



Mix Sustentável

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



UFSC

V7. N2 | 2021

ABRIL

VIRTUHAB | CTC | CCE

EDITORES

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

CONSELHO EDITORIAL

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

APOIO À EDITORAÇÃO

Luana Toralles Carbonari, MSc. (UFSC)

DESIGN

Natalia Geraldo (UFSC)

PERIODICIDADE

Four-monthly publication/
Publicação quadrimestral

CONTATO

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

DIREITOS DE PUBLICAÇÃO

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

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

AVALIADORES

Adriane Shibata Santos, UNIVILLE, Adriano Heemann, UFPR, Aguinaldo dos Santos, UFPR, Albertina Pereira Medeiros, UDESC, Alexandre Márcio Toledo, UFAL, Aline Eyng Savi, UNESC, Almir Barros da S. Santos Neto, UFSM, Amilton José Vieira de Arruda, UFPE, Ana Kelly Marinoski Ribeiro, UFSC, Ana Lígia Papst de Abreu, IFSC, Ana Paula Kieling, UNIVALI, Ana Veronica Pazmino, UFSC, Anderson Saccol Ferreira, UNOESC, André Canal Marques, UNISINOS, Andrea Jaramillo Benavides, IKIAM, Ângela do Valle, UFSC, Antonio Ludovico Beraldo, UNICAMP, Anja Pratschke, USP, Arnaldo Debatin Neto, UFSC, Ayrton Portilho Bueno, UFSC, Beany Guimarães Monteiro, UFRJ, Camila Correia Teles, UnB, Carla Arcoverde de Aguiar Neves, IFSC, Carla Martins Cipolla, UFRJ, Carla Pantoja Giuliano, FEEVALE, Carlos Alberto Mendes Moraes, UNISINOS, Carlos Humberto Martins, UEM, Carlo Franzato, UNISINOS, Celso Salamon, UTFPR, Cesar Fabiano Fioriti, UNESP, Chrystianne Goulart Ivanoski, UFSC, Cláudia Queiroz Vasconcelos, UNIFESSPA, Cláudio Pereira de Sampaio, UEL, Coral Michelin, UPF, Cristiano Alves, UFSC, Cristina Colombo Nunes, UFSC, Cristina Souza Rocha, UNIVERSIDADE DE LISBOA, Cristine do Nascimento Mutti, UFSC, Daiana Cardoso de Oliveira, UNISUL, Daniela Neumann, UFRGS, Devis Luis Marinoski, UFSC, Denise Dantas, USP, Eduardo Rizzatti, UFSM, Elenir Carmen Morgenstern, UNIVILLE, Eliana Paula Calegari, UFRGS, Eliane Pinheiro, UEM, Fabiane Escobar Fialho, FADERGS, Fabiano Ostapiv, UTFPR, Fábio Gonçalves Teixeira, UFRGS, Fernanda Hansch Beuren, UDESC, Fernando Barth, UFSC, Fabricio Farias Tarouco, UNISINOS, Francisco Assis Silva Mota, UFPI, Gabriel Cremona Parma, UNISUL, Germannya D'Garcia de Araújo Silva, UFPE, Giovanni Maria Arrigone, SENAI, Guilherme Philippe Garcia Ferreira, UFPR, Helena Maria Coelho da Rocha Terreiro Galha Bártolo, IPL, Inara Pagnussat Camara, UNOESC, Ingrid Scherdien, FEEVALE, Isabela Battistello Espíndola, USP, Isadora Burmeister Dickie, UNIVILLE, Ítalo de Paula Casemiro, UFRJ, Itamar Ferreira Silva, UFCG, Ivan Luiz de Medeiros, UFSC, Jacqueline Keller, SENAC, Jairo da Costa Júnior, TU DELF, João Candido Fernandes, UNESP, Jocelise Jacques de Jacques, UFRGS, Joel Dias da Silva, FURB, José Manuel Couceiro Barosa Correia Frade, IPE, Jorge André Ribas Moraes, UNISC, Josiane Wanderlinde Vieira, UFSC, Júlio Cezar Augusto da Silva, INT, Karine Freire, UNISINOS, Leonardo Corrêa Malburg, ISEL, Liliane Iten Chaves, UFF, Lisandra de Andrade Dias, UFSC, Lisiane Ilha Librelotto, UFSC, Lucila Naiza Soares Novaes, UFCE, Luis Oliveira, WMG, Luiz Vidal Gomes, UNERJ, Luciana de Figueiredo Lopes Lucena, UFRN, Marcelo de Mattos Bezerra, PUC-Rio, Marcelo Gitirana Gomes-Ferreira, UDESC, Márcio Pereira Rocha, UFPR, Marco Antônio Rossi, UNESP, Marco Aurélio Petrelli, UNIVALI, Maria Fernanda Oliveira, UNISINOS, Maria Luisa Telarolli de Almeida Leite, USP, Mariana Kuhl Cidade, UFSM, Marina de Medeiros Machado, UNISUL, Marli Teresinha Everling, Marta Karina Leite, UTFPR, Manuela Marques Lalane Nappi, UFSC, Maycon Del Piero da Silva, UNEOURO, Michele Tereza Carvalho, UnB, Miguel Aloysio Sattler, UFRGS, Miguel Barreto Santos, IPL, Nadja Maria Mourão, UEMG, Neide Schulte, UDESC, Niander Aguiar Cerqueira, UENF, Normando Perazzo Barbosa, UFPB, Obede Borges Faria, UNESP, Patricia Freitas Nerbas, UNISINOS, Paola Egert Ortiz, UNISUL, Paula Schlemper de Oliveira, UnB, Paulo Cesar Machado Ferroli, UFSC, Paulo Roberto Silva, UFPE, Paulo Roberto Wander, UNISINOS, Pedro Arturo Martínez Osorio, UNESP, Rachel Faverzani Magnago, UNISUL, Rafael Burlani Neves, UNIVALI, Regiane Trevisan Pupo, UFSC, Renata Priore Lima, UNESP, Rita de Castro Engler, UEMG, Roberto Bologna, UniFI, Rodrigo Antunes, UF, Rodrigo Catafesta Francisco, FURB, Ronaldo Glufke, UFSM, Sérgio Ivan dos Santos, UNIPAMPA, Sérgio Manuel Oliveira Tavares, UP, Sharmistha Banerjee, IIT, Silvio Bitencourt da Silva, UNISINOS, Silvio Burattino Melhado, USP, Silvio Cezar Carvalho Prizibela, UFSC, Sonia Afonso, UFSC, Sonia Regina Amorim Soares de Alcantara, UFC, Sydney Fernandes de Freitas, UFRJ, Tarcisio Dom de Oliveira, UNIJUÍ, Tomás Queiroz Ferreira Barata, UNESP, Uda Souza Fialho, UFRGS, Vanessa Casarin, UFSC, Vicente de Paulo Santos Cerqueira, UFRJ, Vinicius Luis Arcangelo Silva, UNESP, Virginia Pereira Cavalcanti, UFPE, Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, UFU, Walter Franklin M. Correia, UFPE, Wilson Jesus da Cunha Silveira, UNISUL.

SOBRE O PERIÓDICO MIX SUSTENTÁVEL

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

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

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

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

O periódico está dividido em seções, quais sejam:

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

CLASSIFICAÇÃO QUALIS

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

MISSÃO

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

OBJETIVO

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

POLÍTICAS DE SEÇÃO E SUBMISSÃO

A) Seção Científica

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

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

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

C) Seção Mercadológica

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

PROCESSO DE AVALIAÇÃO PELOS PARES

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

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

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

PERIODICIDADE

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

POLÍTICA DE ACESSO LIVRE

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

ARQUIVAMENTO

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

ACESSO

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

DIRETRIZES PARA AUTORES

O template para submissão está disponível em:

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

CONDIÇÕES PARA SUBMISSÃO

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

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

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

As URLs para as referências devem ser informadas nas referências.

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

Enviar separadamente todas as figuras e imagens em boa resolução.

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

POLÍTICA DE PRIVACIDADE

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

EDITORES, CONSELHO EDITORIAL E EQUIPE DE EDITORAÇÃO

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

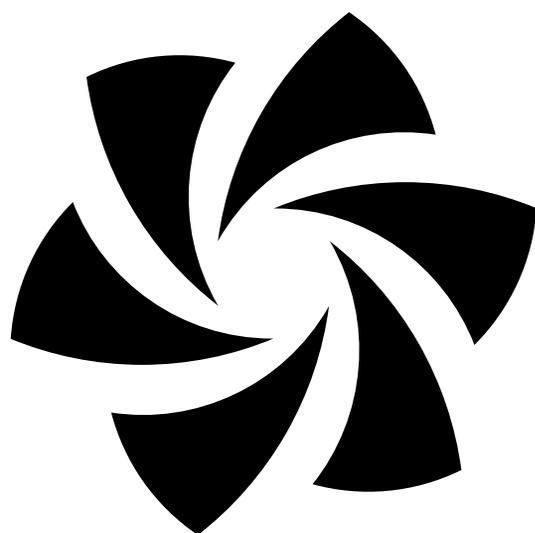
O Conselho Editorial atual é composto por onze pesquisadores, três deles vinculados à UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina e os demais pertencentes a outras oito Instituições à saber: UFPR, UFPE, UNISINOS, SENAI, UDESC, UNISUL, UNESP e UFRJ. Desta forma, oitenta e dois por cento (82%) dos membros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

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

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

CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO DA EDIÇÃO

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



Mix Sustentável



FLORIANÓPOLIS
VIRTUHAB | CCE | CTC

ISSN 2447-0899
ISSNe 2447-3073



COPYRIGHT INFORMATION/INFORMAÇÕES DE DIREITO AUTORAL

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

SUMÁRIO

ARTIGOS

- 19** **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CAMPINA GRANDE-PB** | *PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A SOLID WASTE SCREENING CENTER IN CAMPINA GRANDE-PB* | Vanessa Rosales Bezerra, Luis Reyes Rosales Montero, Valderi Duarte Leite, Adriano Oliveira Da Silva, Yohana Jamila Vilar De Brito & Carlos Antônio Pereira De Lima
- 27** **BIOECONOMIA CIRCULAR E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DE PALETES DE MADEIRA REUTILIZADOS** | *CIRCULAR BIOECONOMY AND CLIMATE CHANGE: EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT OF REUSED WOODEN PALLETS* | Lucas Rosse Caldas
- 41** **PRÁTICAS AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS EM GESTÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: UMA REVISÃO** | *ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE PRACTICES IN WASTE MANAGEMENT HEALTH SERVICES: A REVIEW* | Márcia Regina Cordeiro De Souza & Osiris Canciglieri Junior
- 57** **ANÁLISE EXPERIMENTAL E CUSTOS DE TELHADOS VERDES COMERCIAIS E FABRICADOS COM GARRAFAS PET PARA REDUÇÃO DE CHEIAS URBANAS NA AMAZÔNIA** | *EXPERIMENTAL ANALYSIS AND COSTS OF COMMERCIAL GREEN ROOFS AND MADE WITH PET BOTTLES TO REDUCE URBAN FLOODS IN THE AMAZON* | Cedkeyse Dias Gonçalves, Claudio José Cavalcante Blanco, Vanessa Da Rosa Watrin & Carlos Eduardo Aguiar De Souza Costa
- 67** **AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO E PLANEJAMENTO PARA CONSCIENTIZAÇÃO DA COMUNIDADE** | *EVALUATION OF AN ALTERNATIVE SYSTEM FOR TREATING DOMESTIC EFFLUENT AND PLANNING FOR A COMMUNITY AWARENESS* | Heloisa Regina Turatti Silva, Paola Egert & Maria Izabel Willemann
- 79** **IMPLANTAÇÃO DE PLANTAS DE RECICLAGEM DE RCD: ANÁLISE FINANCEIRA, FATORES DE INFLUÊNCIA E O PAPEL DOS PRINCIPAIS AGENTES** | *CDW RECYCLING PLANTS: FINANCIAL ANALYSIS, INFLUENCE FACTORS AND THE ROLE OF MAIN PLAYERS* | Andrea Parisi Kern, Joana Michelin Moresco, Eduardo Pizoni & Marco Aurélio Stumpf González
- 93** **A SUSTENTABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PALLETS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO EM UMA REDE DE SUPERMERCADOS** | *SUSTAINABILITY IN THE REUSE OF WOOD PALLET WASTE: CASE STUDY IN A GROUP OF SUPERMARKETS* | Heloisa Regina Turatti Silva, Paola Egert & Maria Izabel Willemann
- 105** **ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE COBERTURA ECOLÓGICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS** | *ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF PRODUCTION OF ECOLOGICAL COVERAGE FROM SOLID WASTE* | Márcio Araújo De Souza, Lucio Fábio Cassiano Nascimento & Kátia Eliane Santos Avelar
- 115** **SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO MODA FESTA** | *SUSTAINABILITY IN THE CLOTHING INDUSTRY: CASE STUDY IN A COMPANY IN THE PARTY FASHION SEGMENT* | Stella Telles Barros & Viviane G. A. Nunes
- 125** **TELHADO VERDE: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A DRENAGEM DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL** | *GREEN ROOF: SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR SURFACE FLOW* | Ethel Geraldo Canabrava Neto, Aleska Kaufmann Almeida, Izabel Rodrigues Leite, José Antonio Guarienti & Isabel Kaufmann De Almeida

137 **RECYCLING OF ASHES FROM FOREST BIOMASS COMBUSTION AS RAW MATERIAL FOR MORTARS** | *RECICLAGEM DE CINZAS DA COMBUSTÃO DA BIOMASSA FLORESTAL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA ARGAMASSAS* | Regina Célia Espinosa Modolo, Guilherme Ascensão, Luciano Senff, Francisco Roger Carneiro Ribeiro, Luis António Da Cruz Tarelho, Victor Miguel Ferreira, João António Labrincha, António Santos Silva & Carlos Alberto Mendes Moraes

147 **EXTREME PRECIPITATION EVENTS AND ASSOCIATED RISK OF FAILURE IN HYDRAULIC PROJECTS IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL** | *REVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E O RISCO DE FALHA ASSOCIADO EM PROJETOS HIDRÁULICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL, BRASIL* | Ana Clara Costa Oliveira, Aleska Kaufmann Almeida, José Antonio Guarienti, Cleyse Andreia Souza Lima, Línika Vicente Ferreira De Almeida, Robert Schiaveto De Souza & Isabel Kaufmann De Almeida

TCC's

161 **ANÁLISE PARA REQUALIFICAÇÃO DE ESPAÇOS LIVRES NA UFSC** | Fernanda Werlich dos Passos & Carlos Eduardo Verzola Vaz, Dr.

163 **MANDACARÚ: UMA NOVA PROPOSTA DE DESIGN BRASILEIRO** | Lucas Sarkis T. Bergo, Luiza Bittencourt Soutinho & Ana Cláudia Maynardes

DISSERTAÇÕES

165 **PROPOSTA DE INDICADORES DE SMART CITY SUSTENTÁVEL** | João Vitor Souza Teixeira & Renata Maria Abrantes Baracho Porto

167 **USO DE CORANTES DE ORIGEM NATURAL NO TINGIMENTO DE ARTIGOS TEXTÉIS DE MODA** | Janice Accioli Ramos Rodrigues & Maurício de Campos Araújo

169 **DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE NO CICLO DE VIDA DE EMBALAGENS DE DELIVERY: ALTERNATIVAS PARA AMENIZAR IMPACTOS AMBIENTAIS NO CENÁRIO PANDÊMICO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA -MG** | Isabella Gomes de Marco, Viviane G. Nunes & Cláudio Pereira de Sampaio

TESES

171 **VALORISATION OF AGRICULTURAL WASTE THROUGH PYROLYSIS IN THE PRODUCTION OF BIOCHAR** | Genyr Kappler, Carlos Alberto Mendes Moraes & Luís António da Cruz Tarelho

173 **OS PIGMENTOS NATURAIS DAS SERRAS DO SOCORRO E ARCHEIRA E A SUA UTILIZAÇÃO PELA ASSOCIAÇÃO LIVE WITH EARTH** | Rui Pessoa Vaz de Figueiredo Vasques, António José de Macedo Coutinho da Cruz Rodrigues & Diamantino dos Santos Diniz Abreu

175 **MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA O PROJETO DE ACAMPAMENTOS TEMPORÁRIOS PLANEJADOS VOLTADOS A CENÁRIOS DE DESASTRE** | Luana Toralles Carbonari & Lisiane Ilha Librelotto

ENTREVISTA

177 **ENTREVISTA LUIZ SALOMÃO RIBAS GOMEZ**

EDITORIAL

ENTRE CONQUISTAS E LUTAS

Iniciamos esse volume com a notícia da inclusão da Mix Sustentável no Portal de Periódicos da UFSC, algo que já estava em nossos planos desde a criação da revista, em 2015, mas teve de ser adiado por 6 anos. Há que se considerar esse fato motivo de orgulho, que vem a coroar nossa determinação e nos credenciar na contínua busca pelo aprimoramento. Foram 6 anos de trabalho árduo, agora finalmente reconhecido. Vamos em busca do Qualis/Capes A1.

Gratos pelo aceite, ficamos agora na expectativa das novas rotinas que caberão para a mudança da plataforma Open Journal System (OJS) 2.4.8 para a nova versão 3.0. Nos faltam entretanto recursos para enfrentar esta mudança e talvez, forças para prosseguir lutando contra um sistema que parece não reconhecer o mérito desta publicação.

Desta forma, cada conquista nos traz novas dificuldades, portanto, não nos esqueçamos de que nem tudo é motivo de comemoração. Na busca pelo ingresso no Portal da universidade, faceamos novamente o sistema institucionalizado, que não deveria mais nos afligir ou assustar, principalmente em pleno século XXI, era da informação (alguns preferem chamar de era digital), que veio associada à diversidade, equidade e transparência pública.

Os vieses deste sistema trazem equívocos interpretativos, a presença de núcleos de poder frente à responsabilidade e o dever de definir o que deveria ser prioridade, principalmente dentro de uma instituição pública. Desta forma o discurso de diversidade, flexibilidade, equidade e transparência parecem valer, em alguns casos.

Muitas das dificuldades, convenientemente, vieram reforçadas no Boletim Scielo de 14 de Abril de 2021, iluminando o que originalmente foi publicado no editorial do Volume 93, Número 1 dos Anais da Academia Brasileira de Ciências, no título “Panorama sombrio para las revistas brasileñas”. Aí se enfatizam os aspectos relativos a difícil obtenção de financiamentos, antes já escassos e restritos no Brasil há mais de 10 anos, que em perspectiva direta da COVID 19, só tende a se agravar, e a difícil decisão de sustentar as publicações periódicas, cujas demandas de continuidade e previsibilidade parecem não ser compreendidas pelos gestores. Parece que a publicação periódica foi relegada a última posição da lista de prioridades.

Nas questões associadas ao sistema, podemos relacionar o processo de avaliação dos periódicos, a redação de editais e mesmo a cronologia desregulada, onde ainda estamos a lidar com um qualis Quadriênio 2013-2016, ou seja, com dados de até 8 anos atrás, fato que obviamente prejudica periódicos como a MIX Sustentável que teve sua avaliação Qualis baseada apenas nas duas primeiras edições e que aguarda por 6 anos uma nova avaliação, com a ratificação do novo QUALIS A4.

Há de se trazer, futuramente, dentro de nossas universidades, uma discussão mais aprofundada sobre “empoderamento” (para usar uma palavra contemporânea). Provérbio popular já diz: “Quer conhecer uma pessoa? Dê poder a ela”; e isso vale para todos; a universidade não é exceção.

É preciso que tenhamos consciência, em primeiro lugar, de que esse suposto “empoderamento” tem por objetivo facilitar a vida da comunidade universitária, e não o contrário (e é por isso que os cargos são renovados periodicamente). O sistema burocrático das instituições confere discussões/aprovações em vários níveis, que vão desde comissões, colegiados, câmaras, até níveis superiores de Pró-Reitorias e Reitorias. A carga burocrática é demasiada e extremamente custosa para o país para que se possa efetivamente fazer o esperado, e conseguir tramitar, em tempo, num sistema antiquado e engessado. Então o que pode acontecer é termos análises, julgamentos e resultados com perigosa inclinação subjetiva, a depender sempre do relacionamento entre o rigor do que está definido por legislação, e a interpretação do decisor.

E é por isso que sou mais favorável a chamar nossa era de digital (e não da informação), uma vez que temos amplo acesso a dados, e cabe ainda a nossa limitada capacidade de processamento, transformar todos esses dados em efetiva informação. Ou seja, podemos ter acesso a bilhões de dados em poucos segundos; contudo nossa capacidade de leitura, análise e compreensão não é muito diferente da que tínhamos séculos atrás, sem computadores, celulares e sem o google.

O erro é inerente ao ser humano, e ao informatizar demasiadamente nossas funções do dia-a-dia, estamos “humanizando” a informática, e com isso, tornando-a passível do erro. Quem de nós já não se irritou com o corretor automático do celular, que insiste em trocar palavras? Ou teve dificuldade de atendimento pelos inúmeros SACs de atendentes virtuais? (Só para dar dois exemplos). Então, se até mesmo sistemas computacionais com capacidades de processamento infinitamente superiores a nossa cometem erros, porque o ser humano está proibido de errar nesse nosso novo

universo? E se errar faz parte desse processo evolutivo, quem nos autoriza a tomada de decisões dentro do ambiente universitário que pode comprometer o trabalho de outros? Quem está autorizado a decidir quais projetos, periódicos, ou ações de pesquisa/extensão são prioritários, merecedores de recursos e quais não são?

É com isso em mente que percebemos a importância cada vez maior da divulgação da ciência através de publicações científicas. Tendo em vista que estamos sim, agradecidos pela inclusão da *Mix Sustentável* no Portal de Periódicos da UFSC, também não esquecemos que a revista só existe pela insistência dos editores e confiança dos autores. Temos a consciência de que outros (que por motivos quaisquer não tiveram essa insistência) podem ter visto seus projetos morrerem no meio do caminho. E por mais sábios que todos se consideram na universidade, difícil é imaginar qual o tamanho da árvore que estamos impedindo de crescer ao matar sua semente.

Nas palavras do grande mestre Ariano Suassuna, em uma adaptação para o coletivo: somos pouco, sabemos pouco, mas no pouco que fazemos, nos damos por inteiro. Este é fardo e a alegria de um professor universitário: é docente, é pesquisador, é extensionista, é burocrata, é gerente, é formador de profissionais que deverão disseminar toda estas experiências ao redor do mundo. Desta forma, nesta pouca sabedoria, fica difícil entender, porque algo que é bom, que aborda uma temática de indiscutível relevância, que não tem fins lucrativos, que não cobra taxas de submissão, avaliação, revisão, editoração ou publicação, em um trabalho completamente voluntário por parte dos editores e revisores, precisa enfrentar tantas dificuldades sistêmicas para ser publicada em uma universidade. Conquistar uma bolsa, ou mantê-la com o apoio institucional, havendo a disponibilidade de recursos para este fim, e que ainda poderá ajudar um discente que apoia a sua família em meio a uma crise mundial sem precedentes, precisa se tornar uma luta que já dura dois meses.

Esse volume reúne doze artigos. O primeiro, cujo título é “Proposta de implantação de uma central de triagem de resíduos sólidos em Campina Grande-PB” é fruto da união de pesquisadores da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e mostra alguns elementos de discussão e objetiva ser uma referência em termos de critérios a serem analisados no processo de implantação e operação de triagem de resíduos sólidos urbanos.

O artigo 2 é assinado por professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU-UFRJ), e tem por título “Bioeconomia circular e mudanças climáticas: avaliação da pegada de carbono de paletes de madeira reutilizados”. Aborda temas contemporâneos como biomateriais e economia circular e conclui que a reutilização de paletes em projetos de arquitetura e design tem um grande potencial de redução de emissões de CO₂.

Da PUC-PR (Pontifícia Universidade Católica do Paraná) vem o terceiro artigo da edição, cujo título “Práticas sustentáveis em gestão de resíduos de serviços de saúde: uma revisão” já demonstra a natureza crítica da leitura, que tem por conclusão o fato de muitas iniciativas enfrentarem dificuldades de aceitação ou implementação devido ao fato de terem sido desenvolvidas de forma isolada.

Do Norte do país, da Universidade Federal do Pará (UFPA), o artigo intitulado “Análise experimental e custos de telhados verdes comerciais e fabricados com garrafas PET para redução de cheias urbanas na Amazônia” foca na questão regional das cheias, e mostra que o uso de telhados verdes pode contribuir para a redução das cheias, além de que o uso de materiais recicláveis na construção de telhados verdes é viável tanto ambientalmente como economicamente.

O quinto artigo, de título “Avaliação de um sistema alternativo para tratamento de efluente doméstico e planejamento para uma conscientização da comunidade” vem da UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, e abordou questão de saneamento básico, propondo através de uma cartilha educativa, levar o conhecimento a toda a comunidade.

Da UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), vem o sexto artigo da edição, cujo título “Implantação de plantas de reciclagem de RCD: análise financeira, fatores de influência e o papel dos principais agentes” deixa claro seu objetivo. Os autores concluem que os resultados apresentados ao longo do artigo mostram o papel essencial do poder público na garantia do fluxo de chegada do resíduo na planta e saída como agregado.

Da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), o artigo “A sustentabilidade na reutilização de resíduos de pallets de madeira no setor supermercadista” procura chamar atenção para a problemática ambiental decorrente da destinação final e/ou reutilização de pallets já descartados e sem uso em uma empresa do ramo supermercadista do Paraná.

O artigo 8 vem do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), de título “Análise de viabilidade de produção de cobertura ecológica a partir de resíduos sólidos”. O artigo apresenta um interessante estudo na área de materiais, ao pesquisar a viabilidade de aproveitamento de fibras de coco e resíduos de polietileno (PEAD) para a produção de telhas em camadas para a construção civil.

De Minas Gerais, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) um artigo na área da moda: “Sustentabilidade na indústria do vestuário: estudo de caso em uma empresa do segmento moda festa”, segmento que vem mostrando cada vez mais preocupação com a questão da sustentabilidade. E isso é refletivo pelo objetivo do artigo, que segundo as autoras mostrou um trabalho, de natureza qualitativa e caráter exploratório, que analisou e discorreu sobre o Sistema de Moda e seus elementos, como também, sobre os princípios do Design Sustentável.

O décimo artigo vem da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), e com o título “Telhado verde: alternativa sustentável para a drenagem do escoamento superficial” apresenta a problemática da drenagem urbana, mostrando que os telhados verdes podem auxiliar na captação das águas pluviais, podendo dessem modo melhorar a qualidade do ar e da água e diminuir a sobrecarga do escoamento.

O artigo “Recycling of ashes from biomass combustion as raw material for mortars” escrito por pesquisadores da UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), conta com a colaboração de professores da Universidade de Aveiro, de Portugal. O artigo apresenta uma alternativa pra argamassas, provenientes de cinzas de biomassa florestal. Os testes laboratoriais incluíram medições de trabalhabilidade, variação de peso, retração livre e resistência à compressão.

Finalizando a parte de artigos científicos, o artigo 12, que tem por título “Extreme precipitation events and associated risk of failure in hydraulic projects in the state of Mato Grosso Do Sul, Brazil” é também proveniente da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), e trata basicamente da necessidade de se estimar eventos extremos de precipitação para o período de retorno, que podem influenciar no dimensionamento de obras hidráulicas.

A edição ainda traz 2 resumos de TCCs (Trabalhos de Conclusão de Curso), provenientes da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade de Brasília (UnB); 3 resumos de dissertações de mestrado, sendo o primeiro novamente da UnB, o segundo da Universidade de São Paulo (USP) e o terceiro original da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) com orientação da Universidade Estadual e Londrina (UEL); e 3 resumos de tese, sendo o primeiro proveniente da UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos) com co-orientação na Universidade de Aveiro (Portugal), o segundo da IADE (Universidade Européia, de Portugal) e o terceiro da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina).

Finalizando a edição ainda temos a entrevista do prof. Luiz Salomão Ribas Gomez, professor da Universidade Federal de Santa Catarina e coordenador da rede de laboratórios de ideação CoCreation Lab.

Despedimo-nos dos nossos leitores convidando-os a participarem do ENSUS 2021 – IX Encontro de Sustentabilidade em Projeto, que acontecerá no próximo mês de maio, a partir do dia 19. Espero encontrar a todos, leitores e autores, na abertura do evento.

Desejamos a todos uma excelente leitura,

LISIANE ILHA LIBRELOTTO E PAULO CESAR MACHADO FERROLI
EDITORES DA MIX SUSTENTÁVEL

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA CENTRAL DE TRIAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CAMPINA GRANDE-PB

PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A SOLID WASTE SCREENING CENTER IN CAMPINA GRANDE-PB

VANESSA ROSALES BEZERRA, M.Sc. | UEPB

LUIS REYES ROSALES MONTERO, Dr. | UFCG

VALDERI DUARTE LEITE, Dr. | UEPB

ADRIANO OLIVEIRA DA SILVA, | UEPB

YOHANNA JAMILA VILAR DE BRITO, M.Sc. | UEPB

CARLOS ANTÔNIO PEREIRA DE LIMA, Dr. | UEPB

RESUMO

As centrais de triagem têm um papel importante no processo de reciclagem de resíduos sólidos uma vez que viabilizam a separação dos diferentes tipos de materiais que compõem os resíduos para que os mesmos possam ser reutilizados ou transformados em novos produtos. Atualmente, a cidade de Campina Grande não dispõe de um programa de reciclagem e reutilização de resíduos para todo município, mesmo sendo obrigatório segundo as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta para implantação central de triagem na cidade que realize a segregação de todos os resíduos gerados, para que as etapas de reutilização e reciclagem sejam viabilizadas. A central de triagem proposta para a cidade de Campina Grande-PB é do tipo semiautomática com o uso de esteiras e catadores para auxiliar na segregação dos resíduos. O presente manual apresenta especificações sobre os detalhes construtivos, organização do galpão e cotação dos equipamentos. Por fim, este artigo busca contribuir como uma referência em termos de critérios a serem analisados no processo de implantação e operação de triagem de resíduos sólidos urbanos

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos, triagem, reciclagem

ABSTRACT

The sorting plants play an important role in the solid waste recycling process since they make it possible to separate the different types of materials that make up the waste so that it can be reused or transformed into new products. Currently, the city of Campina Grande does not have a waste recycling and reuse program for the entire municipality, even though it is mandatory according to the guidelines of the National Solid Waste Policy. The objective of this work is to present a proposal for a central sorting plant in the city that segregates all the waste generated, so that the stages of reuse and recycling are made possible. The sorting center proposed for the city of Campina Grande-PB is of the semi-automatic type with the use of mats and scavengers to assist in the segregation of waste. This manual presents specifications on the construction details, shed organization and equipment quotation. Finally, this article seeks to contribute as a reference in terms of criteria to be analyzed in the process of implantation and operation of sorting urban solid waste.

KEYWORD: solid waste, sorting, recycling



1. INTRODUÇÃO

O atual modelo de produção e consumo imposto pela sociedade capitalista traz grandes preocupações relacionadas ao meio ambiente. Entre estas preocupações, a geração de resíduos, uma vez que o não tratamento dos resíduos sólidos pode causar sérios impactos socioambientais negativos (SOARES e PEREIRA, 2017).

Segundo Martins et al., (2016) os resíduos sólidos, que antes eram vistos como subproduto de atividades humanas e industriais, ganharam maior importância com seu conceito agregado à recuperação dos materiais que deixam de ser considerados inservíveis. A redução da quantidade de resíduos depositada no solo é uma situação de emergência.

Para que qualquer tratamento de resíduos sólidos tenha êxito, é necessário separar o mesmo, considerando suas características físico-químicas. Quanto mais bem separado esses resíduos, maior o seu valor agregado (MACHADO, 2013).

Nesse contexto, as centrais de triagem têm um papel importante no processo de reciclagem de resíduos sólidos uma vez que viabilizam a separação dos diferentes tipos de materiais que compõem os resíduos para que os mesmos possam ser reutilizados ou transformados em novos produtos.

Os atuais hábitos consumistas da crescente população nos últimos anos têm gerado uma preocupação mundial em relação ao aumento exponencial da geração de resíduos sólidos que, associado a um sistema de gerenciamento inadequado, pode causar problemas ambientais, sociais e de saúde pública (ELK, 2007).

Assim, o equacionamento da relação geração-disposição de resíduos tornou-se uma meta desafiadora para gestores (JACOBI e BESEN, 2011). Para Seidel (2010), a grande produção de resíduos gera questionamentos sobre o que fazer, como tratar todo esse material e qual a contribuição desses esforços para as mudanças ambientais globais.

No Brasil, em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, um aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior, desse montante, 92% (72,7 milhões) foram coletados, uma alta de 1,66% em comparação a 2017 (ABELPRE, 2018). Essa discrepância de valores ilustra falhas existentes no processo técnico-operacional de gerenciamento dos resíduos sólidos no país.

Com base no presente cenário em que se encontra a problemática dos resíduos sólidos no Brasil, a Lei nº 12.305/10 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que detém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos

(BRASIL, 2010).

Nesse sentido, avanços na PNRS são necessários para contribuir na redução da geração de resíduos, assim como para diminuir custos de tratamento e riscos de contaminação no meio ambiente, contribuindo para a eficiência das diferentes etapas subsequentes, principalmente nas associações de materiais recicláveis (VITOR et al., 2015).

Oliveira e Pasqual (1998) afirmam que o gerenciamento de resíduos sólidos de forma integrada é constituído por ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento e que, para ser eficaz, deve contemplar o uso de práticas administrativas de resíduos, com manejo seguro e efetivo fluxo de RSU, com o mínimo de impactos sobre a saúde pública e o meio ambiente.

O componente operacional da gestão de resíduos sólidos inclui as etapas de segregação, coleta, transporte, tratamento e disposição final. A implementação de tais etapas nos municípios ou consórcio de municípios tornou-se obrigatória após a instituição da PNRS (BRASIL, 2010).

Segundo Martinho & Gonçalves (2000), centrais de triagem são unidades nas quais os resíduos misturados, ou previamente separados na origem, são triados e processados mecânica e/ou manualmente, com o objetivo de recuperar diferentes fileiras para reciclagem e/ou determinados fluxos para subsequente processamento e valoração.

A princípio, este trabalho disserta sobre os temas de resíduos sólidos, triagem e reciclagem com o intuito de embasar o leitor acerca da importância de uma central de triagem no gerenciamento de resíduos sólidos. Em seguida, são expostos detalhes e recomendações técnicas sobre a central de triagem proposta nesse manual.

