenvolvimento sustentável possuem características dinâmicas e multidisciplinares, que podem ser vistas sob pontos e perspectivas diferentes. De um lado, tem-se a evolução e ampliação do conceito de patrimônio desde o século XIX, de outro o surgimento, evolução e ampliação do conceito de desenvolvimento sustentável. Larsen e Logan (2018) apresentam quatro perspectivas de interseções do patrimônio cultural e o desenvolvimento sustentável. Primeiramente a visão de como e em que medida o patrimônio cultural sustenta-se para as próximas gerações, ligada ao projeto patrimonial de conservação e preservação. A segunda é a visão que contempla discussão e oposição entre patrimônio e desenvolvimento, onde um coloca-se como ameaça ao outro. A terceira é a de desenvolvimento sustentável para o patrimônio, no qual se criam caminhos de desenvolvimento às necessidades e exigências de conservação do patrimônio, como, por exemplo, a inclusão de metas patrimoniais na política de desenvolvimento sustentável. Por fim, a quarta perspectiva é a de patrimônio para o desenvolvimento sustentável, que contempla a contribuição do patrimônio cultural para resolver desafios mais amplos da sustentabilidade. Neste sentido, “o desenvolvimento sustentável pode ser identificado como uma necessidade, uma ameaça, uma solução ou até mesmo um objetivo do patrimônio cultural” (Larsen e Logan, 2018, p. 7)

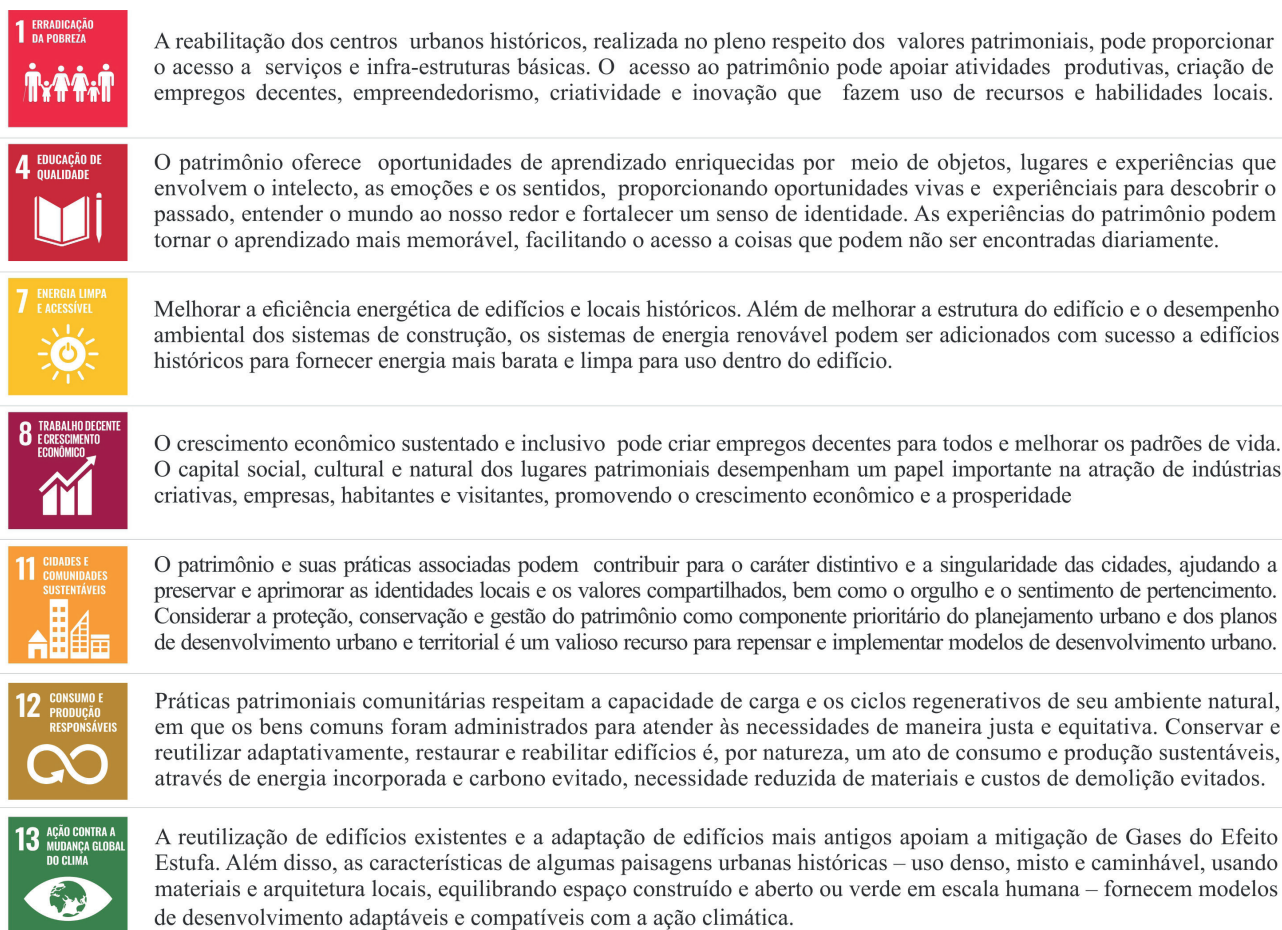


Figura 4: Contribuições do patrimônio cultural edificado para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: adaptado de Labadi (2021).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Gouvêa da Costa e Pinheiro de Lima (2011) destacam que as áreas de engenharia e gestão estão preocupadas com a utilização do conhecimento científico para projetar e construir artefatos para a solução de problemas. A técnica de pesquisa científica utilizada neste artigo é a Design Science Research, a qual tem por objetivo “projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está em funcionamento, e por fim comunicar os resultados obtidos” (ÇAĞDAŞ; STUBKJÆR, 2011, p. 78).

Lacerda et al. (2013), define “classe de problemas” como um conjunto de problemas, sejam eles práticos ou teóricos, que contenham artefatos avaliados, ou não, úteis para a ação nas organizações. Adota-se aqui, como problemática, a condição de estado de risco em que se encontra o patrimônio cultural edificado. Para Simon (2019, p. 6) os artefatos são “como um ponto de encontro do ambiente “interno”, a substância e a organização do próprio artefato, e um ambiente “externo”, o ambiente no qual ele opera”. Artefatos são tipificados por March e Smith (1995) como constructos, modelos, métodos ou

instanciações. Caracteriza-se, neste artigo, o modelo de conservação preventiva como um artefato que compreende um conjunto de proposições úteis para solução do problema do patrimônio cultural em risco (ambiente interno), conduzindo então à conservação e aumento da vida útil das edificações históricas (ambiente externo).

Com a finalidade de contrastar o artefato, em sua forma de modelo de conservação preventiva, foram utilizados dois casos propostos por órgãos oficiais de governo, o brasileiro e o espanhol, portanto, políticas públicas de conservação preventiva para o patrimônio cultural edificado. A proposta brasileira refere-se ao Manual de Conservação Preventiva para Edificações, elaborado por Klüppel e Santana (2000) e lançado pelo Programa Monumenta do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. Em contraponto, a proposta Espanhola refere-se ao Plano Nacional de Conservação Preventiva, organizado por Gútierez (2015), lançado pelo Ministério de Educação, Cultura e Esporte da Espanha. Lacerda et al. (2013) destaca que os estudos de casos, além de compreender os artefatos existentes e em funcionamento em um determinado contexto, permitem

avançar o conhecimento teórico dentro da área de estudo, ampliando o conhecimento de artefatos bem-sucedidos diante de determinadas classes de problemas. Para Pozzer, Jacques e Ribeiro (2021, p. 152) a geração de novos modelos de sustentabilidade cultural, na forma de design voltados para a interculturalidade, que refletem sobre os paradigmas de desenvolvimento e progresso que regem a sociedade atual, “permitem a produção de comportamentos, valores e significados fortemente voltados para a sustentabilidade”. Os dois artefatos foram contrastados nos seguintes aspectos: estrutura, objetivos, metodologia proposta, desempenho, atores envolvidos, recursos disponíveis e regulação das ações propostas.

4. RESULTADOS

A proposta brasileira oferecida por meio do Manual de Conservação Preventiva para Edificações, elaborado por Klüppel e Santana (2000) tem como objetivo, conforme explicitado em sua apresentação, promover uma mudança de paradigma, uma vez que é recorrente a restauração de edificações históricas, depois que as mesmas chegam a um alto nível de degradação. O manual apresenta um enfoque prático com linguagem clara e acessível, orientativa para a realização passo a passo da conservação preventiva, exclusivamente para edificações históricas. Apresenta um modelo genérico com ilustrações, fichas prontas de inspeção e avaliação da edificação, procedimentos de pequenos reparos e até intervenções que exigem maior especificidade e acompanhamento técnico.

O manual brasileiro apresenta uma estrutura que conduz o usuário a, primeiramente, conhecer a arquitetura brasileira, com objetivo de reconhecer as características construtivas, técnicas e materiais de seu imóvel, desde as fundações até a cobertura. Após a caracterização do seu imóvel, o usuário é conduzido a conhecer os principais agentes de degradação das edificações, realizar as inspeções, intervenções com indicação de periodicidade, identificar problemas e realizar reparos por meio de fichas de aplicação técnica, a depender do problema identificado e o material a ser reparado. O exemplo abaixo tipifica uma intervenção preventiva para contenção de umidade ascendente nas edificações históricas, na qual é indicado a construção de valas periféricas drenantes, conforme o manual orienta na Figura 05.

O manual brasileiro tem o foco no proprietário da edificação, que comprou, recebeu de herança ou reside em uma edificação histórica. Embora seja óbvio que as orientações e indicações se aplicam de igual maneira às

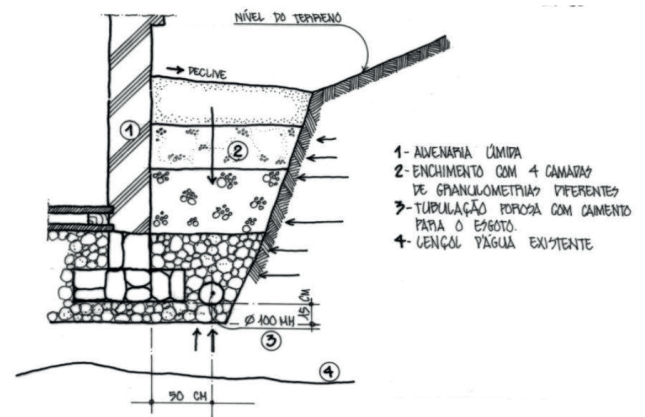


Figura 5: Vala periférica com enchimento para conter umidade ascendente.
Fonte: KLÜPPEL E SANTANA, 2000, p. 148.

edificações históricas pertencentes à administração pública, o manual não menciona ou a destaca na condição de proprietária, ou responsável. Observa-se a falta de indicação explícita da necessidade de aprovação e regulação dos órgãos de controle, como o próprio IPHAN, conselhos estaduais ou municipais, que deliberam sobre o patrimônio histórico, para que as intervenções, quando forem necessárias, possam ser realizadas.

A proposta espanhola para a conservação preventiva é apresentada na forma do Plano Nacional de Conservação Preventiva, organizado por Gútiez (2015), no qual propõe uma perspectiva ampla, integrada e interdisciplinar com foco na gestão e desenvolvimento de metodologia para promoção da conservação preventiva não somente de bens imóveis, como as edificações históricas, mas também de bens móveis, como acervos, coleções, arquivos, bem como de bens imateriais. O objetivo é “promover a coordenação de esforços e recursos das diferentes administrações competentes, o desenvolvimento da informação e da investigação científica e técnica e facilitar o acesso dos cidadãos ao patrimônio cultural espanhol” (GÚTIEZ, 2015, p. 4).

O plano espanhol coloca a conservação preventiva como princípio fundamental para a proteção do patrimônio cultural, estando de acordo com a resolução da reunião de Vantaa realizada em 2000, promovida pelo Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro de Bens Culturais – ICCROM. O documento não entrega um passo a passo prático para execução da conservação preventiva, mas uma metodologia para a execução da conservação preventiva. O plano executivo, deverá possuir duração máxima de dez anos, devendo ser apresentado e aprovado pelo Conselho de Patrimônio, seguindo com as etapas de formação de comissão técnica de acompanhamento, definição das diretrizes para seu funcionamento e coordenação, estudos, trabalhos e documentos

de referência. As etapas propostas permitirão avançar no estabelecimento de critérios e metodologia, elaboração dos projetos e propostas de intervenções.

São propostas linhas de trabalho agrupadas em quatro seções gerais para executar um plano de conservação preventiva, nas quais pode-se incluir todos os aspectos considerados necessários, conforme Figura 06:

Para as edificações históricas, o plano espanhol indica que é necessário realizar uma conservação preventiva baseada no monitoramento e controle de riscos com protocolos programados de intervenção com distribuições de

funções e responsabilidades definidas para os envolvidos na conservação do imóvel.

Destaca-se que, de acordo com Gútiez (2015, p. 21), para o desenvolvimento do Plano Nacional de Conservação Preventiva, o Ministério de Educação Cultural e Esporte espanhol, juntamente com comunidades autônomas, administrações locais e entidades privadas provisionaram entre 2011 e 2015 a quantia de aproximadamente sete milhões de euros, sendo destinados 8% para ações de estudos e investigação, 69% na elaboração dos planos de conservação preventiva, 9% em formação e 6% em difusão.

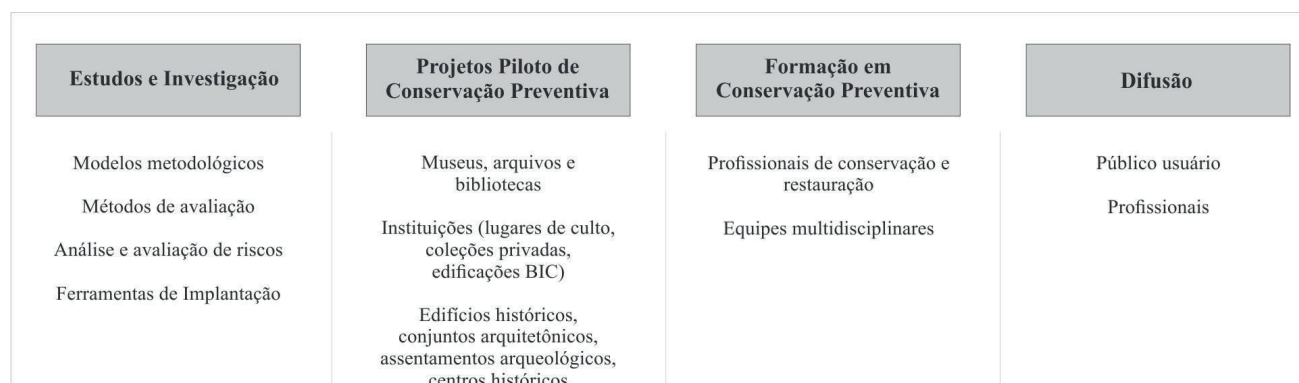


Figura 6: Linha de trabalho para elaboração de um Plano de Conservação Preventiva.
Fonte: adaptado de GÚTIEZ, 2015, p. 15.

5. ANÁLISES DOS RESULTADOS OU DISCUSSÕES

A proposta brasileira reconhece que a conservação preventiva para edificações históricas não é uma prática no Brasil, levando muitos imóveis à necessidade de restauração ou à ruína, e por este motivo elaborou o manual. Observa-se a presença passiva da administração pública, ao assumir uma posição apenas orientativa e não participativa na condução da política pública de conservação preventiva, nem quanto à orientação explícita da necessidade de aprovação das intervenções em conselho ou órgão regulador.

O viés prático e didático do manual brasileiro, ao entregar um passo a passo às intervenções, pode ser considerado um ponto positivo quando aplicado às atividades de baixa complexidade, como ações de controle das condições ambientais, limpeza ou pequenos reparos, fazendo que elas sejam aplicadas mais rapidamente ou com pouco conhecimento técnico. As orientações e soluções para intervenções indicadas no manual que exigem maior complexidade podem não mostrar eficiência, embora especifiquem a necessidade de acompanhamento técnico, pois podem fracassar ao propor uma solução genérica para manifestações patológicas existentes na edificação,

sem a devida anamnese, diagnóstico e projeto específico para realização das intervenções. Do ponto de vista econômico, o manual não indica ou estima o custo ou os benefícios que as intervenções podem trazer a longo prazo, tão pouco a possibilidade de aporte de recursos públicos ou parcerias para realização das mesmas, ficando estas a cargo do executor. Carvalho (2014) destaca que a conservação preventiva dificilmente poderá se expandir no Brasil sem um instrumento normativo capaz de valorizar a manutenção e a conservação preventiva como atividade profissional, como política pública de preservação do patrimônio cultural, ou mesmo de fomentar as ações de pesquisa e inovação tão necessárias nesta área.

Em contraste, a proposta espanhola difere-se da proposta brasileira, não sendo um modelo concorrente, mas complementar. A forma de um plano, e não de um manual, apresenta-se como uma etapa preliminar, podendo ser mais adequada, permitindo um maior nível de planejamento e amplitude de ações que, no caso espanhol, compreendem estudos e investigações, projetos de intervenção, formação e difusão, permitindo que a conservação preventiva se apresente eficiente a longo prazo.

A proposta espanhola cumpre os dois indicadores do patrimônio cultural que estão incluídos nos Indicadores



BRASIL



ESPAÑA

| Estrutura | Manual de Conservação Preventiva | Plano de Conservação Preventiva |
|---------------------|---|---|
| Objetivos | Promover uma mudança de paradigma, uma vez que é praxe a restauração de edificações históricas, depois que chegam a um alto nível de degradação | Promover a coordenação de esforços e recursos das diferentes administrações competentes, o desenvolvimento da informação e da investigação científica, e facilitar o acesso dos cidadãos ao patrimônio cultural espanhol. |
| Metodologia | Enfoque prático nas intervenções; Orientativo; | Estudos, projetos de conservação preventiva, formação, difusão |
| Desempenho | Execução imediata das intervenções propostas. | Revisão a cada 10 anos |
| Atores envolvidos | Proprietário | Comunidades autônomas, administrações locais e entidades privadas |
| Recursos | Não indica a disponibilização de recursos | 7 milhões de euros |
| Regulação das ações | Não indica necessidade de aprovação das ações | Aprovadas pelo Conselho de Patrimônio |

Figura 7: Conservação preventiva no Brasil e Espanha.
Fonte: Autores, 2023.

da Cultura para a Agenda 2030, UNESCO (2019), pois se dispõe a ser a principal financiadora de projetos e intervenções de conservação preventiva, atendendo o indicador 01 - despesas com o patrimônio. De igual maneira, atende o indicador 02 - gestão sustentável do patrimônio, pois, por meio da conservação preventiva, promove a proteção, salvaguarda e gestão do patrimônio, colocando-a como princípio fundamental para proteção do patrimônio cultural. Observa-se que na introdução do texto do plano espanhol é destacada a sustentabilidade, na qual Gútiérrez (2015, p. 4) salienta que o plano espanhol “é concebido como necessário pela generalização de modelos, métodos de trabalho, critérios, protocolos e instrumentos de gestão, como princípio fundamental para a conservação do patrimônio cultural e a sua manutenção de forma viável e sustentável ao longo do tempo”.