Dessa forma, com base nas diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), este artigo visa apresentar uma proposta de Central de Triagem de Resíduos Sólidos para ser implantada na cidade de Campina Grande-PB.

2. METODOLOGIA

Atualmente, o sistema de gerenciamento de resíduos em Campina Grande-PB, conta com as etapas de coleta (através de caminhões regulares e/ou compactadores) e disposição final por meio do Aterro Sanitário de Campina Grande, localizado em Catolé de Boa Vista, zona rural do município de Campina Grande-PB.

Entretanto, a referida cidade não dispõe de um programa de reciclagem e reutilização de resíduos, mesmo sendo obrigatório segundo as diretrizes da PNRS. Com isso, é necessário a implantação de uma central de triagem na cidade para que as etapas de reutilização e reciclagem sejam viabilizadas.

Segundo a norma NBR 10004/04, resíduos sólidos são substâncias nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

As estações de triagem possibilitam uma redução da quantidade de resíduos a serem dispostos em aterros sanitários (como resultado de uma melhor recuperação dos materiais recicláveis), além de favorecer a qualidade dos materiais recuperados, tornando-os mais competitivos em termos de mercado (MARTINHO e GONÇALVES, 2000).

O processo de triagem pode ser feito de forma totalmente manual ou automaticamente, ou mesmo semiautomática. A Tabela 1 resume as principais vantagens de desvantagens dos métodos de triagem.

	Métodos de triagem		
	Triagem manual	Triagem automática	Triagem semiautomática
Vantagens	Geração de muitas vagas de empregos; Baixo investimento inicial; Melhor distribuição dos lucros	Capacidade de separação estimada na implantação da obra; Alta qualidade dos produtos separados; Processo confiável	Impacto social positivo na cidade; Integração de catadores e indústria moderna; Geração de renda distribuída
Desvantagens	Triagem limitada (depende das pessoas); Exige capacidade técnica	Diminui a quantidade de funcionários; Geração de riqueza mais concentrada; Exige um alto investimento inicial	Exige maior controle de funcionários e sistema de automação; Funcionários devem ser qualificados

Tabela 1. Vantagens e desvantagens dos métodos de triagem
Fonte: Adaptado de Machado (2013)

De acordo com Machado (2013), a triagem manual é indicada para cidades pequenas onde o volume de produção não justifica uma central automatizada. Já a triagem automática é para cidades grandes onde o volume de produção não possibilita o trabalho manual. A triagem semiautomática, por sua vez, é indicada para cidades médias onde é possível combinar o trabalho com as associações de catadores de lixo e sistemas automatizados.

A triagem automática e semiautomática dispõe principalmente do uso de esteiras, já a triagem manual é feita com o uso de silos e mesa de triagem. A Figura 1 permite comparar as soluções mais adequada a cada situação.

itens	silos e mesas de triagem	esteira de triagem
custo da construção	equivalentes	
custo do equipamento e instalação	não há	± R\$ 30.000 (12m comprimento)
custo de manutenção	não há	± R\$ 1.100 /mês (a quebra interrompe triagem)
nº de pessoas na triagem	maior	menor
rejeitos	5,0%	25 a 30%
ritmo	cada pessoa trabalha no seu ritmo (necessária uma coordenação efetiva)	esteira impõe ritmo que exclui mais lentos e idosos
capacidade de armazenamento na pré triagem	maior	menor

Figura 1. Comparação entre o uso de esteiras e uso de silos e mesas de triagem.
Fonte: Brasil (2008)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A central de triagem proposta para a cidade de Campina Grande-PB é do tipo semiautomática com o uso de esteiras e catadores para auxiliar na segregação dos resíduos. Tal escolha é devido ao fato de Campina Grande ser uma cidade de médio porte, além de haver uma necessidade de inclusão social dos catadores de lixo.

Visando subsidiar a seleção para o aporte de recursos no Programa PAC 2 para resíduos sólidos e apoiar iniciativas de destinação e disposição final de resíduos sólidos urbanos de maneira ambientalmente adequada, o ministério das cidades apresenta diretrizes para o planejamento e execução e centrais de triagem de resíduos Elementos para a Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem.

Essa regulamentação define que a licitação é dispensável na contratação da coleta, processamento e comercialização de resíduos sólidos urbanos recicláveis ou reutilizáveis, em áreas com sistema de coleta seletiva de resíduos, efetuados por associações ou cooperativas formadas exclusivamente por pessoas físicas de baixa renda reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, com o uso de equipamentos compatíveis com as normas técnicas, ambientais e de saúde pública (PITA, 2011).

Ainda Pita (2011), é preciso a definição de projetos de galpão eficientes, para que seja melhorada a renda dos catadores, além de um processo de seleção de materiais que resulte no baixo índice de rejeito.

Para erguer o galpão da central de triagem, deve ser dada preferência ao uso de materiais pré-fabricados de concreto e metal e sugere a análise da possibilidade de uso de mezanino. O fechamento da alvenaria deve prever segurança a incêndio e a estrutura metálica deve ser externa a ela. Para a abertura da cobertura, recomenda-se ventilação superior cruzada para melhorar a condição térmica do galpão (BRASIL, 2008).

Para áreas onde está previsto o tráfego de caminhões e demais veículos pesados, o ministério salienta a importância de ter material de maior resistência. Também é preferível que os galpões contenham sistema de energia solar.

Segundo Pita (2011), o galpão deve ser composto de uma área de descarga, silo com área para armazenar um dia e meio a dois dias da coleta diária prevista, uma área para triagem primária e secundária, área para prensagem, uma para estoque dos fardos e expedição com capacidade para armazenar mais ou menos uma semana de cargas fechadas.

D'Almeida e Vilhena (2000) ressaltam que uma usina de triagem e compostagem, quando bem operada, permite diminuição de 50%, em média, do volume de resíduos sólidos que seria destinado aos aterros. Como pode-se perceber, as usinas não conseguem atingir esses patamares de aproveitamento.

As baias intermediárias devem usar estruturas em perfis metálicos sendo que as telas metálicas devem ser de fio grosso com dispositivo de travamento superior e fechamento frontal. A Figura 2 ilustra a forma típica de organização de um galpão.

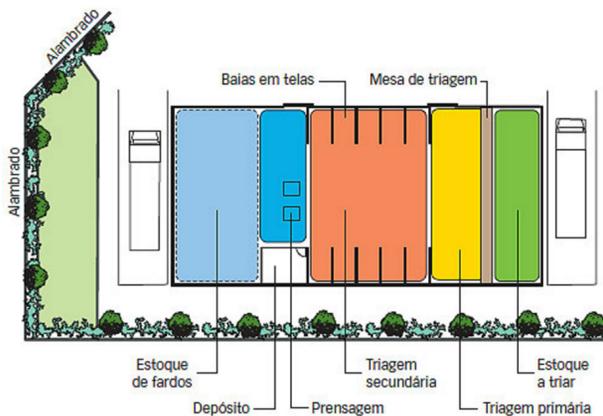


Figura 2. Organização dos espaços do galpão.
Fonte: Pita (2011).

A organização da área de triagem é um elemento fundamental que influenciará a eficiência do galpão como um todo. A quantidade de tipos de materiais resultantes da separação deve ser definida de acordo com as características do mercado em cada localidade. É inútil separar materiais que posteriormente terão de ser comercializados como se fosse um único tipo, mas é mais vantajosa a comercialização de materiais mais segregados sempre que possível (BRASIL, 2008).

De acordo com Silva et al.,(2019) ,no caso de as usinas receberem mais resíduos orgânicos, como de podas de árvore, resíduos de restaurante e das Centrais de Abastecimento (CEASA), por exemplo, poderia haver

maior qualidade do produto final, tanto pela taxa superior de matéria orgânica desses tipos de fonte, como pela menor contaminação por outros tipos de resíduos, comparada aos RSU domiciliares

A organização da triagem permite a operação de um número maior de pessoas trabalhando no setor de triagem por unidade de área. A Figura 3 mostra uma forma de organização para mesa/esteira linear,o esquema apresentado permite obter 16 tipos diferentes de material, triados e colocados nos tambores ou sacos.

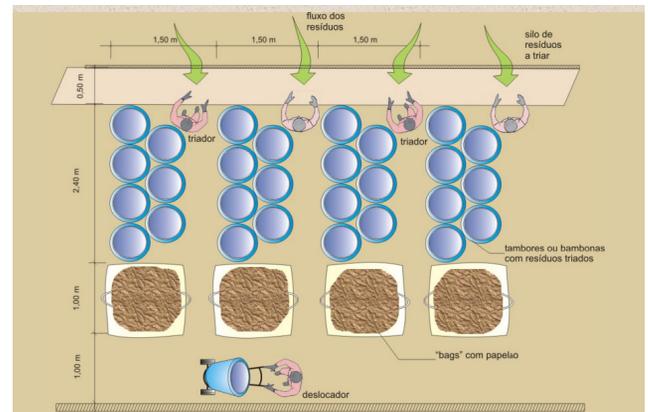


Figura 3. Triagem em mesa linear
Fonte: Brasil (2008)

As esteiras por onde passa o resíduo para triagem dos catadores possui velocidade inadequada para catação manual. De acordo com Monteiro et al. (2001) as esteiras de triagem devem ter velocidade entre 0,17 m/s e 0,2 m/s, permitindo um bom desempenho dos trabalhadores que fazem a catação.

De acordo com o Ministério das Cidades (2010), a área do escritório deve ter, no mínimo, 12 m². Para calcular o número de vasos sanitários e lavatórios, o órgão indica a proporção um para cada 20 usuários. No caso de chuveiros, seria um para cada dez usuários. O boxe mínimo para sanitários deve ser de 1 m² e a largura mínima para lavatório de 0,6 m. Os armários devem ser individuais com 1,5 m² por usuário e compartimento duplo com 90 cm de altura, 30 cm de largura e 40 cm de profundidade.

A área por usuário no refeitório deve ser de 1 m² com pia, bebedouro, aquecedor de marmitas e fogão, como ilustra a Figura 4. A possibilidade de conversão do refeitório em área de treinamento e reunião deve ser prevista. Para isso, é indicado o uso de mesas móveis (PITA, 2011).

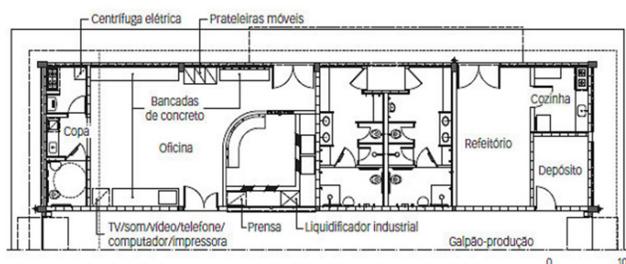


Figura 4. Organização das instalações de apoio.
Fonte: Pita (2011)

A Tabela 2 apresenta os equipamentos necessários e seus respectivos preços para um galpão de médio porte, com cerca de 600 m² edificadas.

Os materiais recicláveis promovem o retorno da matéria prima ao setor produtivo, buscando na coleta seletiva uma solução alternativa e ao passo que contribuem

Produto	Quant	Modelo/ característica	Fornecedor 1	Preço unit (R\$)	Fornecedor 2	Preço unit
Esteira		ESR 1000 e Lemaqui ESTH8R1000	Kubitz	23000,00 (ESR 1000)	Mecalux	25400,00 (Lemaqui ESTH8R1000)
Prensa enfardadeira	1	PAV - 300 e PHV DT 05	Ability Equipamentos	15750,00 (prensa PAV - 300)	Prensas Detroit	11300,00 (prensa PHV DT 05)
Balança	1	Balança mecânica comercial Welmy, 1000kg, 108 CH	Compra fácil	2499,00	Ibirangashop.com	2499,00
Carrinho plataforma	1	Comprimento: 1500mm; Largura: 800mm; Altura: 446mm; Capacidade: 800kg	Sermap	1493,17	Mercado das ferramentas	1975,64
Empilhadeira simples	1	LE 1034C	RR Máquinas	9334,00	Emilhadeira elétrica	9238,00

Tabela 2. Cotação dos equipamentos a serem utilizados na central de triagem.
Fonte: Brasil (2008)

REFERÊNCIAS

NBR 10004, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
 BRASIL, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Resíduos Sólidos. São Paulo: Abrelpe, 2018.
 BRASIL. Ministério das cidades. Elementos para a Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem, 2008. Disponível: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf.
 BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>.
 D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. 2º ed. IPT/CEMPRE, 370p. São Paulo, 2000.

para gestão ambiental, impedindo que os materiais recicláveis sejam descartados erroneamente ou aterrados (SANTOS et al., 2020).

4. CONCLUSÃO

Uma central de triagem é um empreendimento essencial para a efetivação de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de uma cidade.

No caso de Campina Grande, a instalação de uma central de triagem seguindo os direcionamentos propostos nesse manual irá viabilizar a etapa de coleta seletiva e reciclagem, fazendo com que o gerenciamento de resíduos da cidade se enquadre no modelo instituído pela PNRS.

Por fim, este artigo busca contribuir como uma referência em termos de critérios a serem analisados no processo de implantação e operação de triagem de resíduos sólidos urbanos.

OLIVEIRA, S; PASQUAL, A. Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em Médias e Pequenas Comunidades. In: XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Lima – Peru, 1998.

SILVA, Fernanda Lemos; CONTRERAS, Francisco. Processo de funcionamento e análise da eficiência das usinas de triagem e tratamento de resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal. Anais... IBEAS-Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Gramado-RS. Disponível em: < <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/XV-028.pdf>>. Acesso em, v. 15, n. 08, 2019.

SOARES, Joyce Aristercia Siqueira; PEREIRA, Suellen Silva; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Gestão De Resíduos Sólidos E Percepção Ambiental: Um Estudo com Colaboradores do Campus I da Universidade Estadual da Paraíba. Revista Saúde e Meio Ambiente, v. 4, n. 1, p. 39-54, 2017.

PITA, M. Equipamentos públicos – Centrais de Triagem. Infraestrutura Urbana. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/10/artigo243539-2.aspx>.

SEIDEL, Juliana Matos. Um Problema Urbano-Gerenciamento de Resíduos Sólidos e as Mudanças Ambientais Globais. V Encontro Nacional da Anppas, v. 4, p. 1-8, 2010.

SANTOS, Bárbara Daniele; CURI, Rosires Catão; SILVA, Monica Maria Pereira. análise ambiental de empreendimentos de catadores de materiais recicláveis em rede, campina grande, paraíba, brasil. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 11, n. 5, 2020.

VITOR, A. L.; FALANGO, D.; OLIVEIRA, H. B. D.; LOPES JUNIOR, J. R.; PELLOZO, L. R.; BORGES, L. R. M. F.; PONTELLI, R. C. N.; DALLORA, M. E. L. V. Avaliação de Ferramenta para Gestão de Resíduos em um Hospital Universitário de Nível Terciário. Revista da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e do Hospital das Clínicas da FMRP, 48 (1), 77-86, 2015.

AUTORES

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

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

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

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5861-7407>

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9583-8671>

ADRIANO OLIVEIRA DA SILVA | Universidade Estadual Da Paraíba | PPGCTA – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental | Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Juvêncio Arruda, S/N - CEP: 58429-600 – Campus Universitário, Bodocongó – Campina Grande - PB | E-mail: adrianoable222@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8921-3576>

YOHANA JAMILA VILAR BRITO, M.Sc. | Universidade Estadual Da Paraíba | PPGCTA – Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental | Campina Grande, PB. Brasil | Correspondência para: Rua Juvêncio Arruda, S/N - CEP: 58429-600 – Campus Universitário, Bodocongó – Campina Grande - PB | Email: yohhanajvb@gmail.com

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

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

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BEZERRA, Vanessa Rosales; MONTERO, Luis Reyes Rosales; LEITE, Valderi Duarte; SILVA, Adriano Oliveira da; BRITO, Yohanna Jamila Vilar de; LIMA, Carlos Antônio Pereira de. Proposta De Implantação De Uma Central De Triagem De Resíduos Sólidos Em Campina Grande-PB. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 19-26, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.19-26>.

DATA DE ENVIO: 13/04/2020

DATA DE ACEITE: 02/07/2020

BIOECONOMIA CIRCULAR E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DE PALETES DE MADEIRA REUTILIZADOS

CIRCULAR BIOECONOMY AND CLIMATE CHANGE: EVALUATION OF CARBON FOOTPRINT OF REUSED WOODEN PALLETS

LUCAS ROSSE CALDAS, Dr. | UFRJ

RESUMO

A reutilização de paletes de madeira na arquitetura e design é uma prática cada vez mais observada nos tempos atuais. Sabe-se que a madeira é um biomaterial e por isso consegue armazenar CO₂. Sendo assim, o uso de paletes de madeira tem um potencial para a mitigação dos impactos do aquecimento global e mudanças climáticas, indo ao encontro do que vem sendo discutido na chamada bioeconomia circular. O presente estudo teve como objetivo avaliar a pegada de carbono de um painel de paletes de madeira, considerando diferentes origens dos paletes utilizados e diferentes períodos de vida útil do painel. Foram empregadas duas metodologias, a da ISO 14067 (2014) e a do ILCD (2011), sendo o escopo estudado do berço ao túmulo. O inventário foi realizado com base em dados primários em conjunto com dados da literatura e do banco de dados do Ecoinvent v.3.3. Os resultados mostraram que o cenário com paletes reutilizados e vida útil de 40 anos foi o mais vantajoso, com uma pegada de - 15,09 kgCO₂-eq/m², quando o ILCD (2011) é utilizado. Conclui-se que a reutilização de paletes em projetos de arquitetura e design tem um grande potencial de redução de emissões de CO₂-eq justificando a importância de se pensar em uma bioeconomia circular.

PALAVRAS CHAVE: Biomateriais; Ciclo de vida; Vida útil. Carbono biogênico.

ABSTRACT

The reuse of wooden pallets in architecture and design is an increasingly observed practice today. It is known that wood is a biomaterial and therefore can store CO₂. Thus, the use of wooden pallets has a potential to mitigate the impacts of global warming and climate change, meeting what has been discussed in the so-called circular bioeconomy. The present study aimed to evaluate the carbon footprint of a wooden pallet panel, considering different origins of the pallets and different periods of the panel's service life. We used two methods, ISO 14067 (2014) and ILCD (2011), considering a cradle to grave scope. The inventory was carried out based on primary data with data from the literature and from the Ecoinvent v.3.3 database. The results showed that the scenario with reused pallets and a service life of 40 years was the most advantageous, with a carbon footprint of - 15.09 kgCO₂-eq/m², when the ILCD (2011) is used. We conclude that the reuse of pallets in architecture and design projects has a great potential to reduce CO₂-eq emissions, justifying the importance of thinking about a circular bioeconomy.

KEYWORDS: Biomaterials; Life cycle; Service life; Biogenic carbon.



1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre formas de aumentar a sustentabilidade nas áreas de design e arquitetura tem despertado o interesse dos projetistas e clientes para a reutilização de alguns materiais e/ou produtos, entre eles vergalhões de aço, containers marítimos, caixas de madeira, paletes de madeira, etc. Esses itens podem ser reutilizados para a confecção desde mobiliários, sistemas para interiores como painéis ou até uma edificação, como é o caso dos containers e os paletes de madeira.

Dentre os possíveis materiais e resíduos que vem sendo reutilizados, os paletes de madeira têm recebido atenção especial dos projetistas de arquitetura e design (ENGLER et al., 2017) devido as suas boas características mecânicas, baixo peso, baixo custo relativo e boa aceitação pelos clientes. Já é comum o emprego de paletes de madeira reutilizados para confecção de mobiliários, pisos, painéis e até edificações (MINGUET, 2015).

Por outro lado, essa possível tendência, visualizada como um estilo mais rústico e simples, tem levado ao aparecimento de produtos que apenas tentam trazer esse efeito, fazendo surgir um mercado consumidor que não quer saber a origem desses paletes, isto é, se ele está sendo reaproveitado ou não, e sim somente o aspecto estético que ele traz. Outro motivo que tem levado a escolha de paletes novos é o fato de muitas vezes os paletes disponíveis para reuso estarem muito danificados ou em condições inapropriadas de reutilização (CALDAS, 2019).

Um aspecto importante que torna o paleta ainda mais benéfico do ponto de vista das mudanças climáticas é o fato dele ser composto majoritariamente de madeira, que é por natureza um biomaterial. Os biomateriais de origem vegetal têm sido apontados como uma das principais alternativas para a mitigação das mudanças climáticas, dado, principalmente, a sua característica de absorver e esgotar o CO₂ durante o crescimento das árvores.

O incentivo para o uso de biomateriais cresceu nos últimos anos, com especial interesse para o desenvolvimento de uma bioeconomia, seja no setor de combustíveis e energia, como etanol e biodiesel, como na construção civil. Diversos fatores têm levado a isso: são fontes renováveis, tem em sua maioria menor consumo energético para produção, podem ser reaproveitados na forma de combustíveis ou matéria prima, são biodegradáveis e conseguem armazenar CO₂. Sendo esse último, talvez o fator chave que tem despertado o interesse dos países pelo incentivo do uso de biomateriais, dado as metas de redução de emissões dos gases do efeito estufa (GEE) para a mitigação dos impactos do aquecimento global (SCARLAT et al., 2015).

Na Comunidade Europeia, em 2012, foi lançado o plano de ação estratégica intitulado de “Inovando para o crescimento sustentável: uma bioeconomia para a Europa” (EC, 2012), como forma de promover e incentivar o crescimento do uso de biomateriais em diversos setores produtivos: energia, construção, química, têxtil, automobilista, etc.) (BMBF, 2015; SCARLAT et al., 2015).

Além do sequestro de CO₂ é interessante que esses produtos sejam reutilizados o máximo possível, sempre pensando em um ciclo produtivo fechado ou uso em cascata. Caso esse CO₂ sequestrado fique armazenado por um longo período de tempo ele pode trazer benefícios, como apontam alguns autores, como Garcia e Freire (2014) e Demertzi et al. (2017). Os produtos utilizados na construção civil, como estruturas, revestimentos de pisos, paredes, esquadrias, mobiliários, entre outros, têm essa característica de serem produtos de maior vida útil (BRANDÃO et al., 2013). Para avaliar de forma quantitativa os benefícios propiciados pelos biomateriais, como é o caso de produtos de madeira, em termos da redução dos impactos de aquecimento global, a metodologia de pegada de carbono é a mais utilizada internacionalmente (PAWELZIK et al., 2013).

Um exemplo de material que pode a vim a ter um processo semelhante são os paletes de madeira, que têm sua maior parte composta de madeira e estão cada vez mais sendo reutilizados para aplicações diferentes das quais eles foram produzidos, como no design e arquitetura (ENGLER et al., 2017).

Neste contexto, surgem alguns questionamentos: (1) a reutilização de paletes de madeira na construção civil pode ser considerada uma alternativa para a redução do potencial impacto do aquecimento global? (2) Existem grandes diferenças em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em relação à origem dos paletes de madeira, se são novos ou reutilizados? (3) Como que a vida útil de um produto de paletes de madeira pode influenciar nas emissões de GEE?

Diante desses questionamentos este estudo tem como objetivo a quantificação das emissões de GEE (em CO₂-eq) durante o ciclo de vida de um painel de composto de paletes de madeira, considerando cenários de vida útil, diferentes origens dos paletes e metodologias de pegada de carbono.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pegada de Carbono de Biomateriais no Setor da Construção Civil

Nos últimos anos, cresceu consideravelmente os estudos que aplicaram a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e pegada de carbono de produtos da

construção civil e edificações (CABEZA et al., 2014). No Brasil, especial atenção tem sido dada para o transporte de materiais (CAMPOS; PUNHAGUI; JOHN, 2011; CALDAS; SPOSTO, 2017), agregados utilizados para produção de concreto (SANTORO; KRIPKA, 2016) pavimentos de concreto (CALDAS et al., 2017), materiais, inovadores, como clínqueres alternativos (PASSUELO et al., 2014) e geopolímeros (BORGES et al., 2014), e comparação de diferentes sistemas construtivos (SOUZA et al., 2016) e materiais à base de terra, como argamassas de revestimento (CALDAS et al., 2020). No entanto, são raros os estudos com foco em biomateriais, como produtos de madeira ou bambu.

Uma particularidade dos biomateriais está na contabilização do carbono biogênico, que gera discussão na literatura internacional, normas e guias para o cálculo de pegada de carbono dos materiais. O carbono biogênico (ou biológico) pode ser definido como o CO₂ absorvido e estocado na biomassa durante o processo de fotossíntese da planta (PAWELZIK et al., 2013).

A grande discussão está na contabilização ou não desse carbono, que embora ele seja absorvido, em um dado período do ciclo de vida do material, ele será devolvido à atmosfera, fazendo assim muitos estudos adotar ele como neutro. No entanto, têm sido discutido a importância da sua contabilização, principalmente se o produto avaliado possui uma longa vida útil, que é o caso de muitos dos produtos utilizados no setor da construção civil (BRANDÃO et al., 2013).

A norma internacional ISO 14067 (2014) declara que esse carbono biogênico deve ser quantificado e apresentado no estudo, mas ele não deve ser contabilizado no balanço das emissões de GEE (em CO₂-eq) do produto. O ILCD Handbook (2011) desenvolveu uma metodologia específica para sua contabilização, que leva em consideração o tempo que esse carbono ficou armazenado no produto. Sendo assim, quanto maior o tempo que ele ficou armazenado, maior é quantidade de crédito que é dado para o material. Se o tempo de armazenamento foi superior a 100 anos, o carbono biogênico é considerado indefinidamente armazenado no material. Para todas essas metodologias, o carbono biogênico quando é contabilizado é considerado como emissões negativas de CO₂, sendo atribuído como fator de caracterização o valor de -1 para a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV), na categoria de potencial de aquecimento global (GWP100).

Essa incerteza nas normas e guias tem levado alguns estudos a realizarem a pegada de carbono de produtos utilizados na construção civil utilizando diferentes metodologias, como Garcia e Freire (2014), Silvestre et al. (2016) e Demertzi et al. (2017).

Como apontam Pawelzik et al. (2013) a contabilização do carbono biogênico sofre grande influência do fim de vida que o produto terá. A maioria das pesquisas tem mostrado que o fim de vida em aterros sanitários é o mais vantajoso para diminuir a pegada de carbono dos materiais, como é verificado nos estudos de Garcia e Freire (2014) e Demertzi et al. (2017), já que o carbono absorvido tende a ficar indefinidamente armazenado no material. A incineração, por outro lado, devolverá praticamente todo o CO₂ absorvido para à atmosfera. No entanto, alguns autores como Escamilla et al. (2016) têm dado créditos a incineração, quando o produto é queimado para a geração de energia elétrica ou fonte de calor. A reciclagem também tem se mostrado um caminho vantajoso (PITTAU et al., 2018), sendo que ela é mais eficiente quanto maior é o potencial de reciclagem do biomaterial e com a menor necessidade de tratamentos necessários, como moagem, aquecimento e etc.

A partir da pesquisa na literatura, principalmente internacional, observa-se uma tendência de contabilização do carbono biogênico para biomateriais utilizados na construção civil e muitas vezes a aplicação de diferentes metodologias. Essa contabilização leva a menores pegadas de carbono dos biomateriais, sendo, portanto, uma forma de incentivar seu uso na construção civil, indo em direção ao maior incentivo de uma bioeconomia. Observou-se uma escassez de estudos nacionais sobre esse tema, justificando a presente pesquisa apresentada aqui, como forma de avançar nesta lacuna do conhecimento.

Especificamente sobre o estudo de paletes de madeira, os estudos de pegada de carbono têm se concentrado na quantificação das emissões de GEE para produção dos paletes, comparação entre paletes de diferentes materiais (BENGTSSON; LOGIE, 2015), e diferentes origens de madeira, reciclada ou virgem (NG et al., 2014), avaliação da logística e remanufatura desses paletes (TORNESE et al., 2016). A quantificação dos impactos ambientais envolvidos no reuso de paletes na arquitetura e design, em termos de pegada de carbono, ainda é um tema pouco explorado.

2.2 Produção de Paletes de Madeira e Uso na Arquitetura e Design no Brasil

Os paletes de madeira ocupam aproximadamente 90% do mercado mundial de paletes. Isso pode ser explicado principalmente por uma série de características vantajosas da madeira: boa resistência mecânica e aos agentes atmosféricos, baixo custo relativo, durabilidade. Diferentes tipos de madeira podem ser utilizados, sendo a de pinus a mais empregada (MINGUET, 2015). No Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Supermercados - ABRAS

(2018) as madeiras mais empregadas são a de eucalipto e pinus, normalmente obtidas de áreas de reflorestamento. Foi realizado o mapeamento das fábricas de produção de paletes de madeira credenciadas na ABRAS, apresentado na Figura 01. Os fabricantes credenciados na ABRAS são aqueles que cumprem o regulamento interno e que têm suas fábricas auditadas pela associação, sendo, portanto, uma forma de melhorar a qualidade de fabricação dos paletes PBR produzidos no Brasil.

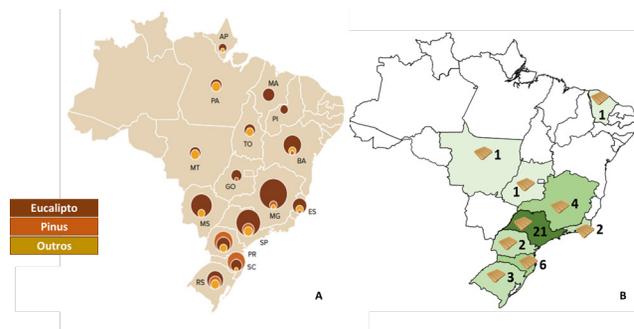


Figura 01 - (A) Áreas de florestas de Eucalipto, Pinus e Outras (Adaptado do IBÁ, 2018). (B) Mapeamento dos fabricantes credenciados na Associação Brasileira de Supermercados
Fonte: Autor, 2018

É visível que a maior parte das fábricas credenciadas no ABRAS estão concentradas nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para o estado de São Paulo que quando comparado com as plantações de Eucalipto e Pinus existentes no país, também concentrados nas regiões Sul e Sudeste, faz sentido. Sendo assim, os impactos de transporte entre as fábricas e locais de uso dos paletes nessas regiões tendem a ser muito menores, que localidades da região Norte. Essa variação deve ser contabilizada no estudo de pegada de carbono, através de uma análise de incertezas ou sensibilidade.

Diferentemente de outros tipos de paletes de madeira, o do tipo one-way normalmente não é reutilizado para novos serviços de transporte e distribuição, devido suas características e propriedades (BENGTSSON; LOGIE, 2015). Esses mesmos autores compararam os impactos ambientais de diferentes paletes de madeira e verificaram que os paletes one-way são aqueles que mais precisam de uma alternativa para reutilização, caso se deseje uma diluição dos seus impactos ambientais.

É visível o crescimento do uso de paletes na arquitetura e design. Minguet (2015) destaca além da aplicação para mobiliários, seis aplicações na arquitetura e construção: (1) interiores, (2) construções temporárias/efêmeras, (3) refúgios, (4) fachadas, (5) fechamentos (externos e internos), (6) estruturas. Dentro desses usos, interiores e construções temporárias são os mais comuns.

A atração pelo uso dos paletes tem levado muitos projetistas a especificarem paletes de madeira em seus projetos. No entanto, uma ideia que teve seu nascimento com o intuito do reaproveitamento de paletes já utilizados, tem se mostrado esquecida em alguns projetos (CALDAS, 2018). Já é comum sistemas que usam “paletes” novos, ou elementos que imitam a forma e características dos paletes normalmente utilizados para o transporte de cargas, no entanto produzidos especificamente com o objetivo de serem utilizados como soluções para arquitetura e design, sem, portanto, o benefício da reutilização de um resíduo. Nesta pesquisa, mesmo que o elemento não seja um palete convencional para o transporte de cargas, ele será denominado de “palete novo”, devido ao fato que o projetista normalmente faz uso desse material para uso como elemento decorativo ou divisória, piso, entre outros, como é apresentado na Figura 02.



Figura 02 – Uso de paletes novos como elementos de divisória.
Fonte: Autores

Os paletes necessitam de alguns tratamentos básicos para poderem ser reutilizados, entre eles lixamento e proteção contra agentes atmosféricos. O lixamento pode ser feito manualmente ou com lixadeiras elétricas. O primeiro processo é mais simples e sem consumo energético, no entanto, de baixa produtividade, enquanto o segundo é o mais utilizado em empresas do setor. Após o lixamento é interessante que o palete seja protegido, que é feito normalmente com vernizes marítimos ou com filtro solar caso seja utilizado em ambiente externo. A fixação entre os paletes é realizada com pregos ou parafusos, e é comum a utilização de vigas de madeira ou metálica para reforço estrutural.

Do ponto de vista internacional, quando são transportados paletes de madeira de um país para outro, é necessário que eles sejam esterilizados. Este processo é realizado para a prevenção e diminuição da disseminação de espécies invasoras. A Convenção Internacional de Proteção Fitossanitária, do inglês International Plant

Protection Convention – IPPC, desenvolveu um padrão fitossanitário que é aplicado em embalagens de madeira no âmbito internacional (MAPA, 2010). São recomendados dois tipos de processos: o tratamento por calor (aquecimento a uma temperatura mínima de 56°C por uma duração mínima de 30 minutos) e a fumigação com brometo de metila. Os paletes de madeira tratados são carimbados com uma certificação.

Na literatura científica alguns estudos como Engler et al. (2017) que avaliaram o ciclo de vida de paletes de madeira com foco na produção de mobiliário. Outros que verificaram a viabilidade em projetos, como Baungarten, Mello e Almeida (2015). No entanto, constatou-se uma carência de estudos científicos voltados para o uso de paletes na arquitetura ou design, para o contexto brasileiro, talvez devido ao fato desse uso ainda ser recente no Brasil. Desta forma, o presente estudo vem preencher uma dessas lacunas, com foco no potencial de redução das emissões de carbono com o reuso de paletes no setor de arquitetura e design.

3. MÉTODO

3.1 Caracterização do Pannel de Paletes de Madeira

O painel de paletes de madeira avaliado é constituído de dois paletes do tipo one-way, com dimensões de 1,00m x 1,20m, resultando em dimensões finais de 1,20m x 2,00 m. Foram utilizados pregos e parafusos de aço para sua montagem. O projeto (Figura 03) foi desenvolvido e executado (Figura 04) no canteiro experimental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FAU/UFRJ). As mãos francesas utilizadas no apoio não foram contabilizadas no estudo.