O plano espanhol, ao propor uma ação integrada e participativa para a conservação preventiva, atende a meta 11.4 do ODS 11, estando de acordo também com o ODS 17 - Parcerias e Meios de Implementação. Labadi (2021), ao discorrer sobre as conexões do patrimônio cultural e o ODS 17, destaca que em um contexto de tensões comerciais e instabilidade política que desafiam a cooperação para objetivos comuns, a existência de diálogos, parcerias, colaborações interdisciplinares e intersetoriais são cruciais para alcançar o desenvolvimento sustentável.

A figura 07 apresenta um resumo do funcionamento da conservação preventiva no Brasil e na Espanha, de acordo com os dados dos casos apresentados, tendo como elementos a estrutura, seus objetivos, metodologia, desempenho, atores envolvidos, recursos disponíveis e regulação das ações propostas.

6. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao contrastar dois casos práticos de políticas públicas de conservação preventiva para edificações históricas, compreende-se que a conservação preventiva se vincula fortemente a uma política pública sustentável. O incentivo à conservação de bens de interesse histórico, promove economia e conforto ambiental a uma localidade, possuindo assim em sua essência, a premissa da sustentabilidade.

Os casos brasileiro e espanhol analisados são significativamente contrastantes. O exemplo espanhol demonstra de forma satisfatória a vinculação da sustentabilidade com as ações de conservação preventiva, possuindo uma vocação para a realização de uma política pública sustentável. A iniciativa espanhola transcende a própria intervenção nas edificações históricas, pois, para além disso, promove ações colaborativas entre os múltiplos atores indicados no plano, além de destinar recursos públicos para sua efetivação. O Brasil, ao propor um manual de

conservação preventiva, promove de forma passiva a sustentabilidade, quando há existências das intervenções nas edificações, contrastando-se com o modelo espanhol, principalmente por não ter a efetiva participação da administração pública na coordenação de suas ações.

Este estudo contribui para dar notoriedade às políticas públicas de conservação preventiva aplicada ao contexto das edificações históricas, destacando a sua relevância para a sustentabilidade, bem como à investigação científica de modelos já aplicados, ou que podem ser aperfeiçoados. Como contribuição prática e social, este estudo colaborou para indicar que o modelo de política pública brasileiro neste segmento, ante ao executado na Espanha, carece ser debatido, revisado e aperfeiçoado, de modo que seja utilizado como um artefato efetivo e sustentável. Neste sentido, este estudo demonstra-se relevante diante dos frequentes casos de estado de abandono e deterioração do patrimônio cultural brasileiro edificado.

Indicam-se como limitações e sugestões para pesquisas futuras o estudo de outros modelos de conservação preventiva em edificações históricas, aplicados no Brasil em outros países, e da forma como eles se relacionam com uma política pública sustentável. Pode-se desenvolver, também, novos artefatos, a partir de modelos ou práticas sustentáveis de conservação preventiva aplicadas no patrimônio histórico edificado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro, 1999, 06 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013, 60 p.
- BENHAMOU, Françoise. **Economia do Patrimônio Cultural**. São Paulo: Sesc São Paulo, 2016.
- BASU, Paul; MODEST, Wayne. **Museums, heritage and international development**. New York: Routledge, 2015.
- CARVALHO, Claudia S. Rodrigues de. Conservação preventiva de edifícios e sítios históricos: pesquisa e prática. **Revista CPC**, São Paulo, n. 18, p. 141–153, dez 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/cpc/article/download/88655/92657>> Acesso em: 16 fev. 2023.
- CASTRIOTA, Leonardo Berci. **Patrimônio Cultural**: conceitos, políticas, instrumentos. São Paulo: Belo Horizonte: Anablume; IEDS, 2009.
- CASTRIOTA, Leonardo Berci. **Patrimônio e Valores**: a via crítica de Alois Riegl. Belo Horizonte: IEDS; Miguilim, 2022.
- D'OSSAT, G. A. **Guide to the Methodical Study of Monuments and Causes of their Deterioration**. Roma: ICCROM, 1982.
- ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, p. 77-87, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.003>
- EUROPA, Conselho da. **Declaração de Amsterdã**. Amsterdã: Iphan, 1975. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Declaracao%20de%20Amsterda%CC%83%201975.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2023.
- FONSECA, M. C. L. **O Patrimônio em processo**: trajetória da política federal de preservação no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ/IPHAN, 1997.
- GOUVÊA DA COSTA, S. E.; PINHEIRO DE LIMA, E. Processos: **Uma Abordagem da Engenharia para a Gestão de Operações**. In: MIGUEL, P. A. C. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Campus, 2011. cap. 4, p. 63-72.
- GÚTIEZ, Alejandro Carrión (org.). **Plan Nacional de Conservación Preventiva**. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015.
- KLÜPPEL, G. P.; SANTANA, M. C. **Manual de Conservação Preventiva para Edificações**. Brasília: IPHAN/ Programa Monumenta, 2000.
- LABADI, Sophia et al (org.). **Heritage and The Sustainable Development Goals**: policy guidance for heritage and development actors. Paris: ICOMOS, 2021.
- LACERDA, Daniel Pacheco; DRESCH, Aline; PROENÇA, Adriano; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 741-761, 26 nov. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.157-169>

org/10.1590/s0104-530x2013005000014.

LARSEN, Perter Bille; LOGAN, Willian (org.). **World Heritage and Sustainable Development: new directions in world heritage management.** London And New York: Routledge, 2018.

LERSCH, Inês M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.** Porto alegre: UFRGS, 2003. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in Information Technology. **Decision Suport Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2).

POZZER, Christiano Hagemann; JACQUES, Jocelise Jacques; RIBEIRO, Vinícius Gadis. Design Orientado à Interculturalidade como Ferramenta para a Sustentabilidade Cultural. **Mix Sustentável**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 144-157, 1 dez. 2021. **Mix Sustentável**. <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.mix2022.v8.n1.144-157>.

SIMON, Herbert Alexander. **The Sciences of the Artificial.** 3. ed. Cambridge: Mit Press, 2019.

SOARES, D. N. T. L. **Programa previsional de manutenção em edifícios históricos.** 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2012.

UNESCO. **Culture|2030 Indicators.** Paris: UNESCO, 2019.

UNESCO. **Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Mundial**, Cultural e Natural, 1972. Disponível em: <<https://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf>> Acesso em: 16 fev. 2023.

UNESCO. **Declaração sobre a Destruição Intencional do Patrimônio Cultural**, 2003. Disponível em: <<https://www.icomos.pt/images/pdfs/2021/45%20Declara%C3%A7%C3%A3o%20destrui%C3%A7%C3%A3o%20intencional%20-%20UNESCO%202003.pdf>> Acesso em: 16 fev. 2023.

VIÑAS, Salvador Muñoz. **Teoría contemporánea de la restauración.** Madrid: Síntesis, 2004.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi realizado no Programa de Mestrado Profissional em Gestão de Políticas Públicas da Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC, por meio do edital de chamada pública 48/2021.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3319-7926>

ELIEZER PATISSI, MESTRANDO EM GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS | PMGPP/UNIVALI | Bacharel em Administração Pública | ESAG/UDESC | Engenheiro Civil | UNIVALI | Correspondência para Rua Armando Fontolan, 115, São Vicente, Itajaí - SC, Brasil | e-mail: eliezerpatissi@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3973-3493>

RAFAEL BURLANI NEVES, PÓS-DOUTOR EM DIREITO | Universidade de Alicante (Espanha) | Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento | EGC/UFSC. Correspondência para Rua da Saracura | 20, Pedra Branca, Palhoça - SC, Brasil | e-mail: burlani@univali.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

PATISSI, Eliezer; NEVES, Rafael Burlani. Políticas públicas sustentáveis para o patrimônio cultural edificado, estudo das contribuições de modelos de conservação preventiva aplicados no Brasil e Espanha. **MIX Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 157-169, 2023. ISSN 244-73073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia/mês/ano doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.157-169>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli

Registro da contribuição de autoria:

EP: Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Investigação, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita - rascunho original, Escrita - revisão e edição.

RBN: Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão, Validação, Visualização, Escrita - rascunho original, Escrita - revisão e edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN MATERIALES POLIMÉRICOS SOSTENIBLES DE USO ARQUITECTÓNICO E INTERIORES, CASO DE ESTUDIO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLOMBIA

VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN SUSTAINABLE POLYMERIC MATERIALS FOR ARCHITECTURAL AND INTERIOR USE, CASE STUDY AT PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLOMBIA

COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM MATERIAIS POLIMÉRICOS SUSTENTÁVEIS PARA USO ARQUITECTÓNICO E INTERIOR, ESTUDO DE CASO PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ - COLÔMBIA

WILLMAR RICARDO RUGELES JOYA, MsC. | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

ANGELA MARGARITA MONCALEANO NIÑO, PhD. | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

LUCIA XIMENA TELLO | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

HENRY ALBERTO MÉNDEZ PINZON, Dr. | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

CAROLINA VALBUENA, MsC. | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

CARLOS DEVIA CASTILLO, PhD. | Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

RESUMEN

En todo el mundo, existe un creciente interés en el uso y consumo adecuado de materias primas sostenibles que se basen en el reciclaje y reutilización de polímeros derivados del petróleo y otros materiales reciclados, como laminas a partir de colaminados. Estas "alternativas sostenibles" parecen ser una solución atractiva para los problemas ambientales, sin embargo, es importante considerar los posibles impactos ambientales y de salud pública que puedan derivarse de su uso. Por lo tanto, el objetivo de nuestro proyecto de investigación es analizar las emisiones de COVs de materiales poliméricos "sostenibles" generalmente placas y colaminados y evaluar sus posibles impactos ambientales y de salud. Para ello, se ha diseñado y fabricado un prototipo de cámara de medición de compuestos orgánicos acoplado una serie de sensores para COVs. Los resultados han mostrado la presencia de gases como CO, NO₂, NH₃ y material particulado, algunos sobre los límites permitidos de exposición humana concluyendo que las emisiones de algunos COVs pueden representar un riesgo potencial tanto para la salud ambiental como para la salud humana. Es fundamental seguir investigando para encontrar alternativas sostenibles que no comprometan la salud y el bienestar de las personas y el medio ambiente.

PALABRAS CLAVE

Compuestos orgánicos volátiles, polímeros, materiales construcción, inmobiliario, sostenibilidad.



ABSTRACT

Throughout the world, there is a growing interest in the proper use and consumption of sustainable raw materials that are based on the recycling and reuse of petroleum-derived polymers and other recycled materials, such as sheets from collaminates. These "sustainable alternatives" appear to be an attractive solution to environmental problems, however it is important to consider the potential environmental and public health impacts that may result from their use. Therefore, the objective of our research project is to analyze the VOC emissions of "sustainable" polymeric materials such boards and colaminateds. To this end, a prototype chamber for measuring organic compounds has been designed and manufactured by coupling a series of sensors for VOCs. The results have shown the presence of gases such as CO, NO₂, NH₃ and particulate matter, some of which are above the permitted limits of human exposure, concluding that the emissions of some VOCs may represent a potential risk for both environmental and human health. It is essential to continue researching to find sustainable alternatives that do not compromise the health and well-being of people and the environment.

KEYWORDS

Volatile organic compounds, polymers, construction materials, real estate, sustainability.

RESUMO

Em todo o mundo, há um interesse crescente no uso e consumo adequado de matérias-primas sustentáveis que se baseiam na reciclagem e reaproveitamento de polímeros derivados do petróleo e outros materiais reciclados, como folhas de colaminados. Estas "alternativas sustentáveis" parecem ser uma solução atraente para os problemas ambientais, no entanto é importante considerar os potenciais impactos ambientais e de saúde pública que podem resultar da sua utilização. Portanto, o objetivo do nosso projeto de pesquisa é analisar as emissões de VOC de materiais poliméricos "sustentáveis", geralmente chapas e colaminados, e avaliar seus possíveis impactos ambientais e à saúde. Para tanto, um protótipo de câmara para medição de compostos orgânicos foi projetado e fabricado a partir do acoplamento de uma série de sensores para VOCs. Os resultados mostraram a presença de gases como CO, NO₂, NH₃ e material

particulado, alguns dos quais estão acima dos limites permitidos de exposição humana, concluindo que as emissões de alguns VOCs podem representar um risco potencial tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. É fundamental continuar pesquisando para encontrar alternativas sustentáveis que não comprometam a saúde e o bem-estar das pessoas e do meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE

Compostos orgânicos voláteis; polímeros; materiais de construção; sustentabilidade imobiliária.

1. INTRODUCCIÓN

Para lograr un impacto real en el medio ambiente, es fundamental realizar un análisis crítico de las diversas estrategias que se aplican actualmente y su efecto real en los ecosistemas. En este sentido, la ciclabilidad de los materiales se presenta como una opción ampliamente aceptada en términos de sostenibilidad, ya sea en ciclos biológicos o tecnológicos. Sin embargo, es importante profundizar en el estudio de los posibles impactos que puedan generar debido a la degradación que sufren estos materiales con el tiempo y su exposición funcional relacionada con el uso al que son sometidos.

Los gases y material particulado clasificado como compuestos orgánicos volátiles (COVs) están relacionados a la composición química de los materiales. Los COVs incluyen dentro de su clasificación compuestos como ácidos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, cetonas, e hidrocarburos aromáticos entre otros (Demirel et al., 2014; Adamová et al., 2020), que comparten como característica su baja solubilidad en agua y alta volatilidad a temperatura ambiente debido a la alta presión de vapor (Cicolella 2008).

Actualmente existe una preocupación relacionada con las emisiones del COVs, en la medida que autores señalan que la mayoría de los COVs, en especial los compuestos aromáticos y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), además de producir malos olores pueden llegar a ser altamente tóxicos, generando afectaciones al sistema respiratorio como asma, así como a los sistemas inmunológico y reproductivo, incluso llegando a ser carcinógenos en concentración bajas (>0.2mg m⁻³) para las personas que están expuestas a estos de manera prolongada (Sax et al., 2006; Sousa et al., 2011; Castro- Hurtado et al., 2013; Du et al., 2014; Zhu et al., 2020; Zhang et al., 2020)

El objetivo de este proyecto es el de comprender los

beneficios y afectaciones de la reciclabilidad de los materiales en aspectos como la salud humana, los ciclos de vida, los cambios estructurales y el uso al que están expuestos. Para ello se realizó el estudio sobre los siguientes COVs: CO, NO₂, CO₂, NH₃ y material particulado de (1ppm, 2.5ppm, 10ppm), identificando el posible el impacto sobre el ambiente y la salud humana que tienen estos materiales por su manipulación y exposición.

Los resultados han evidenciado la presencia de gases como CO, NO₂, NH₃ y material particulado, algunos sobrepasan los límites permitidos de exposición, según los datos proporcionados por la OMS, los cuales resaltan la importancia de tener como criterio la selección de dichos materiales el riesgo que representa sobre la salud humana. Así mismo, cuando estos materiales son utilizados en interiores o exteriores, es necesario realizar el debido seguimiento para evitar la saturación del aire por riesgos en los niveles de contaminación.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se ha dividido en 2 etapas centradas en el desarrollo de las pruebas según los materiales identificados en la región. Con esto se procede a la identificación de ambientes y a la fabricación y funcionalidad del prototipo que cumpla con las condiciones para dichas pruebas.

2.2 Selección de los polímeros.

A partir de una revisión de fuentes secundarias sobre el uso, la degradación y el reciclaje de polímeros, así como de entrevistas semiestructuradas a actores clave (anexo 1) y análisis de laboratorio detallados de productos utilizados catalogados como "materiales sostenibles". Las fuentes secundarias incluyeron:

- Fichas de características técnicas de los materiales, que cubren aspectos estructurales, biológicos, ambientales y de salud.
- Entrevistas para validar el conocimiento previo y posterior al estudio para validar el conocimiento por parte de los constructores y usuarios de los materiales seleccionados.

Los materiales seleccionados para el estudio se eligieron en base a la oferta existente de materiales sostenibles, y se aseguró que cumplieran con las siguientes características: i) que estuvieran disponibles a nivel comercial

| Producto - material | Composición Química |
|---------------------------------------|---|
| Polialuminio | Variaciones de las siguientes proporciones: Papel 75% Polietileno 20% Aluminio 5% |
| Reciclados de grifería y computadores | ABS, PVC, Acabados galvanoplásticos |
| Textil de poliéster | PET, Metales pesados |
| Textil de Vinilo | PVA, PVC, Polietileno, polipropileno, PET |
| Madera Ecológica | 50 % termoplástico con reforzante mineral 50 % fibras vegetales. |

Tabla 02: Composición de materiales de estudio.
Fuente: Autores.

localmente en Colombia, y ii) que se utilizaran en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana- sede Bogotá. Esto garantizó que fueran fácilmente accesibles para el desarrollo del estudio y que fueran identificables por el sector del diseño y la construcción en el entorno local. La tabla 2 muestra los materiales seleccionados y sus características.

2.3 Pruebas de flexión y tensión

Las pruebas de tensión realizadas se llevaron a cabo sobre los materiales laminados y todos los materiales se dispusieron en medidas similares para mantener la similitud en su rigidez y resistencia. Para ello, se utilizó una máquina de ensayo universal que aplica una carga gradual a los materiales laminados. Se midió la deformación de las muestras y la carga aplicada, y a partir de estos datos se obtuvieron las curvas de esfuerzo-deformación. Estas curvas permitieron el cálculo del módulo de Young, la resistencia a la tracción y el límite elástico de los materiales laminados sostenibles.

Además de la prueba de tensión, se realizaron pruebas de flexión de 3 puntos en los mismos materiales laminados sostenibles. Estas pruebas también tienen como objetivo analizar las características estructurales de los materiales para su uso en construcción y mobiliarios. En la prueba de flexión, se aplica una carga en el centro de la muestra y se miden la deformación y la carga aplicada.

2.4 Elaboración del prototipo.

Se construyó un prototipo de cámara cerrada para la medición de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) utilizando materiales como vidrio y nylon (filamento nylon white para impresora 3D MARK 2). La cámara tiene dimensiones totales de 205mmx300mmx110mm y cuenta con un área de medición de 160mmx160mmx95mm.

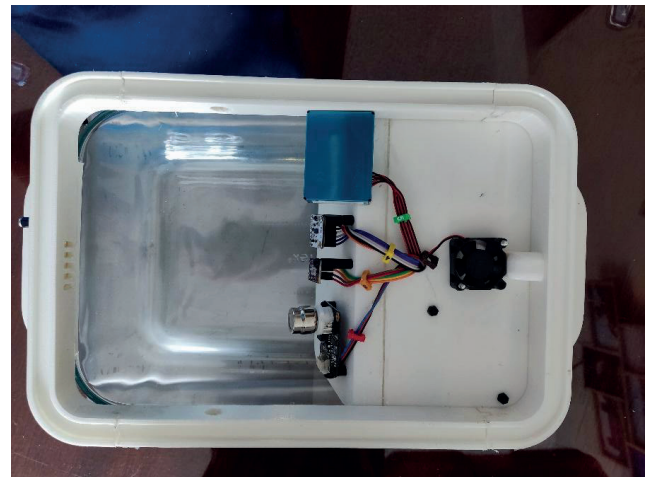


Figura 01: Fotografía ángulo superior de la cámara para la medición de COVs, a la izquierda el área de medición, a la derecha el soporte para sensores.

Fuente: Ricardo Rugeles.

| Elementos | Sensor |
|-----------|-----------|
| CO | CJMCU811V |
| CO2 | SEN0159 |
| NH3 | MICS-6814 |
| NO2 | MICS-6814 |
| PM 2,5 | PMS5003 |
| PM 5 | PMS5003 |
| PM 10 | PMS5003 |

Tabla 01: Sensores utilizados para la medición de los COVs.

Fuente: Ricardo Rugeles.

El prototipo cuenta con una lista de sensores de la tabla 1 que fueron acoplados en el soporte para los sensores. Estos sensores fueron elegidos específicamente para medir los COVs y garantizar una mayor precisión en la medición, además de medir las concentraciones de los compuestos volátiles y del material particulado en tiempo real. La cámara cerrada permite la medición de los COVs de forma controlada y reproducible, minimizando la interferencia de otros factores externos y asegurando la precisión de las mediciones.

Para medir los VOC, se usaron sensores digitales

| Ambientes | Variables | Número de pruebas |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Luz Natural directa | Exposición directa | 9 |
| | Raspado | 9 |
| | Húmedo | 9 |
| Sombra interior | Exposición directa | 9 |
| | Raspado | 9 |
| | Húmedo | 9 |
| Sombra exterior | Exposición directa | 9 |
| | Raspado | 9 |
| | Húmedo | 9 |
| Noche | Exposición directa | 9 |
| | Raspado | 9 |
| | Húmedo | 9 |
| Luz artificial directa | Exposición directa | 9 |
| | Raspado | 9 |
| | Húmedo | 9 |
| Total pruebas por material | | 15 |
| Control cámara | | 15 |
| Total pruebas | | 150 |

Tabla 03: Pruebas a realizar sobre los diferentes tipos de materiales objeto del estudio.
Fuente: Autores.

específicos que permiten la medición de diversos compuestos, los cuales se enlistan en la Tabla 1. y medidos en periodos de 1 segundo.

2.5 Medición de los COVs.

El equipo de trabajo ha establecido protocolos de medición para llevar a cabo las validaciones de los materiales. En conjunto, se han identificado los parámetros necesarios para realizar las pruebas, así como las herramientas e indicadores que se utilizarán durante su respectiva ejecución. Estos protocolos permitirán identificar los posibles cambios estructurales y de composición que los materiales puedan sufrir, así como la emisión potencial de compuestos orgánicos volátiles (VOC), como resultado de su exposición a diferentes pruebas comunes para ambientes interiores y exteriores. En la Tabla 3 se muestran todas las

pruebas que se llevarán a cabo para diferentes tipos de ambientes y estados de los materiales.

El protocolo de medición de compuestos orgánicos volátiles (VOC) se establece a partir de la metodología CFR 40, que es utilizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010). Esta metodología plantea los protocolos de validación de pruebas para cada uno de los compuestos volátiles y el material particulado, para diferentes ambientes de exposición y estados (IDEAM, 2010).

2.5 Plataforma de divulgación de resultados.

Una vez finalizados los análisis de los compuestos orgánicos volátiles y material particulado presentes en los diferentes ambientes de exposición, se procedió a la

construcción de una plataforma digital para la divulgación de los resultados obtenidos. Esta plataforma fue diseñada para informar sobre las características y recomendaciones en el uso a nivel arquitectónico y de productos para interiores y exteriores.

Los resultados del estudio sobre VOC y materiales sostenibles han sido publicados en el sitio web <https://designfactorypuj.wixsite.com/materiales-sostenibl>. La publicación de los resultados en línea permite que estudiantes, investigadores, empresas y otros interesados en el tema tengan acceso a la información y puedan utilizarla en la selección y compra de materiales más sostenibles. Además, la disponibilidad en línea permite que los resultados del estudio se difundan ampliamente y que se promueva la conciencia y educación ambiental en la industria y la sociedad en general.

3. RESULTADOS

Después de analizar los datos obtenidos en el estudio de VOC de materiales sostenibles, se ha encontrado información significativa que pueden ser de gran utilidad para la selección de materiales en la fabricación de mobiliario y construcción. Los resultados se han clasificado según el ambiente evaluado y el tipo de material analizado, lo que nos ha permitido identificar patrones y tendencias en la emisión de compuestos orgánicos volátiles.

3.1 Pruebas de flexión y tensión

Los resultados de la presente investigación indican que los módulos de Young de los materiales poliméricos analizados son considerablemente bajos en comparación con los polímeros laminados tradicionalmente utilizados. Aquellos materiales con una estructura más homogénea,

como la madera plástica, los laminados de ABS y PVC, presentan una mayor adherencia y, por ende, un mayor índice en las pruebas realizadas. Por otro lado, los materiales colaminados uno a cuatro, que incluyen diversos materiales en su composición y que no usan aglomerantes sino se someten a altas temperaturas y presiones durante su proceso de laminación, obtienen resultados más bajos en la prueba.

Los resultados de la tabla 4 indican que los termoplásticos, como el polietileno de baja densidad y algunas espumas de poliuretano, se encuentran en un nivel similar al de los materiales analizados en este estudio. Estos resultados sugieren que, en aplicaciones laminares sometidas a grandes esfuerzos, podría producirse un desgaste acelerado del material, lo que reduciría su vida útil. Sin embargo, en acabados superficiales de pared, por ejemplo, el desgaste generado por el contacto podría no ser tan significativo, pero debe tenerse en cuenta la exposición directa a diversos factores ambientales como lluvia o radiación solar.

3.2 Resultados por ambiente de exposición

Luz artificial directa, se evidencia la presencia de NO₂ en la mayoría de los materiales manipulados, así como la presencia de material particulado (pm₁₀, pm₅), por lo tanto, es importante aplicar medidas de precaución para evitar impactos en la salud, debido a que estas sustancias se encuentran sobre los límites recomendados de exposición.

Sombra interior, en términos generales se evidencia la presencia de gases como CO, NO₂, NH₃, con la mayoría de los materiales manipulados, así como la presencia de material particulado, estas sustancias se encuentran por encima de los límites recomendados de exposición.

| Producto - material | Test Tensión | Test Flexión |
|---------------------|---|-------------------|
| PLACA PVC | Y = 9588 ± 11 kPa | Y = 5293 ± 8 kPa |
| PLACA ABS | Y = 9028 ± 19 kPa | Y = 5092 ± 13 kPa |
| MADERA PLASTICA | Y = 6562 ± 33 kPa | |
| POLIALUMINIO 3 | Y = 6241 ± 11 kPa | Y = 1363 ± 7 kPa |
| POLIALUMINIO 2 | Y = 4369 ± 6 kPa | Y = 983 ± 9 kPa |
| POLIALUMINIO 1 | Y = 3962 ± 11 kPa | Y = 1378 ± 3 kPa |
| POLIALUMINIO 4 | Y1 = 2439 ± 9 kPa Y2 = 6304 ± 12 kPa | Y = 1378 ± 3 kPa |

Tabla 04: Composición química de materiales experimentales.
Fuente: Datos del presente estudio.

Luz natural directa, se detecta la presencia de gases como CO, NO₂, con la mayoría de los materiales manipulados, así como la presencia de material particulado, por lo tanto, es importante aplicar medidas de precaución para evitar impactos en la salud, debido a que estas sustancias se encuentran por encima de los límites recomendados de exposición.

Sombra exterior, en términos generales se reporta la presencia de gases como CO, NO₂, con la mayoría de los materiales manipulados, así como la presencia de material particulado, por lo tanto, es importante aplicar medidas de precaución para evitar impactos en la salud, debido a que estas sustancias se encuentran por encima de los límites recomendados de exposición.

Noche, se identifica la presencia de gases como NO₂, con la mayoría de los materiales manipulados, así como la presencia de material particulado, por lo tanto, es importante aplicar medidas de precaución para evitar impactos en la salud, debido a que estas sustancias se encuentran por encima de los límites recomendados de exposición.

3.3 Resultados por material

PLACAS ABS, en espacios con Luz Artificial Directa, sombra interna, Luz Natural Directa, Sombra exterior y Noche, se detectan sustancias como CO, CO₂, NO₂, NH₃, por encima de los límites permitidos de exposición directa, lo cual representa un riesgo significativo para la salud.

LAMINA GRIFERIA PVC, en general se recomienda tomar las medidas de precaución al utilizarla en espacios con Luz Artificial Directa, debido a que sustancias como CO, NO₂, están por encima de los límites permitidos en exposición directa. Así mismo los resultados obtenidos en Sombra interior, Sombra exterior y Luz Natural directa, presentan gases como CO, NO₂ y NH₃, con medidas superiores a las recomendadas para exposición humana.

MADERA PLÁSTICA, en espacios con Luz Artificial Directa, y Luz Natural Directa, sustancias como NO₂, están por encima de los límites permitidos en exposición directa a estas sustancias sin afectar la salud. Así mismo se identifica material particulado por encima de los rangos establecidos, lo cual representa un riesgo potencial para la salud. En espacios con Sombra Interior, y Sombra exterior se detectan sustancias como CO, NO₂, muy por encima de los límites recomendados.

VINILO DELGADO, en espacios con Luz Artificial Directa y Noche se reporta que sustancias como NO₂, están por encima de los límites permitidos en exposición.

Así mismo se identifica material particulado por encima de los rangos establecidos. Se recomienda tomar medidas de precaución debido a que sustancias como CO, NO₂, están por encima de los límites permitidos.

VINILO GRUESO, en espacios con Luz Artificial Directa, y Sombra Interior, se identifica la presencia de sustancias como CO, NO₂, las cuales están por encima de los límites permitidos en exposición directa. Así mismo se identifica material particulado por encima de los rangos establecidos, lo cual representa un riesgo significativo para la salud.

COLAMINADO DE POLIALUMINIO 1, en espacios con Luz Artificial Directa se detectó la presencia de sustancias como NO₂, NH₃ las cuales están por encima de los límites. Así mismo se identifica material particulado por encima de los rangos establecidos, lo cual representa un riesgo significativo para la salud.

COLAMINADO DE POLIALUMINIO 2, en espacios con Luz Artificial Directa y Noche se reporta que sustancias como NO₂, están por encima de los límites permitidos. Así mismo se identifica material particulado justo en el límite de los rangos establecidos, lo cual podría representar un riesgo significativo para la salud si no se tiene algún tipo de control.

COLAMINADO DE POLIALUMINIO 3, en espacios con Luz Artificial Directa, se reporta sustancias como CO, NO₂, las cuales están por encima de los límites permitidos. Así mismo se identifica material particulado justo en el límite de los rangos establecidos y sustancias como NO₂, NH₃ están por encima de los límites permitidos.

COLAMINADO DE POLIALUMINIO 4, en espacios con Luz Artificial Directa y Sombra Interior Noche, sustancias como CO, NO₂, están por encima de los límites permitidos. Así mismo se identifica material particulado justo en el límite de los rangos establecidos, lo cual podría representar un riesgo para la salud.

4. DISCUSIÓN

4.1. PLACAS ABS (ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIERENO)

El ABS es un copolímero de tres componentes diferentes, butadieno, estireno y acrilonitrilo. Los copolímeros de butadieno-estireno aumentan la resistencia al impacto y el acrilonitrilo tiene tendencia a formar enlaces químicos con componentes externos. (FS Kamelian, 2017)

En general, este material a pesar de sus propiedades mecánicas las cuales generan beneficios desde el punto

de vista de resistencia y estabilidad, las placas ABS desprenden gases que pueden ser riesgosos para la salud Humana, los resultados demuestran que para diferentes ambientes se producen COVs y material particulado por encima de los rangos establecidos para su uso.

4.2. LAMINA GRIFERÍA PVC

Este material se destaca por sus propiedades de Tensión y Flexión, lo cual implica que es un material con resistencia significativa, estabilidad y durabilidad, por lo tanto, esto facilita su aplicación en distintos mobiliarios. Sin embargo, con la manipulación de este material se identifican gases nocivos para la salud humana, especialmente en ambientes interiores. Así mismo, por la naturaleza del material se detecta material particulado (pm2.5 y pm10) sobrepasando los rangos permitidos.

4.3. MADERA PLÁSTICA

El compuesto de madera y plástico (WPC) es un material compuesto hecho de plástico como matriz y madera como relleno (Gardner et al., 2015). Su estructura homogénea le otorga propiedades de estabilidad en la utilización como mobiliario, comparado con los demás materiales. Los resultados de las pruebas mecánicas confirman que al someter este material a condiciones de presión (Tensión y Flexión), la resistencia del material es apta para la fabricación de muebles y otros espacios, se evidencia la presencia de gases especialmente NO₂, y material particulado, es por ello que se recomienda mantener buena ventilación para evitar la saturación en el aire de estos compuestos.

4.4. VINILO

Para este material tanto delgado como grueso, reporta resultados similares. Según las mediciones realizadas para los distintos ambientes, se observa una mayor incidencia de gases y COVs, en ambientes externos especialmente cuando se ven expuestos a la luz solar. Lo anterior se ve reflejado en los índices reportados por los sensores, los cuales están por encima de los límites permitidos.

4.5. POLIALUMINIO

El polialuminio es un material producto del reciclaje de envases de material colaminado (comercialmente

Tetrapak). Estos materiales presentan pruebas no satisfactorias con respecto a sus propiedades mecánicas, debido a que sus índices de Flexión y Tensión son bajos y por lo tanto, estos materiales no tendrían la suficiente estabilidad y su estructura puede afectarse con la manipulación constante. Así mismo, por su naturaleza, estos materiales contienen derivados del petróleo con residuos de aluminio y cartón, por lo tanto, en las mediciones realizadas se detectan gases como NH₃, CO y NO₂, para los distintos ambientes experimentales. Es por ello que para su aplicación, desde el punto de vista estructural y de contaminación, se recomienda hacer seguimiento del mismo, debido a inestabilidad.

5. CONCLUSIONES

La investigación sobre VOCs y materiales sostenibles sigue siendo un reto importante a nivel mundial y en especial en Latinoamérica. Por un lado, debido a la complejidad de la medición de las emisiones de VOCs, ya que esta requiere de una metodología precisa y estandarizada, ya que se debe considerar que los niveles de emisión de VOCs pueden variar según el ambiente y las condiciones específicas de uso, por otro lado, la falta de información sobre los efectos a largo plazo de los compuestos orgánicos volátiles en la salud humana y el medio ambiente es otro reto que hace necesario realizar estudios que permitan evaluar los efectos a largo plazo de la exposición a VOC en diferentes poblaciones y contextos. La selección de materiales más sostenibles o que en el mercado se conocen con este calificativo, puede tener un impacto en el costo y la disponibilidad de los materiales, lo que puede generar desafíos en la implementación de prácticas más sostenibles y en la promoción de la innovación en la industria.

La investigación sobre VOCs y materiales sostenibles también enfrenta desafíos en la comunicación y la divulgación de los resultados, ya que es importante traducir los hallazgos técnicos en términos comprensibles para diferentes audiencias, incluyendo a los tomadores de decisiones y al público en general. En general, la investigación sobre VOCs y materiales sostenibles presenta desafíos importantes, pero también ofrece oportunidades valiosas para promover la sostenibilidad y la salud humana en la industria y la sociedad en general. Este tipo de investigación puede ser utilizado como base para la toma de decisiones en la planificación urbana y el diseño de edificios más saludables y sostenibles, ya que los resultados pueden ayudar a los arquitectos y

urbanistas a diseñar edificios y espacios que minimicen la emisión de VOCs y otros contaminantes, promoviendo así el bienestar de las personas y el medio ambiente. En general, la investigación sobre VOCs y materiales sostenibles puede generar importantes contribuciones en la promoción del desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de las personas.

AGRADECIMIENTOS

A la Pontificia Universidad Javeriana- PUJ, a su Vicerrectoría de Investigación por la financiación del proyecto (Convocatoria 2020 de proyectos interdisciplinarios). A la facultad de Ciencias por el préstamo del laboratorio de Materiales. Al Design Factory de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la PUJ por los espacios utilizados para el desarrollo del prototipo y la pruebas. A la oficina de suministros de la PUJ, a su director Carlos Alberto Sánchez, por facilitar la información de proveeduría de los materiales utilizados en el campus de la Universidad.

BIBLIOGRAFÍA

CASTRO-HURTADO, I.; MANDAYO, G. G.; CASTAÑO, E. J. T. S. F. Conductometric formaldehyde gas sensors. A review: From conventional films to nanostructured materials. **Thin Solid Films**, v. 548, p. 665-676, 2013.

ZHU, L.; SHEN, D.; LUO, K. H. A critical review on VOCs adsorption by different porous materials: Species, mechanisms and modification methods. **Journal of hazardous materials**, v. 389, p. 122102, 2020.

DEMIREL, G. et al. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. **Science of the total environment**, v. 473, p. 537-548, 2014.

ADAMOVÁ, T.; HRADECKÝ, J.; PÁNEK, M. Volatile organic compounds (VOCs) from wood and wood-based panels: Methods for evaluation, potential health risks, and mitigation. **Polymers**, v. 12, n. 10, p. 2289, 2020.

CICOLELLA, A. Volatile Organic Compounds (VOC): definition, classification and properties. **Revue des maladies respiratoires**, v. 25, n. 2, p. 155-163, 2008.

ISO, I. 16000-5: **Indoor Air**—Part 5: Sampling Strategy

for Volatile Organic Compounds (VOCs). ISO: Geneva, Switzerland, 2007.

GMINSKI, R. et al. Chemosensory irritations and pulmonary effects of acute exposure to emissions from oriented strand board. **Human & experimental toxicology**, v. 30, n. 9, p. 1204-1221, 2011.

KIM, S. et al. TVOC and formaldehyde emission behaviors from flooring materials bonded with environmental-friendly MF/PVAc hybrid resins. **Indoor Air**, v. 17, n. 5, p. 404, 2007.