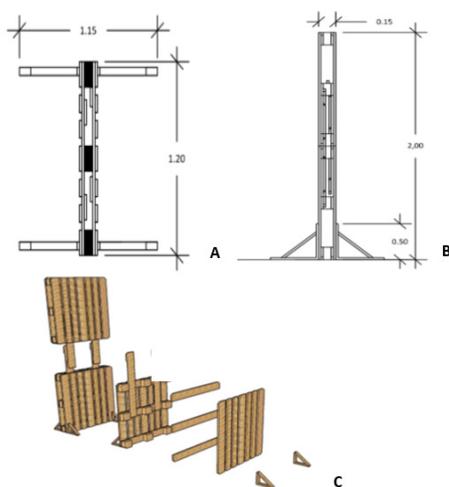


Figura 03 – Projeto técnico do painel de paletes de madeira. (A) Vista em planta. (B) Vista lateral. (C) Projeto explodido
Fonte: Acervo do autor (2017).



Figura 04 – Pannel de paletes de madeira. (A) Lixamento com lixadeira elétrica. (B) Pannel executado.
Fonte: Acervo do autor (2018).

3.2 Pegada de Carbono de um Pannel de Paletes de Madeira

3.2.1 Definição do Escopo e Unidade Funcional

Como forma de avaliar as diferenças entre o uso de paletes novos e reutilizados e as diferentes vidas úteis foram propostos seis cenários, como é apresentado na Figura 05.



Figura 05 – Cenários avaliados.
Fonte: Autor (2020).

Os paletes novos aqui considerados são aqueles produzidos com as mesmas dimensões dos paletes utilizados para transporte de cargas, no entanto, com o objetivo de serem utilizados para confecção de painéis. De acordo com dados de um fabricante, a madeira empregada para a confecção desses painéis normalmente é a de pinus. Neste sentido, foi considerado o mesmo processo produtivo de paletes normalmente utilizado para transporte de cargas para os paletes para painéis.

A pesquisa foi guiada pelas diretrizes da NBR 14040 (ABNT ISO, 2009) e EN 15978 (ECS, 2011), sendo considerado um escopo do tipo “berço ao túmulo com opções”, em que foram avaliados os estágios de produção dos materiais, transporte, uso e destinação final (Figuras 06 e 07). Especificamente por se tratar de um estudo de pegada de carbono foram adotadas as metodologias da ISO 14067 (2014) e do ILCD (2011). A aplicação de diferentes metodologias foi baseada nos estudos de Garcia e Freire (2014) e Dermetz et al. (2017).

A unidade funcional adotada foi a área do painel (em m²). Como o objeto de estudo é um painel, a escolha dessa unidade funcional pode ser utilizada para a estimativa da pegada de carbono de outros painéis de paletes de madeira. Ao final, os resultados obtidos para unidade funcional considerada foram normalizados pelos diferentes valores de vida útil.

Foram consideradas as seguintes etapas no ciclo de vida do painel de paletes (Figuras 06 e 07): (1) produção dos paletes (para o caso dos paletes novos PN10, PN20 e PN40); (2) transporte dos paletes até o local de reutilização; (3) processamento do paleta para reutilização (foi considerado lixamento e pintura com verniz de madeira para os cenários PR20, PR40, PN20 e PN40); (4) reuso do paleta durante a vida útil definida (considerado novo lixamento e repintura a cada cinco anos); (5) transporte para fábrica de produção de serragem; (6) processamento para produção de serragem; (7) transporte para local de incineração; (8) processo de incineração da serragem. Para a incineração não foi considerada as emissões evitadas advindas da queima da serragem para aproveitamento de energia elétrica.

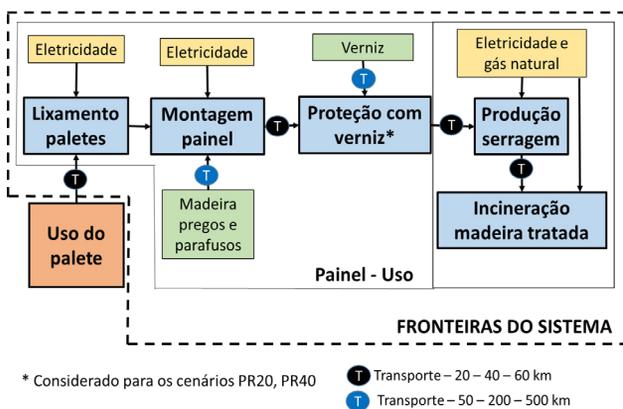


Figura 06 – Escopo e fronteiras avaliados no estudo considerando a reutilização dos paletes. **Fonte:** Autor (2020).

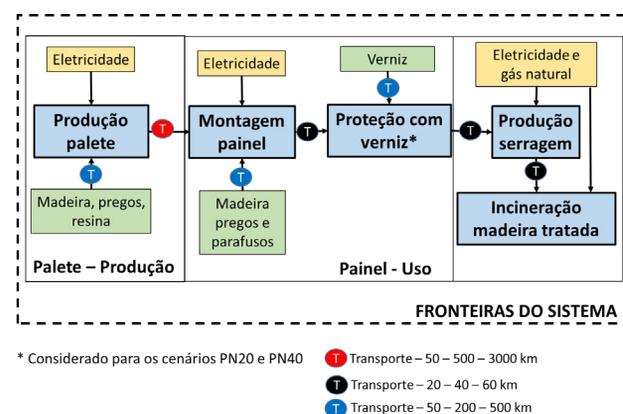


Figura 07 – Escopo e fronteiras avaliados no estudo considerando a produção de novos paletes. **Fonte:** Autor (2020).

3.2.2 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

Para a quantificação dos materiais por m² do painel, foram utilizados dados da ABRAS (2012) e dados obtidos durante a atividade realizada no Canteiro Experimental da FAU/UFRJ. Ao final, todos os materiais foram convertidos em massa (kg/m²), a partir de dados de fabricantes e da pesagem na balança.

Como se sabe, o Brasil ainda carece de um banco de dados consolidado de inventário do ciclo de vida, principalmente para o setor de construção civil (MEDEIROS; DURANTE; CALLEJAS, 2018), sendo assim, para os casos onde não foi encontrado um banco de dados condizente com a realidade brasileira, foi utilizado o banco de dados internacional Ecoinvent v. 3.3 com adaptação da matriz de energia elétrica para a brasileira e as distâncias de transporte, o que é uma prática comumente utilizada nos estudos de ACV e pegada de carbono.

Para a produção dos paletes foram considerados os processos de produção de madeira macia (softwood), nesse caso o pinheiro paranaense brasileiro, pregos metálicos e o consumo de energia elétrica (0,85 kWh/m² de painel) e GLP (1,3 MJ/m² de painel) para a produção, utilizando dados do estudo de Bengtsson e Logie (2015). Foi considerado o tratamento dos paletes durante o processo produtivo, adotando a proteção com preservativo orgânico para uso interno, sendo considerado o consumo de 120 g/m² de paleta, de acordo com informações do Ecoinvent. O processo de esterilização dos paletes não foi incluído na análise, tendo em vista que o transporte internacional não foi considerado neste estudo.

É importante ressaltar que as emissões para produção dos paletes e transporte da fábrica de produção só foram contabilizadas nos cenários PN10, PN20 e PN40, aqueles em que foram utilizados paletes novos para a fabricação dos painéis. É comum nos estudos de ACV e pegada de carbono a não contabilização dos impactos ambientais de um produto caso ele seja resíduo de outro processo, como é o caso dos paletes para os cenários PR10, PR20 e PR40 (ISLAM et al., 2016). A produção dos paletes nesses cenários teve o objetivo para a utilização para o transporte de cargas e não para a produção dos painéis, diferentemente dos cenários PN10, PN20 e PN40, em que foi considerado que os paletes foram produzidos especificamente para a produção dos painéis.

A partir do mapeamento (apresentado na Figura 2), foi realizado o inventário de etapa de transporte e foi possível estimar a distância máxima de transporte de uma fábrica até um local de destinação.

Para o transporte dos paletes e dos outros materiais foi considerado modal rodoviário, o mais utilizado para o transporte de materiais de construção (CALDAS; SPOSTO,

2017). Foram considerados três principais tipos de transporte, sendo (1) dos paletes (adotado com base no mapeamento realizado), com distâncias variando de 50 km a 3000 km (como a entrega no estado de Roraima sendo o caso extremo); (2) transporte dos insumos como a madeira serrada, pregos, parafusos, verniz, sendo considerados distâncias de 100 km, 200 km e 500 km; (3) transporte urbano com distâncias de 20 km, 40 km e 60 km. Para o transporte de paletes reutilizados, do lugar de obtenção ao local de produção do painel foram consideradas distâncias urbanas, no caso (3). Essa variação nas distâncias foi avaliada como incerteza no estudo, sendo que os resultados foram apresentados através do desvio padrão. Essas premissas da etapa de transporte foram consideradas para todos os cenários avaliados.

Para a montagem e execução do painel foram considerados o lixamento com lixadeira elétrica e aparafusamento com parafusadeira elétrica. Foram obtidas as potências das máquinas e o tempo foi contabilizado de forma primária (mensurado pelo autor), durante a execução do painel (Figura 5A). Foi calculado um consumo de energia elétrica de 0,66 kWh/m² de painel.

Para a proteção do painel foi avaliado o verniz utilizado em sua confecção, sendo consideradas duas demãos (de acordo com dados do fabricante) e pintura realizada de forma manual. Assumiu a vida útil do verniz como 5 anos (dados do fabricante) sendo que no fim desse período ele é novamente aplicado no painel.

Para a transformação dos paletes em serragem e posterior incineração foram considerados os processos envolvidos, utilizando dados do Ecoinvent v. 3.3. No primeiro processo foi considerado a produção de serragem no estado úmido a partir de madeira macia. Para o segundo foi considerado a queima da serragem para produção de eletricidade, com potência de 1000-5000 kW. Embora a energia gerada pela incineração dos paletes é aproveitada como eletricidade, os benefícios em termos de emissões de GEE evitadas não foram contabilizados neste estudo.

A incineração (sem aproveitamento energético) foi escolhida como a única fonte de destinação final, sendo que é a prática mais comum para resíduos de produtos de madeira, de acordo com dados da Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2018). A reciclagem poderia ser uma alternativa, no entanto grande parte desses resíduos já estão incorporados no processo produtivo para a produção de calor e eletricidade. A destinação para o aterro sanitário não foi cogitada, tendo em vista que não é uma prática comum para as serragens de madeira.

É importante ressaltar que os dados para a produção de madeira, já estão adaptados ao contexto brasileiro, o que diminui as incertezas e deixa os resultados com maior validade para o caso do Brasil. Na Tabela 1 é apresentado um resumo dos materiais e recursos energéticos empregados para a produção de 1m² do painel.

Materiais e recursos	Quantidade	Fonte
Madeira dos paletes (kg)	21,25	ABRAS (2017) e primária. Medida no canteiro experimental
Madeira de ligação entre os paletes (kg)	2,7	
Pregos de aço (kg)	0,33	
Parafusos de aço (kg)	0,79	
Eletricidade para produção (kWh)	0,85	Bengtsson e Logie (2015)
GLP ¹ para produção (MJ)	1,3	
Eletricidade para o lixamento e montagem (kWh)	0,66	Primária. Medida no canteiro experimental
Verniz (kg)	0,11	

Tabela 01: Resumo dos materiais e recursos energéticos para a produção de 1m² do painel acabado.
Fonte: Autor (2020)

3.2.3 Quantificação do Carbono Biogênico

Para a quantificação do carbono biogênico armazenado temporariamente de acordo com o ILCD (2011), foi utilizada a equação (1) apresentada no documento.

$$PCT = (mp \times mc \times (MCO_2/MC) \times ta) / 100 \quad (1)$$

PCT – pegada de carbono do CO₂ temporariamente armazenado (kgCO₂/m²).

mp – massa de biomaterial no produto – massa de pinus por m² de painel – 25,5 kg/m².

mc – massa de carbono no biomaterial – adotado 50% de acordo com a BRE (2013).

MCO₂ – massa molar do CO₂ – 44 u.m/mol.

MC – massa molar do C – 12 u.m/mol.

ta – total de tempo que o carbono biogênico fica armazenado no produto durante o uso = Vida útil do painel.

Quando a metodologia da ISO 14067:2014 foi utilizada, o carbono biogênico foi calculado utilizando a equação 1, considerando o ta = 100, o que resultou em -46,75 kgCO₂. No entanto, como já foi dito, todo o CO₂ absorvido e armazenado durante a fotossíntese será liberado na incineração do material. Portanto, como essa norma não atribui nenhum crédito, o balanço do carbono biogênico foi nulo.

3.2.4 Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

Neste estudo foi escolhido o método de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) CML, linha de base IA, versão 3.05, sendo considerada a categoria Potencial de Aquecimento Global para 100 anos (GWP100) em kgCO₂-eq/m². Essa versão considera os seguintes valores de GWP para o CO₂ fóssil = 1, CH₄ fóssil = 28 e N₂O = 265, de acordo com o IPCC (2013). As atividades, materiais, insumos e conjunto de dados considerados no inventário estão apresentadas nas Tabela 2 e 3. Foi utilizado o SimaPro v. 8.0 para modelagem dos processos.

Materiais	FGWP100 (kgCO ₂ -eq/Unidade)
Madeira (kg ¹)	0,379
Preservativo orgânico para madeira (kg)	1,02
Aço (kg)	2,19
Verniz (kg)	2,76
Eletricidade (kWh)	0,15
GLP (m ³)	2043,74
Transporte (t.km)	0,14
Produção de serragem (kg)	0,027
Incinerção da serragem (kg)	0,03

Tabela 02: Resumo dos fatores de emissão de carbono (FGWP100) considerados.
 Fonte: Autor (2020)

Materiais	Conjunto de dados - Ecoinvent v. 3.3
Madeira	Roundwood, parana pine from sustainable forest management, under bark {BR}
Preservativo orgânico para madeira	Wood preservative, organic, indoor use, dry {GLO}
Aço	Reinforcing steel {RoW}
Verniz	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RoW}
Eletricidade	Electricity, high voltage {BR}
GLP	LPG, combusted in industrial boiler
Transporte	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RoW}
Produção de serragem	Residual softwood, wet {GLO}
Incinerção da serragem (kg)	Waste wood, untreated {RoW}

Tabela 03: Conjunto de dados utilizados na modelagem.
 Fonte: Autor (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Pegada de Carbono do Pannel de Paletes para os Diferentes Cenários

Nas Figuras 08, 09, 10 e 11 são apresentados os resultados de pegada de carbono para os cenários considerados e as metodologias utilizadas.

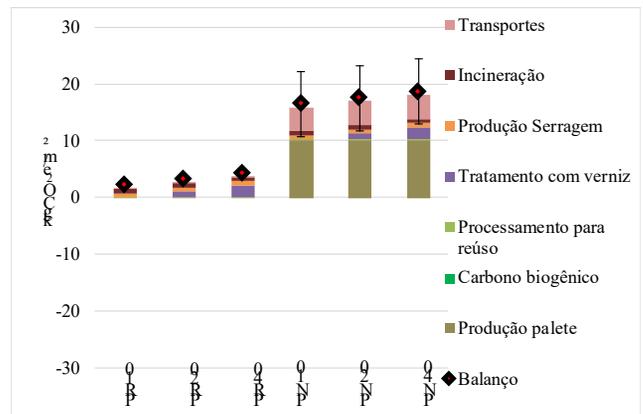


Figura 08 – Pegada de carbono utilizando a metodologia da ISO 14067:2014.
 Fonte: Autor (2020).

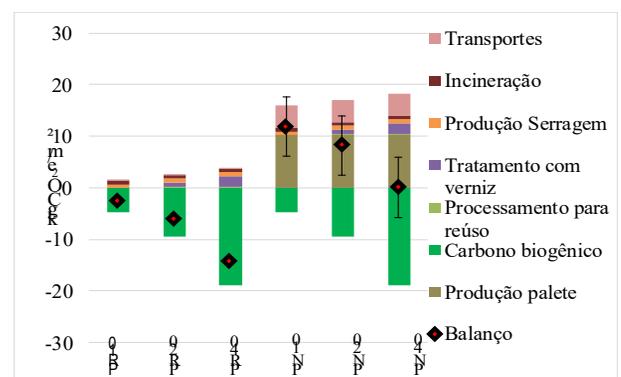


Figura 09 – Pegada de carbono utilizando a metodologia do ILCD (2011).
 Fonte: Autor (2020).

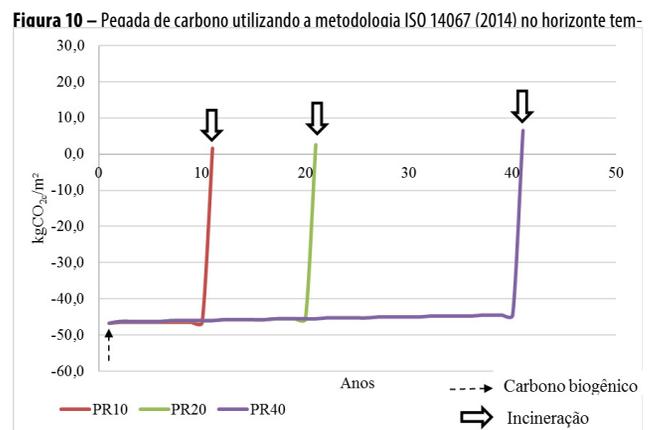


Figura 10 – Pegada de carbono utilizando a metodologia ISO 14067 (2014) no horizonte temporal para os cenários de paletes reutilizados.
 Fonte: Autor (2020).

Quando ISO 14067:2014 é utilizada (Figura 08) os resultados variam de 2,05 kgCO₂-eq/m² (cenário PR10) a 25,21kgCO₂-eq/m² (cenário PN40), enquanto quando a ILCD (2011) é utilizada (Figura 09) houve variação de - 15,09 kgCO₂-eq/m² (cenário PR40) a 17,61 kgCO₂-eq/m² (cenário PN10). Para essa última norma, os cenários que os paletes são reutilizados apresentam todos valores de pegada de carbono negativa.

Observando o horizonte temporal (Figuras 10 e 11) nota-se que no tempo zero, antes do painel ser montado, os paletes têm uma pegada carbono negativa, devido ao carbono biogênico armazenado ($-46,75 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2$). Com a etapa de transporte para o reuso e atividades para produzir o painel e tratamento com verniz a pegada aumenta e se torna positiva no final da vida útil do painel (indicado pelas setas), com a incineração, em que todo o carbono biogênico retorna para atmosfera. A metodologia da ILCD (2011), na Figura 11, pelo crédito fornecido a cada ano que o carbono fica armazenado no produto, se apresenta com uma reta com inclinação de 0,01 ao ano, e ao final da vida útil do painel o carbono biogênico também é liberado, mas o balanço final é negativo devido ao crédito dado.

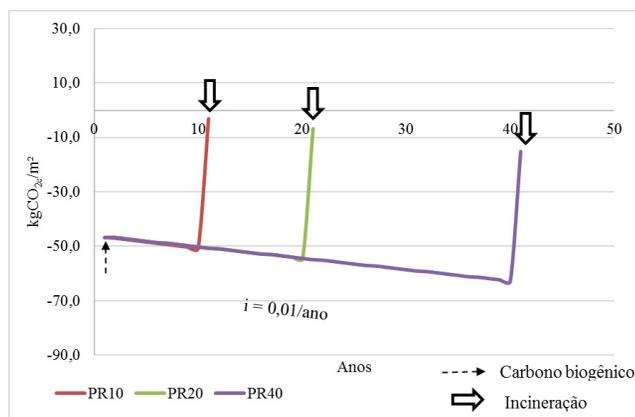


Figura 11 – Pegada de carbono utilizando a metodologia ILCD (2011) no horizonte temporal para os cenários de paletes reutilizados.
Fonte: Autor (2020).

É importante ressaltar que um item que colabora para a reutilização dos paletes ser uma estratégia vantajosa é o processamento normalmente realizado, que é o lixamento. Mesmo sendo um lixamento que utiliza eletricidade, os resultados mostraram que ele é desprezível. Isso também se deve ao fato de a matriz de energia elétrica ser a do Brasil, que possui elevado percentual de fontes renováveis, com baixas emissões de GEE, quando comparada a outros países. É claro que dependendo da condição dos paletes, fica impossível uma nova reutilização, como aponta Caldas (2018), devendo assim ser descartada essa alternativa.

Esses resultados mostram de forma quantitativa, mesmo sendo um estudo de caso, a importância de se pensar em uma bioeconomia, que priorize o uso de produtos de fonte biológica, como é o caso da madeira, levando em consideração formas de aumentar sua vida útil. E, finalmente, que seja pensado de uma forma circular, ou seja, com o maior potencial de reaproveitamento e reciclagem dos produtos antes do descarte final.

Observa-se que quando a produção de paletes é considerada, nos cenários com o uso de paletes novos (PN), ele é o item de maior participação na pegada de carbono, seguido pelo transporte. O transporte possui uma grande variação, para os cenários de paletes novos, que dependerá da localização da fábrica onde ele foi produzido e onde o palete será utilizado. Pelo mapa produzido, de acordo com as fábricas credenciadas no ABRAS, a participação do transporte é menor para região Sudeste e Sul e maior para região Norte do país. Para os cenários dos paletes reutilizados essa incerteza é desprezível, já que foi considerado um cenário urbano, onde as distâncias consideradas chegam a no máximo 60 km. As etapas de fim de vida, produção de serragem e incineração tem as emissões de GEE de seus processos desprezíveis.

A produção de paletes de aproximadamente $10 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$ (sem a contabilização do carbono biogênico), ficou diferente do estudo de Bengtsson e Logie (2015) que chegaram a valores de 4,5 a $5,4 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2$ (quando o carbono biogênico não é contabilizado) e do banco de dados do Ecoinvent v. 3,3 que apresenta $6,9 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2$ para paletes produzidos de acordo com os padrões da União Europeia. Observa-se uma diferença de aproximadamente duas vezes, que provavelmente deve estar relacionado ao escopo avaliado e inventário utilizado, principalmente para a produção da madeira empregada para a fabricação dos paletes.

Na Figura 12 é apresentada a contribuição dos materiais e atividades para a produção dos paletes de madeira.

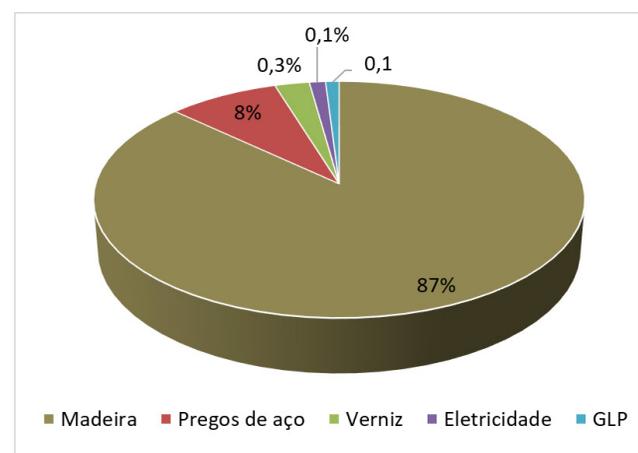


Figura 12 – Materiais e recursos para a produção dos paletes de madeira.
Fonte: Autor (2020).

Para a produção de paletes observa-se que a madeira é o material de maior impacto de GWP100 (aproximadamente 90%). A madeira por sua vez tem como principal impacto para sua produção o consumo de diesel para sua

obtenção e corte, de acordo com o inventário realizado para a madeira macia produzida no Paraná, no Brasil. Os pregos de aço e verniz embora tenham as emissões de produção elevadas (de 2,19 kgCO₂-eq/kg e 2,76 kgCO₂-eq/kg, respectivamente) possuem uma baixa contribuição nos impactos devido sua baixa participação em massa do painel. Os insumos energéticos de energia elétrica e GLP apresentaram contribuição desprezível, dado ao baixo consumo desses insumos no processo, de acordo com os dados coletados por Bengtsson e Logie (2015). Portanto, fica evidente que a opção pela não obtenção de novas madeiras, ou seja, através de reuso de madeiras já cortadas, como é o caso de paletes de madeira reutilizados, é possível reduzir significativamente a pegada de carbono do painel.

Para a produção do verniz, o dióxido de titânio e a resina acrílica foram os materiais de maior contribuição. Enquanto que para a incineração o consumo de eletricidade e produção de calor foram as principais atividades que contribuíram para as emissões de GEE.

4.2 Comparação das Metodologias Utilizadas

A metodologia da ISO 14067 (2014) diz que as emissões biogênicas devem ser apresentadas separadamente das emissões fósseis, no entanto sem ser contabilizadas nos resultados finais. Dessa forma, o benefício do estoque do carbono biogênico não é contabilizado, e a vida útil fez aumentar as emissões, à medida que foi necessário mais verniz para preservação da qualidade do painel.

A metodologia do ILCD (2011) acaba por beneficiar consideravelmente os biomateriais, na medida que dá créditos pelo tempo que o carbono biogênico ficar armazenado. Dessa forma, quanto maior a vida útil do sistema estudado maior é esse benefício, chegando até a pegadas de carbono negativas, possibilitando créditos de emissões. Dessa forma, produtos normalmente utilizados nas edificações, que tendem a ter vidas úteis mais elevadas, são beneficiados por essa metodologia.

Conclui-se que dependendo da escolha da metodologia de pegada de carbono os resultados de um estudo para biomateriais podem ser completamente diferentes, sendo a contabilização do carbono biogênico e a vida útil, no caso da metodologia do ILCD (2011), os itens de maior influência.

4.3 Comparação dos Resultados Normalizados pela Vida Útil

Na Figura 13 são apresentados os resultados de pegada de carbono para os cenários considerados e as metodologias utilizadas normalizados pela vida útil dos painéis.

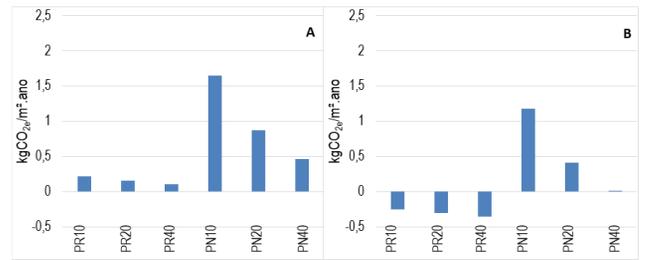


Figura 13 – Resultados normalizados pela vida útil do painel. (A) ISO 14067:2014; (B) ILCD (2011).
Fonte: Autor (2020).

Quando os cenários são normalizados pela vida útil considerada do painel, a diferença da pegada de carbono entre eles cresce consideravelmente para os cenários de paletes novos, mostrando a importância de se pensar em sistemas de mais duráveis.

Quando o carbono biogênico não é considerado no balanço final (metodologia da ISO 14067:2014), os cenários com maior vida útil, PR40 e PN40, que eram os mais desvantajosos em relação aos de menor vida útil, se tornam os de menor pegada de carbono. Enquanto que para a segunda metodologia, os cenários PR40 e PN40 que eram os mais vantajosos, já que conseguiram armazenar por mais tempo o carbono biogênico, melhoram ainda mais seus resultados.

4.4 Limitações do Estudo

É importante apresentar algumas limitações do estudo entre elas: primeiramente os tipos de metodologias de pegada de carbono utilizadas. Embora a ISO 14067 seja uma norma ISO e internacional, existem outras metodologias que podem levar a diferentes resultados e interpretações.

O inventário do ciclo de vida, em que foram utilizados alguns dados não adaptados ao contexto brasileiro. Adicionalmente, ficou de fora uma etapa importante, aquela relacionada aos processos de esterilização para prevenir a disseminação de espécies invasoras, tendo em vista que só foi considerada a produção e uso nacional.

O tipo de fim de vida considerado, que aqui se assumiu a incineração sem aproveitamento energético, que de acordo com os princípios da bioeconomia não é a mais recomendada, como apontam Jarre et al. (2020). Para esse tipo de destinação final sugere-se múltiplas reutilizações ou reciclagens antes da incineração, chamado de uso em cascata.

Finalmente, os dados utilizados nos inventários que para alguns casos não retratam o contexto brasileiro, mas o que também é uma prática comum nos estudos de pegada de carbono e ACV.

Não foram contabilizados também os impactos evitados (benefícios) relacionados ao fim de vida dos paletes que foram reutilizados, que contribuiriam para diminuir a pegada de carbono nos cenários de reutilização.

5. CONCLUSÕES

No presente estudo foi avaliada a pegada de carbono de um painel de paletes de madeira, considerando diferentes cenários. As variáveis analisadas foram: a origem dos paletes (reutilizados ou novos) e os períodos de vida útil (10, 20 e 40 anos). Foram empregadas duas metodologias: a da ISO 14067 (2014) e a do ILCD (2011), sendo o escopo estudado do berço ao túmulo.

Observou-se que a contabilização do carbono biogênico exerce grande influência nos resultados finais. A vida útil também tem influência importante, principalmente para metodologia do ILCD (2011). Quando os cenários são normalizados pela vida útil, o cenário de paletes reutilizados com 40 anos apresenta o mais vantajoso para ambas metodologias, chegando a uma pegada de carbono mínima de $-15,09 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2$ ou $-0,38 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2\text{.ano}$, quando o carbono biogênico é contabilizado, na metodologia do ILCD (2011).

Este estudo discutiu a aplicação de diferentes abordagens metodológicas de pegada de carbono para a avaliação de biomateriais. Embora o foco tenha sido paletes de madeira, essas metodologias podem ser adaptadas a outros biomateriais, como produtos de madeira ou bambu. Constatou-se que diferentes metodologias levam a resultados com grandes diferenças. Cabe assim, para o estudo de biomateriais, deixar claro qual a metodologia foi utilizada, a transparência dos dados e os processos considerados.

O estudo traz como principal contribuição a apresentação de forma quantitativa que a reutilização de paletes tem um grande potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa. Os resultados variaram de $-5,2$ a $17,61 \text{ kgCO}_2\text{-eq/m}^2$ entre os paletes reutilizados e novos, respectivamente (quando o carbono biogênico é contabilizado e considerando a vida útil do painel de 10 anos). Estes achados justificam a importância de se pensar em uma bioeconomia circular. Essa vantagem acontece devido a dois itens principais: a não contabilização dos impactos para a produção da madeira de pinus e do transporte entre a fábrica de produção e o lugar que o painel será produzido.

Sugere-se como pesquisas futuras a avaliação de como diferentes tipos de fim de vida dos paletes, como reciclagem e queima com aproveitamento energético, podem influenciar na pegada de carbono do painel. Para esses casos, as emissões evitadas e possíveis benefícios

deverão ser contabilizados. Adicionalmente, recomenda-se também o uso de um banco de dados mais adaptado ao contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ARRIGONI, A.; PELOSATO, R.; MELIÀ, P.; RUGGIERI, G.; SABBADINI, S.; DOTELLI, G. Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 1051– 1061, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS (ABRAS). **CPP - Comitê permanente de paletização**. Especificação do palete padrão para distribuição nacional PBR – I. <http://www.abras.com.br/palete-pbr/fabricantes-credenciadas/>. Acesso em 20. abr. 2018.
- BAUNGARTEN, C.; MELLO, N. V. C.; ALMEIDA, J. S. **Casa Palete**. 1º Seminário de Construções Sustentáveis. Anais...Passo Fundo, RS, 2015.
- BENGTSSON, J, JAMES LOGIE, J. Life cycle assessment of one-way and pooled pallet alternatives. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 414 – 419, 2015.
- BORGES, P. H. R. et al. Estudo Comparativo da Análise de Ciclo de Vida de Concretos Geopoliméricos e de Concretos à Base de Cimento Portland Composto (CP II). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr./jun. 2014.
- BRANDÃO, M.; LEVASSEUR, A.; KIRSCHBAUM, M.; WEIDEMA, B.; COWIE, A.; JØRGENSEN, S., et al., Key issues and options in accounting for carbon sequestration and temporary storage in life cycle assessment and carbon footprinting. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.18, p. 230-240, 2013.
- BRE 2013. **Product category rules for type III environmental product declaration of construction products to EN 15804:2012**, 2013, p. 36-37.
- CABEZA, L. et al. Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Energy Analysis (LCEA) of Buildings and the Building Sector: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 394-416, 2014.
- CALDAS, L. R. Uso de Paletes de Madeira no Design e Arquitetura: Avaliação de aspectos técnicos, de ensino e de mercado. In: **Anais...VII Encontro de Sustentabilidade de Projeto**, 2019, Florianópolis. VII ENSUS, 2019.
- CALDAS, L. R.; LINS, D. N.; SPOSTO, R. M. Avaliação

do ciclo de vida de pavimento de concreto drenante considerando diferentes unidades funcionais. **MIX Sustentável** Florianópolis, v.3, n.3, p.14-23, out./mar., 2017.

CALDAS, L. R.; PAIVA, R.; MARTINS, A.; TOLEDO FILHO, R. D. Argamassas de terra versus convencionais: avaliação do desempenho ambiental considerando o ciclo de vida. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 115-128, ago. 2020

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91108, out./dez. 2017.

CAMPOS, E. F.; PUNHAGUI, K. R. G.; JOHN, V. M. Emissão de CO₂ do Transporte da Madeira Nativa da Amazônia. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 157-172, abr./jun. 2011.

DEMERTZI, M.; SIERRA-PÉREZ, J.; PAULO, J. A.; ARROJA, L.; DIAS, A. C. Environmental performance of expanded cork slab and granules through life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 145, p. 294 – 302, 2017.

EC, 2012. Bioeconomy Strategy, “**Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe**”, COM(2012) 60 Final, Brussels, 2012.

EC. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) **Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context**. First Edition November 2011. EUR 24571 EN. EC – European Commission. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2011.

ENGLER, R. C.; LACERDA, A. C.; GUIMARÃES, L. H. Análise do ciclo de vida dos paletes: estudo de caso demonstrando a importância do design para a sustentabilidade. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 41-52. 2017.

ESCAMILLA, E. Z.; HABERT, G.; WOHLMUTH, E. When CO₂ counts: Sustainability assessment industrialized bamboo as an alternative for social housing programs in the Philippines. **Building Environment**, v. 103, p. 44 – 53, 2016.

FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH (BMBF). **Bioeconomy in Germany**. Berlin, Germany, 2015.

GARCIA, R.; FREIRE, F. Carbon footprint of particle-board: a comparison between ISO/TS 14067, GHG Protocol, PAS 2050 and Climate Declaration. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 199 – 209, 20104.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2017**. Brasil, 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013: the physical science basis, contribution of working group i to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040**: Environmental Management: life cycle assessment: principles and framework. Geneva, 2006.

IP, K.; MILLER, A. Life cycle greenhouse gas emissions of hemp–lime wall constructions in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 69, p. 1-9, 2012.