BROWN, S. K. Occurrence of volatile organic compounds in indoor air. In: **ORGANIC INDOOR AIR POLLUTANTS: OCCURRENCE—MEASUREMENT—EVALUATION**. Springer, p. 170-184, 1999.

VAN DER WAL, J. F.; HOOGEVEEN, A. W.; WOUDA, P. The influence of temperature on the emission of volatile organic compounds from PVC flooring, carpet, and paint. **Indoor air**, v. 7, n. 3, p. 215-221, 1997.

KIRKESKOV, L. et al. Health evaluation of volatile organic compound (VOC) emission from exotic wood products. **Indoor air**, v. 19, n. 1, p. 45, 2009.

WIGLUSZ, R. et al. Volatile organic compounds emissions from particleboard veneered with decorative paper foil. **Polimery**, v. 47, n. 4, p. 283-289, 2002.

DU, Z. et al. Benzene, toluene and xylenes in newly renovated homes and associated health risk in Guangzhou, China. **Building and Environment**, v. 72, p. 75-81, 2014

Adamová, T., Hradecký, J., & Pánek, M. (2020). Volatile organic compounds (VOCs) from wood and wood-based panels: Methods for evaluation, potential health risks, and mitigation. **Polymers**, 12(10), 1–21. <https://doi.org/10.3390/polym12102289>

AUSÍN, V., ABELLA, V., DELGADO, V., & HORTIGÜELA, D. (2016). Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC. Una experiencia de innovación docente desde las aulas universitarias. **Formacion Universitaria**, 9(3), 31–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000300005>

BALDASSARRE, B., KESKIN, D., DIEHL, J. C., BOCKEN, N., & CALABRETTA, G. (2020, November 10). Implementing

sustainable design theory in business practice: A call to action. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123113>

BELUCIO, M., RODRIGUES, C., ANTUNES, C. H., FREIRE, F., & DIAS, L. C. (2021). Eco-efficiency in early design decisions: A multimethodology approach. **Journal of Cleaner Production**, 283, 124630. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124630>

BOORSMA, N., BALKENENDE, R., BAKKER, C., TSUI, T., & PECK, D. (2021). Incorporating design for remanufacturing in the early design stage: a design management perspective. **Journal of Remanufacturing**, 11(1), 25–48. <https://doi.org/10.1007/s13243-020-00090-y>

Ramli, N. A., & Yunus, R. M. (2020). Awareness and attitudes towards sustainable development in higher education institutions in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121994. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121994>

Romano, M., Giaccone, R., & Zanetti, M. C. (2020). Eco-design practices: A systematic review and bibliometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123001>

Scrucca, F., Fattore, G., & Parente, R. (2020). Circular economy and sustainability: A bibliometric analysis and future research directions. **Journal of Cleaner Production**, 263. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121582>

van der Voordt, T., & Knoepfel, P. (2018). Planning sustainable buildings: An update on recent progress. **Journal of Cleaner Production**, 172, 2339–2345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.031>

Zhang, R., Wang, H., Tan, Y., Zhang, M., Zhang, X., Wang, K., ... Xiong, J. (2021). Using a machine learning approach to predict the emission characteristics of VOCs from furniture. **Building and Environment**, 196(February), 107786. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107786>. Acesso em: 19 mar. 2023.

AUTORES

ORCID: 0000-0002-8264-6352

WILLMAR RICARDO RUGELES JOYA, MSc Ecodesign | Pontificia

Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: rugeles-w@javeriana.edu.co

ORCID: 0000-0002-7397-5664

ANGELA MARGARITA MONCALEANO NIÑO, PhD Ciencias del mar | Pontificia Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: Amoncaleano@javeriana.edu.co

LUCIA XIMENA TELLO, Ingeniera Química | Pontificia Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: luciax.telloc@javeriana.edu.co

ORCID: 0000-0002-4445-5328

HENRY ALBERTO MÉNDEZ PINZON, Doctor rerum naturalium | Pontificia Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: hmendez@javeriana.edu.co

ORCID: 0000-0003-1592-1008

CAROLINA VALBUENA, MSc Arquitectura Sostenible | Pontificia Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: valbuenas@javeriana.edu.co

ORCID: 0000-0002-6316-5844

CARLOS DEVIA CASTILLO, PhD Ingeniería | Pontificia Universidad Javeriana| Bogotá - Colombia | Carrera 7ª No.40-62 Edificio 18 Bogotá, Colombia | E-mail: cdevia@javeriana.edu.co

COMO CITAR ESTE ARTIGO

JOYA, Willmar Ricardo Rugeles; NIÑO, Angela Margarita Moncaleano; TELLO, Lucia Ximena; PINZON, Henry Alberto Méndez; VALBUENA, Carolina; CASTILLO, Carlos Devia. MIX Sustentável, v. 9, n. 4, p. 171-181, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mix-sustentavel>>. Acesso em: [_/_/_](https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.171-181). doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.171-181>>.

PRESENTADO EN: 01/06/2023

ACEPTADO EN: 01/07/2023

PUBLICADO EN: 30/08/2023

EDITORES RESPONSABLES: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro de contribución del autor:

Taxonomía CRediT (<http://credit.niso.org/>)

WRRJ: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

AMMN: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

LXT: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

HAMP: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

CV: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

CDC: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

Declaración de conflicto: nada ha sido declarado.

O DESIGN PARA ADAPTABILIDADE (DFAD) E A BIOMIMÉTICA: O ESTUDO DE CASO PAVILHÃO DE PESQUISA DO ICD-ITKE 2013-14

DESIGN FOR ADAPTABILITY (DFAD) AND BIOMIMICRY: THE ICD-ITKE 2013-14 RESEARCH PAVILION CASE STUDY

DISEÑO PARA LA ADAPTABILIDAD (DFAD) Y BIOMIMETISMO: ESTUDIO DE CASO DEL PABELLÓN DE INVESTIGACIÓN ICD-ITKE 2013-14

PLÁCIDO FERNANDES CALUETE NETO | PPGDesign - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

JOSÉ EVANDRO HENRIQUES, Me. | Adaptable Futures - Loughborough University, Inglaterra

AMILTON JOSÉ VIEIRA DE ARRUDA, Ph.D | PPGDesign - Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

RESUMO

O desafio ambiental contemporâneo, marcado principalmente pelas emissões de gás carbônico na atmosfera que intensificam as mudanças climáticas, têm culminado em consequências planetárias já consideradas irreversíveis. Nesse sentido, este artigo busca enfatizar o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura, através da consideração ao ciclo de vida das edificações e a acomodação às mudanças. Para isso, realizou-se uma compreensão do Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, destacando as vantagens quanto à lógica projetual, estrutural e material para artefatos efêmeros bioinspirados. Ressaltou-se, por fim, que o olhar à Natureza, como fonte de soluções e referências, mostra-se como uma alternativa de projeto para balancear e/ou reduzir os impactos advindos com as ações humanas desmedidas.

PALAVRAS-CHAVE

Design para adaptabilidade; biomimética; arquitetura efêmera; pavilhão.

ABSTRACT

The contemporary environmental challenge, marked mainly by carbon dioxide emissions into the atmosphere that intensify climate change, has culminated in planetary consequences already considered irreversible. In this sense, this article seeks to emphasize Design for Adaptability (DfAD) as a Biomimicry design practice to be applied in Architecture, through consideration of a building's life cycle and accommodation to changes. For this, an understanding of the ICD-ITKE 2013-14 Research Pavilion was carried out, highlighting the advantages in terms of design, structural and material logic for ephemeral bioinspired artifacts. Finally, it was emphasized that the look to Nature, as a source of solutions and references, shows itself as a design alternative to balance and/or reduce the impacts arising from excessive human actions.

KEYWORDS

Design for adaptability; biomimicry; ephemeral architecture; pavilion.

RESUMEN

El desafío medioambiental contemporáneo, marcado principalmente por las emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera que intensifican el cambio climático, ha culminado en consecuencias planetarias ya consideradas irreversibles.



En este sentido, este artículo pretende enfatizar el Diseño para la Adaptabilidad (DfAD) como una práctica de diseño Biomimético a aplicar en Arquitectura, a través de la consideración del ciclo de vida de los edificios y la acomodación a los cambios. Para ello, se llevó a cabo una comprensión del Pabellón de Investigación ICD-ITKE 2013-14, destacando las ventajas en términos de diseño, lógica estructural y material para artefactos efímeros bioinspirados. Por último, se hizo hincapié en que mirar a la Naturaleza como fuente de soluciones y referencias es una alternativa de diseño para equilibrar y/o reducir los impactos derivados de las excesivas acciones humanas.

PALABRAS CLAVE

Diseño para la adaptabilidad; biomimetismo; arquitectura efímera; pabellón.

1. INTRODUÇÃO

A emissão desmedida de gás carbônico na atmosfera, principalmente pós industrialização, foi a principal responsável pelo aumento de aproximadamente um grau Celsius (1°C) na temperatura global, número que tende a crescer nas próximas décadas (IPCC, 2018). Diante dessa problemática, as ações humanas são vistas como fundamentais no combate às consequências advindas com as mudanças climáticas e que definem o desafio ambiental contemporâneo na Era do Antropoceno (KOLBERT, 2021). De acordo com o Report do *Intergovernmental Panel on Climate Change*:

as ações humanas ainda têm o potencial de determinar o curso futuro do clima. A evidência é clara de que o dióxido de carbono (CO²) é o principal impulsionador das mudanças climáticas, mesmo que outros gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos também afetem o clima. [...] Reduções fortes e sustentadas nas emissões de dióxido de carbono (CO²) e outros gases de efeito estufa limitariam as mudanças climáticas (IPCC, 2021, p.1-3, grifo nosso, tradução nossa).

O combate aos impactos das mudanças climáticas é considerado um dos pontos chave do Sustainable Development Goals da ONU (ponto 13 – Climate Action). Nessa perspectiva, enfatiza-se aqui o olhar à Natureza como referência projetual, estratégia que não é recente (DIAS, 2014), mas que tem se tornado cada vez mais evidente em campos de estudo como o Design, a Arquitetura e a Engenharia, por meio do papel transformador da alfabetização ecológica (WAHL, 2020; PAPANEK, 1995) e da responsabilidade coletiva frente aos problemas ambientais, através do entendimento do presente e olhar ao futuro (KAZAZIAN, 2005).

Através da Revolução Biomimética evidencia-se a Natureza como modelo, medida e mentora (BENYUS, 1998), objetivando um aumento na relação do homem com o ambiente natural e ampliando os sentimentos de participação e pertencimento (SOARES, ARRUDA, 2018). O termo tem origem na palavra grega *biomimesis*, sendo *bio* referente à vida e *mimises* à imitação, tendo como base a interdisciplinaridade (ARRUDA et al., 2019).

A “implementação de um bom design baseado na Natureza” (VICENT, 2012, p.28), deve, segundo Pawlyn (2016), ser equilibrada: sem romantismo desenfreado ou ceticismo que desconsidere os avanços humanos. Mas,

percebendo os valores naturais em sua relevância nos contextos atuais, fonte de soluções e referências, principalmente nas etapas iniciais de projeto (MACKENZIE, 1991). Nota-se, nesse sentido, um aumento da relação das áreas projetuais com a Biologia, através da criação de artefatos bioinspirados (MEYERS, 2012). Mazzoleni (2013) aborda a noção de interconectividade, ou seja, do entendimento de que elementos exercem influências entre si e estão vinculados.

Portanto, este artigo reúne discussões acerca da bioinspiração tendo como objetivo geral enfatizar o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura (HENRIQUES, 2022). Tem-se como objetivos específicos:

- I) Desenvolver um debate teórico entre o DfAD, a Efemeridade e a Biomimética;
- II) Compreender um pavilhão como exemplo de artefato efêmero bioinspirado (estudo de caso);
- III) Destacar vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética a ser aplicada em artefatos efêmeros - adquiridas com o estudo de caso.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa, de caráter exploratório e qualitativo, dividiu-se em três etapas seguindo os objetivos específicos mencionados anteriormente. Primeiramente, foi realizada uma revisão da literatura de modo a construir o embasamento teórico entre três temas principais: (1) o Design para Adaptabilidade (DfAD); (2) a noção de efemeridade na Arquitetura (com foco nos Pavilhões Expositivos); e (3) a Biomimética.

Em seguida, escolheu-se para compreensão e estudo mais aprofundado o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, concluído em 2014. Justifica-se sua escolha pela utilização dos princípios da Biomimética desde sua concepção até a construção, alinhado à sofisticação tecnológica. Assim, esse estudo de caso teve como base a investigação de estruturas leves biológicas no desenvolvimento de uma técnica para criação de um sistema modular. No geral, estudos de caso permitem a exploração de um fenômeno em seu contexto e diante de variáveis (GIL, 2008).

Por fim, fez-se um destaque das soluções bioinspiradas presentes no estudo de caso, destacando as vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética na Arquitetura quanto às lógicas projetual, estrutural e material.

3. RESULTADOS

3.1. Aspectos entre o Design para Adaptabilidade e a Efemeridade na Arquitetura

O Design para Adaptabilidade (DfAD) é definido como “o processo de extensão de vida do ambiente construído” (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). No contexto do ciclo de vida, o DfAD constitui-se como uma alternativa projetual para modificar, renovar, reconfigurar, expandir ou reutilizar edificações (ROCKOW et al., 2018), considerando principalmente os impactos econômicos, sociais e ambientais (SANCHEZ, HAAS, 2018). Sua aplicação pode gerar menores gastos e maior impacto principalmente nas etapas iniciais de projeto (SCUDERI, 2019).

Primeiramente, é preciso destacar dois fatores chave para o conceito de Adaptabilidade enquanto capacidade de acomodação efetiva às demandas em evolução (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016): mudança e tempo. Edificações mudam pois possuem diferentes tipos de dinâmica (BRAND, 1994), sendo importantes as formas de adequação às necessidades (BURING, 2017). Nessa perspectiva, a aceitação do tempo faz-se importante, pois reflete o contexto. O tempo pode ser linear (longos e curtos prazos) ou cíclico (dia, noite/ dia de semana, fim de semana, etc) (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). Para Brand (1994), arquitetos devem ser “artistas do tempo”, já que o entendimento do “cronológico” na Arquitetura enquanto permanência é uma ilusão:

Entre o mundo e a nossa ideia do mundo há uma distorção fascinante. A arquitetura, imaginamos, é permanente. E assim nossos prédios nos frustram. Porque eles descontam o tempo, eles fazem mau uso do tempo. **Quase nenhum edifício se adapta bem. Eles são projetados para não se adaptar.** [...] Mas todos os edifícios (exceto monumentos) se adaptam de qualquer maneira, ainda que mal, porque os usos dentro e ao redor deles estão mudando constantemente (BRAND, 1994, p. 2, grifo nosso, tradução nossa).

De forma mais específica, o DfAD é investigado aqui enquanto prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura para aumentar a performance futura de uma edificação (HENRIQUES, 2022). Para isso, buscou-se um aprofundamento da temática na arquitetura efêmera, justificada pelo cruzamento dos fatores mudança e tempo - essenciais na costura de entendimento do DfAD.

Do grego *ἐφήμερος* (ephēmeros), a palavra efêmero se refere a algo passageiro, transitório ou de curta duração. Na Arquitetura, essa transitoriedade se situa entre o existir e o deixar de existir. Quanto menor o tempo de existência de uma construção no espaço, maior a sensação de efemeridade (FERNANDES, 2019). Dessa forma, o arquiteto seria o próprio “criador”, auxiliando a determinar o ciclo de vida da edificação. Historicamente, a arquitetura efêmera se revela desde as tendas temporárias para assentamento do homem, como, mais recentemente, nas ocas dos índios ou tendas de circo (KRONENBURG, 1998).

De acordo com Levy (1998), a técnica se faz importante na temática da Efemeridade: o surgimento de novos sistemas estruturais pode aumentar as possibilidades de montagem em um menor período de tempo. Em muitos casos, por exemplo, o artefato pode ser desmembrado em peças menores, facilitando o transporte sem comprometer a rigidez, e gerando mobilidade através de processos de montagem/desmontagem (PAZ, 2008). Nesse raciocínio, o entendimento da fabricação deve estar presente desde as etapas iniciais de projeto, visando um baixo impacto construtivo.

Fernandes (2019) discute ainda que, no geral, toda a Arquitetura seria efêmera, já que o tempo é uma criação humana. Assim, em sua perspectiva, os conceitos de Adaptabilidade e Efemeridade estariam diretamente relacionados. Reconhecer que os edifícios não são eternamente adaptáveis gera reflexões acerca de suas temporalidades, ou seja “a adaptabilidade requer uma abordagem diferenciada e a aceitação de que seu edifício pode não ser infinitamente adaptável” (SCHMIDT III, 2021). Portanto, o caráter efêmero não se caracterizaria como uma exceção à valia de adequação às necessidades humanas e prolongamento de vida útil, benefícios advindos com o processo de adaptação.

3.2. Artefatos efêmeros: A Biomimética nos Pavilhões Expositivos

Como anteriormente abordado, o conceito de Efemeridade está associado com o caráter temporal de uma edificação. O foco aqui é dado ao Pavilhão Expositivo, uma construção pensada para receber exposições temporárias. Segundo Comas (2010), pavilhões são “monumentos efêmeros” que acentuam ambas as dimensões simbólicas e visuais da Arquitetura. Para alguns autores, como Bohrer (2019) e Zein e Amaral (2016), tais artefatos representam um manifesto, marcados pela liberdade criativa e representação de valores que transmitem significados,

provocando, muitas vezes, o *status quo* e gerando, conseqüentemente, quebra de paradigmas.

Os Pavilhões Expositivos surgiram com a finalidade de abrigar eventos, experimentações construtivas e exposições – ou serem a própria exposição. Representam, em adição, um espaço de mutação e experimentação, tanto em questões construtivas quanto teórico/conceituais (LIMA, 2020), tornando possível reflexões acerca da ocupação de espaços públicos e da concepção formal na arquitetura (QUINTELLA, FERREIRA, FLORÊNCIO, 2016).

A crescente busca por soluções preocupadas com as mudanças climáticas pode ser facilmente visualizada no projeto de pavilhões, sobretudo nas últimas décadas, ascendendo a importância de visões sistêmicas e holísticas de projeto. Dentro desse contexto, uma das correntes de pesquisa em crescimento nas áreas do Design, da Arquitetura e da Engenharia, denomina-se Biomimética. O conceito trata do estudo das lógicas modelos e performance da Natureza, visando aplicá-los aos artefatos e atividades humanas (NOME, 2015).

De acordo com Benyus (2006), a Biomimética é uma disciplina que estuda soluções existentes na natureza com o intuito de inspirar soluções de problemas humanos seguindo os preceitos de sustentabilidade e eficiência de recursos. “Dessa forma, apresenta-se como uma área de estudo promissora, em constante desenvolvimento, já que a natureza é um universo de pesquisa com escala imensurável” (LIMA, 2020, p.1). Através da Biomimética, é possível abordar cada elemento natural a partir de uma ótica diferente, seja pela metodologia de projeto, como também por meio de analogias morfológicas e funcionais que podem nortear o pensamento projetual permitindo fazer associações de elementos naturais com possíveis resultados aspirados (SOARES, ARRUDA, 2017).

De forma interligada, têm-se buscado estudar materiais apropriados ou alternativos (e.g. biodegradáveis) como soluções para a concepção de artefatos efêmeros no processo de manufatura reduzindo os impactos ambientais e levando em consideração a possibilidade de reaproveitamento do material, seus encaixes, além da rapidez na montagem (QUINTELLA, FERREIRA, FLORÊNCIO, 2016). Esse desenvolvimento tecnológico tem direcionado, na contemporaneidade, para soluções morfológica-mente mais orgânicas e complexas, com olhar à Natureza.

Muitas dessas ferramentas e processos trazem consigo uma lógica projetual de concepção por meio de códigos computacionais inovadores desde as fases iniciais, passando pelo *workflow* de projeto, até a instalação final. Por meio de processos de prototipagem rápida e fabricação

digital, é possível simular e experimentar em laboratório, de modo a validar a resistência, a plasticidade, a morfologia e os encaixes, por exemplo, sejam em tamanhos reduzidos, como também em escala real.

A fim de trazer essa discussão para um ambiente de investigação exploratória do DfAD enquanto prática projetual Biomimética, escolheu-se como estudo de caso o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14. No geral, o projeto do Pavilhão demonstra, desde a sua concepção à construção, como o estudo da Natureza e sua morfologia, alinhado à tecnologias contemporâneas, dentre elas a robotização e a fabricação, podem aumentar a performance futura do artefato.

3.2.1. Estudo de Caso: compreendendo o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14

O projeto faz parte de uma série bem-sucedida de pavilhões de pesquisa que mostram o potencial de novos processos de design, simulação e fabricação em arquitetura. O objetivo era o desenvolvimento de uma técnica de enrolamento para estruturas compostas modulares de fibra de dupla camada [...] mantendo um grande grau de liberdade geométrica (ICD/ITKE, [s.d]).

O Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14 (Figura 01), é um pavilhão protótipo modular projetado nos anos de 2013 e 2014 pelo Instituto de Projeto Computacional (ICD) e o Instituto de Estruturas de Construção e Projeto Estrutural (ITKE) (ambos da Universidade de Stuttgart). O artefato - que ocupa uma área de aproximadamente cinquenta metros quadrados - foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, dentre eles arquitetos, engenheiros, biólogos e paleontólogos (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

No geral, a sua concepção foi fundamentada em “uma estratégia paralela de design de baixo para cima para a investigação biomimética de cascas compostas de fibras naturais e o desenvolvimento de novos métodos de fabricação robótica para estruturas de polímeros reforçados com fibras” (ICD/ITKE, [s.d]). Nesse sentido, a relação com a Biomimética deu-se através da investigação de estruturas leves biológicas, mais especificamente por meio da análise dos besouros *Elytra*.

Dentre os princípios Biomiméticos destacam-se: (1) a capa protetora de vento, um sistema de dupla camada; (2) composta de fibra natural; e (3) uma matriz proteica reforçada com fibra de quitina. A capa protetora para as asas e



Figura 01: Perspectiva e Vista Aérea.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].



o abdômen, chamada *Elytron*, foi o modelo escolhido para construção: sua performance é dada pela geometria e suas características funcionais; além do caráter anisotrópico, ou seja, apresentando em sua constituição propriedades físicas diferentes (Figura 02) (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

Para isso, modelos tridimensionais dos *Elytra* foram gerados pelo processo da microtomografia computadorizada de alta resolução (Figuras 03a e 03b), que possibilitou um estudo morfológico detalhado das estruturas internas com base na microscopia eletrônica. Estudo tal em níveis do macro ao micro, considerando aspectos como profundidade, dimensões e variações das fibras. Assim, a simulação com ferramentas computacionais (Figura 03c) foi cruzada com a investigação Biomimética (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

A morfologia *Elytra* é baseada em uma estrutura de camada dupla que é conectada por elementos de suporte duplamente curvos semelhantes a colunas, as trabéculas. O layout da fibra dentro de uma trabécula funde os segmentos superiores e

inferiores da casca com fibras contínuas. A distribuição e articulação geométrica das trabéculas é altamente diferenciada ao longo da casca do besouro. Por meio de estudos comparativos de várias espécies de besouros voadores, os princípios estruturais subjacentes podem ser identificados e traduzidos em regras de projeto para morfologias estruturais (ICD/ITKE, [s.d]).

Para a materialização do sistema modular, foi desenvolvido um sistema robótico com eixos colaborativos para enrolar fibras entre duas estruturas controladoras de aço, um robô “mestre” e um “escravo” (Figura 04). A geometria final surge por meio da interação e deformação das fibras estabelecidas à medida que os controladores determinam as extremidades de cada componente (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

Esse processo gera uma conexão entre estrutura, forma, material, e fabricação sendo determinada pelo processo de enrolamento, uma parte integrante da ferramenta

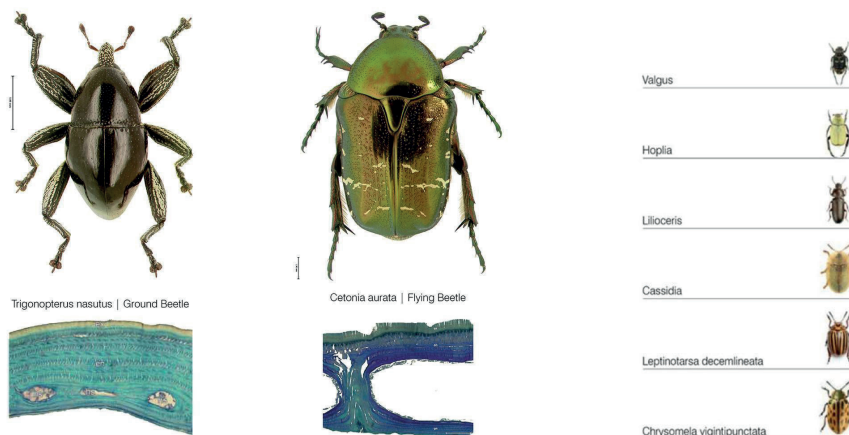


Figura 02: Investigação de estruturas leves biológicas: comparação do Elytron em besouros.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].





Figura 03: (a, b) Microtomografia computadorizada e (c) simulações computacionais.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

computacional de concepção projetual (Figura 05). Não há assim a necessidade de moldes pré-estabelecidos, o que consequentemente evita desperdícios e economia de construção. Polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono foram os materiais escolhidos, no qual sua disposição foi dada de acordo com a análise estrutural e estudo dos esforços (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

O componente (módulo) aqui exposto teve como restrições e variáveis: a angulação; o diâmetro e as alturas máximas; o comprimento das arestas vizinhas; a não-planaridade e o número de vértices (Figura 06). No total, foram confeccionadas 36 peças únicas com alto grau de liberdade geométrica e de suporte de carga eficiente - o que consequentemente leva à utilização de um menor número de módulos (ICD/ITKE, [s.d]; ARCHDAILY, [s.d]).

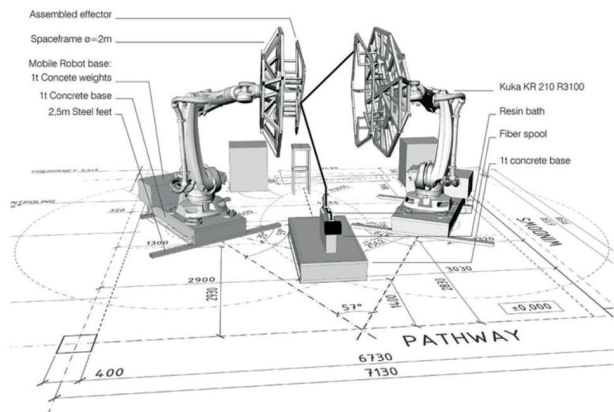


Figura 04: Robôs controladores ("mestre e escravo"): a formação dos módulos.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

As fibras são inicialmente tensionadas linearmente entre os dois quadros efetores. As fibras subsequentemente enroladas assentam-se e tensionam-se umas às outras, o que resulta numa deformação recíproca. Essa interação fibra-fibra gera superfícies duplamente curvas a partir de conexões de fibras depositadas inicialmente retas. A ordem em que os feixes de fibras impregnados de resina [...] são enrolados nos efetores é decisiva para este processo e é descrita através da sintaxe do enrolamento. A sequência específica de enrolamento da fibra permite controlar o layout de cada fibra individual, levando a um processo de design orientado pelo material (ICD/ITKE, [s.d]).

4. DISCUSSÕES

A aplicação de estratégias do DfAD inspiradas por princípios biológicos podem gerar soluções inovadoras (HENRIQUES, 2022). No estudo de caso em análise, as possibilidades de construção foram possíveis graças ao uso de ferramentas projetuais como a simulação computacional, para otimização de formas e parâmetros; e a prototipagem, para realização de testes e validação. Dentre as diversas vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética para maximizar a performance futura de pavilhões, e como uma alternativa à problemática das mudanças climáticas, destacam-se três: quanto à lógica projetual; quanto à lógica estrutural; e quanto à lógica material (Tabela 01).

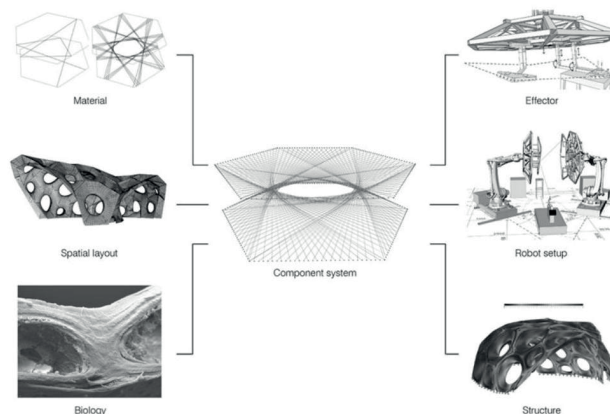


Figura 06: O componente do Pavilhão.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

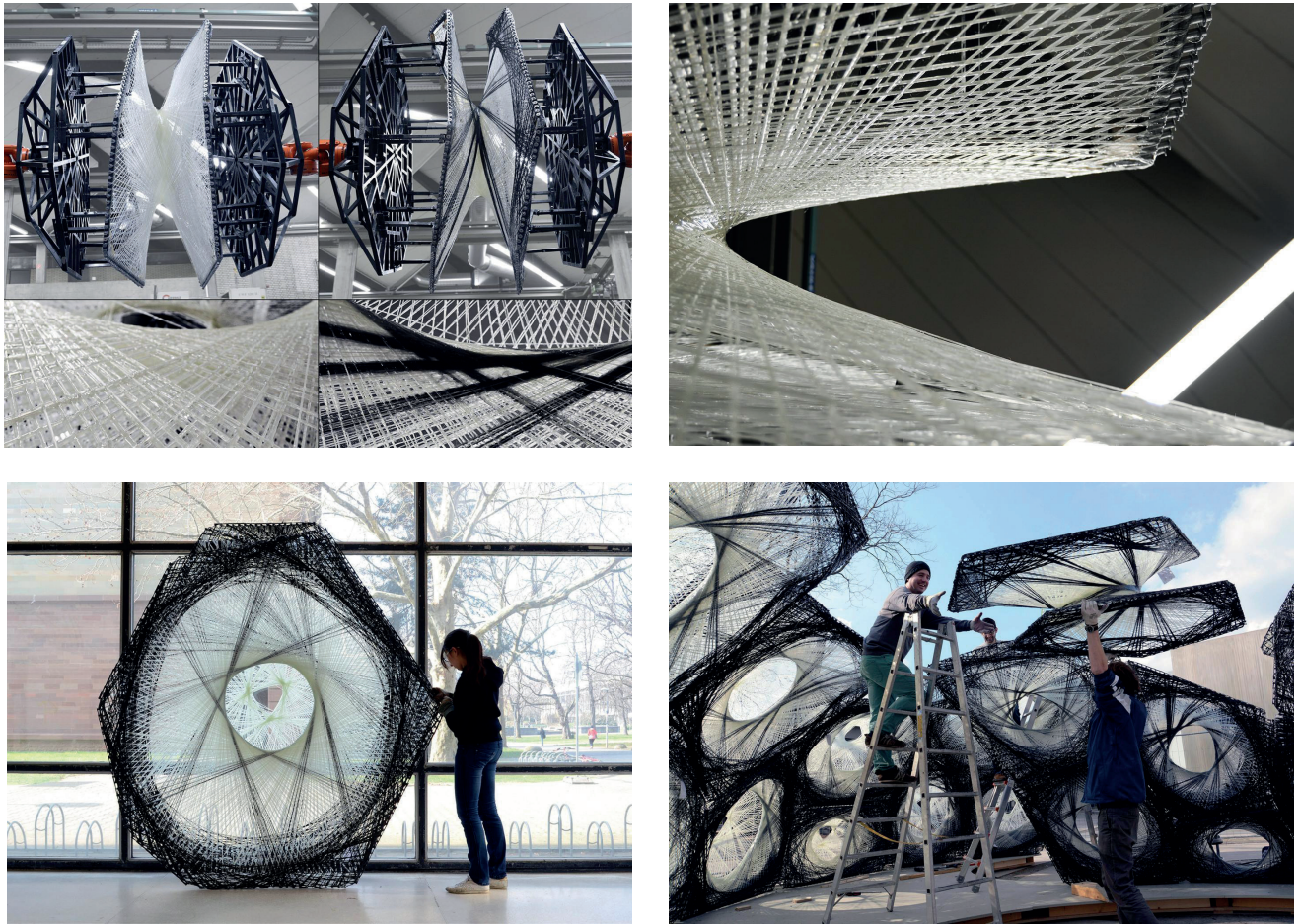


Figura 05: Do módulo à montagem.
Fonte: ICD-ITKE, [s.d].

| <i>Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14</i> | |
|--|--|
| <p>DfAD enquanto prática projetual Biomimética Investigação dos besouros <i>Elytra</i></p> | <p>Vantagens Maximização da performance futura tendo a Natureza como modelo, medida e mentora</p> |
| <p><i>Modulação (lógica projetual)</i> Módulos de geometrias diferentes de caráter autoportante</p> | <p>Possibilidade de diferentes combinações, podendo proporcionar a personalização e a extensão espacial (redução de demolições para readequação)</p> |
| <p><i>Leveza (lógica estrutural)</i> Estruturas compostas em camadas duplas de fibra natural</p> | <p>Economia de recursos e de materiais, permitindo um menor gasto energético e financeiro</p> |
| <p><i>Material (lógica material)</i> Polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono</p> | <p>Resistência e durabilidade, podendo reduzir a quantidade de construções para gerações futuras</p> |

Tabela 01: Vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética na Arquitetura.
Fonte: elaborado pelos autores.

Quanto à lógica projetual, tomou-se como base a estratégia da modularidade, ou seja, através da racionalização das partes físicas do edifício em entidades funcionais

definidas (módulos). No geral, essa ideia centra-se na forma como entidades são funcionalmente montadas e a subsequente capacidade de os separar tardiamente

(SCHMIDT III, AUSTIN, 2016). Essa estratégia possibilitou a construção de componentes autoportantes o que, pensando-se em acomodações às mudanças futuras, pode facilitar na personalização em distintas conformações e extensão do pavilhão, por exemplo.

Quanto à lógica estrutural, cita-se a criação da leve estrutura, que teve como inspiração a morfologia geométrica do inseto - o auxílio de tecnologias de robotização foram essenciais nesse sentido. Essa lógica garantiu economia de recursos e materiais, e possibilitou um aumento da eficiência performativa.

Quanto à lógica material, a utilização de polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono garante um aumento da resistência e durabilidade, além de permitir a criação dos módulos geométricos complexos - apesar de não ser um material de fácil disponibilidade e reposição, o que aumentaria ainda mais a capacidade adaptativa do Pavilhão.

As vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética não encerram nas citadas, que foram escolhidas aqui apenas para fins de exemplificação. É importante destacar as limitações de investigação deste estudo de caso - que teve base exclusivamente em fontes secundárias de pesquisa disponíveis na internet, - se refletem na inicial introdução de possíveis relações entre as temáticas em discussão. Uma exploração mais aprofundada, principalmente considerando os profissionais e pesquisadores que se envolveram no processo de construção do Pavilhão se fazem necessários.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela Natureza enquanto modelo, medida e mentora (BENYUS, 1997) tem sido considerada essencial frente ao desafio ambiental contemporâneo, principalmente ligado à emissão de gás carbônico na atmosfera e, conseqüentemente, às mudanças climáticas (IPCC, 2021). Nessa perspectiva, a Biomimética se consolida como campo de estudo em ascensão (PAWLYN, 2016; VICENT, 2012), definindo-se através do aumento da relação do homem com o meio natural (SOARES, ARRUDA, 2018), e interligando áreas de estudo como o Design e a Arquitetura.

Neste artigo, explora-se o Design para Adaptabilidade (DfAD) como prática projetual Biomimética a ser aplicada na Arquitetura (HENRIQUES, 2022). Define-se o DfAD como “o processo de extensão de vida do ambiente construído” (SCHMIDT III, AUSTIN, 2016) e traz-se aqui o foco em artefatos efêmeros segundo o fator da temporalidade - mais especificamente em Pavilhões Expositivos.

Para isso, é feito o aprofundamento em um estudo de caso, o Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14, que teve desde sua concepção à sua construção a preocupação de cruzamento do olhar à Natureza com a utilização de tecnologia. Dentre as estratégias utilizadas, citam-se a modulação (lógica projetual), por meio de módulos de geometrias diferentes de caráter autoportante; a leveza (lógica estrutural), pelas estruturas compostas em camadas duplas de fibra; e a material (lógica material), com uso de polímeros reforçados com fibras de vidro e de carbono.

Por fim, destacam-se as vantagens do DfAD enquanto prática projetual Biomimética, como a possibilidade de criação de diferentes combinações, a economia de recursos e a resistência/durabilidade. Tais vantagens demonstram que o DfAD representa uma alternativa projetual potencial para combater processos despreocupados com o meio natural, de forma a aumentar a performance futura de artefatos efêmeros.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo de pesquisa Adaptable Futures Group da Loughborough University e ao Biodesign da Universidade Federal de Pernambuco.