ISLAM, H.; ZHANG, G.; SETUNGE, Z.; BHUIYAN, M. Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 673 – 685, 2016.

ISLAM, H.; ZHANG, G.; SETUNGE, Z.; BHUIYAN, M. Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 673 – 685, 2016.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14067**: Greenhouse gases – carbon footprint of products – requirements and guidelines for quantification and communication. Geneva, 2014.

JARRE, M.; PETIT-BOIX, A.; PRIEFER, C.; MEYER, R.; LEIPOLD, S. 2020. Transforming the bio-based sector towards a circular economy - What can we learn from wood cascading? **Forest Policy Economy**, v. 110, 2020.

MINGUET, J. M. **Building with Pallets**: Pallet Project. Espanha: Monza, 2015.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Normas internacionais para medidas fitossanitárias Revisão da NIMF Nº 15**. Regulamentação de material de embalagem de madeira no comércio internacional. 2010. Disponível em: <https://www.ipcc.int/largefiles/NIMF_15_2009_PTFINAL_0.pdf> Acesso em 29. Set. 2020.

PACHECO-TORGAL, Fernando et al. **Eco-efficient construction and building materials: life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies**. Woodhead Publishing, 2014.

PASSUELLO, A. C. B. et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na Análise de Impactos Ambientais de Materiais de Construção Inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos.

Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20, out./dez. 2014.

PAWELZIK, P.; CARUS, M.; HOTCHKISS, J.; NARAYAN, R.; SELKE, S.; WELLISCH, M.; WEISS, M.; WICKE, B.; PATEL, M. K. Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials – Reviewing methodologies and deriving recommendations. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 211-228, 2013.

PITTAU, F.; KRAUSE, F.; LUMIA, G.; HABERT, G. Fast-growing bio-based materials as an opportunity for storing carbon in exterior walls. **Building and Environment**, v. 129, p. 117-129, 2018.

PRETOT, S.; COLLET, C.; GARNIER, C. Life cycle assessment of a hemp concrete wall: Impact of thickness and coating. **Journal of Cleaner Production**. v. 72, p. 223 – 231, 2014.

SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. Determinação das Emissões de Dióxido de Carbono das Matérias Primas do Concreto Produzido na Região Norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, Porto Alegre. v. 16, n. 2, p. 35-49, abr./jun. 2016.

SCARLAT, N.; DALLEMAND, J. F.; MONFORTI-FERRARIO, F.; NITA, V. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts, **Environmental Development**. v.15, 2015, p.3-34

SILVESTRE, J. D.; PARGANA, N.; BRITO, J.; PINHEIRO, M. Insulation Cork Boards—Environmental Life Cycle Assessment of an Organic **Construction Material**. **Materials**, v. 9, n. 394, p. 1-16, 2016.

SOUZA, Danielle Maia, et al. Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls. **Journal of Cleaner Production**, v.137, n. 20, p. 70-82, nov.2016.

TORNESE, F.; CARRANO, A. L.; THORN, B. K.; PAZOUR, J. A.; ROY, D. Carbon footprint analysis of pallet remanufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 630-542. 2016.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3108-2833>

LUCAS ROSSE CALDAS, Dr. | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) | Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU UFRJ) | Rio de Janeiro, RJ - Brasil | Correspondência para: Prédio da Reitoria/FAU, Av. Pedro Calmon, 550 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-485 | E-mail: lucas.caldas@fau.ufrj.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CALDAS, Lucas Rosse. Bioeconomia Circular E Mudanças Climáticas: Avaliação Da Pegada De Carbono De Paletes De Madeira Reutilizados. **MIX Sustentável, [S.l.]**, v. 7, n. 2, p. 27-40, abr. 2021. ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.27-40>.

DATA DE ENVIO: 02/04/2020

DATA DE ACEITE: 29/09/2020

PRÁTICAS AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS EM GESTÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: UMA REVISÃO

ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE PRACTICES IN WASTE MANAGEMENT HEALTH SERVICES: A REVIEW

MÁRCIA REGINA CORDEIRO DE SOUZA | PUC-PR
OSÍRIS CANGILIERI JUNIOR, PhD. | PUC-PR

RESUMO

O aumento na quantidade dos resíduos de serviços de saúde, aliado à deficiência na gestão destes materiais tem gerado grande preocupação quanto ao impacto negativo na saúde da população e no meio ambiente. Diante deste problema buscou-se conhecer as práticas de gestão de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) desenvolvidas com foco na sustentabilidade, através de uma revisão sistemática, para isso realizou-se a busca através da base de dados do Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). O trabalho permitiu o levantamento de práticas sustentáveis desenvolvidas por diversos atores interessados em minimizar o impacto ambiental gerado pelos RSS no nível hospitalar, regional e nacional. As principais ações envolveram: capacitação, segregação, políticas públicas, tecnologia de tratamento, minimização, reutilização e reciclagem, monitoramento do gerenciamento de RSS, designação de responsável pelas atividades de gestão de RSS e investimento pelos governos, entre outras. Identificou-se a necessidade de maior aprofundamento nas pesquisas que apresentem soluções inovadoras em gestão de RSS e um processo que permita a troca de informações entre instituições e governo para capilarizar as melhores práticas e acelerar o processo de redução do impacto ambiental gerado por esta atividade. Desta forma, conclui-se que muitas iniciativas têm sido desenvolvidas de forma isolada.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos de serviços de saúde; sustentabilidade; gestão

ABSTRACT

The increase in the amount of waste from health care, coupled with the deficiency in the management of these materials has generated great concern regarding the negative impact it has on the population's health and the environment. Faced with this problem, we sought learning more about the management of waste within Health Care (Health Care's Waste management practices = RSS) developed with a focus on sustainability, through a systematic review. The work allowed the survey of sustainable practices developed by several actors interested in minimizing the environmental impact generated by RSS on hospitals, both on regional and national levels. (The) Main actions involved: training, segregation, public policies, treatment technology, minimization, reuse and recycling, monitoring of RSS management, designation of an accountable individual for RSS management activities and investment by governments, amongst others. It is concluded that many initiatives have been developed in an isolated manner. The management of RSS is a complex system and to ensure all actions' success, the steps of management must be analyzed considering their particularities, however, in a complementary way towards the others. The different stakeholders must be integrated so that the sum of efforts may produce more solid and consistent results, allied with the integration between local, regional and national entities, as each link in this system is both affected by and affects the others. It was also identified the need for a more profound research that presents innovative solutions in the management of RSS and a process that allows the exchange of information between institutions and the government to scatter the best practices and accelerate the process of reducing the environmental impact generated by this activity.

KEY WORDS: hospital waste; sustainability; management



1. INTRODUÇÃO

Os serviços de saúde no decorrer da história têm evoluído muito e recentemente tem incorporado inovações tecnológicas importantes. No entanto, segundo relatório da ONU (UN, 2011) a quantidade de resíduos gerados por serviços de saúde nos países em desenvolvimento está aumentando devido à expansão dos serviços de saúde, exacerbada pela falta de recursos tecnológicos e financeiros para garantir que os resíduos sejam geridos e eliminados de forma segura em prol da saúde humana e o meio ambiente.

Outros fatores têm contribuído para o aumento na geração de resíduos de serviços de saúde, como o contínuo incremento da complexidade da assistência à saúde, o uso crescente de materiais descartáveis, além do aumento da população idosa, que normalmente necessita de mais serviços de saúde, sendo usuária frequente de diversos tipos e níveis de especialidades (SISINNO; MOREIRA, 2005).

Contudo, sabe-se que cerca de 75 a 90% do total de resíduos gerados pelos serviços de saúde são comparáveis aos resíduos domésticos e não representam risco à saúde humana ou para o meio ambiente (WORLD HEALTH ORGANISATION et al., 2014). Os demais resíduos são considerados perigosos e podem criar uma variedade de riscos se não forem gerenciados e eliminados de forma adequada (UN, 2011). Por isso, é imprescindível que todos os resíduos provenientes de serviços de saúde sejam identificados, quantificados, segregados, manipulados, tratados e descartados corretamente.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) reconhece que a segurança e sustentabilidade da gestão de resíduos resultantes dos cuidados de saúde é um imperativo na saúde pública e uma responsabilidade de todos. No entanto, em muitos países, a gestão inadequada de RSS continua a representar uma ameaça significativa, embora subestimada, aos direitos humanos, incluindo o direito à vida, o direito à saúde física e mental, o direito à segurança e saúde no trabalho e o direito a um padrão de vida adequado (UN, 2011).

De acordo com a OMS (2014) em muitos hospitais todos os resíduos são misturados e queimados em incineradores de baixa tecnologia e alto grau de poluição, produzindo dioxinas e furanos. Estes compostos são subprodutos de diversos processos industriais, os incineradores de resíduos (sólidos e de serviços de saúde) não controlados são frequentemente os maiores causadores. A distribuição destas toxinas no meio ambiente é global, são encontradas em solo, sedimentos, alimentos, especialmente laticínios, carnes, peixes e crustáceos (WHO, 2016).

Os impactos na saúde provocado pela exposição direta e indireta destas substâncias incluem efeitos carcinogênicos, danos no sistema cardiovascular, efeitos respiratórios, efeitos do sistema imunológico, má formação de fetos, entre muitos outros (BIANCO et al., 2010). Embora progressos tenham sido feitos em cuidados com o RSS, práticas de gerenciamento ainda necessitam de modificações e melhorias. Alguns dos problemas mais comuns identificados são a gestão inadequada de resíduos, falta de consciência sobre os riscos para a saúde e a poluição ambiental, recursos financeiros e humanos insuficientes e condições inadequadas de eliminação de resíduos (MATO; KASEVA, 1999).

Diante disso, foi observada a necessidade de investigar as práticas do sistema de gestão de RSS desenvolvidas com foco na sustentabilidade e identificar lacunas existentes na literatura para oferecer suporte ao desenvolvimento de uma pesquisa que permita o maior desenvolvimento em áreas pouco exploradas.

2. REVISÃO SISTEMÁTICA

A revisão sistemática da literatura é um método que permite maximizar o potencial de uma busca, encontrando o maior número possível de resultados de uma maneira organizada. O seu resultado não é uma simples relação cronológica ou uma exposição linear e descritiva de uma temática construída por um trabalho reflexivo, crítico e compreensivo a respeito do material analisado (FERNÁNDEZ-RÍOS; BUELA-CASAL, 2009). A revisão sistemática desta pesquisa baseou-se conceitualmente nos trabalhos desenvolvidos por Mattioda et al. (2015), Szejka et al. (2017), Teixeira e Cancigliieri Junior (2019) e Uemura Reche et al. (2019). Então, para identificar as práticas de gerenciamento de RSS com foco na sustentabilidade ambiental, utilizou-se estas abordagens e na sequência, foi analisado todo o conteúdo encontrado, conforme as etapas descritas na tabela 1.

Quantidade de artigos selecionados por etapa		
1ª etapa	Busca Capes por palavras-chave	2207
2ª etapa	Leitura do título Aplicação critérios de inclusão/exclusão	282
3ª etapa	Leitura Resumo Inclusão de pergunta norteadora	93
Análise de conteúdo	Leitura completa	37

Tabela 01: Revisão Sistemática e Análise de Conteúdo
Fonte: Autores

A revisão sistemática foi realizada por meio do sistema de base de dados científica brasileira (Periódicos CAPES) disponibilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento

de Pessoal de Nível Superior (CAPES 2017) que contém aproximadamente 530 bases de dados, incluindo Cambridge Journals Online, Emerald Insight (Emerald), IEEE Xplore, Scopus (Elsevier), Science Direct, SpringerLink, Taylor e Francis entre outros. Esse sistema permite uma busca e filtragem robusta de artigos através dos parâmetros de pesquisa. Na pesquisa foram considerados para análise artigos no idioma inglês, revisados por pares, no período de 2001 até outubro de 2020.

2.1 Determinação das palavras-chave (Primeira Etapa)

Nesta etapa foram definidas as palavras-chave utilizadas na busca, obtidas a partir da análise exploratória onde foram selecionadas pesquisas reconhecidas como relevantes devido ao número de citações. A partir disso, observou-se o relacionamento entre três campos de pesquisa: gestão, resíduo de serviços de saúde e sustentabilidade que foram combinados da seguinte forma: "Infectious medical" OR "Infectious waste" OR "Clinical solid waste" OR "Hospital waste" OR "Health care waste" OR "Biomedical waste" AND "Sustainability" OR "Sustainable" AND "Management" OR "Maturity Model", resultando em 2.249 artigos, que após a exclusão dos artigos duplicados restaram 2.207.

2.2 Análise de títulos e resumos dos artigos selecionados (Segunda Etapa – critérios de exclusão)

Esta fase consistiu no refinamento da busca para eliminar os artigos que não faziam parte do escopo da pesquisa,

utilizado como critério de exclusão: saúde ocupacional; categorias profissionais; tratamento de efluentes, resíduo doméstico e radioativo; resíduos de serviços especializados (hemodiálise, vacina, anestesia, drogas específicas, cirurgia, laboratórios, odontologia, controle de infecção, farmácia, hemoterapia, lavanderia hospitalar, nutrição, atenção primária, indústria); nível educacional da população; métodos de mensuração, estudos comparativos entre saúde pública e privada e caracterização de resíduos; capacitação de profissionais; assistência humanitária; doenças transmitidas por vetores; materiais específicos como alumínio, baterias, mercúrio e resíduos eletrônicos. Após este processo restaram 282 artigos para a próxima etapa.

2.3 Inclusão da pergunta norteadora (Terceira Etapa – Critério de inclusão)

Para o refinamento dos artigos foi realizada uma nova leitura para seleção dos trabalhos com abordagem sob o aspecto da sustentabilidade, para isso foi utilizada seguinte pergunta norteadora: "O artigo contribui para o desenvolvimento ambientalmente sustentável da gestão de resíduos de serviços de saúde com ações concretas?". Numa primeira leitura dos resumos e títulos remanesceram somente 93 trabalhos que eram aderentes ao tema abordado. Após a leitura completa com profundidade, resultaram somente 37 artigos que estavam alinhados com esse critério e o tema de pesquisa, como descrito em detalhes na tabela 02.

AUTOR	TÍTULO	ANO	TEMA	CONTRIBUIÇÃO	LIMITAÇÃO
Rume, T.; Islam, S. M.D.	Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies of sustainability	2020	Fatores que contribuem para gestão inadequada	Estudo aponta que a situação de pandemia melhora significativamente a qualidade do ar em diferentes cidades em todo o mundo, reduz a emissão de GEEs, diminui a poluição da água e o ruído, e reduz a pressão sobre os destinos turísticos, por outro lado há também algumas consequências negativas como aumento de resíduo hospitalar, uso e descarte aleatório de desinfetantes, máscara e luvas; e aumento da carga de resíduos não tratados continuamente colocando em risco o meio ambiente. O aumento do uso de equipamentos de proteção e segurança e o descarte aleatório aumentam a quantidade de resíduos de saúde. No entanto, devido à falta de conhecimento sobre resíduos infecciosos, a maioria das pessoas os joga em locais abertos ou com resíduos domésticos. Esse descarte desordenado cria entupimento nos sistemas de esgoto e contribui para a poluição ambiental.	Limitado ao levantamento de problemas acentuados pela pandemia e não apresenta soluções.
Sarkodie, S. A.; Owusu, P. A.	Impact of COVID-19 pandemic on waste management	2020	Substituição do PVC Pesquisa: consequências do progresso tecnológico	Artigo avaliou o impacto da COVID-19 na gestão de resíduos, observando medidas de bloqueio e distanciamento social. Descobriram que a quantidade de resíduos aumentou entre os países que mantiveram o distanciamento social. O aumento do uso de produtos de uso único provocou o acúmulo destes materiais. Em Hong Kong, as máscaras faciais se acumularam em trilhas naturais e praias devido ao descarte inadequado em cursos d'água. Além disso, uma proibição temporária de movimentos transfronteiriços afeta os países em desenvolvimento que dependem de tecnologia estrangeira para atividades de reciclagem de resíduos fazendo com que a maioria dos resíduos gerados durante a pandemia seja descartada em vez de reciclada.	

				(CONTINUAÇÃO) A pandemia global levou a uma quantidade incomum de resíduo hospitalar relatado. Devido à adoção global de equipamentos de proteção pessoal, pesquisas futuras devem ter como objetivo o desenvolvimento equipamentos de proteção ecologicamente corretos, incluindo máscaras faciais, luvas, macacões, entre outros, para acelerar a agenda para alcançar uma produção sustentável e redução dos custos ambientais.	
Ahmad, R.; Liu, G.; Santagata, R.; Casazza, M.; Xue, J.; Khan, K.; Nawab, J.; Ulgiati, S.; Lega, M.	LCA of hospital solid waste treatment alternatives in a developing country: The case of District Swat, Pakistan	2019	Tecnologia de tratamento	O estudo avaliou os impactos ambientais das práticas de gestão de resíduos hospitalares em Swath District, Paquistão. Realizou-se uma avaliação do ciclo de vida para a estimativa de diferentes impactos das práticas atuais e alternativas de tratamento de resíduos sólidos hospitalares. Utilizaram-se três cenários para descrever as práticas alternativas atuais (Cenário A e Cenário B), referindo-se à incineração ou aterro direto do resíduo sem qualquer triagem dos materiais coletados e o cenário C, que inclui o uso de pirólise e desinfecção química. Consideraram-se oito impactos nas categorias: toxicidade humana, eco-toxicidade de água doce, eco-toxicidade marinha aquática, eco-toxicidade terrestre, potencial de acidificação, alterações climáticas, eutrofização e oxidação fotoquímica. As práticas (Cenário A e Cenário B) foram as piores para todas as categorias, o maior impacto de todos é registrado para a toxicidade humana gerada pela incineração.	Deve ser considerado que atualmente não são implementadas práticas de reciclagem ou reutilização.
Ferronato, N.; Ragazzi, M.; Elias, M.S.T.; Portillo, M. A. G.; Lizarazu, E.G.G.; Torretta, V.	Application of health-care waste indicators for assessing infectious waste management in Bolivia	2020	Diretrizes para classificação das instituições	O artigo apresenta um conjunto de indicadores para avaliar a gestão de resíduos de saúde em cidades em desenvolvimento. Os critérios considerados foram divididos em cinco indicadores: coleta e coleta seletiva; armazenamento; tratamento local; manutenção e monitoramento; e Conscientização, segurança e prevenção. O objetivo foi sugerir uma ferramenta de gestão integrada como uma primeira técnica de avaliação para identificar os problemas prevalentes no sistema de gestão de resíduos de saúde. O método pode ser replicado em outros contextos em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento, para comparar cidades, soluções de gestão e melhorias realizadas ao longo dos anos. Os indicadores podem ser usados para comparar hospitais, fornecendo uma referência em relação ao nível de renda, características ambientais e comportamento social, podendo ser uma ferramenta para contribuir para a melhoria da consciência sobre os problemas de gestão de resíduos de serviços de saúde e os requisitos de gerenciamento para impulsionar a sustentabilidade e a saúde em nível global.	
Di Nola, M.F.; Escapa, M.; Ansah, J.P.	Modelling solid waste management solutions: The case of Campania, Italy	2018	Modelo para futuras melhorias na infraestrutura	É proposta uma ferramenta para desenvolver um laboratório para testar futuras melhorias quanto à política de resíduos. O modelo foi usado para explorar o provável impacto de alternativas políticas de gestão de resíduos em diferentes níveis institucionais. Os resultados apontam que as políticas de gestão que se concentram em impulsionar a segregação dos resíduos são susceptíveis a ser mais sustentáveis, minimizando o aumento da capacidade da infraestrutura.	Limitado a uma proposta de políticas públicas para gestão de RSS em nível regional.
Su, E. C.; Chen, Y.	Policy or income to affect the generation of medical wastes: An application of environmental Kuznets curve by using Taiwan as an example	2018	Geração de RSS e renda	O estudo enfatiza o efeito da renda, a geração de resíduos de serviços de saúde e o descarte ilegal por meio de associações. Apresenta a relação positiva entre a geração de resíduos de serviços de saúde e a receita, explicadas pelo aumento da preocupação com a saúde ocasionada pelo aumento da renda. Sugere ainda que para evitar o aumento contínuo na geração é necessário reduzir a demanda por assistência médica e por fim considera a adoção de um sistema público de monitoramento como uma abordagem para reduzir o descarte ilegal de resíduos de serviços de saúde.	Os dados usados na pesquisa são do banco de dados do governo com base na perspectiva macroscópica. Não podendo ser aplicados no nível hospitalar.
Ali, M.; Geng, Y.	Accounting embodied economic potential of healthcare waste recycling—a case study from Pakistan	2018	Minimização, reutilização e Reciclagem	Foi utilizada a análise Emergy para avaliar o verdadeiro potencial econômico da reciclagem. Foi comparado o potencial das práticas atuais de reciclagem de resíduos com o cenário de 100% de reciclagem das frações úteis dos resíduos. Concluiu-se que a energia latente incorporada de diferentes frações de resíduos recicláveis os tornava mais valioso do que indicam os preços de mercado existentes. Este valor aumentava ainda mais se as frações de resíduos úteis fossem totalmente recicladas.	Não contabilizada as variações sazonais e a falta de dados sobre a reciclagem adequada de resíduos como compostagem, incineração e reciclagem de material controlado.

Migdadi, Y.K.A. A.; Omari, A.A.	Identifying the best practices in green operations strategy of hospitals	2018	Minimização, reutilização e Reciclagem	Foram estudados 25 relatórios anuais de sustentabilidade através do benchmarking e da análise quantitativa de conteúdo de relatórios de sustentabilidade. As ações foram classificadas nas categorias gerais: redução no consumo de: papel, combustível, energia elétrica, redução dos resíduos perigosos e não perigosos e redução das emissões diretas de GEE (gases de efeito estufa). O indicador de redução de resíduos perigosos foi considerado significativo e a ação mais frequentemente tomada foi aumentar a conscientização dos profissionais sobre como os resíduos devem ser devidamente classificados.	
Awodele, O.; Adewoye, A. A.; Oparah, A. C.	Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria. (Report)	2016	Capacitação Política de RSS	Avaliada as práticas de gerenciamento de resíduos e avaliado o impacto da intervenção da Autoridade de Gestão de Resíduos. O trabalho analisou as práticas de gerenciamento em sete hospitais e o resultado demonstrou que há pouco progresso na gestão de resíduos hospitalares no estado de Lagos. As práticas de gestão de resíduos entre os vários hospitais pesquisados são semelhantes, exceto uma instituição que ainda mistura seus resíduos perigosos e comuns. O resíduo hospitalar é coletado e segregado usando o sistema de codificação de três cores da OMS, a seguir transferido para o armazenamento local e finalmente transportado pelo Estado de Lagos para a estação de carregamento de transferência onde é tratado por meio de hidroclave. Este sistema é congruente com as especificações da OMS; porém não há uniformidade nas práticas de gestão de resíduos. Outra recomendação é o treinamento contínuo da equipe dos hospitais em gestão de resíduos. Há também a necessidade de conscientizar o paciente e a comunidade sobre o sistema de gerenciamento de resíduos, a fim de prevenir infecções e riscos ambientais. Acrescentam ainda que diretrizes de política e regulamentação devem ser fornecidas aos três níveis de governo (governo federal, estadual e local) de modo a melhorar as práticas de gestão de resíduos em todo o país.	Não apresentou as diretrizes e políticas para gestão de RSS.
Caniato, M.; Tudor, T.; Vaccari, M.	International governance structures for healthcare waste management: A systematic review of scientific literature	2015	Capacitação Compartilhamento das melhores práticas Envolvimento dos gestores Tecnologia de tratamento	Revisado sistematicamente a literatura científica dos últimos 15 anos e identificado as principais práticas e desafios, bem como áreas potenciais para melhoria com o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para processos mais simples e eficazes de segregação, esterilização e reuso.	Estudo limitado à fase de segregação e aos procedimentos de esterilização e reuso.
Windfeld, E.S.; Brooks, M. S.	Medical waste management, A review	2015	Capacitação Segregação	Constatou-se que a melhor maneira de controlar o impacto do resíduo hospitalar é produzir menos, e uma das maneiras mais eficazes de fazer isso é garantir que apenas resíduos infecciosos sejam enviados para tratamento e outros resíduos hospitalares devem ser tratados da mesma forma que o resíduo doméstico. A divisão do resíduo hospitalar apenas em infectante e comum gera desperdício no aspecto ambiental que deixa de utilizar o potencial de reciclagem da maioria dos resíduos gerados e no aspecto econômico já que aumenta consideravelmente o volume de resíduo infectante onerando os custos da instituição.	
Caniato, M.; Vaccari, M.; Visvanathan, C.; Zurbrugg, C.	Using social network and stakeholder analysis to help evaluate infectious waste management: A step towards a holistic assessment	2014	Segregação	Análise sobre instalação de incineração em Bangkok e a relação com as partes interessadas. Sugere que a comunicação pode ser melhorada e as partes interessadas podem estar estrategicamente mais envolvidas.	Limitado a um método de tratamento de resíduos considerado altamente poluente.
Alves, S.B.; Souza, A.C.S.; Tipple, A. F. V.; Rezende, K.C.; Resende, F.R.; Rodrigues, E.G.; Pereira, M.	The reality of waste management in primary health care units in Brazil	2014	Fatores que contribuem para gestão inadequada	Estudo brasileiro em resíduos de saúde na atenção básica mostrou que a maioria dos resíduos gerados é comum e reciclável.	Limitado aos resíduos provenientes da atenção básica em saúde, especialmente os gerados em domicílio.

Debere, M. K.; Gelaye, K. A.; Alamdo, A., G.; Trifa, Z. M.	Assessment of the health care waste generation rates and its management system in hospitals of Addis Ababa, Ethiopia,	2013	Tecnologia de tratamento	Apresenta o mecanismo de descarte de resíduos hospitalares em Addis Ababa na Etiópia sendo o principal a incineração. Constatou-se que os incineradores não estavam equipados com entradas de ar, e por isso colocava em risco a saúde das pessoas que moram e trabalham nas proximidades. O trabalho sugere que o uso de outras formas de tratamento de resíduos, alternativo à incineração, como uma autoclave fabricada localmente e integrada a um triturador, devem ser avaliadas e implementadas.	Estudo investigativo limitado a práticas de tratamento em hospitais da Etiópia.
Hossain, M. S.; Santhanam, A.; Norulaini, N.A.N.; Omar, A. K. M.	Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment - A review	2011	Fatores que contribuem para gestão inadequada	Nesta revisão, as práticas existentes de gerenciamento de resíduos sólidos foram investigadas para determinar o manejo apropriado e tecnologia para o gerenciamento de resíduos sólidos. Em uma revisão identificou-se que embora medidas significativas tenham sido tomadas em questões relacionadas ao manuseio seguro e à eliminação dos resíduos de saúde, a prática de gestão inadequada é evidente desde o ponto de coleta até a disposição final. Na maioria dos casos, os principais motivos da má gestão são: falta de legislação adequada, falta de corpo clínico especializado, falta de conscientização e controle efetivo. O artigo enfatiza o programa de reciclagem e reutilização de materiais após esterilização usando dióxido de carbono fluido supercrítico como tecnologia de esterilização no ponto de coleta inicial. A ênfase está na prioridade de desativar os microrganismos infecciosos. A adoção dessa tecnologia poderia reduzir a exposição a resíduos infecciosos, diminuir mão de obra, diminuir custos e produzir melhor conformidade regulatória.	Estudo investigativo com foco na etapa de geração e segregação de resíduos infectantes.
Manga, V. E.; Forton, O. T.; Mofor, L. A.; Woodard, R.	Health care waste management in Cameroon: A case study from the Southwestern Region	2011	Inovação e desenvolvimento Segregação	O estudo estabelece que a pouca atenção dada à gestão de resíduos de serviços de saúde resulta na falta de uma abordagem integrada para a formulação de políticas no mais alto nível de tomada de decisão.	Estudo baseou-se em cinco unidades de saúde em um país que necessita de regulamentação local.
Walkinshaw, E.	Medical waste-management practices vary across Canada. (News)	2011	Autoridade nacional responsável Legislação Política de RSS	Sugere medidas para aumentar a conscientização sobre o RSS, rigoroso controle de saúde ocupacional dos trabalhadores, alocação de recursos necessários por parte do governo e o desenvolvimento de planos abrangentes de gestão de resíduos de saúde.	Estudo limitado às questões de legislação pertinentes ao Canadá.
Abd El-Salam, M. M.	Hospital waste management in El-Beheira Governorate, Egypt	2010	Fatores que contribuem para gestão inadequada	Em uma investigação sobre as práticas de gerenciamento de resíduos hospitalares utilizadas por oito hospitais localizados na cidade de Damanhour, é apresentado os principais fatores contribuintes para as inadequações quanto às práticas de gestão de resíduos.	Estudo investigativo em apenas 8 hospitais.
Askarian, M.; Heidarpour, P.; Assadian, O.	A total quality management approach to health-care waste management in Namazi Hospital, Iran	2010	Fatores que contribuem para gestão inadequada Minimização, reutilização e Reciclagem Política de RSS	Um conceito estruturado de gestão de resíduos, juntamente com definições claras e treinamento de pessoal resultará na redução do desperdício, levando conseqüentemente a uma diminuição das despesas nos serviços de saúde.	Estudo limitado pelo curto período de observação somente na fase de segregação.
Insa, E.; Zamorano, M.; Lopez, R.	Critical review of medical waste legislation in Spain	2010	Minimização, reutilização e Reciclagem Política de RSS Segregação Tecnologia de tratamento	Trata-se de uma revisão crítica da legislação espanhola sobre a gestão de resíduos médicos. Compara leis regionais para identificar semelhanças e diferenças entre elas.	Estudo limitado a legislação espanhola sobre gestão de RSS.

Prem Ananth, A.; Prashanthini, V.; Visvanathan, C.	Healthcare waste management in Asia	2010	Instalação de reciclagem e tratamento Minimização, reutilização e Reciclagem Responsável designado para gestão de RSS Segregação Tecnologia de tratamento Transparência entre instituição de saúde e governo	Com base em um estudo de 12 países refletindo o status atual foram elaboradas recomendações para a gestão do RSS. As recomendações não defendem qualquer tecnologia complexa, mas exige mudanças de mentalidade de todos os interessados e identifica 16 aspectos necessários para um sistema eficiente de gestão de RSS.	
Bendjoudi, Z.; Taleb, F.; Abdelmalek, F.; Addou, A.	Healthcare waste management in Algeria and Mostaganem department	2009	Responsável designado para gestão de RSS	Os resultados mostraram que há uma falta de estratégia de gestão de resíduos de saúde, bem como a falta de responsável por gerenciar a gestão de resíduos no nível hospitalar.	Estudo investigativo para retratar a realidade sobre a gestão de RSS da Argélia.
Birpinar, M. E.; Bilgili, M. S.; Erdogan, T.	Medical waste management in Turkey: A case study of Istanbul	2009	Monitoramento do gerenciamento de RSS	Analisado o estado da gestão de resíduos hospitalares à luz do Regulamento de Controle de Resíduos Médicos em Istambul, constatado que alguns regulamentos ainda precisam ser colocados em prática.	Estudo limitado a realidade de um país quanto à adequação aos seus próprios regulamentos.
Cheng, Y. W.; Sung, F. C.; Yang, Y.; Lo, Y. H.; Chung, Y. T.; Li, K. C.	Medical waste production at hospitals and associated factors	2009	Segregação	Avaliada a quantidade de resíduos de saúde gerados e os fatores associados à taxa de geração. O estudo sugere que grandes hospitais são a principal fonte de resíduos médicos, em contrapartida são as organizações que possuem melhor alavancagem para negociar com os coletores de resíduos recicláveis.	Estudo limitado a fase de geração de RSS.
Coker, A.; Sangodoyin, A.; Sridhar, M.; Booth, C.; Olomolaiye, P.; Hammond, F.	Medical waste management in Ibadan, Nigeria: Obstacles and prospects	2009	Capacitação Mídia	Investigado as práticas atuais relativas à geração e gestão de resíduos médicos e comparado com as melhores práticas.	Estudo investigativo limitado a realidade de uma cidade na Nigéria.
Gupta, S.	Rules and management of biomedical waste at Vivekananda Polyclinic: A case study	2009	Capacitação Comprometimento da equipe de saúde e gestores	Foi analisado o sistema de gestão de resíduos biomédicos, incluindo política, prática e constatou-se conformidade com os padrões estabelecidos no marco regulatório devido ao seu compromisso com o meio ambiente.	Estudo de uma determinada realidade e o cumprimento de padrões pré-estabelecidos.
Harhay, M. O.; Halpern, S. D.; Harhay, J. S.; Olliaro, P. L.	Health care waste management: a neglected and growing public health problem worldwide	2009	Pesquisa: consequências do progresso tecnológico	Divulgado um inventário de 87 documentos relativos a práticas de gestão de resíduos de cuidados de saúde e desafios em 40 países de baixa e média renda em todo o mundo, através de uma revisão sistemática.	Revisão Sistemática de documentos que possivelmente sofreram alterações após a publicação.
Yang, C.; Peijun, L.; Lupi, C.; Yangzhao, S.; Diandou, X.; Qian, F.; Shasha, F.	Sustainable management measures for healthcare waste in China	2009	Investimento pelos governos Supervisão e monitoramento ambiental Tecnologia de tratamento	Discutidas as ações voltadas para o manejo sustentável de resíduos hospitalares, levando em consideração a atual situação e as exigências decorrentes da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes e as recomendações da OMS.	A incineração foi considerada a principal alternativa de tratamento de resíduos hospitalares.

Abdulla, F.; Abu Qdais, H.; Rabi, A.	Site investigation on medical waste management practices in northern Jordan	2008	Capacitação Política de RSS	Apresenta a necessidade de uma estratégia de gestão baseada em opções de gerenciamento de resíduos por etapas.	Estudo exploratório da gestão dos hospitais da Jordânia.
Alagoez, A. Z.	Determination of the best appropriate management methods for the health-care wastes in Istanbul	2008	Capacitação	A gestão dos resíduos de cuidados de saúde em Istambul foi analisada do ponto de vista das práticas existentes e definiu que para o gerenciamento eficaz era necessário um programa de treinamento e certificação para o pessoal envolvido na gestão e manipulação de resíduos hospitalares.	Apresenta a relação entre programas de treinamento e a correta segregação dos resíduos hospitalares na realidade de um país.
Mbongwe, B.; Mmereki, B. T.; Magashula, A.	Healthcare waste management: Current practices in selected healthcare facilities, Botswana	2008	Capacitação Plano de Gerenciamento Responsável designado para gestão de RSS	Realizado uma revisão das práticas de gerenciamento de resíduos no nível hospitalar e foi constatado a necessidade de gerenciamento de resíduos hospitalares, de plano de gerenciamento e funcionário especialmente designado para coordenar atividades de gestão de resíduos além de treinamento.	Limitado ao nível da unidade de saúde em um país com sérias dificuldades financeiras e que não consegue seguir as recomendações da OMS.
Zamoner, M.	Model for evaluating plans for health service waste management (MPHSW) for use by local health and environmental protection authorities	2008	Monitoramento do gerenciamento de RSS	Trata-se de um modelo para avaliação do PGRSS (Programa de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde) pelas secretarias municipais de saúde. Esse modelo visa acompanhar a evolução da qualidade dos planos de resíduos de saúde sob sua responsabilidade, tendo um monitoramento anual eficiente.	Limitado a avaliação de implementação de PGRSS dentro de parâmetros pré-estabelecidos.
Soliman, S. M.; Ahmed, A. I.	Overview of biomedical waste management in selected Governorates in Egypt: A pilot study	2007	Fatores que contribuem para gestão inadequada	A manipulação e tratamento de resíduos biomédicos em diferentes configurações de cuidados de saúde foram avaliados e observaram práticas inadequadas em várias etapas do fluxo de resíduos.	Estudo limitado a realidade de um país que não possui políticas escritas e diretrizes claras.
Jang, Y.; Lee, C.; Yoon, O.; Kim, H.	Medical waste management in Korea	2006	Minimização, reutilização e Reciclagem Substituição do PVC Tecnologia de tratamento	Apresenta uma visão geral das práticas atuais de gerenciamento de resíduos médicos na Coreia. Informações sobre geração, composição, segregação, transporte e descarte de resíduos médicos são discutidas.	A incineração é o método de tratamento preferido na Coreia, considerado o mais poluente.
Woolridge, A.; Morrissey, A.; Phillips, P. S.	The development of strategic and tactical tools, using systems analysis, for waste management in large complex organizations: a case study in UK health-care waste	2005	Diretrizes para classificação das instituições	Proposta duas ferramentas para oferecer melhores práticas em um ambiente hospitalar. A adoção da metodologia levou a uma significativa redução no custo dos resíduos. A metodologia permite a adoção de um princípio orientador consistente com a gestão sustentável de resíduos.	Estudo de caso que necessita de maior amostragem para validação das ferramentas.

Askarian, M.; Vakili, M.; Kabir, G.	Results of a hospital waste survey in private hospitals in Fars province, Iran	2004	Conscientização da equipe e usuários Investimento pelos governos Segregação	Todos os resíduos gerados em alguns hospitais do Iran eram considerados como infectantes, contrariando as diretrizes de gestão de resíduos e apresenta ainda os pontos críticos que contribuem para as falhas no sistema.	Limitado ao estudo investigativo da realidade de um país há mais de uma década.
Almuneef, M.; Memish, Z. A.	Effective medical waste management: It can be done	2003	Capacitação Monitoramento do RSS Política de RSS	Incorporada uma política escrita sobre geração de resíduos que demonstrou que a gestão eficaz pode reduzir custos e o risco para a saúde e ainda proteger o meio ambiente.	Resultado de uma política de resíduos de serviços de saúde na realidade de um hospital da Arábia Saudita.

Tabela 02 - Principais contribuições para o desenvolvimento ambientalmente sustentável na gestão de RSS.

Fonte: Autores

3. RESULTADO

A tabela 02 apresenta os artigos relevantes do estudo a partir da data de publicação, ordenado da mais recente a mais antiga. No estudo, foi realizada uma análise quantitativa para identificar o perfil da amostra e uma análise qualitativa descrevendo as respectivas contribuições e limitações de cada pesquisa reportada nos artigos focados no desenvolvimento ambientalmente sustentável da gestão de resíduos de serviços de saúde. Com isso, foi possível identificar as práticas sustentáveis desenvolvidas por diversos atores interessados em minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos de serviços de saúde.

As Principais contribuições encontradas na literatura para o desenvolvimento ambientalmente sustentável na gestão de RSS, foram:

- i) A modelagem de soluções de gestão de resíduos sólidos aplicado em uma empresa italiana;
- ii) A aplicação da curva ambiental de Kuznets na política ou na receita que afetam a geração de resíduos médicos;
- iii) A avaliação da gestão de resíduos médicos aplicados em sete hospitais na cidade de Lagos na Nigéria;
- iv) Uma revisão sistemática da literatura científica abordando as estruturas de governança internacional para a gestão de resíduos de saúde nos últimos 15 anos;
- v) Uma revisão sobre gestão de resíduos médicos;
- vi) Análise sobre instalação de incineração em Bangkok por meio do uso de rede social e análise de partes interessadas para auxiliar na avaliação da gestão de resíduos infecciosos;
- vii) Estudo brasileiro em resíduos de saúde mostrando que a maioria dos resíduos gerados é comum e reciclável;
- viii) Avaliação das taxas de geração de resíduos de saúde e seu sistema de gestão em hospitais da cidade de Addis Ababa, na Etiópia;

- ix) Uma revisão sobre as práticas clínicas de gestão de resíduos sólidos e seu impacto na saúde humana e no meio ambiente;
- x) Um estudo de caso abordando a gestão de resíduos de cuidados de saúde na região sudeste de Camarões;
- xi) Um estudo sobre as práticas variadas de gestão de resíduos médicos em todo o Canadá;
- xii) Estudo investigativo em 8 hospitais da região de Beheira no Egito sobre a gestão de resíduos hospitalares;
- xiii) Uma abordagem de gestão de qualidade total para gestão de resíduos de saúde no Hospital na cidade de Namazi no Irã;
- xiv) Uma revisão crítica da legislação sobre resíduos hospitalares na Espanha;
- xv) Um estudo de gestão de resíduos de saúde em 12 países da Ásia refletindo o status atual como foram elaboradas as recomendações da gestão do RSS;
- xvi) Estudo investigativo sobre gestão de resíduos de saúde na Argélia;
- xvii) Um estudo de caso sobre a gestão de resíduos médicos na cidade de Istambul na Turquia;
- xviii) Avaliação da quantidade de resíduos de saúde gerados e os fatores associados à taxa de geração de resíduos hospitalares;
- xix) Estudo investigativo de gestão de resíduos médicos na cidade de Ibadan na Nigéria, apresentando os obstáculos e perspectivas;
- xx) Estudo de uma realidade determinada e o cumprimento de padrões pré-definidos sobre as normas e gestão de resíduos biomédicos na Policlínica de Vivekananda;
- xxi) Estudo sobre a gestão de resíduos de serviços de saúde abordando um problema de saúde pública

- negligenciado e crescente em todo o mundo;
- xxii) Estudo sobre as medidas de gestão sustentável dos resíduos de saúde na China;
- xxiii) Estudo exploratório da gestão dos hospitais da Jordânia envolvendo a investigação local sobre práticas de gerenciamento de resíduos hospitalares;
- xxiv) Estudo sobre a determinação dos métodos mais adequados de gestão dos resíduos de saúde em Istambul;
- xxv) Estudo sobre a gestão de resíduos de saúde abordando as práticas atuais em unidades de saúde selecionadas na Botswana;
- xxvi) Modelo de avaliação de planos de gestão de resíduos de serviços de saúde (MPHSW) para uso pelas autoridades locais de saúde e proteção ambiental pelas secretarias municipais de saúde;
- xxvii) Um estudo piloto sobre a visão geral da gestão de resíduos biomédicos no Egito;
- xxviii) Estudo sobre a gestão de resíduos médicos na Coreia;
- xxix) Um estudo de caso em resíduos de saúde no Reino Unido envolvendo o desenvolvimento de ferramentas estratégicas e táticas, usando análise de sistemas, para gestão de resíduos em grandes organizações complexas;
- xxx) Análise de resultados de uma pesquisa de resíduos hospitalares em hospitais privados na província de Fars no Irã;
- xxxi) Análise do resultado de gerenciamento eficaz de resíduos médicos por meio de uma política de resíduos de serviços de saúde em um hospital da Arábia Saudita.

Após leitura completa dos artigos, observou-se que alguns temas se repetiam e por isso foram agrupados para analisar com maior profundidade as principais práticas que contribuíam para a gestão ambientalmente sustentável de resíduos de serviços de saúde. Desta maneira, a partir destes dados, foi construída a tabela 3 que apresenta os temas das ações desenvolvidas e suas respectivas frequências nos artigos relevantes selecionados.

Temas abordados	nº	%
Capacitação	12	17,14
Segregação	7	10
Política de RSS	6	8,57
Tecnologia de tratamento	7	10
Fatores contribuintes para gestão inadequada	6	8,57
Minimização, reutilização e Reciclagem	4	5,71
Monitoramento do gerenciamento de RSS	3	4,29

Responsável designado para gerenciar as atividades de gestão de RSS	3	4,29
Investimento pelos governos	2	2,86
Autoridade nacional responsável	1	1,43
Compartilhamento das melhores práticas	1	1,43
Comprometimento da equipe de saúde e gestores	1	1,43
Conscientização da equipe e usuários	1	1,43
Diretrizes para classificação das instituições	2	2,86
Envolvimento dos gestores	1	1,43
Geração de RSS é afetado positivamente pela renda	1	1,43
Inovação e desenvolvimentos de soluções de baixo custo	1	1,43
Instalação completa de reciclagem e tratamento	1	1,43
Legislação	1	1,43
Mídia	1	1,43
Modelo para futuras melhorias na infraestrutura	1	1,43
Necessidade de pesquisa e atenção para as consequências do progresso tecnológico	2	2,86
Plano de Gerenciamento	1	1,43
Substituição do PVC	2	2,86
Supervisão e monitoramento Ambiental	1	1,43
Transparência na gestão entre instituição de saúde e governo	1	1,43

Tabela 03: Frequência dos temas abordados
Fonte: Autores

Na leitura dos artigos observa-se um contraponto em relação a forma de abordagem da gestão sustentável de resíduos de serviços de saúde. Enquanto a maioria das pesquisas abordadas nos artigos investigou práticas que auxiliam na gestão sustentável, 6 artigos abordaram os fatores que contribuíam para a gestão inadequada destes resíduos. É interessante ressaltar que os resultados desses dois grupos são convergentes quanto a indicação dos fatores chave para a garantia da sustentabilidade do sistema.

4. DISCUSSÃO

Além dos problemas já mencionados, observa-se que ainda a situação da pandemia de Covid-19, obedecendo as medidas protetivas de quarentena, isolamento e distanciamento social pode acarretar um aumento relevante na quantidade de resíduos. Estima-se que os resíduos sólidos domiciliares terão um aumento de 15 a 25%, sendo que, um crescimento importante será na geração de resíduos de serviços de saúde de 10 a 20 vezes quando comparado ao período normal (ABRELPE, 2020).

Desde o agravamento do surto de COVID-19, a geração de resíduos hospitalares aumentou globalmente, o que é uma grande ameaça à saúde pública e ao meio ambiente.

A coleta de amostra dos pacientes suspeitos de COVID-19, diagnóstico, tratamento de grande número de pacientes e limpeza e desinfecção representam uma grande porcentagem dos resíduos infecciosos e biomédicos gerados em hospitais (RUME; ISLAM, 2020).

Através deste trabalho pode-se elencar as principais práticas desenvolvidas para melhoria da gestão de resíduos de serviços de saúde com foco na redução do impacto ambiental gerado por esta atividade. Para facilitar a discussão as práticas abordadas foram agrupadas por nível de abrangência: hospitalar, regional e nacional.

No nível hospitalar, a capacitação de pessoal foi a questão mais abordada nos artigos (ALMUNEEF e MEMISH, 2003; ABDULLA et al., 2008; ALAGOEZ, 2008; MBONGWE et al., 2008; COKER et al., 2009; GUPTA, 2009; CANIATO et al. 2015; WINDFELD e BROOKS, 2015; AWODELE et al., 2016). Os estudos se concentraram em identificar as necessidades de treinamento e a importância de uma equipe capacitada para gestão de resíduos de serviços de saúde desde a diretoria que precisa ter conhecimento da importância do processo até os colaboradores operacionais que precisam realizar o descarte correto dos resíduos.

Segundo Askarian et al. (2010) o treinamento de pessoal resultará na redução do desperdício, levando conseqüentemente a uma diminuição das despesas nas organizações de saúde, por meio da segregação no local de geração de forma correta, reduzindo assim a quantidade de resíduos infecciosos. Para Cheng et al. (2009), o ciclo de vida dos resíduos (da geração ao descarte final) e abordagens holísticas para gestão de resíduos são os critérios mais importantes para a gestão sustentável e confiável de RSS. Para isso, é imprescindível que haja soluções de controle para gestão de RSS como: introdução de um plano de gestão de resíduos que inclua educação, treinamento em serviço obrigatório, auditoria do tipo e volume de resíduos gerados por departamento e introdução de uma política escrita sobre gestão de resíduos.

A gestão eficaz pode reduzir custos e o risco para a saúde e ainda proteger o meio ambiente (ALMUNEEF; MEMISH, 2003). A negligência, em termos de gestão de resíduos de serviços de saúde, contribui significativamente para a poluição do meio ambiente, afeta a saúde dos seres humanos e esgota os recursos naturais e financeiros (GUPTA et al., 2009).

A segregação de resíduos baseada nas diretrizes da OMS foi prática abordada, relacionando esta fase como fator decisivo na quantidade de geração de resíduos infectantes, reafirmando a importância desta fase conforme apontado como a principal dificuldade encontrada no fluxo de resíduos.

Para garantir a qualidade nesta fase do gerenciamento de resíduos é recomendado a utilização do sistema de segregação baseado nas diretrizes da OMS (ANANTH et al., 2010). A classificação desnecessária de resíduos como infectantes resulta em custos mais altos de descarte e um aumento no impacto ambiental indesejável. E ainda é necessário considerar que a tendência global de aumento do uso de serviços de saúde resultará em um aumento na quantidade de resíduos (WINDFELD; BROOKS, 2015).

Quanto aos resíduos comuns existe potencial para recuperar os materiais do fluxo de resíduos desde que existam sistemas de gestão implementados. Recuperar separadamente resíduos não contaminados faz parte de um mercado secundário e ainda contribui para a eficiência dos recursos e para a conservação de recursos naturais. Isso possibilita a redução das quantidades de resíduos a serem incinerados resultando em menor potencial para poluentes orgânicos persistentes (POPs) e gases de efeito estufa a serem liberados no meio ambiente (MANGA et al., 2011).

No entanto, estudo aponta que, mesmo com sistema gestão de RSS implementados, os resíduos tratados como infecciosos são muito maiores que os recomendados pelas diretrizes vigentes deixando de utilizar o potencial de reciclagem (CHENG et al., 2009). Isto leva a correlacionar a prática de segregação de resíduos com a capacitação permanente, já que tais ações em conjunto podem potencializar o resultado esperado.

Para garantir o cumprimento das atividades de acordo com a legislação vigente há necessidade de haver um responsável especialmente designado para gerenciar as atividades de gestão de RSS.

Um sistema adequado deve possuir um quadro exclusivo para os profissionais de saúde, papéis e responsabilidades claramente definidos e ainda um sistema para garantir responsabilidade e transparência em gestão de RSS entre instituição de saúde e governo (ANANTH et al., 2010).

Porém, estudo mostra que há uma carência de estratégia de gestão de resíduos de saúde, bem como a falta de membro da equipe responsável por gerenciar e coordenar a gestão de resíduos no nível hospitalar (BENDJOURI et al., 2009).

Outra prática recomendada e considerada o maior desafio no futuro é a minimização e reciclagem de resíduos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2014), até 90% dos resíduos de serviços de saúde não são perigosos, desde que adequadamente separados, podendo ser minimizados através da reutilização e reciclagem resultando na diminuição da quantidade de resíduo a ser tratado. Sugere ainda a utilização de métodos alternativos de tratamento (JANG et al., 2006).

Para Almuneef e Memish (2003), a auditoria do tipo e volume de resíduos gerados por departamento pode ser uma das soluções de controle para gestão de RSS, pois segundo Crepaldi (2010) trata-se de uma ferramenta importante para garantir a aplicação das normas de forma eficiente.

Outro estudo recomenda maior compartilhamento das melhores práticas desenvolvidas e provisão de apoio para permitir uma governança mais efetiva. Esse suporte e compartilhamento não precisam necessariamente vir de países "desenvolvidos", mas sim através de agrupamentos regionais (CANIATO et al., 2014).

O compartilhamento de melhores práticas possibilita a identificação de práticas de sucesso, fortalecendo as redes de relacionamento e estimulado uma cultura da troca de informações.

No nível local o maior desafio apontado é o tratamento de resíduos de serviços saúde, os artigos apontaram este tema como alto potencial de impacto ambiental, agravado ainda pelas questões levantadas anteriormente como a dificuldade de separar o resíduo infectante do resíduo comum.

Estudo detectou as diferenças em relação aos critérios utilizados para triagem, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e práticas de disposição e concluiu que essas diferenças podem ter implicações na saúde, bem como consequências ambientais e econômicas, tanto dentro como fora das instalações de saúde. Diante disso, é proposto um conjunto de critérios gerais sobre os quais a gestão de resíduos de saúde deve ser baseada, dentre elas a implementação de tecnologias de tratamento de resíduos que respeitem o meio ambiente (INSA et al., 2010).

Estudo propõe a utilização de um instrumento muito interessante que permite a adoção de um princípio orientador consistente com a gestão sustentável de resíduos e diretrizes para gestão sustentável de resíduos nos domínios: i) administração; ii) questões sociais; iii) saúde e segurança; iv) uso de energia e água; v) compra e fornecimento; vi) gestão de resíduos (responsabilidade, segregação, armazenamento e embalagem); vii) transporte de resíduos; viii) Reciclagem; ix) tratamento de resíduos; e x) disposição final. Essas diretrizes classificam a instituição de saúde de nível 0 - insustentável até o nível 4 - sustentável (WOOLRIDGE et al., 2005).

Outra ferramenta que pode auxiliar no gerenciamento de RSS, é um modelo desenvolvido por Zamoner (2008) que permite a avaliação da adequação da gestão de resíduos de uma instituição hospitalar com as normas vigentes, possibilitando acompanhar sua evolução anual. Artigo sugere que abordagens holísticas, como supervisão e monitoramento ambiental, é um dos

critérios mais importantes para a gestão sustentável e confiável de RSS (YANG et al., 2009). Utilizar a mídia de massa pode ajudar a sensibilizar a população elevando seu nível de conscientização sobre os riscos ambientais associados ao manejo inadequado do resíduo hospitalar (Coker et al., 2009).

A divulgação de informações corretas é importante, como o fato de que nem todo resíduo hospitalar é infectante, e pode aumentar a conscientização pública quanto a responsabilidade de todos (ASKARIAN et al., 2010).

Em nível nacional a prática mais abordada está relacionada à Política de RSS, os trabalhos relacionaram as práticas sustentáveis de gestão de resíduos de serviços de saúde com o desenvolvimento de estratégias abrangentes que orientem as práticas de gestão de resíduos de serviços de saúde, instituindo deveres, responsabilidades e responsáveis pelo processo em todo seu fluxo de operação.

É necessário que os países desenvolvam estratégias abrangentes de gestão de resíduos, incluindo definições específicas do que constitui resíduos, deveres e responsabilidades claramente definidos para cada ator no processo de gestão, identificando uma autoridade nacional responsável pela supervisão, implementação da lei e sua aplicação incluindo penalidades específicas por contração (WALKINSHAW, 2011).

Awodele et al. (2016) em seu estudo, determinou o impacto da intervenção da autoridade de gestão de Resíduos, reforçando a necessidade de formulação de políticas e diretrizes.

A introdução de uma política escrita sobre a geração de resíduos demonstrou que a gestão eficaz pode reduzir custos e o risco para a saúde e ainda proteger o meio ambiente (ALMUNEEF; MEMISH, 2003).

Uma estratégia de gestão por etapas complementada com a política apropriada, orientação e execução a nível regional e nacional é sugerida por (ABDULLA et al., 2008).

Pouca atenção é dada à gestão de resíduos de serviços de saúde resultando uma falta de abordagem integrada para a formulação de políticas no mais alto nível de tomada de decisão. Há necessidade de formular uma legislação de gestão de resíduos de cuidados de saúde mais sustentável. Inovação e soluções de baixo custo podem ser desenvolvidas e implementadas para melhorar a eficiência dos recursos no manuseio deste complexo fluxo de resíduos (MANGA et al., 2011).

Outro tema importante apontado é com relação aos artigos para assistência à saúde constituídos de PVC, estes são o causador da liberação de dioxinas e furanos, que são substâncias extremamente tóxicas e carcinogênicas

quando passa pelo processo de incineração, estudo sugere a substituição desta matéria prima para minimizar o impacto ambiental gerado (JANG et al., 2006).

Por fim, é necessário maior pesquisa e atenção para as consequências não intencionais do progresso tecnológico na prestação de assistência de saúde para abordar e entender a crescente ameaça à saúde pública em todo o mundo (HARHAY et al., 2009).

Apesar das demandas mundiais e da busca das organizações para atender o desenvolvimento de produtos sustentáveis, as empresas ainda precisam adotar a sustentabilidade de forma sistemática em suas estratégias, onde todas as partes devem ser consideradas (MATTIODA et al., 2013). Fernandes et al. (2016) propõe um método para integração do processo de desenvolvimento de produtos voltado para a sustentabilidade. O método apresenta uma sequência lógica para promover a interação entre as definições da categoria do produto, e a seleção de design para estratégias ambientais e que aplicados no contexto do processo de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde podem auxiliar no desenvolvimento de processos mais eficientes e antecipar a visualização dos pontos críticos e as melhorias que precisam ser solucionadas.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou as iniciativas de abordagem ambientalmente sustentável na gestão dos resíduos de serviços de saúde desenvolvidas nos três níveis de abrangência (hospitalar, regional e nacional) com ações pontuais de nível operacional no ambiente hospitalar até práticas abrangentes que envolve políticas públicas e legislação nacional.

As principais ações encontradas na literatura envolveram: capacitação, segregação, políticas públicas, tecnologia de tratamento, minimização, reutilização e reciclagem, monitoramento do gerenciamento de RSS, designação de responsável pelas atividades de gestão de RSS e investimento pelos governos, entre outras.

Diante dos resultados obtidos, observa-se que tais iniciativas têm sido desenvolvidas de forma isolada. A gestão de resíduos de serviços de saúde é um sistema complexo de dimensão mundial. Para garantir o sucesso das ações cada etapa do gerenciamento deve ser analisada, considerando suas particularidades, porém de maneira complementar às demais.

Os diversos atores envolvidos no processo de gerenciamento de RSS precisam estar integrados de forma que a soma dos esforços possa produzir resultados mais sólidos e consistentes, aliados à integração entre entidades locais, regionais e nacionais, pois cada elo deste sistema afeta e é afetado pelos demais.

Foi identificado a necessidade de um maior aprofundamento nas pesquisas que apresentam soluções inovadoras em gestão de RSS e um processo que permita a troca de informações entre instituições e um governo com o objetivo de disseminar as melhores práticas e contribuir na redução do impacto ambiental gerado por esta atividade.

Por fim, os autores acreditam que seria fundamental a criação de um modelo de maturidade alinhado com as melhores práticas e legislações ambientais que permita o norteamento das ações de gerenciamento de RSS com foco na sustentabilidade deste sistema. E isto está sendo objeto de exploração futura.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) pelo apoio financeiro desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABDULLA, F.; ABU, H.; RABI, A. **Site investigation on medical waste management practices in northern Jordan** 28, 450–458, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.035>
- ABRELPE. **Recomendações para a Gestão de Resíduos Sólidos durante a pandemia de Coronavírus (COVID-19)**, 2020. <https://abrelpe.org.br/abrelpe-no-combate-a-covid-19/> (acesso em 13.10.2020)
- ALMUNEEF, M.; MEMISH, Z.A. **Effective medical waste management: It can be done. Am. J. Infect. Control** 31, 188–192, 2003. <https://doi.org/10.1067/mic.2003.43>
- ALVES, S.B.; E SOUZA, A.C.S.; TIPPLE, A.F.V.; REZENDE, K.C.A.D.; DE RESENDE, F.R.; RODRIGUES, É.G.; PEREIRA, M.S. **The reality of waste management in primary health care units in Brazil. Waste Manag. Res.** 32, 40–47, 2014. <https://doi.org/10.1177/0734242X14543815>
- ANANTH, A.P.; PRASHANTHINI, V.; VISVANATHAN, C. **Healthcare waste management in Asia. Waste Manag.** 30, 154–161, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.07.018>
- ASKARIAN, M.; HEIDARPOOR, P.; ASSADIAN, O. **A total quality management approach to healthcare waste management in Namazi Hospital, Iran. Waste Manag.** 30, 2321–2326, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.020>
- ASKARIAN, M.; VAKILI, M.; KABIR, G. **Results of a hospital waste survey in private hospitals in Fars**

province, Iran. Waste Manag. 24, 347–352, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2003.09.008>

AWODELE, O.; ADEWOYE, A.A.; OPARAH, A.C. **Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria** 1–11, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2916-1>

BENDJOURI, Z.; TALEB, F.; ABDELMALEK, F.; ADDOU, A. **Healthcare waste management in Algeria and Mostaganem department.** Waste Manag. 29, 1383–1387, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.10.008>

BIANCO, B.; CHRISTOFOLINI, D.M.; SOUZA, Â.M.B. DE; BARBOSA, C.P. **O papel dos desreguladores endócrinos na fisiopatologia da endometriose: revisão da literatura.** Arq. Bras. Ciências da Saúde 35, 2010. <https://doi.org/10.7322/abcs.v35i2.95>

CANIATO, M.; TUDOR, T.; VACCARI, M. **International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature.** J. Environ. Manage. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.039>

CANIATO, M.; VACCARI, M.; VISVANATHAN, C.; ZURBRÜGG, C. **Using social network and stakeholder analysis to help evaluate infectious waste management: A step towards a holistic assessment.** Waste Manag. 34, 938–951, 2014. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.02.011>

CHENG, Y.W.; SUNG, F.C.; YANG, Y.; LO, Y.H.; CHUNG, Y.T.; LI, K. **Medical waste production at hospitals and associated factors.** Waste Manag. 29, 440–444, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.01.014>

COKER, A.; SANGODOYIN, A.; SRIDHAR, M.; BOOTH, C.; OLOMOLAIYE, P.; HAMMOND, F. **Medical waste management in Ibadan, Nigeria : Obstacles and prospects.** Waste Manag. 29, 804–811, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.040>

CREPALDI, S.A. **Auditoria Contábil Teoria e Prática**, 6a. ed. SÃO PAULO, 2010.

EL-SALAM, M.M.A. **Hospital waste management in El-Beheira Governorate, Egypt.** J. Environ. Manage. 91, 618–629, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.08.012>

FERNANDES, P.T.; CANGICLIERI JÚNIOR, O.; SANT'ANNA, Â. M. O. Method for integrated product development oriented to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 3, p. 775–793, 2017. Springer Berlin Heidelberg.

FERNÁNDEZ-RÍOS, L.; BUELA-CASAL, G. **Standards for the preparation and writing of Psychology review**

articles. Int. J. Clin. Heal. Psychol. 9, 329–344, 2009.

GUPTA, S.; BOOJH, R.; MISHRA, A.; CHANDRA, H. **Rules and management of biomedical waste at Vivekananda Polyclinic: A case study.** Waste Manag. 29, 812–819, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.009>

HARHAY, M.O.; HALPERN, S.D.; HARHAY, J.S.; OLLIARO, P.L. **Health care waste management: a neglected and growing public health problem worldwide** 14, 1414–1417, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2009.02386.x>

HOSSAIN, S.; SANTHANAM, A.; NORULAINI, N.A.N.; OMAR, A.K.M. **Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment – A review.** Waste Manag. 31, 754–766, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.11.008>

INSA, E.; ZAMORANO, M.; LÓPEZ, R. **Critical review of medical waste legislation in Spain.** Resour. Conserv. Recycl. 54, 1048–1059, 2010. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2010.06.005>

JANG, Y.; LEE, C.; YOON, O.; KIM, H. **Medical waste management in Korea.** 80, 107–115, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.018>

MANGA, V.E.; FORTON, O.T.; MOFOR, L.A.; WOODARD, R. **Health care waste management in Cameroon: A case study from the Southwestern Region.** Resour. Conserv. Recycl. 57, 108–116, 2011. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2011.10.002>

MATTIODA, R. A.; FERNANDES, P. T.; DETRO, S. P.; CASELA, J. L.; JUNIOR, O. C. **Principle of triple bottom line in the integrated development of sustainable products.** Chemical Engineering Transactions, v. 35, p. 199–204, 2013.

MATTIODA, R. A. A. ; FERNANDES, P. T. ; CASELA, J. L. ; CANGICLIERI JUNIOR, O. ; MAZZI, A. . **Thoughts on Product Development Oriented to Sustainability in Organizational Overview.** Advanced Materials Research (Online), v. 1061, p. 1238-1244, 2015.

MATO, R.R.A.M.; KASEVA, M.E. **Critical review of industrial and medical waste practices in Dar es Salaam City.** Resour. Conserv. Recycl. 25, 271–287, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00068-8)

RECHE, ALDA YOSHI UEMURA; CANGICLIERI JUNIOR, O. ; ESTORILIO, C. C. A. ; RUDEK, M. . **Integrated Product Development Process and Green Supply Chain Management: contributions, limitations and applications.** JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION , v. 246, p. 119429-119459, 2019.

RUME, T.; ISLAM, S. M. D. U. **Environmental effects of COVID-19 pandemic and potential strategies**

of sustainability. Heliyon, v. 6, n. 9, p. e04965, 2020. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04965>>.

SOLIMAN, S.M.; AHMED, A.I. **Overview of biomedical waste management in selected Governorates in Egypt: A pilot study**, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.08.009>

SZEJKA, A. L. ; CANGICLIERI JUNIOR, O. ; PANETTO, H. ; LOURES, E. R. ; AUBRY, A.. **Semantic interoperability for an integrated product development process: a systematic literature review.** INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH , v. 55, p. 1-19, 2017.

TEIXEIRA, G.F.G. ; CANGICLIERI JUNIOR, O. . **How to make Strategic Planning for Corporate Sustainability?** JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION , v. 230, p. 1421-1431, 2019.

WALKINSHAW, E. **Medical waste-management practices vary across Canada.** Can. Med. Assoc. J. 183, E1307–E1308, 2011. <https://doi.org/10.1503/cmaj.109-4032>

WINDFELD, E.S.; BROOKS, M.S.L. **Medical waste management - A review.** J. Environ. Manage, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.08.013>

WOOLRIDGE, A.; MORRISSEY, A.; PHILLIPS, P.S. **The development of strategic and tactical tools, using systems analysis, for waste management in large complex organisations: a case study in UK healthcare waste.** 44, 115–137, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.11.001>

WORLD HEALTH ORGANISATION; EMMANUEL, J.; PIEPER, U.; RUSHBROOK, P.; STRINGER, R.; TOWNEND, W.; WILBURN, S.; ZGHONDI, R. **Safe management of wastes from health-care activities** 329, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dioxins and their effects on human health.** 4 october 2016. Disponível em: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-theireffects-on-human-health> Acesso em 06/10/2020.

YANG, C.; PEIJUN, L.; LUPI, C.; YANGZHAO, S.; DIANDOU, X.; QIAN, F.; SHASHA, F. **Sustainable management measures for healthcare waste in China.** Waste Manag. 29, 1996–2004, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.11.031>

ZAMONER, M. **Modelo para avaliação de planos de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (PGRSS) para Secretarias Municipais da Saúde e/ou do Meio Ambiente.** Ciênc. saúde coletiva [online]. 2008, vol.13, n.6, pp.1945-1952. ISSN 1678-4561. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232008000600030>.

AUTORES

ORCID: 0000-0003-4447-0824

MÁRCIA REGINA CORDEIRO DE SOUZA | PPGEPS - Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) / Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) / Curitiba - Paraná (PR) - Brasil | Correspondência para: Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho; CEP 80215-901| e-mail: marcia.mrc@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8503-9275

OSÍRIS CANGICLIERI JUNIOR, Phd. | Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) / Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) / Curitiba - Paraná (PR) - Brasil | Correspondência para: Rua Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho; CEP 80215-901; osiris.canglicieri@pucpr.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SOUZA, Márcia Regina Cordeiro de; CANGICLIERI Jr., Osiris. Práticas Ambientalmente Sustentáveis Em Gestão De Resíduos De Serviços De Saúde: Uma Revisão. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p.41-56, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.41-56>.

DATA DE ENVIO: 08/07/2020

DATA DE ACEITE: 05/11/2020

ANÁLISE EXPERIMENTAL E CUSTOS DE TELHADOS VERDES COMERCIAIS E FABRICADOS COM GARRAFAS PET PARA REDUÇÃO DE CHEIAS URBANAS NA AMAZÔNIA

EXPERIMENTAL ANALYSIS AND COSTS OF COMMERCIAL GREEN ROOFS AND MADE WITH PET BOTTLES TO REDUCE URBAN FLOODS IN THE AMAZON

EDKEYSE DIAS GONÇALVES | UFPA

CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE BLANCO, PhD. | UFPA

VANESSA DA ROSA WATRIN, M.Sc. | UFPA

CARLOS EDUARDO AGUIAR DE SOUZA COSTA, M.Sc. | UFPA

RESUMO

A impermeabilização do solo proveniente da urbanização interfere diretamente no ciclo hidrológico, pois o cenário antes coberto pela vegetação dá espaço ao cenário impermeabilizado do asfalto e do concreto. Isso provoca redução na infiltração da água precipitada, acarretando o aumento do escoamento superficial e inundações. O objetivo do trabalho foi comparar experimentalmente o desempenho hidrológico e os custos de um telhado verde de politereftalato de etileno - PET (TV I) com um telhado verde comercial (TV II), usando um telhado de fibrocimento como padrão. O desempenho do TV I foi ligeiramente superior ao desempenho do TV II quanto ao retardo do escoamento superficial. Somado a isso, o custo do telhado construído com PET é menor que o custo do telhado verde comercial, desconsiderando-se os custos com fabricação e montagem dos telhados verdes. Nesse contexto, é possível afirmar que o uso de telhados verdes pode contribuir para a redução de cheias; e que o uso de materiais recicláveis na construção de telhados verdes mostra-se como uma alternativa viável tanto ambientalmente como economicamente.