REFERÊNCIAS

ArchDaily Brasil. **Pavilhão de Pesquisa do ICD-ITKE 2013-14 / ICD-ITKE** University of Stuttgart. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/627209/pavilhao-de-pesquisa-do-icd-itke-2013-14-icd-itke-university-of-stuttgart>>. Acesso em 18 mar. 2023.

ARRUDA, A. et al (Org.). **Tópicos em Design: Biomimética, Sustentabilidade e Novos Materiais**. Curitiba: Insight, 2019

BENYUS, J. M. **Biomimicry: Innovation inspired by Nature**. New York: HarperCollins, 1997

BOHRER, M. L. **Le Corbusier: Pavilhões Expositivos**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019

BRAND, S. **How buildings learn: what happens after they're built**. New York: Penguin Books, 1994

BURING, N. **Housing the unknown future: Towards**

adaptability in vacant office transformation. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://resolver.tudelft.nl/uuid:69ae1e69-5d8b-4ff3-9177-d6328af049b0>>. Acesso em: 12 mar. 2023.

COMAS, C. E. D. A feira mundial de Nova York de 1939: o pavilhão brasileiro. **Arqtexto**, n. 16, p. 6-15, 2010.

DIAS, E. **A natureza no processo de Design e no desenvolvimento do projeto.** São Paulo: SENAI-SP, 2014

FERNANDES, F.A.L. **Arquitetura Efêmera: por uma reversibilidade sustentável.** Dissertação de Mestrado - Faculdade de Arquitetura de Lisboa, 2019

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6.ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2008

HENRIQUES, J.E.M.R. **O Design para Adaptabilidade no Brasil: um debate entre a Biomimética e a produção acadêmica atual.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, 2022

ICD/ITKE University Stuttgart. **ICD/ITKE Research Pavilion 2013-14.** Disponível em: <<https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/icditke-research-pavilion-2013-14/>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IPCC, **Intergovernmental Panel on Climate Change. Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above preindustrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate.** In Press, 2018

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **IPCC Press Release: Climate change widespread, rapid, and intensifying.** 2021

KAZAZIAN, T. (Org). **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Senac São Paulo, 2005.

KOLBERT, E. **Sob um céu branco: a Natureza no futuro.** Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021

KRONENBURG, R. **Ephemeral - Portable Architecture.** Londres: John Wiley & Son Ltd., 1998.

LEVY, R.N.V.F. **Entre palácios e pavilhões: a arquitetura efêmera da exposição nacional de 1908.** Dissertação de Mestrado – Centro de Letras e Artes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

LIMA, E.C.S. **BIO-LÓGICA: biomimética e design paramétrico aplicados ao desenvolvimento de pavilhão efêmero na Serpentine Gallery - Londres/Reino Unido.** Trabalho de Conclusão de Curso - Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

MACKENZIE, D. **Green Design: design for the environment.** Laurence Kind Ltd, 1991

MAZZOLENI, I. **Architecture Follows Nature: Biomimetic Principles for Innovative Design.** CRC Press, 2013

MYERS, W. **Biodesign: nature, science, creativity.** Londres: Thames & Hudson Ltd., 2012

NOME, N.Q. **Artefatos geradores de microclima: biomimética, parametrização e prototipagem rápida na busca por soluções bioclimáticas para clima quente e úmido.** Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

PAPANEK, V. **Arquitetura e Design: Ecologia e Ética.** Londres: Thames & Hudson, 1995

PAWLYN, M. **Biomimicry in Architecture.** RIBA Publishing, 2016

PAZ, D. **Arquitetura efêmera ou transitória: esboços de uma caracterização.** **Vitruvius**, 2008. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.102/97>>. Acesso em 10 dez. 2019

QUINTELLA, I. P. C. P.; FERREIRA, Í. C.; FLORÊNCIO, E. Q. **Making pavilions: Os pavilhões temporários no contexto das faculdades de arquitetura e urbanismo.** **20th SIGraDi Proceedings**, p. 318-325, 2016

ROCKOW, Z. R.; ROSS, B.; BLACK, A. K. **Review of methods**

for evaluating adaptability of buildings. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 37, n. 3, p. 273–287, 2018

SANCHEZ, B.; HAAS, C. A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 998–1010, 2018

SCHMIDT III, R. In: **The Ultimate Flexible Building**. 2021 Disponível em: <<https://www.the-possible.com/the-ultimate-flexible-building/>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SCHMIDT III, R.; AUSTIN, S. **Adaptable Architecture: Theory and Practice**. Abingdon: Routledge, 2016

SCUDERI, G. **Designing Flexibility and Adaptability: The Answer to Integrated Residential Building Retrofit**. *Designs*, v. 3, n. 1, p. 11, 2019

SOARES, T. L. DE F.; ARRUDA, A.J.V.; Fundamentos da Biônica e da Biomimética e Exemplos Aplicados no Laboratório de Bidesign na UFPE. In: ARRUDA, A.J.V. (Org) **Métodos e Processos em Biônica e Biomimética: a Revolução Tecnológica pela Natureza**. São Paulo: Blucher, p. 7-34, 2018

SOARES, T.; ARRUDA, A. Ecomateriais biomiméticos, um caminho eficiente para a sustentabilidade. **Mix Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 29-45, 2017

VICENT, J. Interview Julient Vicent. In: EGGERMONT, MCKEAG, HOELLER (ed.). **Zygote Quartely ZQ01**, 2012

WAHL, D. C. **Design de Culturas Regenerativas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bambual Editora, 2020

ZEIN, R.V.; AMARAL, I. A feira mundial de Osaka de 1970: O Pavilhão brasileiro. **Arqtexto**, n. 16, p. 108-127, 2010

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7006-2344>

PLÁCIDO FERNANDES CALUETE NETO, Arquiteto, Mestrando em Design | Universidade Federal de Pernambuco | Design, Arquitetura e Urbanismo | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Rua Antonio Passos, 200, apto 102 - Boa Viagem, Recife, PE, 51030040 | e-mail: placidofernandes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6738-6070>

JOSÉ EVANDRO DE MOURA ROSA HENRIQUES, M.Design | Universidade Federal de Pernambuco, Loughborough University | Design, Arquitetura e Urbanismo | Recife, PE - Brasil | Correspondência para: Rua Elizeu César, 61 - Jiquiá, Recife, PE, 50771570 | e-mail: eevandromoura@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4551-4497>

AMILTON JOSÉ VIEIRA DE ARRUDA, Ph.D EM DESIGN | Programa de Pós-graduação em Design da UFPE | RECIFE - PE | Correspondência para: Rua General Aduauto Gomes Barbosa, 94 apt 302 - Várzea - Recife PE | e-mail: amilton.arruda@ufpe.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

NETO, Plácido Fernandes Caluete; HENRIQUES, José Evandro de Moura Rosa; ARRUDA, Amilton José Vieira de. *MIX Sustentável*, v. 9, n. 4, p. 183-193, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <<http://www.nexus.ufsc.br/index.php/mix-sustentavel>>. Acesso em: [_/_/_doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.183-193>](https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.183-193).

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Feroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

PFCN: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, rascunho - revisão & edição.

JEH: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração de projetos, visualização, escrita - rascunho original, rascunho - revisão & edição.

AJVA: conceituação, investigação, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.

ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE EM ADOBES PRODUZIDOS COM REJEITOS DE MINERAÇÃO

CAPILLARY ABSORPTION IN ADOBES PRODUCED WITH MINING TAILINGS

ABSORCIÓN CAPILAR EN ADOBES PRODUCIDOS CON RESIDUOS MINEROS

JHADE I. C. VIMIEIRO | UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

SOFIA A. L. BESSA, Dra. | UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

LARISSA M. MATIAS | UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

GABRIELLA E. F. BATISTA | UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

DAYANE F. ANDRADE, Me. | UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

RESUMO

Adobe é uma técnica construtiva milenar que emprega blocos maciços de terra moldados em estado plástico e secos ao ar. Apesar das vantagens de conforto e baixa energia incorporada, uma fragilidade em construções com terra é a absorção por capilaridade. Para melhorar a impermeabilização do adobe, adicionar estabilizantes como rejeito e cal hidratada, pode ser pertinente. Este estudo teve como objetivo produzir adobes com diferentes teores de substituição, em massa, do solo por sedimento de rejeito de minério de ferro (SRMF) e analisar a influência da adição de 2% de cal, em massa, na absorção de água por capilaridade (AC) dos adobes. O SRMF foi utilizado nos teores de 50, 60 e 70%. Nas misturas sem adição de cal, a AC aumentou à medida que aumenta o teor de SRMF. Já nas misturas com adição de cal, ocorreu o inverso. Os valores da absorção de água por capilaridade podem ser relacionados à densidade dos adobes.

PALAVRAS-CHAVE

Sedimento de rejeito de minério de ferro; estabilização; método de ensaio.

ABSTRACT

Adobe is an ancient construction technique that uses solid earth blocks molded in a plastic state and dried in the air. Despite the advantages of comfort and low embodied energy, a weakness in adobe constructions is absorption by capillarity. Adding stabilizers such as tailings and hydrated lime is pertinent to improve adobe's waterproofing. This study aims to produce adobes with different levels of mass replacement of soil by iron ore tailings sediment (IOT-S) and to analyze the influence of the addition of 2% lime, by mass, on the capillary water absorption (CWA) of the adobes. IOT-S was used in 50, 60, and 70% content. The CWA increased as the IOTS content increased in the mixtures without added lime. On the other hand, in the mixtures with added lime, the opposite occurred. The values of water absorption by capillarity can be related to density.

KEYWORDS

Iron ore tailings sediment; stabilization; Test Method.

RESUMEN

El adobe es una antigua técnica constructiva que utiliza bloques macizos de tierra moldeados en estado plástico y secados al aire. A pesar de las ventajas en términos de comodidad y bajo consumo energético incorporado, una fragilidad en las construcciones de tierra es la absorción capilar. Para mejorar la



impermeabilización del adobe, debese agregar estabilizadores, como la cal hidratada. Este estudio tuvo como objetivo producir adobes con diferentes proporciones de reemplazo del suelo por residuos de mineral de hierro (RMH) y analizar la influencia de la adición de 2% de cal, en masa, en la capilaridad de los adobes. Se utilizó RMH en proporciones de 50, 60 y 70%. En las mezclas sin adición de cal, los valores de capilaridad aumentó a medida que se aumentó el contenido de RMH. En las mezclas con adición de cal ocurrió lo contrario. Los valores de absorción de agua por capilaridad pueden ser correlacionados con la densidad de los adobes.

PALABRAS CLAVE

Sedimento de estériles de mineral de hierro; estabilización; método de ensayo.

1. INTRODUÇÃO

A absorção por capilaridade é um fenômeno físico que ocorre como consequência da tensão superficial de um líquido em um sistema capilar, o que permite que o líquido penetre em meio aos poros (OHOFUGI *et al.*, 2021). Assim, a ocorrência depende das propriedades físicas e granulométricas do material.

O comportamento da absorção por capilaridade (AC) em componentes construtivos com terra é um dos requisitos normativos essenciais para a realização de uma alvenaria durável (RAIMONDO *et al.*, 2009). Este fato se justifica porque a AC pode alterar algumas propriedades mecânicas do material, uma vez que o acúmulo de umidade em componentes construtivos de terra pode causar deterioração devido ao enfraquecimento hidromecânico pelas mudanças de pressões, alterações na carga hidráulica, e consequente erosão. As patologias relacionadas à umidade são as principais causadoras da deterioração das construções com terra (CIRVINI *et al.*, 2014).

Dentre os componentes construtivos de terra, o adobe é uma técnica milenar de construção que utiliza solo arenoargiloso em estado plástico firme. No processo de produção, o adobe é moldado em formas untadas com areia e desmoldado logo em seguida, para, por fim, ser colocado para secar naturalmente, produzindo blocos maciços (MUNOZ *et al.*, 2020).

Devido ao baixo impacto ambiental agregado ao processo de produção, é uma técnica construtiva importante para diminuir o impacto ambiental negativo da construção civil contemporânea (DEGIRMENCI, 2005).

Uma das vulnerabilidades da técnica do adobe, tal qual outros componentes construtivos de terra, está relacionada aos danos causados pela umidade que podem resultar em uma redução da resistência mecânica. De modo geral, a durabilidade de uma alvenaria de adobe está mais relacionada às características de resistência à água do que à resistência mecânica (BECKETT *et al.*, 2020).

Documentos normativos sugerem que com um projeto arquitetônico adequado, com revestimento e proteção da alvenaria, estes danos não ocorrem (ABNT, 2022a; NZS, 2020). No entanto, para atender às normas aplicadas aos materiais industriais, e para melhorar a competitividade dos componentes construtivos de terra no mercado da construção civil, são esperados critérios de durabilidade mais rigorosos (BUI *et al.*, 2009).

Para melhorar a impermeabilização e, conseqüentemente, a durabilidade e a resistência mecânica, pode-se realizar a estabilização do solo, que consiste em adicionar

materiais como aglomerantes, produtos químicos ou mesmo outros tipos de solo (MACHADO *et al.*, 2020).

A adição de cal e de cimento como estabilizantes de componentes construtivos de terra é uma prática comum (LOSINI *et al.*, 2023), contudo o cimento aumenta a energia incorporada da técnica construtiva. Em estudos, a adição de resíduos industriais têm sido avaliada e se apresentam como uma possibilidade na estabilização de adobe (OLACIA *et al.*, 2020).

Alguns autores atestam que a adição da cal pode conferir maior estabilidade dimensional ao adobe e diminuir a absorção de água (MATTOS *et al.*, 2017), principalmente em solos finos e com elevado teor de argila (MANZOOR *et al.*, 2020).

Contudo, a influência da adição de cal na capilaridade tem sido bastante discutida. Alguns pesquisadores defendem que, ao contrário, há um aumento desta propriedade ou não há interferência da cal (MACHADO *et al.*, 2020). Estas discordâncias estão relacionadas à heterogeneidade na composição do solo e às diferenças na estrutura e na formação geológica do solo, além das interações químicas e físicas da mistura estabilizadora (LITTLE *et al.*, 2009).

Ainda que a norma NBR 16814 (ABNT, 2020) trate a respeito da importância da proteção da alvenaria de adobe de maneira que não haja erosão e acúmulo de umidade, não há menção sobre ensaios de absorção de água. Além disto, na literatura, não há consenso do método de ensaio aceito para avaliar a resistência à água do material (BECKETT *et al.*, 2020).

Existem vários ensaios que simulam formas distintas de interação da alvenaria com a água, e mesmo após a escolha do ensaio, ainda há metodologias de ensaio diferentes. Beckett *et al.*, (2020) encontraram que os três ensaios mais realizados para prever a durabilidade de adobes, dentro da revisão da literatura realizada: absorção por capilaridade; absorção por imersão e erosão por escova de arame.

Visto que a capacidade de adobes em absorver água, desempenha um papel significativo em sua durabilidade, avaliar a interação da alvenaria com a água por meio da absorção, é um ensaio primordial (PANAGIOTOU *et al.*, 2022).

Dito isto, existem dois principais tipos de ensaios para avaliar a absorção de água de componentes construtivos de terra: ensaio de absorção total por imersão, onde a amostra é imersa em água por tempo específico; e absorção por capilaridade, onde a face inferior da amostra é imersa em água e sua massa é medida ao longo do tempo.

Contudo, encontrou-se que o ensaio de absorção por imersão é muito agressivo (BECKETT *et al.*, 2020) e não é adequado para adobes apenas com estabilização por

correção granulométrica, pois tendem a se desintegrar ao ser submerso em água. Pesquisas que avaliam a durabilidade de adobes por meio do ensaio de absorção por imersão, utilizam adobes estabilizados com cimento ou solução repelente de água (ALAM; NASEER; SHAH, 2015; SHARMA; MAWAHA; VINAYAK, 2016; OTI; KINUTHIA, 2009).

1.1. A estabilização dos adobes com resíduos

Dentre os resíduos industriais, estudos obtiveram bons resultados no desempenho físico do adobe estabilizado com rejeito de minério de ferro (RMF) em relação ao adobe sem estabilização (SILVA *et al.*, 2014; LI *et al.*, 2019). O uso de RMF na produção de adobe pode ser justificado pelo fato deste material apresentar características químicas e composição granulométrica semelhante aos solos utilizados na produção de adobe (LI *et al.*, 2019) e por ser um resíduo estocado em grandes volumes e fora da cadeia produtiva, o que torna sua utilização uma opção viável do ponto de vista econômico e sustentável, para a produção de adobe.

Soma-se a isso o fato do Brasil ser um país com intensa exploração mineral. Em 2021, o minério de ferro foi o mineral com maior extração no Brasil, com cerca de 567 milhões de toneladas do material bruto, o que gerou cerca de 250 bilhões de reais (BRASIL, 2023). Apesar dos altos lucros, a quantidade de rejeitos gerados durante o processo de beneficiamento e as consequências ambientais ocasionadas pelo armazenamento inadequado destes são as principais questões ambientais associadas à extração do ferro.

No ano de 2015, um desastre relacionado à mineração ocorreu quando a Barragem de Fundão, que armazenava 55 milhões de metros cúbicos de RMF, rompeu em um sub-districto do município de Mariana/MG. O rompimento provocou o deslocamento de rejeito através de rios por 663 km até o litoral do Espírito Santo.

O rejeito despejado no Rio Doce, e seus afluentes, foi dragado para Áreas de Deposição de Material Excedente (ADME) e encontra-se aguardando uma destinação mais adequada. Uma vez que este material possui semelhança com o solo natural, com o qual foi misturado durante o deslocamento dos rejeitos, passou a ser denominado sedimento de rejeito de minério de ferro (SRMF), que não possui as mesmas características dos rejeitos retirados diretamente das barragens, mas ainda possui uma quantidade considerável de ferro (LAGE *et al.*, 2022a).

Ademais, a escolha do adobe está atrelada ao fato de que, nos municípios atingidos pelos rejeitos de minério de ferro, constatou-se a utilização vernácula da terra como material construtivo, pois cerca de 53% dos bens atingidos

pelo rompimento da barragem de Fundão eram construídos com terra, nas técnicas da taipa de pilão, adobe e pau-a-pique (LAGE *et al.*, 2022b).

Portanto, considerando a disponibilidade de SRMF e as propriedades da cal, este estudo teve como objetivo produzir adobes com a incorporação de SRMF e cal hidratada, para analisá-los quanto a absorção por capilaridade.

Esses componentes podem ser a solução para suprir duas lacunas: uma demanda por técnicas construtivas de menor impacto ambiental e a produção de componentes construtivos que estejam de acordo com a tradição construtiva da região de Mariana/MG.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração do ensaio de capilaridade, este estudo foi dividido em quatro etapas: i) coleta dos materiais e caracterização; ii) definição das misturas e produção dos adobes; iii) análise dimensional dos adobes; e iv) análise da absorção por capilaridade.