PALAVRAS CHAVE: CN de telhados verdes; Redução da vazão de pico; Material reciclável

ABSTRACT

The waterproofing of the soil coming from the urbanization interferes directly in the hydrological cycle, since the scenario previously covered by the vegetation gives space to the waterproofed scenery of the asphalt and the concrete. This causes a reduction in the infiltration of precipitated water, leading to increased runoff and flooding. The objective of this work was to compare experimentally the hydrological performance and costs of green roof of polyethylene terephthalate - PET (TV I) with commercial green roof (TV II) using asbestos cement roof as standard. The performance of TV I was slightly higher than the performance of TV II for the delay of the runoff. In addition to this, the cost of the roof constructed with PET is less than the cost of the commercial green roof, disregarding the costs of manufacturing and assembling the green roofs. In this context, it can be stated that the green roof can contribute significantly to the reduction of floods and that the use of recyclable materials in the construction of green roofs proves to be a viable alternative both environmentally and economically.

KEY WORDS: CN of green roofs; Peak flow reduction; Recyclable material



1. INTRODUÇÃO

Os processos de industrialização e urbanização têm provocado diversas alterações sobre o ambiente natural. Os espaços outrora cobertos pela vegetação abrem lugar a cenários impermeabilizados por asfalto e concreto. Esta drástica mudança compromete diretamente a qualidade de vida das pessoas nas cidades, deixando o ambiente urbano propício a enchentes entre outros problemas ambientais, como por exemplo: poluição visual, poluição do ar, poluição das águas e a intensificação do aumento de temperatura urbana com as “ilhas de calor” (FRANÇA, 2012). A impermeabilização proveniente da urbanização desordenada interfere diretamente no ciclo hidrológico, modificando o comportamento do escoamento superficial, da infiltração e o desabastecimento das águas subterrâneas, além de diminuir a evapotranspiração (TARGA et al., 2012). De acordo com Justino et al. (2011), o acréscimo de 54% de área impermeável pode provocar um aumento na vazão de pico em até 59,40%. Tal fato justifica o aumento da ocorrência de inundações em centros urbanos, sendo necessário o uso de medidas e alternativas sustentáveis que ajudem a minimizar o impacto ambiental causado pela impermeabilização urbana.

Diante desses problemas provocados pela urbanização, uma nova abordagem de proteção ao ambiente urbano levanta a ideia do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto ou Low Impact Development – LID, tendo como princípio a conservação e preservação da cobertura vegetal urbana e a execução de projetos de engenharia que respeitem as peculiaridades locais naturais, assegurando a conservação qualitativa e quantitativa de processos hidrológicos (SOUZA et al.; 2012). Assim, o mecanismo LID destaca como dispositivos de controle de águas pluviais a construção de cisternas, pavimentos permeáveis e telhados verdes (TVs). Karteris et al. (2016), Razzaghmanesh et al. (2016), Huang et al. (2016) também destacam, entre os sistemas disponíveis no campo da construção civil sustentável e bioclimática, o Telhado Verde (TV), e o apresentam como uma técnica de controle do escoamento superficial e isolamento térmico, com o objetivo de reduzir inundações e ilhas de calor em meio urbano.

É importante que os telhados verdes sejam introduzidos na indústria da construção civil como uma abordagem ecológica para o ambiente construído sustentável, mas o alto investimento inicial com estruturas verdes ainda limita o seu uso em grandes centros urbanos de diversos locais do mundo (BERARDI et al., 2014). Segundo Bianchini e Hewage (2012), uma boa opção para reduzir o custo de instalação de telhados verdes é a reutilização e reciclagem de materiais de polietileno no mercado da construção civil sustentável, o

que ajudaria a reduzir os custos e o peso total do telhado, bem como melhorar o desempenho das camadas sem comprometer os benefícios dos telhados verdes. Vila et al. (2011), Pérez et al. (2012), Rincón et al. (2014), Chenani, Lehvävirta e Häkkinen (2015) destacam a necessidade de avaliar o impacto ambiental dos materiais no processo de construção de um telhado verde, tendo em vista que dentro do ciclo de vida de um material deve-se levar em consideração a quantidade de matéria prima utilizada, o transporte, o processo de produção e a energia empregada neste processo.

Belém, capital do Pará, passa por forte crescimento populacional desde a década de 1960, o que ocasionou a construção de um espaço urbano impermeabilizado e desordenado, modificando o ciclo hidrológico urbano da cidade. Segundo Tavares (2009), Belém não tem um sistema de drenagem eficiente, o que intensifica os alagamentos durante os eventos de chuva extremos, os quais associados à maré alta causam grandes prejuízos aos moradores. Assim, diante do contexto exposto, foram testados experimentalmente dois tipos de telhados verdes em clima amazônico, um comercial e outro fabricado com garrafas PET, permitindo avaliar a redução da vazão de pico de cheias para a redução do escoamento superficial e custos desses telhados quando comparados a um telhado convencional de fibrocimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização do Telhado Verde Experimental

O telhado verde experimental está localizado no Campus da Universidade Federal do Pará (Figura 1), às margens do rio Guamá, aproximadamente 120 km do Oceano Atlântico. Segundo a classificação de Köppen et al. (1936), o clima da Região Metropolitana de Belém (RMB) é do tipo “Am”, quente e úmido, contendo pouca variação de temperatura e umidade ao longo do ano. Entretanto, os totais pluviométricos dos primeiros seis meses são maiores que os dos últimos seis meses.

2.2. Construção do Telhado Verde Experimental

O protótipo foi dividido em três lotes. Dois lotes com 1 m² de área com cobertura verde, um lote posicionado entre os dois, com telhado convencional de telha de fibrocimento também com 1 m² de área. O telhado verde do tipo I (TV I) com dimensão de 1x1x0,1m foi construído com camada de drenagem oriunda de material reutilizado (Polietileno Tereftalato - PET) sobre telhas de fibrocimento impermeabilizadas (1), camada filtrante (2), substrato (3) e vegetação (4). As camadas do TV I são detalhadas na Figura 2.

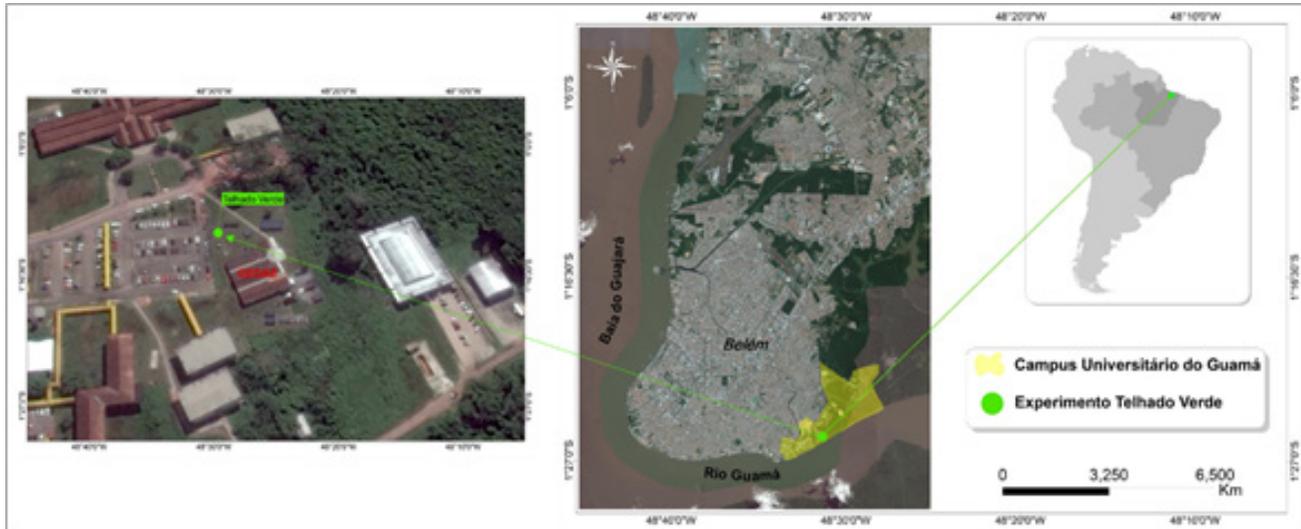


Figura 1 - Localização do Telhado Verde Experimental
Fonte: Autores



Figura 2 - Montagem do telhado verde tipo I
Fonte: Autores

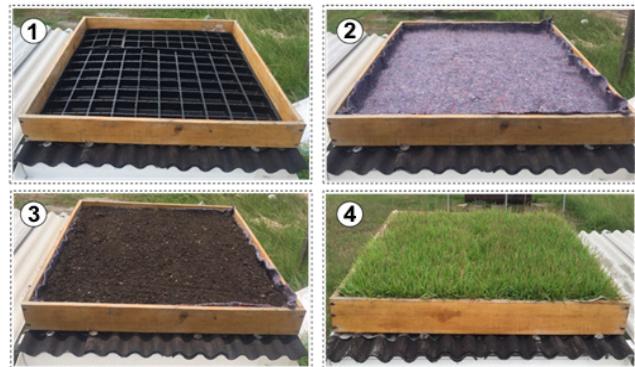


Figura 3 - Montagem do telhado verde tipo II
Fonte: Autores

Sendo, (1) camada de drenagem fabricada a partir de fundos de garrafas PET arranjadas lado a lado, o quantitativo necessário foi de 100 fundos de garrafas para 1 m² de telhado, com espessura de 4 cm; (2) camada filtrante, também conhecida como Manta Geotêxtil (composta 100% de poliéster de cor branca modelada com dimensões de 1,20 x 1,20 m; (3) camada de substrato comercial denominada “Flores & Folhagens” da BIOMIX®. Nesse caso, trata-se de um substrato que concentra macros e micros nutrientes essenciais à vida vegetal, ou seja, turfa, casca de pinos, vermiculita, resíduo orgânico classe A, serragem e esterco compostado. E (4) Camada de vegetação representada pela Grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud).

O Telhado verde do tipo II (TV II) com as mesmas dimensões do TV I, é composto de módulos drenantes pré-fabricados, denominados camada de drenagem Alveolar Leve. Possui formato retangular com dimensões de 0,14 x 11,5 x 0,35 cm (Espessura, Largura e Comprimento), conforme Figura 3.

Sendo, (1) camada de drenagem Alveolar Leve sobre telhas impermeabilizadas; (2) camada filtrante sobre a camada de drenagem Alveolar Leve; (3) camada de substrato sobre a camada filtrante e camada de drenagem Alveolar Leve; E (4) camada de vegetação sobre o sistema de camada de drenagem Alveolar Leve. Na Figura 4 é apresentada a bancada experimental com os três telhados na sequência: TV I, telhado convencional (TC) e TV II. TV I e TV II são classificados como telhados verdes extensivos, pois a espessura total deles é de 10 cm.

Como mostra a Figura 4, os dados foram monitorados por meio de registros de câmeras filmadoras, as quais gravaram os eventos de chuva. O escoamento excedente é o resultado da chuva total incidente, exceto a parcela da chuva que fica retida no telhado verde, por meio da interceptação da água pela grama, do armazenamento de água pelo substrato e da camada de drenagem. Assim, o escoamento excedente é conduzido por meio de calhas interligadas por tubos de PVC, que desagüam nos

reservatórios com capacidade de armazenamento de 50 L. Esses reservatórios possuem réguas com divisões em centímetros, permitindo medir a lâmina de água escoada. Com os dados monitorados, foram determinados hidrogramas de projeto com vazões medidas a cada 5 min.



Figura 4 - Vista frontal dos três telhados verdes com monitoramento por câmeras
Fonte: Autores

2.3. Capacidade Máxima de Armazenamento de Água dos Telhados Verdes

Segundo Ohnuma Jr. (2014), a capacidade de armazenamento de água em telhados verdes pode variar com a intensidade da chuva e com a umidade antecedente do solo. Assim, o armazenamento de água em telhados verdes (S) pode ser calculado a partir da altura da platibanda sobre o telhado (h) e da porosidade do solo (\emptyset_s) utilizado no plantio (Equação 1)

$$S = h \cdot \emptyset_s \quad (1)$$

Sendo S (mm) o armazenamento máximo de água acumulada no telhado verde; h (mm) a altura da platibanda sobre o telhado verde; e \emptyset_s (%) a porosidade do solo utilizado no plantio.

A determinação de S é necessária para o cálculo de CN (Equação 2) através da metodologia de NRCS (2007).

$$CN = 25400 / (S + 254) \quad (2)$$

O método CN (Curva-Número) é o parâmetro que relaciona o tipo de solo com sua capacidade de drenagem. O valor de CN, que é um parâmetro adimensional, varia em uma escala de 1 a 100. Portanto, quanto mais impermeável for o solo, maior o valor de CN e menor será a retenção da chuva pelo solo (CUNHA et al., 2015).

Outro parâmetro importante é a condição de umidade antecedente do solo (AMC), pois o armazenamento de água no telhado verde pode apresentar variações em um determinado evento de chuva e é sabido que a eficiência do telhado verde está diretamente relacionada à umidade presente no substrato resultante dos eventos de chuvas anteriores (TASSI et al., 2014). Assim, para se verificar a eficiência do telhado verde, deve-se considerar a influência

da AMC. Neste trabalho foi utilizada a classificação estabelecida por Tucci (2005), que avalia o volume de chuva para 5 dias que antecedem o evento chuvoso monitorado, dividindo a AMC em três diferentes classes. AMC I: situação em que os solos estão secos, considerando que a precipitação acumulada dos cinco dias anteriores é menor que 13 mm; AMC II: situação média em que os solos correspondem à umidade da capacidade de campo. A precipitação acumulada dos cinco dias anteriores é maior que 13 mm e menor que 28 mm; e AMC III: situação em que ocorreram precipitações consideráveis nos cinco dias anteriores e o solo encontra-se saturado. Nesse caso, a precipitação acumulada dos cinco dias anteriores é maior que 28 mm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 são apresentados 8 eventos de chuvas monitorados. A partir dos hidrogramas, foi possível verificar o comportamento hidrológico dos telhados verdes extensivos e convencional. Os dados foram coletados no período de 20/09/2017 a 03/11/2017. Dentre os vinte oito eventos de chuva do período, oito resultaram em hidrogramas (Figura 5), treze não geraram escoamento nos telhados verdes, pois resultaram de chuvas inferiores a 2 mm e sete eventos foram perdidos por falha no equipamento ou falta de energia elétrica. Os volumes de chuva registrados nos oito eventos válidos variaram de 2,6 a 11 mm, enquanto os escoamentos superficiais dos telhados verdes variaram de 0 a 1,2 L/min. O TV I apresentou saturação média de suas camadas após 16 minutos do início de cada evento de chuva. Em contrapartida, o TV II mostrou suas camadas saturadas após 12 minutos para cada evento de chuva. O tempo médio que o telhado convencional levou para começar a escoar superficialmente foi de 1 minuto e 30 segundos.

Com relação ao aspecto quantitativo, o TV I proporcionou, em 6 dos 8 eventos monitorados, maior amortecimento ou retardo do escoamento superficial comparado ao TV II e ao telhado convencional. Essa mesma característica foi observada por Costa et al. (2012) para o estado de São Paulo. Nesse caso, os autores demonstraram que a diferença de vazão de pico entre os telhados verdes foi mínima, contudo, o telhado convencional comparado aos telhados verdes apresentou maior vazão de pico, como era esperado.

Com relação à AMC, foi verificado que nos eventos com maior volume de chuva precipitado nos cinco dias antecedentes (Tabela 1), os eventos 05 e 06 de classe AMC 3 apresentaram menor porcentagem de retenção que o evento 01 de classe AMC 1, que é o evento de menor volume de chuva antecedente. Se for avaliado o volume de chuva precipitado nos eventos e o volume das chuvas dos cinco dias que

antecederam os eventos, pode-se inferir que, para esta amostra, a umidade antecedente do solo (AMC) apresentou maior impacto na capacidade de retenção dos telhados verdes do que o volume precipitado. Entretanto, a amostra não incluiu eventos extremos, que segundo Carter e Rasmussen (2006) têm forte influência na redução da capacidade de retenção dos telhados verdes. Assim, a variabilidade da retenção

hídrica encontrada nos TV I e TV II para eventos em período mais seco e úmido mostraram-se semelhantes aos estudos de Bacovis e Nagalli (2013), os quais constataram que a capacidade do telhado verde de reter água está diretamente relacionada com a condição inicial de saturação do telhado verde. Tassi et al. (2014) também verificaram que o telhado verde no período chuvoso apresentou menor eficiência.

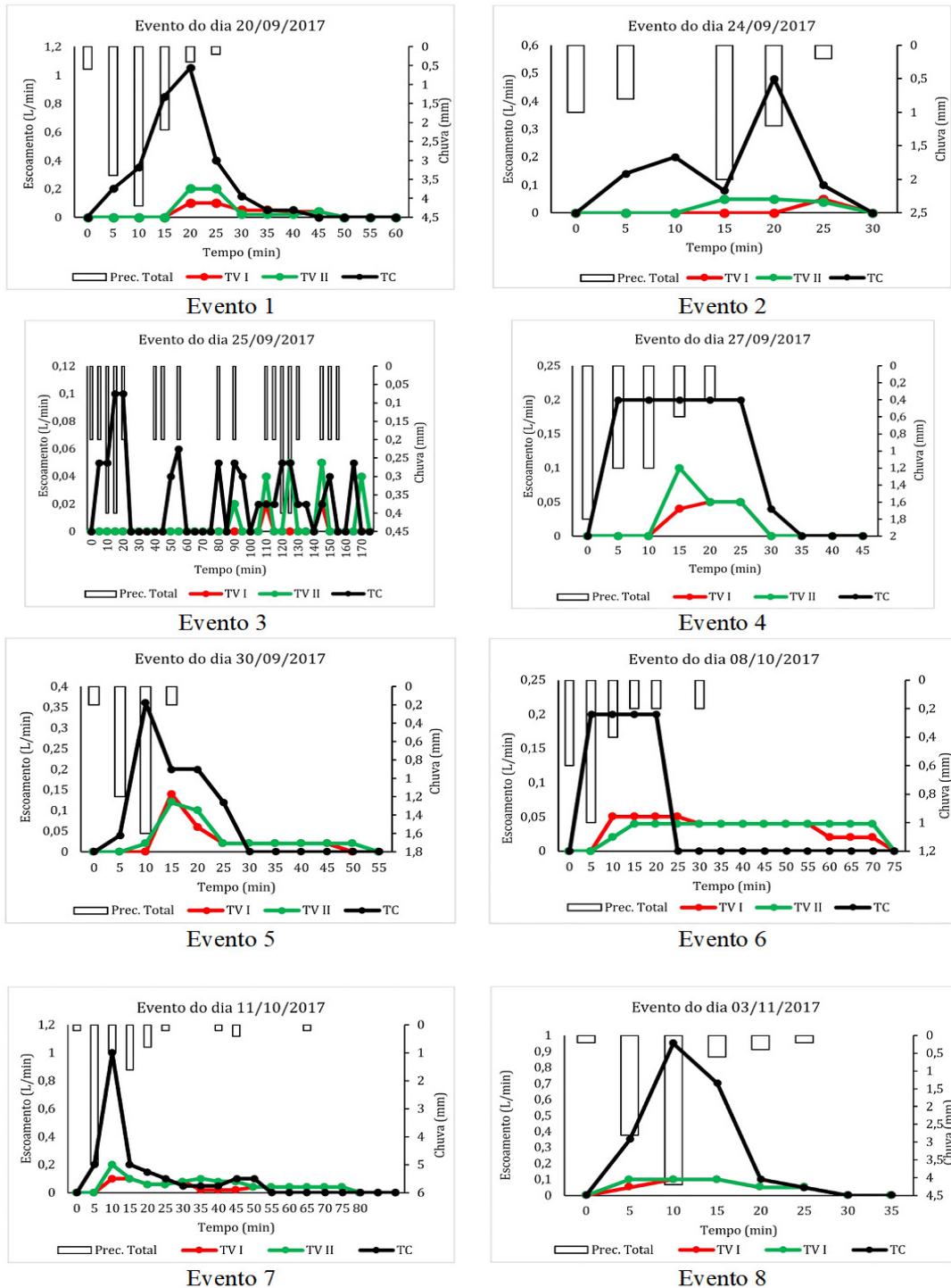


Figura 5 - Hidrogramas dos oito eventos de chuva nos TV I, TV II e TC
Fonte: Autores

Evento	Data	Volume dos últimos 5 dias (mm)	AMC	Volume de chuva precipitado (mm)	Retenção TV I	Retenção TV II
EV 01	20/09/2017	1,20	1	11	87,74%	83,87%
EV 02	24/09/2017	11,4	1	5,2	95,00%	86,00%
EV 03	25/09/2017	16,6	2	4,4	95,29%	76,47%
EV 04	27/09/2017	9,6	1	5,2	86,54%	80,77%
EV 05	05/10/2017	39,8	3	3,2	67,39%	60,87%
EV 06	08/10/2017	37,8	3	2,6	37,50%	37,50%
EV 07	11/10/2017	11,2	1	9,4	65,00%	50,00%
EV 08	03/11/2017	11,8	1	8,4	83,72%	81,40%

Tabela 1 - Relação da AMC e do volume precipitado com a retenção
Fonte: Autores

Avaliando os percentuais médios da retenção hídrica constata-se que: das precipitações ocorridas, 77,27% ficaram retidas no TV I; e 69,61% no TV II. Portanto, o TV I mostra-se mais eficiente que o TV II em até 7,66% (Figura 6). As retenções determinadas para os dois telhados verdes estão em conformidade às encontradas por Rosseti et al. (2013) e Jr et al. (2014), que apresentaram em seus trabalhos, uma capacidade média de retenção hídrica em telhados verdes entre 39 e 85%. É importante ressaltar, que a diferença da retenção hídrica entre os TV I e II, pode ser explicada por meio da observação in loco, através da qual foi possível verificar que no TV tipo I ocorreu maior aeração das raízes devido à estrutura da camada de drenagem ter favorecido a presença de alguns espaços vazios. Isso favoreceu o adensamento das raízes com mais O₂ disponível, ocasionando com isso maior absorção de água e sais minerais, resultando em maior crescimento do vegetal e maior interceptação de água pela grama. De acordo com Franco e Inforzato (1946), a boa aeração do solo, favorece o crescimento das raízes, que se subdividem abundantemente, resultando em uma superfície de maior absorção.

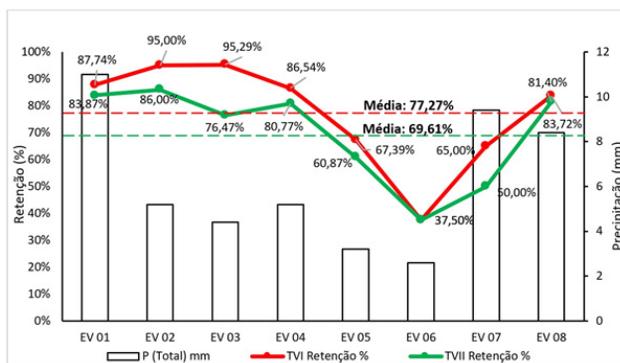


Figura 6 - Taxa percentual de retenção de chuva em cada telhado verde
Fonte: Autores

Em relação à redução da vazão de pico de cheia dos telhados verdes extensivos em relação ao telhado convencional, foi observado que a redução de vazão de pico média do TV I foi igual a 85,94% e a redução de vazão de pico média do TV II foi igual a 80,18%. Estudos realizados no Brasil por Tassi et al. (2014) e Araújo et al. (2014), além de estudos no âmbito internacional (BENGTSSON et al., 2005; CARTER e RASMUSSEN, 2006; VOYDE et al., 2010; FIORETTI et al., 2010; METSELAAR, 2012; STOVIN et al., 2012), indicam que os telhados verdes podem reduzir o escoamento na ordem de 40% a 89%. Portanto, a redução da vazão de pico apresentada pelos TV I e II mostra-se compatível com a literatura disponível sobre o tema.

3.1. Custos dos Telhados Verdes

Na confecção da camada de drenagem do TV I, adotou-se a reutilização de garrafas PET, o que permitiu reduzir o custo total do telhado. Assim, o m² da camada de drenagem do TV I apresentou custo total de R\$ 26,00. O custo da camada de impermeabilização, camada filtrante, camada de substrato e vegetação tiveram valores de R\$ 54,00; R\$ 10,00; R\$ 35,00 e R\$ 7,10 respectivamente.

A camada de drenagem do TV II, a qual foi pré-fabricada pela empresa ECOTELHADO, apresentou custo total de R\$ 82,50 reais para cada m² de área. Logo, o custo da camada filtrante foi de R\$ 26,40, além do custo de R\$ 350,00 reais de frete cobrado para entrega dos módulos em Belém. A camada de impermeabilização, camada de substrato e de vegetação contabilizaram custos de R\$ 54,00, R\$ 35,00 e R\$ 7,10 reais, respectivamente. Já o custo do telhado convencional foi de R\$ 68,00 reais o metro quadrado.

Na Tabela 2 verifica-se que o custo do TV I foi menor que o custo do TV II, ou seja, o custo do TV I é 31,88 % do custo do TV II. Isso mostra que o custo de instalação do TV I é mais viável economicamente devido à adoção de material reciclável no processo de montagem do telhado. Entretanto, não foi contabilizado o custo de montagem desse tipo de telhado verde, o que se trata de uma limitação do presente trabalho.

Tipo	Custo (m2)
TV Tipo I	R\$ 197,89
TV Tipo II	R\$ 620,79
Telhado Convencional	R\$ 68,00

Tabela 2 - Custo total de Instalação
Fonte: Autores

Ainda sobre a Tabela 2, os custos dos TV I e II são bem superiores ao custo do telhado convencional. Isso está de acordo com os trabalhos de Patterson (1998) e Rosseti et al. (2013). Mesmo se considerando o uso de garrafas PET na estrutura do TV I, este ainda apresentou um custo de instalação três vezes superior ao de um telhado convencional. Portanto, ressalta-se, que o alto investimento inicial de um telhado verde extensivo pode ser recuperado via:

- Redução no consumo de energia elétrica, pois o uso de telhados verdes minimiza os efeitos da radiação solar no interior de residências e prédios proporcionando melhor conforto térmico e menor consumo de energia (BEVILACQUA et al., 2016; WILLIAM et al., 2016);

- Redução do efeito de ilha de calor no meio urbano e redução do escoamento superficial, conforme apontado por Karteris et al. (2016) e Razzaghamanesh et al. (2016);

- Uso de garrafas PET, que se justifica por apresentar lenta decomposição no meio ambiente. Pois segundo estudo realizado por Vasconcelos (2007), o tempo de decomposição do politereftalato de etileno (PET) isolado é de 100 anos. E é sabido que o ciclo de vida útil de um telhado verde dura em média entre 25 e 55 anos e o telhado convencional apenas 20 anos (ACKS, 2006; CLARK et al., 2008; CHAN e CHOW, 2013; e PENG e JIM, 2015). Logo, a adoção da reutilização de garrafas PET na estrutura de um telhado verde não compromete o tempo de vida útil do telhado, pois esse tempo é menor que o tempo mínimo de decomposição de uma garrafa PET. Portanto, a reutilização de garrafas PET em telhados verdes ajuda a retardar o seu descarte no meio ambiente, podendo gerar projetos de créditos de carbono, que compensariam o alto custo inicial dos telhados verdes.

4. CONCLUSÕES

O desempenho do TV I foi, na maioria dos eventos de chuva analisados, superior ao desempenho do TV II quanto ao retardo do escoamento superficial. Em relação, a eficiência na capacidade de retenção hídrica entre as estruturas verdes, ficou evidente que o TV I apresenta melhor capacidade de absorção de água em relação ao TV II. Dessa forma, a diferença na capacidade de retenção entre os telhados verdes está diretamente relacionada

com a estrutura drenante adotada em cada telhado verde extensivo. A explicação para esse fato está na maior aeração das raízes devido à estrutura da camada de drenagem do TV I possibilitada pelo arranjo dos fundos das garrafas PET. Isso proporcionou a presença de alguns espaços vazios, favorecendo o adensamento das raízes com mais O₂ disponível, ocasionando com isso maior absorção de água e sais minerais, resultando em maior crescimento do vegetal e maior interceptação de água pela grama. Nesse caso, a redução da vazão de pico de cheia dos telhados verdes extensivos variou de 80,18% a 85,94% respectivamente (TV II e TV I) comparados ao telhado convencional. Em relação ao custo, o TV I apresentou menor custo de instalação comparado ao TV II. Entretanto, não foi contabilizado o custo de montagem dos telhados verdes, o que se trata de uma limitação do trabalho. Nesse contexto, é possível afirmar que o telhado verde contribui significativamente para a redução de cheias e que o uso de materiais recicláveis na construção de telhados verdes mostra-se uma alternativa viável tanto ambientalmente como economicamente.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se a FAPESPA/CAPES uma bolsa de mestrado e ao CNPq uma bolsa de produtividade em pesquisa através do processo 303542/2018-7.

REFERÊNCIAS

- ACKS, K. A framework of cost-benefit analysis of green roofs: initial estimates, 2006. Disponível em: http://greenroofs.org/grtok/economic_browse.php?id=39&what=view. Acesso em 09 de Agos. 2016.
- ARAÚJO, A. P. C. S et al. Balanço hídrico de sistema modular para telhado verde. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n. 18, p. 637-644, 2014.
- BACOVIS, T. M.; NAGALLI, A. Avaliação do desempenho hidrológico de protótipo de telhado verde extensivo. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias Ambientais**. Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. 35-42, 2013.
- BENGTSSON, L.; GRAHN, L.; OLSSON, J. Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden. **Hydrology Research**, v. 36, n. 3, p. 259-268, 2005.
- BERARDI, U.; HOSEINI, A.; HOSEINI, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. **Applied Energy**, v. 115, p. 411-428, 2014.
- BEVILACQUA, P. et al. Experimental investigation of

the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. **Energy and Buildings**, v. 122, p. 63-79, 2016.

BIANCHINI, F.; HEWAGE, K. How “green” are the green roofs? Lifecycle analysis of green roof materials. **Building and Environment**, v. 48, p. 57-65, 2012.

CARTER, T. L.; RASMUSSEN, T. C. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 5, p. 1261, 2006.

CHAN, A. L. S.; CHOW, T. T. Energy and economic performance of green roof system under future climatic conditions in Hong Kong. **Energy and Buildings**, v. 64, p. 182-198, 2013.

CHENANI, S. B.; LEHVÄVIRTA, S.; HÄKKINEN, T. Life cycle assessment of layers of green roofs. **Journal of Cleaner Production**, v. 90, p. 153-162, 2015.

CLARK, C; ADRIAENS, P; TALBOT, F. B. Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits. **Environmental science & technology**, v. 42, n. 6, 2008.

COSTA, J.; COSTA, A.; POLETO, C. Telhado Verde: redução e retardo do escoamento superficial. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 14, n. 2, edição especial, p. 50-56, 2012.

CUNHA, S. F. et al. Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 837 – 848, 2015.

FIORETTI, R.; PALLA, A.; LANZA, L G, PRINCIPI, P. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. **Building and Environment**, v. 45, n. 8, p. 1890-1904, 2010.

FRANÇA, L. C. J. O uso do telhado verde como alternativa sustentável aos centros urbanos: opção viável para a sociedade moderna do século XXI. **Revista Húmus**, v. 2, n. 4, 2012.

FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do estado de São Paulo. **Bragantina**, Vol. 6, nº 9, 1946.

HUANG, Y.; CHEN, C.; TSAI, Y. Reduction of temperatures and temperature fluctuations by hydroponic green roofs in a subtropical urban climate. **Energy and Buildings**, v. 129, p. 174-185, 2016.

JR, A. A. O; NETO, P. A; MENDIONDO, E. M. Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos –RBRH**, V. 19, n. 2, p. 41-52, 2014.

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. **Espaço em Revista**, v. 13, n. 2, 2012.

KARTERIS, M. et al. Towards a green sustainable strategy for Mediterranean cities: Assessing the benefits of large-scale green roofs implementation in Thessaloniki, Northern Greece, using environmental modelling, GIS and very high spatial resolution remote sensing data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p.510–525, 2016.

KÖPPEN, W. et al. Das geographische System der Klimate (Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C). **Borntraeger Science publishers**, 1936.

METSELAAR, K. Water retention and evapotranspiration of green roofs and possible natural vegetation types. **Resources, conservation and recycling**, v. 64, p. 49-55, 2012.

NRCS (2007) National Engineering Handbook, available in <ftp://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/wntsc/H&H/NEHhydrology/ch16.pdf>.

NRCS – Natural Resources Conservation Service: US Department of Agriculture (USDA), Urban Hydrology for small watersheds, Technical Release 55 (TR-55), 2nd Edn., **Natural Resources Conservation Service**, Conservation Engineering Division, USA, 1986.

OHNUMA Jr, A. A., ALMEIDA, N. P. De, & Mendiondo, E. M. Análise da Retenção Hídrica em Telhados Verdes a Partir da Eficiência do Coeficiente de Escoamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, 19(August), 41–52, 2014.

PATTERSON, M. What color green? **Buildings**, v. 92, n. 5, p. 80–82, 1998.

PENG, L. L. H.; JIM, C. Y. Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 14, n. 3, p. 554-561, 2015.

PÉREZ, G. et al. Use of rubber crumbs as drainage layer in green roofs as potential energy improvement material. **Applied energy**, v. 97, p. 347-354, 2012.

RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S.; SALEMI, T. The role of green roofs in mitigating Urban Heat Island effects in the metropolitan area of Adelaide, South Australia. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 15, p. 89-102, 2016.

RINCÓN, L. et al. Environmental performance of recycled rubber as drainage layer in extensive green roofs. A comparative Life Cycle Assessment. **Building and Environment**, v. 74, p. 22-30, 2014.

ROSSETI, K. A. C. et al. Abordagem sobre as barreiras e benefícios da utilização do sistema de telhado verde em áreas urbanas de regiões tropicais. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 1, p. 55-77, 2013.

SILVA, Dione Galvão da. et al. Crescimento de mudas de hortaliças em substratos orgânicos. **Cadernos de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1, jul. 2018.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012.

STOVIN, V.; VESUVIANO, G.; KASMIN, H. The hydrological performance of a green roof test bed under UK climatic conditions. **Journal of Hydrology**, v. 414, p. 148-161, 2012.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil, **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n.2, p. 120-142, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.905>.

TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TAVARES, J. P. N. Enchentes repentinas na cidade de Belém-PA: condições climáticas associadas e impactos sociais no ano de 1987. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 28, p. 1-6, 2009.

TUCCI, C. E. M. Modelos Hidrológicos. 2. Ed. Porto Alegre: **ABRH**, 2005. 678 p.

VASCONCELOS, Y. Decomposição rápida: pesquisadores desenvolvem polímero reciclado feito com PET inofensivo ao ambiente. Pesquisa FAPESP, n 135, p. 76 – 77, 2007. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2007/05/01/decomposicao-rapida/>. Acesso em 14/03/2019.

VOYDE, E.; FASSMAN, E.; SIMCOCK, R. Hydrology of an extensive living roof under sub-tropical climate conditions in Auckland, New Zealand. **Journal of hydrology**, v. 394, n. 3, p. 384-395, 2010.

WILLIAM, R. et al. An environmental cost-benefit analysis of alternative green roofing strategies. **Ecological Engineering**, v. 95, p. 1-9, 2016.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3814-1795>

EDKEYSE DIAS GONÇALVES | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/ITEC/UFGPA | Belém, PARÁ (PA) – Brasil | Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110 | E-mail: edkeyse@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-2647>

CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE BLANCO, PhD. | Universidade Federal do Pará | Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental/ITEC/UFGPA | Belém, PARÁ (PA) – Brasil | Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110 | E-mail: blanco@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1057-1398>

VANESSA DA ROSA WATRIN, M.Sc. | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/ITEC/UFGPA | Belém, PARÁ (PA) – Brasil | Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110 | E-mail: watrin@ufpa.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>

CARLOS EDUARDO AGUIAR DE SOUZA COSTA, M.Sc. | Universidade Federal do Pará | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/ITEC/ UFGPA | Belém, PARÁ (PA) – Brasil | Rua Augusto Corrêa, 1 – Guamá, Belém – PA, 66075-110 | E-mail: eduardoaguiaresc@hotmail.com.

COMO CITAR ESTE ARTIGO

GONÇALVES, Edkeyse Dias; BLANCO, Claudio José Cavalcante; WATRIN, Vanessa da Rosa; COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza. Análise Experimental E Custos De Telhados Verdes Comerciais E Fabricados Com Garrafas PET Para Redução De Cheias Urbanas Na Amazônia. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 57-66, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.57-66>.

DATA DE ENVIO: 28/09/2020

DATA DE ACEITE: 05/11/2020

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA ALTERNATIVO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO E PLANEJAMENTO PARA CONSCIENTIZAÇÃO DA COMUNIDADE

EVALUATION OF AN ALTERNATIVE SYSTEM FOR TREATING DOMESTIC EFFLUENT AND PLANNING FOR A COMMUNITY AWARENESS

HELOISA REGINA TURATTI SILVA, DRA. | UNISUL

PAOLA EGERT, DRA | UNISUL

MARIA IZABEL WILLEMANN | UNISUL

RESUMO

A Educação Ambiental constitui uma forma bastante abrangente de “educar” e deve acontecer por meio de processos onde o indivíduo e a coletividade construam valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente. Na área de saneamento básico a educação ambiental desempenha um papel de grande importância, uma vez que a falta do conhecimento e habilidades adequadas geram sérios malefícios para a saúde e o bem-estar da população. No presente trabalho foi executado e avaliado um método alternativo para tratamento de efluente doméstico, ideal para comunidades distantes de centros urbanos e sem sistema de tratamento de esgoto. Através dos resultados alcançados, juntamente as informações técnicas apresentadas foi possível pensar em uma estratégia para levar o conhecimento a toda a comunidade. Assim, posteriormente, uma cartilha educativa sobre a importância do saneamento básico, bem como sobre a importância de um tratamento de esgoto, suas vantagens, desvantagens e comparativo econômico com outros modelos de tratamento de esgoto foi elaborada, para que órgãos públicos possam trabalhar com a população de forma a alcançar uma conscientização sobre a importância do assunto para melhorar a vida e a saúde das pessoas.

PALAVRAS CHAVE: Educação Ambiental; Saneamento Básico; Esgoto de bambu

ABSTRACT

Environmental Education is a very comprehensive way of "educating" and it should happen through processes where the individual and the community build social values, knowledge, skills, attitudes and competence aimed at the conservation of the environment. In the area of basic sanitation, environmental education develops a major role, since the lack of adequate knowledge and skills creates serious harm to the health and well-being of the population. In this work, a alternative method for treatment of domestic wastewater treatment was carried out and evaluated, ideal for communities far from urban centers and without sewage treatment system. Through the results achieved, together with the technical information presented, it was possible to think of a strategy to bring knowledge to the whole community. So, later, a educational hornbook on the importance of basic sanitation, as well as on the importance of a sewage treatment, its advantages, disadvantages and economic comparative with other models of sewage treatment has been elaborated, so that public agencies can work with the population in order to reach an awareness about the importance of the subject to improve the life and health of people.

KEY WORDS: Environmental Education; Basic sanitation; Bamboo sewage



1. INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico é um assunto que engloba diferentes áreas do conhecimento, tais como saúde, social e tecnológica. A falta de um saneamento adequado pode causar diferentes doenças de veiculação hídrica, sendo uma das mais recorrentes a diarreia em crianças, mas a precariedade destes serviços também contribui para a incidência de óbitos com outras causas, em comunidades (Aisse, 2000; Garcia, 2017; Machado, 2015).

Os riscos para a saúde gerados pelo saneamento inadequado ou inexistente estão relacionados principalmente com a ingestão de água contaminada, através de contato direto, ou por meio de vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico (Brasil, 2013). Estes derivam de poluentes químicos, efluentes industriais, ou causados por acidentes ambientais.

Vale destacar também que a deficiência dos serviços de saneamento básico tem estreita relação com a degradação do meio ambiente. Garcia (2017) comenta que a falta de saneamento é a principal causa de degradação ambiental das bacias hidrográficas brasileiras, principalmente daquelas situadas em grandes metrópoles. Garcia (2017) ainda comenta que segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (2010), apesar do abastecimento de água potável no Brasil estar em torno de 99% dos municípios, a coleta de esgoto sanitário está com valores bem inferiores, cerca de 55% dos municípios, assim como o tratamento de esgoto sanitário – com apenas 28% dos municípios.

Levando em consideração este baixo índice de tratamento de esgoto sanitário, é importante que busquemos alternativas viáveis de solução ao problema e que estes tenham aceitação pela comunidade. Em um momento em que toda a sociedade busca por métodos de preservação do meio ambiente, novas técnicas para o tratamento e a reutilização de efluentes são de grande valia.

Embora algumas técnicas já tenham sido criadas e com resultados promissores, ainda prevalece uma forte resistência por parte de muitas comunidades, prejudicando sua implantação, principalmente quando envolve algum investimento financeiro por parte do usuário. Os tratamentos alternativos de esgoto são exemplos de técnicas criadas e motivadas, principalmente, por uma preocupação ambiental (Dias, 2016; Mielbratz, 2016; Machado, 2015; Souza, 2010; Fagundes, 2009). Estes tratamentos alternativos podem trazer solução para comunidades que não apresentam condições financeiras para instalação de um sistema de tratamento de esgoto convencional.

Este é o caso da comunidade escolhida para o estudo aqui apresentado, ou seja, o município de Rio Fortuna, no estado de Santa Catarina, onde uma grande parte

da população, que se localiza em zonas rurais da cidade, não tem acesso a um tratamento adequado para o esgoto doméstico. Este município está situado a 117 km de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina (SC), possuindo uma área territorial de 302 km² e, pelo censo de 2010, segundo o IBGE, uma população de 4.446 habitantes.

Segundo o IBGE, 30,6% das residências possuem esgoto sanitário adequado, ou seja, fossa filtro e sumidouro.

Além disso, é importante comentar que esta região é abastecida pelo Rio Fortuna e, em seu percurso, segundo uma pesquisa feita pela prefeitura Municipal, no ano de 2010, havia lançamentos de esgotos domésticos provenientes da drenagem pluvial, de dejetos de animais da área rural e contaminação por defensivos agrícolas, alguns sem qualquer tratamento para minimizar a poluição. Para trazer uma alternativa de solução a este problema, um tratamento de esgoto alternativo foi proposto por órgãos estaduais, e será aqui apresentado.

Para obter sucesso com a comunidade o tratamento deve ser simples, de fácil entendimento na construção, compacto e de baixo custo. Além disso, o município tem solo argiloso, lençol freático alto e topografia irregular, logo o tratamento deve se adaptar também a essas condições.

Uma sugestão que se adaptaria bem a estas condições é o tratamento de esgoto com recheio de bambu (Quege, 2013; Souza, 2010, Feng, 2008; Brito, 2007; Tritt, 2003), que se trata de um tratamento em subsolo, de baixo custo, fácil execução e manejo, e seguro em relação ao lençol freático, pois não entra em contato com o solo, não sendo necessário o uso de sumidouro.

Com o objetivo de investigar o investimento, dificuldades e qualidade, este trabalho apresenta a instalação de um tratamento alternativo para efluente doméstico, em uma residência unifamiliar do município de Rio Fortuna.

A finalidade do uso do saneamento básico está em proteger e melhorar as condições de vida da população. As ações de saneamento precisam de uma adequação ao lugar onde serão realizadas, respeitando as características socioculturais, econômicas e ambientais do local, buscando tecnologias alternativas que sejam apropriadas a cada tipo de comunidade. Além disso, é necessária a aceitação da comunidade à nova proposta, pois isto implica em investimento inicial e consumo de tempo.

Neste sentido destaca-se o papel da educação como importante estratégia de proteção da saúde da comunidade. A transformação dos sistemas sociais só é possível mediante a transformação dos seres humanos que os configuram. O entendimento da comunidade e a participação na vida social são considerados ações importantes para a transformação

da realidade. Portanto, é imprescindível desenvolver ações educativas que possibilitem a compreensão sistêmica que a questão exige e estimular a participação popular, engajada e consciente, no enfrentamento dessa questão.

Nesse contexto, a Educação Ambiental em saneamento constitui-se numa promissora possibilidade de atuação que busca, por meio de ações articuladas, oportunizar a emancipação dos atores sociais envolvidos e, com isso, despertar o protagonismo popular na condução das transformações esperadas.

O processo de educação ambiental em sua vertente transformadora acontece no momento em que a população, ao olhar de forma crítica para os aspectos que influenciam sua qualidade de vida, reflete sobre os fatores sociais, políticos e econômicos que originaram o atual panorama e busca atuar no seu enfrentamento (Pinto, 2017; Fontes, 2017; Mesquita, 2016; Iorio, 2009; Silva, 2009; Campos, 2006; Bolscho, 2006; Dias, 2002).

Portanto, este trabalho também apresenta um planejamento em Educação Ambiental com esta comunidade, que como a maioria da população mundial, sofre com a carência no saneamento básico e seus benefícios. Como estratégia principal para alcançar a maioria da população foi montada uma cartilha demonstrando a importância do novo tratamento e ensinando a executar esta técnica de forma simples (Mesquita, 2016, Lisboa, 2008). Assim, a estratégia usada no desenvolvimento deste trabalho foi a união da importância absoluta do saneamento com a importância da educação ambiental.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Apresentação do Município de Rio Fortuna

O município de Rio Fortuna localiza-se, conforme Figura 1, na região sul do estado de Santa Catarina, confrontando-se ao Norte com Santa Rosa de Lima; ao Sul com Grão Pará, Braço do Norte e Armazém; a Leste com São Martinho, e a Oeste com Urubici e Grão Pará.

A água do município de Rio Fortuna é captada para tratamento e distribuição no Córrego São Marcos, manancial pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão. As margens dos córregos encontram-se desprotegidas e as atividades agrícolas são intensas, contribuindo para a degradação ambiental, não isentando o manancial de possíveis contaminações. A qualidade da água do manancial se enquadra na classe I do Conama (RESOLUÇÃO N° 357), apropriada para ser tratada para o consumo humano. Atualmente o ponto de captação apresenta, mata de alto porte e de difícil acesso.

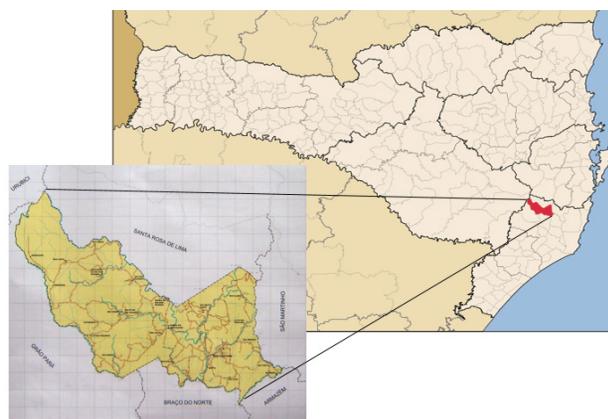


Figura 1 - Localização do Município de Rio de Fortuna no estado de Santa Catarina
Fonte: Adaptado de <http://www.riofortuna.sc.gov.br/> (2017).

2.2. Método

O trabalho consiste em instalar um sistema alternativo para tratamento de efluente em uma residência unifamiliar do município de Rio Fortuna. O tratamento escolhido foi o processo de filtro com recheio de bambu conforme comentado na introdução. Além da praticidade em adquirir os materiais, o tempo e o custo de mão de obra foram determinantes na escolha do método.

Com o intuito de validar a técnica e economicamente o sistema de filtro de bambu, foi realizado o orçamento sobre o custo de execução deste tratamento alternativo e comparado com o orçamento realizado em um tratamento de esgoto convencional (fossa/filtro).

Além disso, foi realizado também alguns ensaios de análise química no Centro Tecnológico Amael Beethoven Villar Ferrin de Tubarão/SC: potencial hidrogeniônico-pH (Método Potenciométrico); Cor e Turbidez (Spectroquant NOVA-60-MERCK); Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO (Método Respirométrico - oxitop); Demanda Química de Oxigênio-DQO (Refluxo com dicromato de Potássio) para observar os resultados obtidos com o processo alternativo.

2.3. Instalação do sistema alternativo para tratamento de efluente doméstico

Para uma avaliação do sistema alternativo de tratamento de efluente foi feita a instalação de um filtro com recheio de bambu em uma residência unifamiliar do município de Rio Fortuna.

De início, como nos mostra a figura 2a, foi escavado uma vala com aproximadamente 3 metros de comprimento com 1,5 metros de largura. Esta dimensão foi baseada nas dimensões dos tubos de concreto, que possuíam aproximadamente 80 cm de diâmetro cada. A figura 2b mostra o bambu, cortado em pequenos pedaços de aproximadamente 15 cm cada, e alguns com o diâmetro interno do tubo.



Figura 2 - (a) Vala escavada para o início da execução (b) Pequenos pedaços de bambu para a execução do tratamento.
Fonte: Autores (2016).



Figura 3 - a) Fundos sendo colocado na vala. b) Tampas de bambu para o início da filtragem.
Fonte: Autores (2016).

A tubulação de PVC é utilizada para o efluente passar de um tubo para o outro e, após, para a drenagem urbana. São utilizados alguns joelhos e canos de diâmetro de 100 mm.

Com os materiais selecionados, inicia-se a execução. Inicialmente são colocados fundos feitos de concreto por onde o efluente entra, passando por uma tampa feita de bambu até chegar ao filtro. Esses fundos possuem furos, por onde são colocados os tubos de PVC. A Figura 3a mostra os três fundos colocados em locais estratégicos dentro da vala. Os locais onde se encontram os tubos são escolhidos devido a facilidade de manuseio dos mesmos na hora da execução.

São encaixados então, os tubos e, feito com bambu, uma tampa, onde o efluente passa antes de chegar ao filtro. Esta tampa já inicia o tratamento de filtragem do efluente. A figura 3b mostra a colocação dos tubos e as tampas de bambu sendo construídas.

Após a colocação das tampas de bambu, são inseridos os tubos para a passagem do efluente. O efluente entra no tratamento pela parte inferior através do tubo de PVC, passando pela tampa de bambu e então pela filtragem dos pedaços de bambu de 15 cm. Para os dois primeiros tubos, inicia-se o processo de colocação dos pequenos pedaços de bambu, que servem para alojamento das colônias de bactérias (Brito et al., 2007) e vedação do tubo com uma tampa de concreto. A figura 4 demonstra esse processo sendo executado.



Figura 4 - Pequenos pedaços de PVC no primeiro tubo.
Fonte: Autores (2016).

O terceiro tubo consiste numa mistura de filtro de bambu e filtro de areia e brita. Isso ocorre para um melhor resultado na fermentação do efluente. Segundo pesquisas e testes feitos pela Epagri, em 2010, apenas um reator não alcançou resultados satisfatórios, então foi incluído um filtro a mais com areia e brita para melhorar os resultados obtidos.

As figuras 5 (a) a (d) ilustram a execução do terceiro tubo. Após, o filtro de pequenos pedaços de bambu, é inserido uma tela fina, para evitar o contato da areia com o bambu. Então, é inserido uma camada de aproximadamente 15 cm de brita número 2 e uma fina camada de areia. Por fim, é colocada a tampa de concreto no tubo, que já está ligado à drenagem da rua, por uma tubulação de PVC.



Figura 5 - (a) Filtro de bambu no último tubo; (b) Tela para separação da areia e bambu; (c) Colocação da brita número 2; (d) Colocação da camada de areia fina.
Fonte: Autores (2016).

Por fim, após a colocação da tampa de concreto no último tubo, o processo de execução do tratamento está concluído, podendo assim cobrir a vala com areia. A figura 6(a) mostra o tratamento pronto e a figura 6(b) à ligação do tratamento com a drenagem urbana.



Figura 6 – (a) Execução concluída; (b) Ligação do tratamento até a drenagem da rua.
Fonte: Autores (2016).

2.4. Parâmetros da qualidade da água

Para verificar os resultados do tratamento alternativo foram coletadas amostras dos dois tipos de tratamento de efluentes e analisadas em laboratório, a partir dos seguintes parâmetros: pH; Cor; Turbidez; DBO; DQO. A coleta foi feita pela manhã e dentro de, no máximo, 3 horas entregue ao laboratório contratado para análises químicas. Durante a coleta usou-se um recipiente esterilizado para armazenar o material e para realizar a coleta. O processo foi repetido por três semanas seguidas.

2.5. Coleta no tratamento com filtro de bambu

A coleta foi realizada em uma residência unifamiliar de aproximadamente 100 m² onde moram 4 pessoas, todos adultos. Neste caso, a drenagem pluvial passa na rua e o efluente é jogado diretamente nesta. A coleta deste material precisou um pouco mais de cuidados, pois foi necessário realizar a escavação até o cano, cortar um

pedaço pequeno deste cano para então realizar a coleta. Para não prejudicar a qualidade do efluente, uma lavagem com água limpa ao redor do tubo é feita anteriormente à coleta. Com alguns panos é feito uma barreira para trancar a passagem do efluente e então é realizada a coleta. As figuras 7 (a) a (c) ilustram o processo de coleta e o efluente coletado.



Figura 7 – (a) Local da Coleta Tratamento Alternativo; (b) Material sendo coletado; (c) Amostras prontas para seguir para o laboratório.

Fonte: Autores (2016).

2.6. Coleta no tratamento convencional

A coleta foi realizada em uma residência unifamiliar com aproximadamente 300 m², onde residem três pessoas, dois adultos e uma criança. O tratamento possui dimensões de (3,0 x 2,5) m, fossa e filtro anaeróbico. A rua onde está localizada a residência, não possui drenagem pluvial, logo o efluente sai diretamente na rua através de um cano de PVC. As figuras 8 (a) a (c) mostram o local de coleta e como são feitas as coletas, seguidas do material com identificação.



Figura 8 - (a) Local de Coleta do Tratamento Convencional (Fossa e Filtro); (b) Coleta do efluente do tratamento convencional; (c) Material Coletado.

Fonte: Autores (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSOES

3.1 Comparação entre os custos de execução do filtro de bambu e o tratamento convencional

Um dos fatores a ser considerado na hora da escolha do sistema de tratamento de esgoto doméstico é o custo de implantação, além de sua eficácia. E, em sua maioria, por ter um elevado custo em materiais e mão de obra, normalmente não é executado e o efluente doméstico é descartado sem qualquer tratamento. Nas tabelas 1 e 2 é apresentado os valores de cada tipo de tratamento para uma avaliação financeira sobre a execução do sistema. Os valores foram retirados com base na tabela do Sistema Nacional De Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Planilha orçamento fossa séptica/filtro anaeróbico (modelo que atende as normas ABNT - NBR 7229/93 e NBR 13969/97)					
ITEM	Descrição	UNIDADE	QTIDADE	PREÇO	TOTAL
1	Escavação de Solo	m ³	17	14,14	240,38
2	Tijolo Maciço 5x10x20cm	un	900	0,32	288,00
3	Reboco	m ²	18,1	7,90	142,99
4	Tubo PVC Rígido 100mm Esgoto	m	6	8,05	48,30
5	Curva 90 Longa Esgoto 100mm	un	3	13,07	39,21
6	Calha Meio Tubo 0,20cm	m	1,8	10,50	18,90
7	Lastro de Brita Nº2	m ³	3,9	57,50	224,25
8	Tampa de Concreto	Um	1	34,93	34,93
9	Vigotas Pré Fabricadas	Um	8	7,16	57,28
TOTAL					1094,24

Tabela 1 – Valores Fossa Séptica/Filtro Anaeróbico
Fonte: Autores (2016).

Planilha orçamento reator com filtro e bambu					
ITEM	Descrição	UNIDADE	QTIDADE	PREÇO	TOTAL
1	Escavação de Solo	m ³	9,0	14,14	127,60
2	Kit Fossa Septica	Um	3,0	180,00	540,00
3	Areia Fina	M	0,5	70,00	35,00
4	Brita N2	M	0,5	57,50	28,75
5	Tubo de Esgoto 100mm	Br	2,0	8,05	16,10
6	Joelho 90-100mm	Pç	5,0	4,94	24,70

7	Te Esgoto - 100mm	Pç	1,0	5,29	5,29
8	Luva Esgoto 100mm	Pç	3,0	4,16	12,48
9	Luna Esgoto 50mm	Pç	2,0	1,93	3,86
10	Fita Veda Rosca	Pç	2,0	7,19	14,38
11	Redução 100x50mm	Pç	2,0	1,89	3,78
Total					811,60

Tabela 2 - Valores Reator com Filtro de Bambu
Fonte: Autores (2016).

Como mostram os dados apresentados nas tabelas 1 e 2, os custos do sistema de tratamento convencional (Fossa Séptica/Filtro Anaeróbico) é 25% mais elevado em relação ao custo do sistema alternativo. O custo para a montagem do tratamento convencional possui materiais de custo mais elevado que o sistema alternativo, além do valor da mão de obra que o encarece ainda mais, uma vez que, o modelo alternativo, não possui acréscimos com mão de obra, por ser de simples execução.

3.2 Avaliação Química

Com o objetivo de se conhecer os valores obtidos com o tratamento de esgoto alternativo e comparar com os valores determinados pelos órgãos competentes, foram realizadas quatro coletas de material na saída do processo, em semanas subsequentes, e enviadas para o laboratório de análises químicas contratado. O resultado obtido está apresentado na tabela 3.

Análises	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
PH	8,08	7,91	7,82	7,79
Cor, mg/L de Pt	163,30	148,0	186,5	165,6
Turbidez, FAU	54,0	48,0	71,0	59,0

Tabela 3 – Análise do efluente obtido no Tratamento Alternativo
Fonte: Autores (2016).

A mesma análise foi realizada em um processo convencional (fossa/filtro) para se conhecer os valores obtidos através de métodos normalmente utilizados pelas comunidades. A tabela 4 mostra o resultado para o processo convencional.

Análises	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
PH	7,36	7,39	7,52	7,51
Cor, mg/L de Pt	171,0	71,1	128,8	119,9
Turbidez, FAU	113,0	26,0	61,0	52,0

Tabela 4 – Análises do efluente obtido no Tratamento Convencional
Fonte: Autores (2016).

Sobre o pH, a Resolução do CONAMA N°357/2005, Artigo 34, parágrafo IV, determina que só se poderá lançar efluentes em corpos de água com pH entre 5 e 9. A mesma resolução também determina que para rio classificado como de classe II (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano), a cor deve ser de até 75 mg/L de Pt e a turbidez de até 100 FAU.

Logo, no parâmetro pH, os dois tratamentos estão dentro do limite permitido. Sabe-se que o pH pode ser alterado se há chuva 48 h antes da coleta. Então vale ressaltar que todas as coletas foram feitas em dias que o tempo estava estável, sem possibilidade de chuvas. Quanto a cor, para o tratamento alternativo todas as medidas passaram do valor permitido. No tratamento convencional, apenas em uma coleta o valor se mostrou adequado. Podemos comentar que a cor pode ser inconstante dependendo da forma de coleta, uso do sistema no período entre outros fatores. Sobre a turbidez, os dois tratamentos atendem ao padrão exigido.

Além desses parâmetros, a determinação das taxas de operação de uma estação de tratamento de esgotos sanitários é feita normalmente a partir da análise de características como demanda bioquímica de oxigênio – DBO, demanda química de oxigênio – DQO, entre outros. Deve ser acrescentado que, segundo Giansante (2002), dados operacionais de concessionárias brasileiras de saneamento apontam que a relação usual DQO/ DBO está por volta de 1,7 no máximo, quando se trata de esgotos domésticos. Assim, valores superiores a este, devem servir como alerta a razão limite DQO/DBO igual 3,0, dada à provável presença de componentes tóxicos que inibem os microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos.

A tabela 5 mostra a razão entre DQO/DBO, feitas no tratamento alternativo e convencional.

Análises	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
Tratamento Alternativo	16,18	1,87	1,32	1,10
Tratamento Convencional	1,90	2,7	2,54	2,05

Tabela 5 - Razão DQO /DBO no Tratamento Alternativo e no convencional.
Fonte: Autores (2016).

Observa-se que valor da coleta 1 no tratamento alternativo, está alto pois a DBO chegou ao resultado de apenas 10 mg/L. Com essa exceção, todos os valores não ultrapassaram o valor limite de referência (3,0), pois estão próximos a 1,7, livres de prováveis presenças de componentes tóxicos nos locais de lançamento.

No tratamento convencional observa-se que todos os valores ficaram abaixo do valor limite de referência (3,0), mas vale ressaltar que, com exceção da coleta 1, todos deram próximos ao mesmo.

Devemos também, destacar que a saída de um esgoto doméstico depende muito da movimentação da residência, quantidade de pessoas, dentre outros fatores. As informações acima, não foram conclusivas, em relação ao melhor tratamento. Para esta avaliação, seria necessária uma série de análises e estudos, por mais tempo e durante as diferentes estações do ano. Mas já se nota o indicativo da validade do método alternativo.

3.3 Educação Ambiental na elaboração do material

Com o intuito de promover a Educação Ambiental no município de Rio Fortuna, uma cartilha foi elaborada levando em consideração a importância para a saúde, o bem estar da população e a praticidade na implantação do sistema alternativo, mostrando que é possível encontrar soluções para o problema da falta de saneamento básico.

A Educação Ambiental é essencial na compreensão sobre a falta de saneamento, seus riscos e como melhorar as condições do meio em que se vive. Quando este entendimento é alcançado, percebe-se que soluções podem ser propostas e abre-se uma ampla oportunidade de melhorar as condições de vida e saúde dos habitantes no município. A Educação Ambiental é o processo transformador que agirá diretamente na população, modificando questões sociais e econômicas.

A cartilha demonstrará os passos da execução do tratamento alternativo com filtro de bambu, feito a partir do material registrado durante a execução do sistema, com detalhamentos sobre dimensionamento e funções de cada material. Deve ainda especificar os materiais utilizados e fazer uma breve comparação sobre custos dos dois tratamentos. Deve mostrar também que o tratamento alternativo pode ser uma solução para o problema.

Levando em consideração que o município de Rio Fortuna possui uma população pequena e que seu problema de saneamento é grave, principalmente na zona rural, a cartilha se expressa de maneira simples para a compreensão de todos, possuindo uma grande quantidade de ilustrações. Ainda de maneira simples, alerta para os riscos que a falta de saneamento básico gera para a saúde e o bem estar dos habitantes.

Por ser uma ferramenta de fácil compreensão, a cartilha sobre saneamento básico e execução de um tratamento alternativo é algo essencial a ser realizado no

município. A Educação Ambiental sobre o tratamento de esgoto alternativo deve promover a tomada de consciência a respeito dos problemas ambientais existentes para que gere uma mobilização da população. Essa tomada de consciência deve também se estender à compreensão da necessidade e à busca de formas alternativas de relação com o meio, envolvendo atitudes favoráveis à cooperação coletiva para a solução dos problemas ambientais.

Entretanto, sabendo que a consciência sobre os problemas ou necessidades, assim como as atitudes positivas dela procedentes, pode ser um fenômeno passageiro, é preciso persistência e clareza nos métodos utilizados para a divulgação para que a população se mantenha informada.

Este material possui a vantagem ainda de promover o crescimento sustentável do município, ou seja, saber usar os recursos naturais para satisfazer as nossas necessidades, sem comprometer as necessidades e aspirações das gerações futuras, ou seja, saber usar para nunca faltar. E isso não exige um grande esforço, somente mais atenção com o que está ao nosso redor, no nosso ambiente. Isso tem relação com o uso da água, o consumo do papel, seja em casa ou no trabalho, o consumo de energia elétrica, destinação correta do lixo, reciclagem e redução ou eliminação do desperdício. O tratamento com filtro de bambu possui essas características, possuindo a facilidade de obtenção de materiais.

A divulgação do material e da Educação Ambiental no município de Rio Fortuna deve ser feita através da ajuda de órgãos públicos, colaborando na organização de palestras para a explicação e distribuição da cartilha (Figura 9 (a) e (e)). Além disso, com a ajuda da Prefeitura Municipal, a distribuição poderá acontecer através de agentes de saúde, que fazem monitoramento a cada mês, em todas as residências do município e diretamente com a vigilância sanitária, disponibilizando a cartilha para os interessados. O material também poderá ser disponibilizado em algum endereço eletrônico vinculado ao município.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que o tratamento estudado mostrou grande potencial de eficácia para atender as necessidades em saneamento da população do município de Rio Fortuna, bem como para outras pequenas comunidades. Os custos mais baixos e a facilidade na execução indicam o sistema alternativo como uma alternativa atrativa de solução ao problema.

Com relação às análises químicas, o pH do tratamento alternativo se mostrou dentro valor esperado, e a relação DBO/DQO está dentro do previsto, mostrando que pode ser utilizado como tratamento para esgoto doméstico.

TRATAMENTO ALTERNATIVO DE ESGOTO EXECUÇÃO DE UM SISTEMA

1. PORQUE TER UM TRATAMENTO DE ESGOTO?

Ninguém no mundo gosta de sentir mau cheiro, ficar doente ou perceber que onde você vive está sujo e mal cheiro. E assim que ficam os rios, rios, rios, a água que bebemos, quando o esgoto que vai de nossas residências não é tratado adequadamente.

O uso do tratamento de esgoto, do saneamento básico em nossa cidade, serve para proteger e melhorar a nossa qualidade de vida.

Um exemplo são os rios para a saúde geral pela falta de saneamento, quando ingerimos água contaminada, os rios ficam expostos a doenças que podem transmitir doenças relacionadas ao esgoto.

2. COMPARAÇÃO DE PREÇOS DE DOIS TRATAMENTOS

Uma das vantagens de aplicar um tratamento alternativo está no fato de ser sustentável, evitando poluição hídrica e também poupar recursos de fácil acesso e preço acessível. Com isso, em curto prazo, há economia, pois o modelo alternativo (Filtro com Filtro de Bambu) faz 20% mais barato, em relação a outros de materiais.

Assim, é um fato percebido que além dos materiais serem mais acessíveis, os custos são menores, e ainda a vida útil do filtro, se bem cuidado, pode ser feita por muito tempo, tendo mais uma taxa de economia.

3. O SISTEMA DE TRATAMENTO ALTERNATIVO - FILTRO DE BAMBU

O sistema que utiliza tubo de concreto por meio dos canos de PVC, passando por uma tampa, feita em casa, com um sistema de propagação natural que ocorre para além do sistema de filtração. O esgoto entra pelo tubo de concreto, passando pelo filtro e sendo purificado. Os dois processos são os seguintes: após ser purificado, o líquido pode ser usado para irrigação de sua área ou ser usado na rede de drenagem para evitar problemas ambientais.

3.1 LOCAL PARA EXECUÇÃO

O local escolhido deve ser de preferência, perto da saída de esgoto da residência, para maior facilidade de conexão e conexão de tubos e conexões. O preço também, sempre consultado na execução de cada projeto de residência.

4. EXECUÇÃO

4.1 ESCAVAÇÃO DA VALA

A vala pode ser escavada com o auxílio de máquinas. Sua dimensão dependerá do tamanho dos materiais. Sendo que a distância de concreto é de 100 cm e a largura é de 10 cm. A terra retirada da escavação pode ser armazenada, para ser usada no tratamento ou ser usada para o jardim.

4.2 COLOCAÇÃO DOS FUNDOS DE CONCRETO

Os fundos de concreto são utilizados na entrada do efluente, para onde se passa antes de passar pelo filtro de bambu e o filtro. As tampas são colocadas em locais na vala que facilitam a conexão e a colocação dos tubos e conexões de PVC, por onde passa o efluente para ser tratado.

Cada fundo necessita de dois fundos com o diâmetro do tubo de PVC, pois é por onde é feita a entrada do efluente.

4.3 COLOCAÇÃO DOS TUBOS DE CONCRETO

Os tubos de concreto são colocados na vala, em cima do fundo que já está localizado na mesma. As duas peças são unidas com um pouco de argamassa para melhor ligação no sistema. Os tubos também precisam ser fixados para a passagem dos tubos e conexões, mas apenas uma fôrca para a saída para o próximo tubo.

4.4 FILTRO COM RECHEIO DE BAMBU, TUBOS DE CONCRETO E CONEXÕES DE PVC

Primeiramente é feita uma tampa com bambu de tamanho do diâmetro do reator. Esta tampa é colocada nos fundos da escavação do sistema.

Após os tubos de concreto são colocados no tubo e conexões de PVC, entre os materiais, para serem feitos no concreto da escavação do sistema.

4.5 VERIFICAÇÃO DAS TAMPAS E DESTINO FINAL DO EFLUENTE

Após todo esse processo, são colocadas as tampas de concreto nos dois reatores e validadas com argamassa.

Se em sua posse disponibilidade plástica, poderá ser feita a ligação definitiva com o tubo de drenagem. Caso contrário, não há disposição de terra, mas sempre mantendo a validade da tampa de concreto que possui uma camada de terra com pedras e areia, que ajudam a manter o sistema funcionando. Podem ser usadas também pedras que o local escolhido não seja onde possam ocorrer complicações desagradáveis como isso ocorre.