2.1. Caracterização dos materiais

A amostra de SRMF foi coletada na ADME da cidade de Barra Longa/MG (denominada como BL neste estudo), na qual estava coberta por uma camada de solo para revegetação.

Por isso, a amostra de SRMF foi coletada entre 60 e 80 cm de profundidade. O solo para produção dos adobes foi coletado na cidade de Pedro Leopoldo, que faz parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG.

As amostras de SRMF e de solo foram caracterizadas por meio de ensaios físicos, a saber: granulometria, de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016a); limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP), de acordo com a NBR 6459 e NBR 7180 respectivamente (ABNT, 2016b; 2016c); massa específica, segundo a NBR 16605 (ABNT, 2017); massa unitária e volume de vazios, conforme descrito na NBR 16972 (ABNT, 2021), e absorção de água de acordo com a NBR NM 30 (ABNT, 2000) (Tabela 01).

A cal hidratada utilizada neste estudo é do tipo CH-I que atende os requisitos técnicos da norma NBR 7175 (ABNT, 2003), e possui ampla disponibilidade no mercado regional.

2.2. Definição das misturas, moldagem dos adobes e análise dimensional

A proporção granulométrica do solo para produção de adobe, recomendado pela NBR 16814 (ABNT, 2020), é diferente da proporção recomendada pela da norma peruana E.080 (NTE,

| Amostra | Granulometria (%) | | Índice de plasticidade (%) | Massa específica (kg/m ³) | Massa unitária (kg/m ³) | Índice de vazios (%) | Absorção de água (%) |
|---------|-------------------|-------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Argila | Areia | | | | | |
| Solo | 55,50 | 28,00 | 22 | 2340 | 1012 | 57,50 | 21,28 |
| SRMF | 9,50 | 41,50 | - | 2790 | 1368 | 64,20 | 7,52 |

Tabela 01: Caracterização física das amostras de solo e de SRMF.

Fonte: Autoras.

| Norma de adobe brasileira | Norma de adobe peruana |
|----------------------------|----------------------------|
| areia: entre 45 % e 65 %; | areia: entre 55 % e 70 %; |
| argila: entre 25 % e 35 %; | argila: entre 10 % e 20 %; |

Tabela 02: Proporção de areia e argila – normas de adobe brasileira e peruana.

Fonte: NBR16814 (ABNT, 2020) e E.080 (NTE, 2000).

2000), conforme pode ser observado na Tabela 02.

A norma brasileira não apresenta qual a norma utilizada para a classificação do solo. Dessa forma, utilizou-se a classificação de areia e argila da NBR 6502 (ABNT, 2022b). A norma peruana não cita como deve ser realizada a análise granulométrica do solo.

Para esta pesquisa, utilizou-se a classificação de solos de acordo com a NBR 6502 (ABNT, 2022), a qual classifica a argila como partículas com dimensões menores que 0,002 mm e a areia com partículas de diâmetros entre 0,06 mm e 2,00 mm.

Em trabalhos anteriores, foi utilizada a faixa granulométrica da NBR 16814 (ABNT, 2022) como referência, porém os adobes não apresentaram valores adequados no ensaio de resistência à compressão (VIMIEIRO *et al.*, 2022).

A norma peruana é mais antiga e consolidada no meio

científico, Sánchez *et al.*, (2022) apresentam que 44% dos artigos analisados usam a norma peruana como referência para produção de adobe. No entanto, não se pode descartar as características do solo, que possui teor elevado de caulinita, uma argila de baixa atividade. Por esses fatores, os valores da norma peruana foram usados como referência para a proporção granulométrica na produção dos adobe na nova etapa de análises.

Por conta do teor elevado de argila do solo, foi necessário acrescentar partículas arenosas à mistura. O solo de referência foi, portanto, misturado ao SRMF e, posteriormente, corrigido ainda com areia natural para que fossem atingidos os valores de areia e de argila observados na norma peruana. Em paralelo, foram moldados adobes com os mesmos teores de solo, SRMF e areia, e com adição de 2% de cal hidratada tipo CH-I, em massa (Tabela 03).

Os adobes foram moldados em fôrmas de madeira com dimensões de 10x10x20 cm (altura, largura, comprimento) e permaneceram em ambiente de laboratório por 28 dias para a execução do ensaio. O teor de água variou em função da umidade natural do solo e do SRMF e da

| Proporção dos materiais (%) | | | Teor de cal (%) | Granulometria - antes da correção com areia natural (%) | | Areia natural para correção (em relação a 100% de solo) | Granulometria - após a correção com areia natural (%) | |
|-----------------------------|------|------|-----------------|---|---------|---|---|---------|
| Misturas | Solo | SRMF | | % argila | % areia | | % argila | % areia |
| REF | 100 | 0 | 0,00 | 55,50 | 28,00 | 1,40 | 23,13 | 70,00 |
| BL-50 | 50 | 50 | | 32,25 | 40,00 | 0,90 | 16,97 | 68,42 |
| BL-60 | 40 | 60 | | 27,60 | 42,40 | 0,80 | 15,33 | 68,00 |
| BL-70 | 30 | 70 | | 22,95 | 44,80 | 0,70 | 13,50 | 67,53 |
| REF-C | 100 | 0 | 2,00 | 55,50 | 28,00 | 1,40 | 23,13 | 70,00 |
| BL-50-C | 50 | 50 | | 32,25 | 40,00 | 0,90 | 16,97 | 68,42 |
| BL-60-C | 40 | 60 | | 27,60 | 42,40 | 0,80 | 15,33 | 68,00 |
| BL-70-C | 30 | 70 | | 22,95 | 44,80 | 0,70 | 13,50 | 67,53 |

Tabela 03: Traços e proporções dos materiais.

Fonte: Autoras.

consistência ideal de moldagem, que foi aferida em ensaio após a moldagem. Após os 28 dias de cura, foi realizada análise dimensional dos adobes de acordo com a NBR 16814 (ABNT, 2020). Foram aferidas as médias dos valores de altura, largura, comprimento, massa, volume e densidade dos oito adobes moldados para cada mistura.

Absorção de água por capilaridade

O método de ensaio, a formulação e a análise dos resultados obtidos foram definidas em função da especificidade e das características do material e das práticas correntes de ensaio, apoiando os métodos em ensaios na literatura e adaptados de outras áreas de conhecimento.

Dito isto, optou-se por seguir o método de ensaio da norma NBR 9779 (ABNT, 2012) que normatiza o ensaio de absorção por capilaridade em argamassas e concretos, com algumas adaptações, por estas autoras, por se tratar de componente de terra.

Segundo a norma NBR 9779 (ABNT, 2012), a absorção por capilaridade é calculada de acordo com a seguinte Equação 01:

$$C = \frac{Msat - Ms}{s} \quad (01)$$

Sendo C a absorção de água por capilaridade expressa em gramas por centímetro quadrado (g/cm^2); Msat é a massa saturada do corpo de prova em gramas (g); Ms é a massa do corpo de prova seco em gramas (g); e S é a área de seção transversal, expressa em centímetros quadrados (cm^2).

Os adobes foram secos em ambiente de laboratório por 28 dias e a massa seca foi registrada. Os adobes foram envelopados com filme de plástico, seguindo recomendação da literatura (TAALLAH *et al.*, 2016; MACHADO *et al.*, 2020), com exceção da face inferior, para que a absorção ocorresse exclusivamente por esta face, conforme Figura 01.

Pela normativa utilizada (ABNT, 2012) e como encontrado

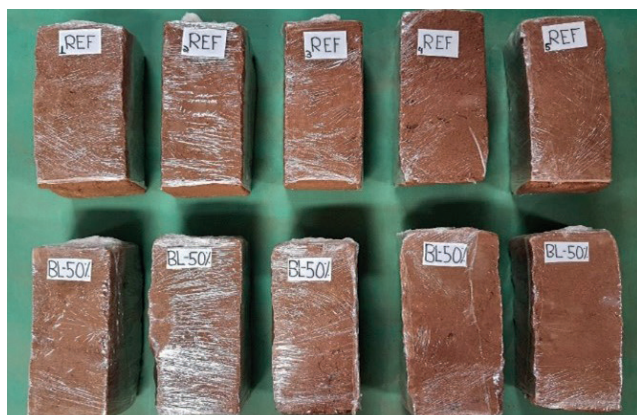


Figura 01: Corpo de prova envelopado em plástico antes da execução do ensaio.
Fonte: Autoras.

em pesquisas (BECKETT *et al.*, 2020), deve-se colocar água em um recipiente e apoiar os adobes sobre bases que os mantenham afastados do fundo do recipiente e que permitam um contato efetivo entre sua face inferior do adobe e a água. Como base, nesta pesquisa, foi utilizado espuma de baixa densidade em uma bandeja com água constante.

O adobe ficou apoiado na espuma verticalmente. Com intuito de garantir a constância de 5 mm de lâmina de água no adobe, uma régua foi fixada na amostra por meio de elástico. A régua também foi necessária para aferir a ascensão da capilaridade no adobe, conforme Figura 02.

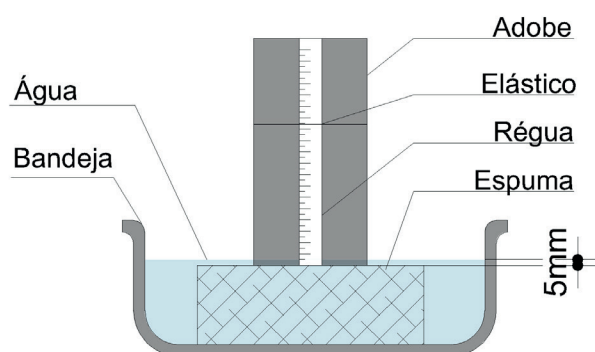


Figura 02: Desenho do sistema para ensaio de absorção por capilaridade.
Fonte: Autoras.

Segundo a norma NBR 9779 (ABNT, 2012), após a colocação dos adobes em contato com a água, deve-se aferir a massa saturada de cada adobe em intervalos definidos até que se complete 72 horas. Contudo, por se tratar de um componente de terra, os intervalos foram adaptados e o ensaio foi realizado até que se completassem quatro horas, em concordância com estudo anterior que também utilizaram componentes de terra (INDEKEU *et al.*, 2021). Após a última aferição, foi realizada a medição da altura da camada de água no interior e no exterior do adobe.

A NBR 9779 (ABNT, 2012) não especifica critérios de aceitação ou reprovação das amostras quanto ao resultado de absorção por capilaridade. Segundo Beckett *et al.*, (2020), o ensaio de capilaridade é um ensaio comparativo, quanto menor a taxa de absorção, melhor o desempenho.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio da análise granulométrica, observou-se que o solo apresenta maior quantidade de partículas finas e elevado teor de argila, o que indica que a estabilização com

cal pode ser adequada (MANZOOR *et al.*, 2020).

O ensaio de LL e LP são importantes para determinar a consistência das amostras. O índice de plasticidade do solo e do SRMF é dado pela subtração do LL pelo LP. O solo apresentou LL de 53% e LP de 31%, portanto apresentou um índice de plasticidade de 22%.

Como o SRMF não apresentou plasticidade, não sendo possível concluir o ensaio, foi então classificado como não plástico. A NBR 16814 (ABNT, 2020) não especifica resultados adequados de índice de plasticidade para produção de adobe. Na literatura consultada foi encontrado a recomendação índice de plasticidade 16% e 33% (HOUBEN; GUILLAUD, 1994).

A atividade de uma argila é, primariamente, atribuída ao mineral de argila a partir do qual se origina. Essa atividade pode ser avaliada por meio do índice de atividade (IA), como proposto por Skempton (1953), o qual é calculado usando a razão entre o índice de plasticidade dividido pela fração de argila presente na amostra do solo, conforme equação 02:

De acordo com Skempton (1953), IA menor do que 0,75 são classificados como argila inativa.

O SRMF apresentou massa específica próxima à da areia, que é de 2650 kg/cm³, o que possibilita a utilização em misturas, com diferentes teores, para se obter um solo mais adequado para produção de adobes, com maior teor de areia. O caráter arenoso do SRMF pode estar associado à composição dos rejeitos que estavam depositados na

$$IA = \frac{IP}{\% \text{ argila}} \therefore \frac{22}{54} \therefore 0,40 \quad (02)$$

Barragem de Fundão, que era um misto de rejeitos arenosos e lama (FIGUEIREDO *et al.*, 2020).

Em estudo prévio (VIMIEIRO *et al.*, 2022), com a análise da composição mineralógica, pôde-se constatar que não foram encontrados minerais argilosos expansivos na amostra de solo, apenas caulinita foi encontrada, esta considerada uma argila não expansível, o que confirma o achado de índice de atividade da argila classificada como inativa. Na amostra de SRMF notou-se a predominância de quartzo (SiO₂) e hematita (Fe₂O₃) e não possui características pozolânicas, uma vez que não se percebe formação de halo amorfo no difratograma (Figura 03).

Em relação a análise dimensional, na Tabela 04, estão apresentados os valores médios das dimensões relativos à altura, largura e comprimento dos adobes, além dos valores médios de massa, volume e densidade.

Os adobes tiveram o desvio das dimensões menor ou igual a 5 mm, como recomenda a NBR 16814 (ABNT, 2020).

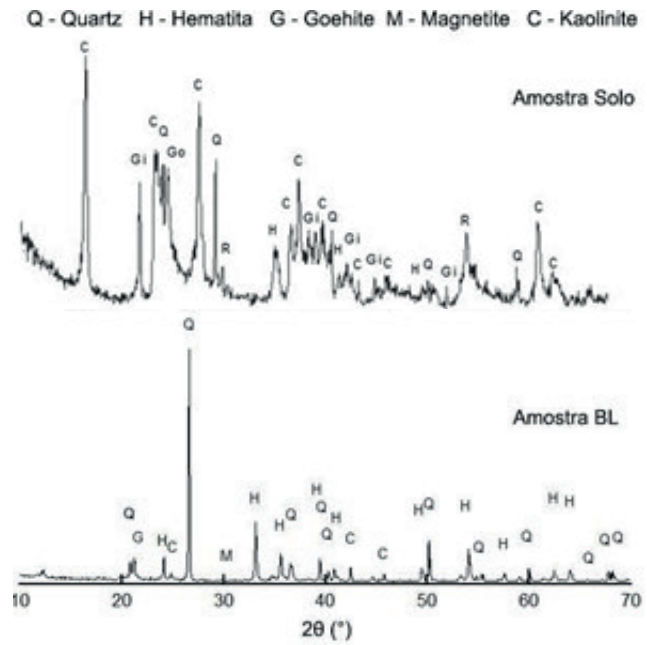


Figura 03: Difratograma das amostras de solo e SRMF de Barra Longa (BL).
 Fonte: Autoras.

| Mistura | Altura (cm) | Largura (cm) | Comprimento (cm) | Massa (g) | Volume (cm ³) | Densidade (kg/m ³) |
|---------|-------------|--------------|------------------|-----------|---------------------------|--------------------------------|
| REF | 9,60 | 9,58 | 19,78 | 3.296,4 | 1.819,8 | 1.811,42 |
| BL-50 | 9,75 | 9,78 | 19,90 | 3.577,0 | 1.901,1 | 1.881,47 |
| BL-60 | 9,55 | 10,00 | 19,53 | 3.524,5 | 1.855,8 | 1.899,14 |
| BL-70 | 9,55 | 10,00 | 19,53 | 3.645,5 | 1.855,8 | 1.964,34 |
| REF-C | 9,80 | 9,78 | 20,23 | 3.260,3 | 1.957,3 | 1.665,68 |
| BL-50-C | 9,93 | 9,90 | 20,20 | 3.426,8 | 1.984,4 | 1.726,83 |
| BL-60-C | 10,00 | 9,95 | 20,13 | 3.535,5 | 2.002,2 | 1.765,75 |
| BL-70-C | 9,93 | 9,90 | 20,13 | 3.575,9 | 1.944,5 | 1.838,96 |

Tabela 04: Análise física e dimensional dos adobes.
 Fonte: Autoras.

Foi possível perceber que a mistura com adição de cal, no geral, apresentou menores valores de densidade aos 28 dias. Em destaque, o valor de densidade obtido pela mistura REF-C que apresentou a menor densidade média. A densidade aparente dos adobes REF-C ficou em 8,05% menor que a média dos adobes REF, que não tem adição de cal.

De acordo com Machado *et al.*, (2020), devido às reações da cal, o tamanho do grão aumenta, levando a um aumento do vazio e uma subsequente diminuição da densidade máxima seca. Este achado corrobora com os resultados obtidos neste estudo, uma vez que as misturas com cal tiveram resultados de densidade menores que as misturas sem cal. Todavia, o aumento do grão e consequente aumento de vazios pode permitir que líquidos penetrem em meio aos poros e aumentar a absorção por capilaridade.

Em relação ao desenvolvimento do ensaio de absorção de água por capilaridade, realizou-se o registro fotográfico de cada intervalo de medição conforme apresentado na Figura 04. Da esquerda para a direita, a

primeira imagem é o adobe antes do contato com a água e, na sequência, o mesmo adobe nos intervalos de 10, 20, 40, 80, 120 e 240 minutos após o contato com a água, respectivamente.



Figura 04: Sequência fotográfica do processo de ascensão capilar da água no mesmo adobe.
Fonte: Autoras.

Cada mistura analisada obteve ao menos quatro resultados significativos. Na Figura 05, pode-se verificar os quatro adobes da mesma mistura (BL-70-C). A fotografia foi feita após o último intervalo de 240 minutos e a altura e o formato da absorção de água, pertinente aos intervalos anteriores foram marcados em cores diferentes com base em registros fotográficos realizados após o respectivo intervalo.



Figura 05: Sequência fotográfica do processo de ascensão capilar da água em uma mistura de adobe.
Fonte: Autoras.

Dessa forma, é possível observar que a ascensão ocorreu de forma homogênea em relação ao tempo dentro de um mesmo grupo, uma vez que as alturas da ascensão se mantiveram similares entre os blocos de adobe.

Com os Gráficos 01 e 02, é possível analisar comparativamente os resultados da absorção de água por capilaridade nos adobes produzidos sem e com a adição de cal, respectivamente. O valor do coeficiente de AC variou entre 1,22 e 2,38 g/cm² nos adobes sem adição de cal, enquanto o valor para adobe com adição de cal, variou entre 2,08 e 4,81 g/cm², com destaque para os adobes REF-C.

Assim, nos adobes sem cal, percebeu-se que o aumento nos teores de SRMF foi diretamente proporcional ao aumento da AC, com exceção da elevada absorção da mistura BL-60. Por outro lado, nas misturas com adição de cal, observou-se justamente o contrário, apresentou diminuição da AC à medida que aumentou os teores de SRMF.

Os valores da AC nos adobes do grupo REF-C estão em acordo com a menor densidade observada nos adobes

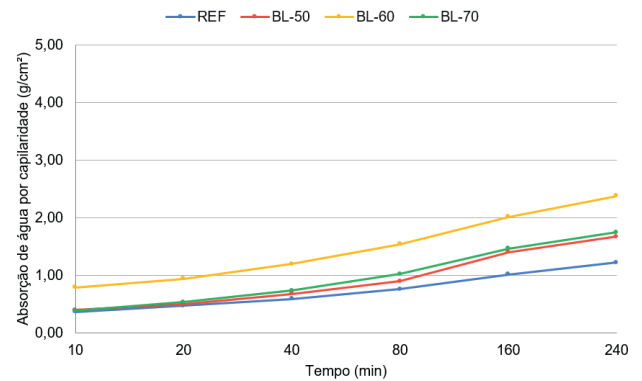


Gráfico 01: Absorção por capilaridade dos adobes sem adição de cal.
Fonte: Autoras.

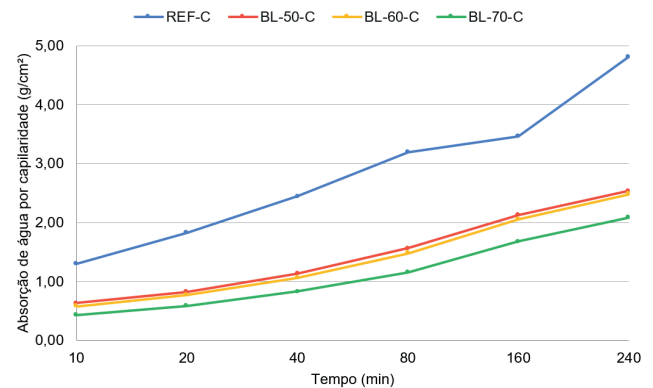


Gráfico 02: Absorção por capilaridade dos adobes com adição de cal.
Fonte: Autoras.

deste grupo. Por exemplo, a mistura REF-C teve a menor densidade e apresentou a maior absorção por capilaridade. A diminuição da densidade resulta em um aumento de vazios na mistura e pode ser o motivo do aumento da AC. A interação solo-sedimento foi melhor no empacotamento das partículas, melhor na densidade e melhor nos índices de vazios da mistura.

Desta forma, é possível considerar que a adição de cal foi positiva na interação solo-sedimento para diminuir a absorção por capilaridade dos adobes na medida em que aumentou os teores de SRMF na mistura. Esta ocorrência pode estar vinculada ao fato de que o SRMF possui alto teor de quartzo e misturas com maior teor de sílica reagem melhor com a cal (BELL, 1989).

Porém, considerando as misturas sem adição de cal que obtiveram resultados de AC menores que as misturas com adição de cal, conclui-se que o teor de 2% de cal na idade analisada, não influenciou de maneira positiva, pois pode ter aumentado os vazios da mistura.

Segundo Minke (2022), a cal interfere na coesão dos minerais da argila e por isso quanto mais argila presente no solo, maior deve ser a porcentagem de cal na mistura. Assim, um maior teor de cal pode beneficiar solos argilosos.

Outro fator significativo é a não identificação de

pozolanicidade do SRMF na caracterização, visto que as pozolanas conferem maior impermeabilidade à mistura. Segundo Little *et al.*, (2009) o processo de estabilização do solo com cal está relacionado, entre outras reações, com a pozolanicidade.

Enfatiza-se que uma melhor estabilização com a cal ocorre com proporções de 2 a 10% (MACHADO *et al.*, 2020). Tendo em vista que o presente estudo utilizou 2% de adição de cal em massa, maiores teores de cal podem obter resultados diferentes do que foi encontrado nesta pesquisa.

O ensaio de AC aplicado nesta pesquisa é uma aproximação razoável do que acontece na realidade, em que a umidade advinda da fundação pode ascender por capilaridade na alvenaria, seja esta de adobes ou não. Contudo, o estudo da durabilidade engloba também ensaios de erosão e abrasão dos adobes. Danso *et al.*, (2015) relataram a possibilidade de avaliar a durabilidade de tijolos de adobe com ensaio de abrasão ou erosão.

Por estas razões, mostra-se relevante analisar a erosão para entender o comportamento dos adobes frente às chuvas intensas que ocorrem particularmente em Minas Gerais no verão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi conduzido para investigar as diferenças na absorção de água por capilaridade entre adobes estabilizados com e sem cal e utilizando o SRMF na mistura para corrigir os teores de areia/argila do solo. O SRMF foi utilizado por sua disponibilidade e por suas características muito semelhantes ao solo da região, uma vez que os rejeitos da Barragem de Fundão foram misturados aos sedimentos do Rio Doce (e de seus afluentes) após o acidente de 2015.

No entanto, algumas conclusões podem ser levantadas:

I) As propriedades granulométricas do solo utilizado mostraram grande teor de argila, porém pouco expansiva, o que o torna favorável à correção granulométrica e à estabilização química para a produção de adobes.

II) As normas, brasileira e peruana, utilizadas como referência nesta pesquisa, sugerem a proporção granulométrica, contudo não classificam ou indicam a classificação da granulométrica do solo. Esse fato apresenta-se como uma falha nas normas, visto que há discordâncias internacionais sobre as frações granulométricas.

III) O método de ensaio de absorção de água por capilaridade se mostrou adequado para componentes construtivos de terra, obteve resultados uniformes

entre adobes da mesma mistura e valores proporcionais ao tempo de contato com a água.

IV) Os valores da absorção de água por capilaridade podem ser relacionados à densidade aparente dos adobes, na idade de ensaio.

V) Os adobes sem adição de cal, mas com incorporação de SRMF, apresentaram valores menores de absorção em relação aos adobes com cal. No teor de 2% na idade analisada, a cal não influenciou positivamente na absorção de água por capilaridade dos adobes.

Dessa forma, estudos futuros podem ser necessários para analisar a interação mais adequada entre o solo argiloso, a cal e os SRMF.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez:** 2016c.

NBR 6502: Solos e rochas - Terminologia. Rio de Janeiro: 2022b.

NBR 7175: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro: 2003.

NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade: 2016b.

NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: 2016a.

NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: 2012.

NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: 2017.

NBR 16814: Adobe - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: 2020.

NBR 16972: Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: 2021.

NBR 17014: Taipa de pilão — Requisitos, procedimentos e controle. Rio de Janeiro: 2022a.

ALAM I. A.; NASEER A, A.; SHAH, A.A. Economical

stabilization of clay for earth buildings construction in rainy and flood prone áreas. **Construction and Building Materials**. V.77, p. 154- 159. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.046>. Acesso em: 30 jul. 2023.

BELL, F. G. Lime stabilisation of clay soils. **Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieu**. R. Vol. 39, 1989. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/bf0259257>. Acesso em: 30 jul. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2023.

BECKETT, C. T.S.; JAQUIN, P. A.; MOREL, J. C. Weathering the storm: a framework to assess the resistance of earthen structures to water damage. **Construction and Building Materials**, v. 242, p. 1-12, 21 jan. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820301033?via=ihub>. Acesso em: 30 jul. 2023.

BUI, Quoc Bao; MOREL, J.C.; REDDY, B. V. Venkatarama; GHAYAD, W. Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. **Building and Environment**, v. 44, n. 5, p. 912-919, maio 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230800156X>. Acesso em: 30 jul. 2023. =S0254-07702014000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 30 jul. 2023.

CIRVINI, Silvia A.; VOLTAN J. A. G. Test and device to evaluate the capillary absorption in soil specimens of adobe and rammed earth . **Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia**. Venezuela, v.37, n.1, p.3-10. 2014. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0254-07702014000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 30 jul. 2023.

DANSO, H.; MARTINSON, D. B.; ALI M.; WILLIAMS, J. B. **Effect of Sugarcane Bagasse Fibre on the Strength Properties of Soil Blocks**. In: 1st int conf bio-based build mater. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280625221_Effect_of_sugarcane_baggasse_fibre_on_the_strength_properties_of_soil_blocks#fullTextFileContent. Acesso em: 30 jul. 2023.

net/publication/280625221_Effect_of_sugarcane_baggasse_fibre_on_the_strength_properties_of_soil_blocks#fullTextFileContent. Acesso em: 30 jul. 2023.

DEGIRMENCI, N. The use of industrial wastes in adobe stabilization. **Journal of Science**, 505 - 515. ISSN 1303-9709. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332014310_THE_USE_OF_INDUSTRIAL_WASTES_IN_ADOBE_STABILIZATION. Acesso em: 30 jul. 2023.

FIGUEIREDO, M.; LAMEIRAS, F.; ARDISSON, J.; ARAÚJO, M. H.; TEIXEIRA, A. P. de C. Tailings from Fundão Tragedy: physical chemical properties of the material that remains by candonga dam. **Integrated Environmental Assessment and Management**, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 636-642, 10 jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ieam.4227>. Acesso em: 30 jul. 2023.

INDEKEU, Margaux L.; JANSSEN, Hans; WOLOSZYN, Monika.W. Determination of the moisture diffusivity of rammed earth from transient capillary absorption moisture content profiles. **Construction and Building Materials**, v. 318, 7 fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125978>. Acesso em: 30 jul. 2023.

LAGE, G. L. T.; MENDONÇA, I. K. NOGUEIRA, J. W. BESSA, S. A. L. **Análise mecânica de solo estabilizado com sedimento da barragem de Fundão**. Rede Terra Brasil. 2022a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/358501186_Analise_mecanica_de_solo_estabilizado_com_sedimento_da_Barragem_de_Fundao#fullTextFileContent. Acesso em: 30 jul. 2023.

LAGE, G. L. T.; VIMIEIRO, J. I. C.; MATIAS, L. M.; COSTA, J. M.; BATISTA, G. E. F.; BESSA, S. A. L. **Caracterização do sedimento de rejeito de minério de ferro para uso como estabilizante da taipa de pilão**. 4º Congresso Luso-Brasileiro Materiais de Construção Sustentáveis. 2022b. Disponível em: <https://clbmcs2020.uefs.br/anais-do-evento> Acesso em: 30 jul. 2023.

LITTLE, D. N., NAIR, S. Recommended practice for stabilization of subgrade soils and base materials. National Academies of Sciences, **Engineering, and Medicine**. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.17226/22999>. Acesso em: 30 jul. 2023.

LI, R.; ZHOU, Y.; LI, C.; LI, S.; HUANG, Z. Recycling of industrial waste iron tailings in porous bricks with low thermal conductivity. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 213, p. 43-50, jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.040>. Acesso em: 30 jul. 2023.

LOSINI, Alessia Emanuela *et al.* Biopolymers impact on hygrothermal properties of rammed earth: from material to building scale. **Building and Environment**, v. 233, p. 110087, abr. 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132323001142>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MACHADO, I. C. M.; BORGES, A. N.; SOUZA, J. C.; GITIRANA Jr., G. F. N.; REZENDE, L. R. Influência da Cal na Curva Característica Solo-água de um Solo Tropical. In: ANAIS DO XX COBRAMSEG, 2020, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2020. Disponível em: <https://proceedings.science/p/150131>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MANZOOR, S.O.; YOUSUF, A. Stabilisation of Soils with Lime: A Review. **Journal of Materials and Environmental Science**. Volume 11, Issue 9, Page 1538-1551. ISSN: 2028-2508 2020. Disponível em: <http://www.jmaterenvironsci.com/>. Acesso em: 30 jul. 2023.

MATTOS, F. C.; GONÇALVES, M. R. F. Influência do teor de finos das areias no coeficiente de capilaridade das argamassas de cal expostas ao ambiente marinho. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Curitiba, PR, v.2, n.1,25, jan. / jun., 2017. Disponível em: [10.21575/25254782rmetg2017vol2n1333](https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2017vol2n1333). Acesso em: 30 jul. 2023.

MINKE, Gernot. **Manual de construção com terra: a terra como material de construção e seu uso na arquitetura**. [S.I.]: Solisluna Editora, 2022. v. 1.

MUNOZ, P.; LETELIER, V. MUNOZ, L.; BUSTAMANTE. Adobe bricks reinforced with paper e pulp wastes improving thermal and mechanical properties. **Construction and Building Materials**. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>. Acesso em: 30 jul. 2023.

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACION. **NTE E.080: Adobe**. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2000.

OHOFUGI, N. G.; GÓIS, M. S.; COSTA, K. R. C. B. da; CAVALCANTE, A. L. B. Instrumentação de Baixo Custo em Coluna de Solo para Monitoramento Time-Lapse da Ascensão Capilar / Low Cost Soil Column Instrumentation for Time-Lapse Monitoring of Rising Damp. **Brazilian Applied Science Review**, [S. I.], v. 5, n. 1, p. 226–240, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34115/basrv5n1-014>. Acesso em: 30 jul. 2023.

OLACIA, E.; PISELLO, A. L.; CHIODO, V.; MAISANO, S.; FRAZZICA, A.; CABEZA, L. F.. Sustainable adobe bricks with seagrass fibres. Mechanical and thermal properties characterization. **Construction And Building Materials**, [S.L.], v. 239, p. 117669, abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117669>. Acesso em: 30 jul. 2023.

OTI, J.E.; KINUTHIA, J.M.; BAI, J. Engineering properties of unfired clay masonry bricks. **Engineering Geology**. v.107, p.130-139. 2009. Disponível em: [10.1016/j.enggeo.2009.05.002](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.05.002). Acesso em: 30 jul. 2023.

PANAGIOTOU, R.; KYRIAKIDES, M. A.; ILLAMPAS, R.; IOANNOU, I. An experimental approach for the investigation of the performance of non-stabilized Compressed Earth Blocks (CEBs) against water-mediated weathering. **Journal of Cultural Heritage**, v. 57, p. 184–193, 1 set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.08.009>. Acesso em: 30 jul. 2023.

RAIMONDO, M.; DONDI, M.; GARDINI, D.; GUARINI, G.; MAZZANTI, R. Predisting the initial rate of water absorption in clay bricks. **Construction and Building Materials**. Volume 23, Issue 7, July 2009, Pages 2623-2630. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.01.009>. Acesso em: 30 jul. 2023.

SÁNCHEZ, A.; VARUM, H.; MARTINS, T.; FERNANDEZ, J. Mechanical properties of adobe masonry for the rehabilitation of buildings. **Construction and Building Materials**. Volume 333, 23 May 2022, 127330. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127330>. Acesso em: 30 jul. 2023.

SHARMA, A. Vandna; MARWAHA, Bhanu M.; VINAYAK, Hemant K. Enhancing durability of adobe by natural reinforcement for propagating sustainable mud housing. **International Journal of Sustainable Built Environment**. v.5, p. 141-155. 2016. Disponível em: <http://>

[dx.doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.03.004](https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.03.004). Acesso em: 30 jul. 2023.

SILVA, F. L. da; ARAÚJO, F. G.; TEIXEIRA, M. P.; GOMES, R. C.; VON KRÜGER, F. L. Study of the recovery and recycling of tailings from the concentration of iron ore for the production of ceramic. **Ceramics International**, [S.L.], v. 40, n. 10, p. 16085-16089, dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.07.145>. Acesso em: 30 jul. 2023.

SKEMPTON, A. W. The Colloidal "Activity" of Clays: l'activité colloïdale des argiles. 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 3., 1953, Suíça. **International society for soil mechanics and geotechnical engineering**, 1953. p. 57-61. Disponível em: <https://www.issmge.org/publications/online-library>. Acesso em: 24 jun. 2023.

STANDARDS NEW ZEALAND. **NZS 4299: Earth buildings not requiring specific engineering design**. New Zealand. 2020.

TAALLAH, B.; GUETTALA, A. The mechanical and physical properties of compressed earth block stabilized with lime and filled with untreated and alkali-treated date palm fibers. **Construction and Building Materials**. Volume 104, 1 February 2016, Pages 52-62. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.007>. Acesso em: 30 jul. 2023.

VIMIEIRO, J. I. C.; LAGE, G. T. de L.; MATIAS, L. M.; BATISTA, G. E. F.; COSTA, J. M.; BESSA, S. A. L. **Análises físicas e mecânicas de adobes produzidos com sedimento de rejeito de minério de ferro**. 4º Congresso Luso-Brasileiro Materiais de Construção Sustentáveis Salvador, 9-11 de novembro. 2022. Disponível em: <https://clbmcs2020.uefs.br/anais-do-evento> Acesso em: 30 jul. 2023.

AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG pelo financiamento desta pesquisa (Projeto APQ05495-18).

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8494-3038>

JHADE IANE CUNHA VIMIEIRO, MESTRANDA EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL | Universidade Federal de Minas Gerais | Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: (Av Marco Túlio Isaac, 9285, Nova Baden, Betim, MG, 32065-335) | E-mail: jhadevimieiro@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1883-1251>

SOFIA ARAUJO LIMA BESSA, Doutora em Engenharia Urbana | Universidade Federal de Minas Gerais | Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: (Rua Paraíba, 697, Savassi, Belo Horizonte, MG, 30130-141) | E-mail: sofiabessa@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5225-6162>

LARISSA MOREIRA MATIAS, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | Universidade Federal de Minas Gerais | Arquitetura e Urbanismo | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: (Rua Luiz Advincula Reis, 30, ceu azul, Belo Horizonte, MG, 31545-270) | E-mail: arq.larissamatias@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1777-0767>

GABRIELLA EDUARDA FREITAS BATISTA, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | Universidade Federal de Minas Gerais | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: (Rua dos Goitacazes, 318, Apartamento 701, Centro, Belo Horizonte, MG, 30190050) | E-mail: gabriellaefb@ufmg.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1069-6627>

DAYANE FELIX ANDRADE, MESTRE. | Universidade Federal de Minas Gerais | Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável | Belo Horizonte, MG - Brasil | Correspondência para: Av. Augusto de Lima, 550, AP9 - Centro, Belo Horizonte - MG, 30190-006 | E-mail: dayanefelixarq@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

VIMIEIRO, Jhade Iane Cunha; BESSA, Sofia Araújo Lima; MATIAS, Larissa Moreira; BATISTA, Gabriella Eduarda Freitas; ANDRADE, Dayane Felix de. MIX Sustentável, v. 9, n. 4, p. 195-207, 2023. ISSN 2447-3073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc>

br/index.php/mixsustentavel>. Acesso em: _/_/_.
doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n4.195-207>>.

SUBMETIDO EM: 01/06/2023

ACEITO EM: 01/07/2023

PUBLICADO EM: 30/08/2023

EDITORES RESPONSÁVEIS: Lisiane Ilha Librelotto e Paulo Cesar Machado Ferroli.

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

JICV: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, supervisão, validação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

SALB: conceituação, curadoria de dados, análise formal, aquisição de financiamento, investigação, administração de projetos, supervisão, validação, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

LMM: investigação, metodologia, visualização.

GEFB: investigação, metodologia, visualização.

DFA: validação, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

Declaração de conflito: nada foi declarado.