Para o melhor funcionamento do tratamento, não apenas o alternativo, mas deve sempre evitar a conexão de produtos para impedir em suas instalações, pois são muitos os bactericidas que fazem o processo ser eficiente.

O local apropriado seria com uma tábua de PVC, abrigando esse efluente em um local longe da sua residência em um jardim local escavado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tempo completo. Rio de Janeiro: 1997.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. 1º Caderno de projetos em saneamento de saúde pública/Fundação Nacional de Saúde. - 2. ed. Brasília: FNS, 2006.

CORTO, Luiz Carlos Costa. Filtro de manuseio com bambu para tratamento de esgoto doméstico. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. UNICAMP, 92. Desmatos (Mogi Mirim) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 1992.

DIAS, G. Educação ambiental: princípios e práticas. 4. ed. São Paulo: Edições Guaia, 1992.

Figura 9 (a) e (e) - Cartilha proposta para Educação Ambiental.

Fonte: Autores (2016).

O trabalho, no entanto, foi além de uma análise técnica, uma vez que abordou questões educativas importantes à sociedade. A falta de saneamento básico, a carência de conhecimento e conscientização da população sobre o assunto, a importância dos métodos alternativos para tratamentos de resíduos e principalmente a importância da Educação Ambiental em uma comunidade, foram discutidos. Percebe-se que a abordagem da Educação Ambiental por meio da cartilha promoverá o interesse da população pelo problema, além de mostrar como uma solução pode ser simples. O material também promove discussões sobre cidadania, sobre o direito à saúde e a um ambiente mais saudável, essenciais para a promoção da saúde e para a sustentabilidade ambiental.

Conclui-se que a aliança entre o Saneamento Básico e a Educação Ambiental é fundamental como estratégia nas atuais abordagens das questões de saúde pública, meio ambiente e sustentabilidade, sem a qual estes processos não seriam alcançados.

REFERÊNCIAS

AISSE, M. M.; Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários (192 P) Rio de Janeiro: ABES. 2000

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto construção e operação; Rio de Janeiro, ABNT. 1997.

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

BOLSCHO, D.; HAUENSCHILD, K. From environmental education to education for sustainable development in Germany: the state of the art, *Environmental Education Research*, volume (12), número (1), p.7-18, 2006, <https://doi.org/10.1080/13504620500526487>

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. FUNASA. 1º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública/Fundação Nacional de Saúde – 2 ed. Brasília: Funasa. 2013.

BRASIL. Lei n 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Lei do Saneamento Básico. recuperado em 25 setembro 2010 de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm.

BRASIL. Resolução do CONAMA nº 357/2005. "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências." - Publicação DOU

nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Recuperado em: 09 nov. 2010. de: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>

BRITO, E.R., PINHO, P.S., RIBEIRO, A. Prolegômenos do filtro biológico de bambu. In: Anais do 9 Congresso de Engenharia Sanitária (p.1-34). Belo Horizonte: ABES. 2007

CAMPOS, P. C. Meio ambiente; a sustentabilidade passa pela educação (em todos os níveis, inclusive pela mídia). *Revista em Questão*. Volume (12), número (2), 387-419. ISSN 1808-5245; 2006.

DIAS, F. S., NASCIMENTO, J. P. A., MENESES, J. M. Aplicação de macrófitas aquáticas para tratamento de efluente doméstico; *Revista Ambiental*. Volume (2), número (1), 106 -115. ISSN: 2446-6743; 2016

DIAS, G.F.; Educação ambiental: princípios e práticas. 4a ed. São Paulo: Editora Gaia; 2002

FAGUNDES, R.M., SCHERER, M. J. Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes sanitários; *Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, volume (10), número (1), 53-65. ISSN 1981-2841; 2009.

FENG, H.; HU, L., MAHMOOD, Q., QIU, C., FANG, C., SHEN, D. Anaerobic domestic wastewater treatment with bamboo carrier anaerobic baffled reactor; *International Biodeterioration & Biodegradation*; Volume (62), Issue (3), 232-238; 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.01.009>

FONTES, A.R., BASTOS, R.P. N., SANTOS, M. B. S. Condições socioambientais de saneamento básico no conjunto Santa Terezinha, Bairro Novo Horizonte, Lagarto (SE): desafios frente à educação ambiental; *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, Volume (12), Número (1), 97-114. ISSN 1981-1764; 2017.

GARCIA, M.S.D.; FERREIRA, M. P. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana; *Dignidade Revista*, Número (3), ISSN 2525-698X; 2017

GIANSANTE, A.E.; A variação de relação DQO/ DBO em esgotos sanitários – o caso da ETE Jundiá. In VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (p. 1-3), Vitória. 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico – 2010. Rio de Janeiro. IBGE. Recuperado em: 12 Set. 2010. De http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao

IORIO, S. M., ARCE, D. M., MAGALHÃES, J.; MATTOS, A. B., ZANON, A. M. A perspectiva da educação ambiental e o processo histórico do saneamento básico: a instalação das redes de água e esgoto nos municípios de Campo Grande/MS e Dourados/MS, *Revista*

Interações, volume (10), número (1); 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1518-70122009000100007>.

LISBÔA, L.L.; JUNQUEIRA, H.; DEL PINO, J. C., Histórias em quadrinhos como material didático alternativo para o trabalho de educação ambiental; Gaia scientia. Volume (2), número (1), 29-39, ISSN 1981-1268; 2009

MACHADO, J. R.M.; UCKER, F.E.; SILVA JUNIOR, M. G.; ALONSO, R.R.P., Situação do saneamento básico no bairro vila mutirão na cidade de GOIÂNIA-GO; Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia, Número (8), 104-145, ISSN: 2236-8779; 2015.

MIELBRATZ, M., DOLZAN, M. V.; O tratamento de esgotos e dejetos em propriedades rurais sustentáveis; Revista Maiêutica, volume (4), número (1), 75-82, 2016

MESQUITA, M. O.; TREVILATO, G. C.; SARAIVA, L.H.; SCHONS, M. S.; GARCIA, M.I. F., Material de educação ambiental como estratégia de prevenção da leptospirose para uma comunidade urbana reassentada; Cad. Saúde Colet., volume (24), número (1): 77-83; 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462X2016000x0428>

PINTO, L.M.; MAGALHÃES, G.M.; SPALLETTI, L.T. Sistema de filtros de águas cinzas como ferramenta de Educação Ambiental na comunidade de São Miguel – Paranaguá- PR, no âmbito do monitoramento ambiental da Dragagem de Manutenção dos Portos de Paranaguá e Antonina; In Anais do VI Encontro Nacional de Pós-Graduação, (p. 162-171), Santa Cecília. 2017

QUEGE, K.E., ALMEIDA, R. A., UCKER, F.E., Utilização de plantas de bambu no tratamento de esgoto sanitário pelo sistema de alagados construídos; Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia ambiental; volume(10), número (10), 2069-2080; 2013 <http://dx.doi.org/10.5902/223611707440>.

SILVA, M. M. P.; SOUSA, J.T.; CEBALLOS, B. S. O.; LEITE, V.D.; FEITOSA, W. B. S., ARAÚJO, E. A. A., Educação Ambiental: Instrumento para sustentabilidade de tecnologias para tratamento de lodos de esgotos; Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. Volume (23), ISSN 1517-1256. 2009

SINAPI. Índices da Construção Civil. Recuperado em 09 Nov. 2010. De http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp.

SOUZA, R. C.; ISOLDI, L.A.; OLI, C.M. Tratamento de esgoto doméstico por filtro anaeróbico com recheio de bambu; Revista Vetor, Rio Grande, volume (20), número (2), 5-19; 2010

TRITT, W. P., ZADRAZIL, F., MENGE-HARTMANN, U.,

SCHWARZ, S.; Bamboo as a support material in anaerobic reactors. World Journal of Microbiology and biotechnology. Volume (9), 229 -232, 2003; [http://dx. doi: 10.1007/BF00327844](http://dx.doi.org/10.1007/BF00327844).

AUTORES

ORCID: 0000-0002-1050-0178

HELOISA REGINA TURATTI SILVA; Dra. | Ciencia e Engenharia dos Materiais | Universidade do Sul de Santa Catarina, Engenharias | Pedra Branca; Palhoça/SC - Brasil | Av Pedra Branca 25 - Laboratório de física - Bloco L (Engenharias), 88137-272 | Email: helofloripa2004@yahoo.com.br

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8458-9972>

PAOLA EGERT, Dra. | Ciencia e Engenharia dos Materiais | Universidade do Sul de Santa Catarina, Engenharias | Pedra Branca; Palhoça/SC - Brasil | Av Pedra Branca 25 - Laboratório de física - Bloco L (Engenharias), 88137-272 | Email: paola.egert.ortiz@gmail.com

MARIA IZABEL WILLEMANN | Universidade do Sul de Santa Catarina, Engenharias | Pedra Branca; Palhoça/SC - Brasil | Av Pedra Branca 25 - Laboratório de física - Bloco L (Engenharias), 88137-272 | Email: mariaizabelw@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SILVA, Heloisa Regina Turatti; EGERT, Paola; WILLEMANN, Maria Izabel. Avaliação De Um Sistema Alternativo Para Tratamento De Efluente Doméstico E Planejamento Para Conscientização Da Comunidade. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 67-78, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.67-78>.

DATA DE ENVIO: 06/08/2020

DATA DE ACEITE: 12/11/2020

IMPLANTAÇÃO DE PLANTAS DE RECICLAGEM DE RCD: ANÁLISE FINANCEIRA, FATORES DE INFLUÊNCIA E O PAPEL DOS PRINCIPAIS AGENTES

CDW RECYCLING PLANTS: FINANCIAL ANALYSIS, INFLUENCE FACTORS AND THE ROLE OF MAIN PLAYERS

ANDREA PARISI KERN, Dra. | UNISINOS
JOANA MICHELON MORESCO, M.Sc. | UNISINOS
EDUARDO PIZONI, M.Sc. | UNISINOS
MARCO AURÉLIO STUMPF GONZÁLEZ, Dr. | UNISINOS

RESUMO

Embora alguns países apresentem resultados positivos quanto à redução na geração de resíduos de construção e demolição (RCD) e/ou aumento de reciclagem, muitos ainda apresentam altas taxas de geração e baixa taxa de reciclagem, como o Brasil. Esse artigo apresenta dois estudos de casos que envolvem implantação e operação de plantas de reciclagem: a) com venda externa de agregado reciclado (RA); e b) sem venda externa de reciclado. O objetivo do trabalho consistiu em analisar resultados financeiros e tempo e retorno de investimentos em diferentes cenários, assim como fatores de influência e papéis dos agentes. Os resultados mostram o papel essencial do poder público na garantia do fluxo de chegada do resíduo na planta e saída como agregado. Entretanto, enquanto as taxas de cobrança de disposição dos resíduos e o preço de agregado naturais são relativamente baixas, o fluxo se torna um grande desafio. Ambos os casos mostram cenários com resultado financeiro positivo nos 10 primeiros anos de operação. No primeiro, os resultados apontam vantagens na planta de 75t/h em comparação à de 50t/t. No segundo, a demanda de agregado reciclado é um fator-chave para a otimização dos custos relacionados à implantação e operação da planta de reciclagem de RCD.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de Construção e Demolição (RCD); Planta de Reciclagem de RCD; Agregado Reciclado.

ABSTRACT

Although some countries have presented positive results from strategies to reduce construction and demolition (CDW) waste generation and/or increase recycling, many have high generation rates and low recycling rates, like Brazil. This paper presents results of two case studies, involving CDW recycling plants: a) with external sale of recycled aggregate (RA); and b) without external sale of RA, with the objective to analyze financial results, the main influence factors and the role of different players in the viability of CDW recycling. Results show the essential role that must be played by the Public Power in terms of waste flow guarantee: the arrival of the waste in the recycling plants and the consumer market for the recycled product. However, while landfill disposal and natural aggregate are available at a relatively low cost, the flow guarantee is a challenge. Both cases showed a positive financial result, considering the first years of operation. In the first, results showed advantages in the 75t/h plant compared to the 50t/h plant. In the second, the amount of the recycled aggregate consumed is a key factor in order to optimize the costs related to the implementation and operation of the construction waste recycle plant.

KEYWORDS: Construction and Demolition Waste (CDW); CDW Recycling Plant; Recycled Aggregate.



1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais dos resíduos de construção e demolição (RCD) estão relacionados ao consumo excessivo de material e, quando descartados incorretamente, à contaminação do solo e da água. Os sistemas de gerenciamento de resíduos devem se concentrar principalmente na redução da geração de resíduos e, em seguida, nas práticas de reutilização e reciclagem. Para Seadon (2010), esses sistemas devem evitar o descarte de resíduos, e somente os resíduos não recicláveis devem ser enviados para aterros controlados. (Comissão Europeia, 2008).

Grandes variações nas informações de quantidades geradas, heterogeneidade do material e a informalidade do setor de construção civil são fatores muito presentes nas questões que envolvem o gerenciamento do RCD. Essas características dificultam o estabelecimento e a supervisão de metas e estratégias fundamentais para gerenciar os resíduos gerados (Cachim; Velosa; Ferraz, 2014; Ajayi et al., 2015).

As altas taxas de RCD gerado são apresentadas na literatura, em volume ou massa. Ora são indexadas pelo número de habitantes, ora por área construída, ou ainda, por volume de construção. As diferenças entre os métodos de quantificação utilizados por diferentes acadêmicos dificultam a comparação dos resultados entre os estudos. Como exemplos, Coelho e Brito (2011) apresentam a geração de RCD em Portugal como 185,6 kg/habitante/ano. Para a região de Lisboa, Melo, Gonçalves e Martins (2011) estimaram 600 kg/habitante/ano. Já Bakshan et al. (2015) estimaram 38 a 42 kg/m² de construção no Líbano, e na Espanha, Ortiz et al. (2010) sugeriram o valor de 46 kg/m². Em Chennai (Índia), Ram e Kalidindi (2017) estimaram a quantidade de 1,14 milhão de toneladas/ano. No Brasil, a geração de RCD foi estimada em 84.000.000 m³/ano, segundo a Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição (ABRECON), ou 150 kg/m² (Pinto, 1999) e, anos depois, 86,27 kg/m² (Oliveira, 2014).

Tanto como preconizam sistemas de gerenciamento de resíduo como a legislação vigente, a redução da geração deve ser priorizada. No entanto, esta pode ser entendida como uma tarefa complexa e árdua, por envolver diferentes atores e demandar a adoção de mudanças pelos geradores (construtores) nos processos de produção e por projetistas, em questões que envolvem racionalização nos projetos (Kern et al., 2015; Kern et al., 2018; Saez et al. 2014, Alez-al. 2014, Al-hajj; Hamani, 2011).

Cabe ao poder público estabelecer metas, criar uma estrutura de fiscalização e propor políticas de incentivos. Como bons exemplos, citam-se as metas de redução estabelecidas pela União Europeia: redução de 55%, até 2025,

60% até 2030 e 65% até 2035 (Conselho Europeu da União Europeia, 2019). Já quanto a estratégias de redução, pode-se mencionar a diminuição de 99 milhões de toneladas de RCD para 77 milhões de toneladas, no Japão, em dez anos (CIB, 2011) e a política de aumentar os custos de descarte de RCD como forma de induzir a reciclagem em Hong Kong (Tam e Tam, 2006).

Mais da metade do RCD gerado é classificado como resíduo Classe A pela Resolução 307 do CONAMA, composto principalmente de resíduos de cerâmica vermelha e material cimentício (Ledesma et al., 2015, Ram e Kalidindi, 2017), possibilitando a reciclagem desse material em agregado reciclado (AR).

O uso do AR tem uma grande influência na conservação de recursos, pois evita a extração de matérias-primas e fornece substitutos para materiais de construção convencionais, que requerem uma quantidade significativa de matéria-prima e energia para a produção, como areia e brita de rochas (Huang et al., 2013).

Segundo Manowong (2012) e Ajayi et al. (2015), considerando as altas taxas de geração de RCD e, ao mesmo tempo, o alto consumo de agregados naturais pela indústria da construção, pesquisas sobre o gerenciamento de RCD, incluindo estratégias de reciclagem são extremamente oportunas.

A indústria da construção é o setor com maior potencial de absorção de RCD, com exemplos de aplicações apresentados por vários autores. Dentre as possibilidades são incluídos: base de pavimentação e subpavimento, revestimentos primários de estradas, fabricação de argamassa para assentamento, fabricação de concreto, fabricação de pré-moldados (blocos, meio-fio, canos, entre outros) e camadas de drenagem (Ulsen, 2011).

O aumento da reciclagem de RCD ocorreu principalmente por meio de ações e esforços políticos destinados a compensar a escassez de recursos naturais de alguns países (Martin e Henrichs, 2015). Essas condições, juntamente com uma redução no fornecimento de agregados naturais, criaram demandas no desenvolvimento de aplicações e tecnologias de reciclagem (Bahera et al., 2014; Cachim; Velosa; Ferraz, 2014). Por exemplo, em dez anos, o Japão aumentou a taxa de reciclagem de 58% para 92% (CIB, 2011). Bélgica, Holanda, Alemanha e Dinamarca têm uma taxa de reciclagem de 80 a 90%, enquanto Israel, Espanha e Portugal têm taxas mais baixas (Katz e Baum, 2011; Mália et al., 2013). De acordo com Sabai et al. (2013), os Estados Unidos reciclam até 70% do RCD gerado.

As plantas de reciclagem de RCD (também denominadas por usinas de reciclagem) usam tecnologias

diferentes, que empregam desde equipamentos mais simples até mais sofisticados. A classificação das plantas de reciclagem de RCD apresentada pelo Symonds Group Ltd (1999) é dividida em três níveis: Nível 1- plantas de britagem móvel; Nível 2 - uso de sistema de triagem e peneiração; Nível 3 - plantas que empregam as mais avançadas técnicas de separação de resíduos. Segundo os autores, características como baixos preços da terra, falta de penalidades por infrações e baixos preços do agregado natural são características que levam ao uso de plantas com baixa tecnologia (níveis 1 e 2).

Como exemplo da planta de reciclagem no Nível 3, podem ser citados os agregados reciclados japoneses de alta qualidade, baseados na alta tecnologia no processo de remoção de pasta de cimento de resíduos de concreto (Tomosawa e Noguchi et al., 2005). Esses processos podem ser por trituração com triturador de rotor vertical excêntrico ou brattling da pasta cimentícia por aquecimento, seguido de sua remoção por atrito e peneiramento, conforme descrito no HRM (Healting Rubbing Method) (Ulsen, 2011). Os finos gerados são caracterizados pelo alto teor de pasta de cimento e, portanto, podem ser utilizados em aplicações mais nobres, como estabilização do solo ou matéria-prima na indústria de cimento, devido ao alto teor de cálcio (Shima et al., 2005).

Como forma de aumentar as taxas de reciclagem de RCD, Tam e Tam (2006) apresentaram o conjunto de estratégias aplicadas por Hong Kong que envolve: as maiores taxas de descarte de aterros, a criação de uma área centralizada para a reciclagem de diferentes RCD, o incentivo do governo para fornecer áreas para instalações de plantas de reciclagem, produção e uso de métodos inovadores de demolição, criação de pontos de entrega voluntária de resíduos, incentivo ao uso de materiais recicláveis visando ao equilíbrio da oferta e demanda de materiais reciclados por meio de legislação.

Nunes et al. (2007) argumentam que o fluxo de recebimento de RCD é um parâmetro indispensável, assim como o mercado ativo de material reciclado.

A quantidade de RCD gerada por uma região é um parâmetro fundamental para a atividade de reciclagem (Agopyan e John, 2011), mas pode variar ao longo do tempo, devido às mudanças nas condições socioeconômicas (Coelho e Brito, 2013). Além desses parâmetros, outros impactam a viabilidade de plantas de reciclagem, como cobrar ou não taxas para receber o material (resíduo), impostos públicos e o interesse de consumo pelo AR. Todos esses parâmetros envolvem incertezas que desafiam os estudos de viabilidade.

Coelho e Brito (2011) realizaram análises de custo de ciclo de vida de uma planta de reciclagem de RCD teoricamente localizada na região metropolitana de Lisboa, Portugal, considerando 60 anos de operação e capacidade de produção de 350 t de AR por hora. Os resultados indicaram que, embora exigisse um investimento significativo, o estudo mostrou retorno financeiro em 2 anos, sugerindo ser um negócio atraente. Os principais fatores que influenciam a viabilidade econômica das plantas de reciclagem mencionados por Coelho e Brito (2013b) incluem capacidade operacional, preço de venda do agregado reciclado, taxas de descarte dos resíduos nos aterros e o volume de entrada de resíduos.

O segmento de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil ainda é muito incipiente, embora seja definida e exigida pela legislação vigente: a Resolução 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2002) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS de 2010.

Segundo Miranda e Ângulo (2009), a implementação da Resolução 307/2002 fez com que o número de plantas de reciclagem de RCD nas cidades brasileiras aumentasse sensivelmente, no entanto, estagnou após 2013 (ABRECON, 2015).

Em geral, as plantas brasileiras de reciclagem de RCD têm um processo simplificado e não adotam tecnologias sofisticadas (Nível 1 e Nível 2). A maioria opera com equipamentos como carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbulas ou impacto, separador magnético permanente ou eletroímã e peneira vibratória. (Miranda, 2015). O processo começa com a classificação dos resíduos (uma ou mais etapas, separando o material indesejado) normalmente realizada quando o material chega à planta, porque o resíduo chega de maneira heterogênea, sem separação na origem. Após esta etapa, o material é triturado, peneirado e transformado em RA de diferentes granulometrias.

Além de não possuir plantas de reciclagem de RCD, uma parte significativa dos estados e municípios ainda não implementou o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção, conforme exigido pela legislação. Esse plano deve estabelecer os deveres das partes envolvidas: geradores, transportadores, autoridades públicas e consumidores de AR. Também pode ser mencionada a falta de legislação que incentive o consumo de material reciclado, prejudicando e comprometendo a viabilidade de plantas particulares.

Em grande parte, as plantas de reciclagem de RCD que operam no Brasil têm capacidade nominal entre 25 e 50 m³/h e são, em primeiro lugar, do tipo privadas, em segundo lugar, públicas e em terceiro através de parceria pública/privada (ABRECON, 2015).

No entanto, segundo Nunes et al. (2007), no início dos anos 2000, 52% das plantas instaladas produziam 3.000 m³/mês de AR e apenas 11% operavam com capacidade total. Os autores estimaram que as plantas de reciclagem de RCD no Brasil operavam com apenas 55% de sua capacidade de produção. Miranda, Angulo e Caréli (2009) indicam que a administração pública no Brasil tem dificuldades em gerenciar essa atividade, principalmente devido a mudanças de gestão ou falta de interesse. Segundo os autores, como problemas de manutenção e operação das plantas são alegadas a falta de pessoal tecnicamente preparado ou a falta de recursos para a compra de peças de reposição.

Jadovski (2005) e Nunes et al. (2007) estudaram os custos e receitas de implementação e operação de plantas de reciclagem de RCD no Brasil em relação a diferentes cenários, simulando diferentes capacidades de operação de plantas públicas e privadas. Nunes et al. (2007) concluíram que plantas públicas mostraram-se economicamente viáveis; no entanto, plantas privadas podem não ser financeiramente viáveis se obtiverem apenas receita com a venda de material reciclado. Os resultados indicam que, para serem economicamente viáveis, as plantas com capacidade de 20 t/h ou menos terão que cobrar taxas mais altas quando comparadas às plantas com capacidade de produção de 100 t/h. Assim, é provável que a viabilidade financeira de plantas de reciclagem de RCD com capacidade inferior a 20 t/h seja prejudicada.

Este artigo apresenta os resultados de dois estudos de caso, envolvendo análise financeira de plantas de reciclagem de RCD, em duas cidades do Rio Grande do Sul. A primeira diz respeito à implementação de uma planta privada com a venda de agregado reciclado, enquanto a segunda é proposta como uma planta pública de CDW, adaptada de um britador existente que foi usado para produzir brita natural de basalto. No segundo estudo, o agregado reciclado produzido é para consumo do município, sem venda externa.

2. MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa foi o estudo de caso, dividido em dois casos. Com a finalidade de contextualização os pesquisadores visitaram diferentes plantas de reciclagem de RCD que operam no Rio Grande do Sul (Passo Fundo e São Leopoldo) e em São Paulo (Campinas, Araraquara, São Carlos, Americana e São Paulo) para entender como as plantas instaladas operam e obter informações sobre equipamentos, estrutura física, logística e outros. Os preços e valores considerados nos estudos são praticados pelo mercado local, com base nas informações do fornecedor e em pesquisa de preços de mercado.

2.1 Estudo de caso 1: Implantação de planta de RCD privada com venda externa de agregado reciclado

A análise da implantação da planta teve como principais variáveis: (i) a capacidade de operação: 50t/h - planta de pequeno porte (PP) e 75t/h - planta de tamanho médio (MP); (ii) a receita de uma taxa cobrada pelo recebimento de resíduos na planta. Os custos foram classificados em três categorias: implantação, operação e manutenção. Como receita, foram consideradas a taxa de venda de RA e de recebimento dos resíduos. O resultado financeiro foi analisado em diferentes cenários, considerando custos de implantação, operação e manutenção e receitas, e o retorno do custo de implementação foi estimado a partir de 10 anos de custo médio da operação.

2.1.1 Custos de implantação

Os custos de implementação incluem compra de terreno, construção de edifícios, equipamentos (aquisição e instalação) e licenças ambientais. O custo do terreno foi estimado usando o banco de dados de uma empresa de avaliação imobiliária em Novo Hamburgo (cidade localizada na região metropolitana de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul). Para a planta de pequeno porte (50t/h) foi considerada uma área de 12.000 m², e para a planta de médio porte (75t/h), 16.000 m².

Os seguintes tipos de equipamento foram considerados para a planta de pequeno porte: carregadeira de 1,7 m³, correia transportadora, alimentador vibratório, britador de mandíbulas e conduto vibratório. Para a de médio porte, carregadeira com capacidade de 2,1 m³, correia transportadora, eletroímã, alimentador vibratório, triturador e reiterador de mandíbulas e conduto vibratório. O custo de instalação do equipamento foi considerado como 10% do custo de aquisição.

Para as duas plantas foram arbitradas construção de mesma edificação, composta por sala de recepção, 2 banheiros, 2 vestiários, refeitório e cozinha, com área construída de 85 m², orçada através do custo unitário básico (CUB). Também foi considerada a execução de uma cerca-viva (vegetação) no perímetro do terreno. O custo das licenças ambientais (instalação e operação) foi estimado com base nos valores praticados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

2.1.2 Custos de operação

Os custos de operação incluem salários e honorários trabalhistas, e os relacionados à operação de equipamentos, despesas administrativas, custos com os rejeitos (material que chega misturado ao RCD) e impostos.

O número de funcionários foi estabelecido com base nas visitas técnicas realizadas em outras plantas, e os salários foram determinados de acordo com o salário médio de cada operário, pesquisado no site do Sistema Nacional de Emprego (SINE), considerando encargos padrão de 71,41%. Para as duas plantas o estudo considerou: um gerente técnico, um ajudante, um operador de resíduos, um operador de máquina, um operador de triturador e um vendedor. Também foram contabilizados os custos de equipamentos de proteção individual (EPI) e seus períodos de vida útil.

O custo operacional do equipamento foi estimado com base em informações dos fornecedores e tarifas do mercado de combustíveis e eletricidade. Como jornada de trabalho foi levado em conta o período de 8 horas por dia, considerando 20 dias por mês.

Os custos de água, telefone e internet foram estipulados com base nas taxas cobradas pelas empresas do mercado e considerados como despesas administrativas.

O percentual de resíduos não recicláveis em relação ao RCD que chega à planta foi estabelecido em 10%, conforme informações das visitas técnicas realizadas. Os custos de transporte e disposição deste material em aterros foram buscados nas empresas de transporte de resíduos que operam na cidade.

Por fim, como impostos, foram considerados o ICMS (17%) e o PIS / COFINS (3,5%), considerando a AR como material de construção.

2.1.3 Custos de manutenção

Os custos de manutenção foram aqueles relacionados à substituição de peças de equipamentos, como garras e correias, e também os custos de manutenção preventiva (como lubrificação) e depreciação de equipamentos. Informações sobre o ciclo de vida e manutenção de equipamentos foram obtidas com fornecedores. Segundo Jadovski (2005), o custo de depreciação de todos os equipamentos utilizados na planta de reciclagem de RCD pode ser calculado considerando 10% do custo de aquisição.

2.1.4 Receitas

Como receita foi considerada a taxa cobrada pelo recebimento de RCD na planta e os valores recebidos pela venda de agregado reciclado. Para ambos, os valores de mercado foram considerados com base nas visitas realizadas em plantas de reciclagem.

2.1.5 Resultados financeiros e retorno dos custos de implantação

Foram simulados quatro cenários, analisando os custos e as receitas de ambas as plantas. Para todos os cenários, 80% da capacidade operacional foi considerada no primeiro ano, 90% no segundo ano e 100% nos anos seguintes. Essa decisão foi tomada devido às dificuldades nos primeiros anos de operação em relação ao desconhecimento das novas instalações.

Foram testadas duas variáveis. A primeira, relacionada à cobrança, ou não cobrança pelo recebimento de RCD, e a segunda relativa à capacidade operacional da planta:

- Cenário 1: com taxa de cobrança de recebimento do RCD, operando a 100% da capacidade;
- Cenário 2: com taxa de cobrança de recebimento do RCD, operando a 50% da capacidade;
- Cenário 3: sem taxa de cobrança de recebimento do RCD, operando a 100% da capacidade; e
- Cenário 4: sem taxa de cobrança de recebimento do RCD, operando a 50% da capacidade;

O resultado financeiro médio de 10 anos de operação das plantas foi considerado para estimar o retorno do custo de implementação (payback).

2.1.6 Custo do agregado reciclado (US\$/m³)

O custo unitário do agregado reciclado (US\$/m³) foi calculado a partir dos custos anuais de operação e manutenção, considerando a produção da planta igual à capacidade operacional, equivalente a 80% e 90% nos dois primeiros anos, respectivamente. Como a capacidade da planta é informada por t/h, a massa específica de CDW apresentada por Monteiro et al. (2001) de 1.200 kg/m³ foi utilizada para transformar em volume (m³), considerando 8h/dia, 20 dias/mês e 12 meses/ano.

2.2 Estudo de Caso 2: adaptação de planta de reciclagem de RCD, sem venda externa de agregado reciclado

O segundo estudo de caso consiste na adaptação de uma área de britagem para uma planta de reciclagem de RCD utilizando o britador existente para a produção de agregado reciclado a ser consumido por determinado município para a pavimentação de estradas na região da área rural. A área pertence à Prefeitura de uma cidade da Serra Gaúcha.

O município possui uma malha viária em áreas rurais de extrema importância e alta demanda, dada a produção agrícola maciça, sendo o maior produtor de uva moscatel no Brasil. A maioria dessas estradas possui apenas o revestimento primário (brita). Devido às condições

climáticas e ao tráfego intenso, a recolocação de brita é frequentemente necessária nessas vias. Segundo informações coletadas na Prefeitura, durante o ano de 2017 foram produzidos 27.516 m³ de brita (agregado natural) que representa um volume de 15.831 m³ de brita destinada à pavimentação de estradas na área rural.

O triturador está localizado próximo a uma pedreira, em uma área de 35.000,00 m². Há a construção e uma edificação utilizada para o armazenamento de máquinas e questões administrativas do local. Em termos de equipamentos, há uma carregadeira, um caminhão basculante e o britador de mandíbula fixo. No total, seis funcionários operam três operadores de máquinas, dois trabalhadores auxiliam na conferência e na remoção manual de contaminantes do material que vai para o alimentador vibratório e uma pessoa é encarregada da administração.

2.2.1 Identificação da demanda e custo

A primeira etapa do trabalho foi identificar as adaptações necessárias para produzir agregados reciclados de RCD, com base na observação in loco e entrevistas com os envolvidos na produção de brita. Os custos de adaptação do local foram classificados em custos de implantação (construção, equipamentos, licenças), custos de operação (contratação de mão-de-obra) e custos de manutenção e foram estimados com base nos preços de mercado, no custo unitário básico de construção e nos salários pagos pela prefeitura.

2.2.2 Custo do agregado reciclado (US\$/m³)

O custo de produção da brita de um ano foi informado pela Prefeitura, incluindo custos de manutenção de equipamentos (troca de correia, mandíbula trituradora, peneira, troca de pneus, equipamentos de segurança e outros) e custos de operação (detonação, energia, água, combustível, mão de obra direta e trabalho indireto).

Os custos de produção do agregado reciclado foi levantado a partir do volume estimado pelo uso da brita destinada à pavimentação na área rural. Os custos de manutenção foram considerados os mesmos, bem como os custos operacionais, exceto os custos de explosão e mão de obra direta. O tempo de retorno dos custos de implantação foi estimado a partir do resultado financeiro entre a produção de agregados naturais e a produção de agregados reciclados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados em duas etapas, referentes a cada um dos estudos de caso realizados:

3.1 Estudo de Caso 1: planta de reciclagem de RCD com venda de RA

A Tabela 1 apresenta os custos estimados para as etapas de implantação, operação e manutenção e receita, considerando as plantas de pequeno e médio porte. A receita estimada é referente à taxa de cobrança pelo recebimento de RCD e/ou venda de agregado reciclado, com base nos preços de mercado e considerando 100% da capacidade de produção das plantas.

CUSTOS E RECEITA	Planta de pequeno porte (50 t/h) US\$	Planta de médio porte (75 t/h) US\$
CUSTO TOTAL	2.236.974,69	2.743.383,69
Implantação (total)	676.939,91	855.834,54
Aquisição de equipamentos	200.166,67	243.083,33
Instalação de equipamentos	14.957,00	18.750,00
Terreno	325.000,00	425.000,00
Construção e cerca	133.196,43	165.244,35
Projetos	3.601,81	3.756,86
Licenças ambientais	6.025,00	6.025,00
Operação (total - custos anuais)	1.509.279,70	82.221,82
Mão de obra	82.221,82	82.221,82
Equipamentos	27.060,46	39.477,96
Administração	3.468,29	3.978,29
Descarte de rejeitos	38.177,40	7.266,10
Impostos	custo estimado em relação à receita	
Manutenção (total custos anuais)	44.730,08	52.081,48
Equipamentos	2.804,95	3.182,45
Depreciação	1.668,06	2.025,70

RECEITA TOTAL	748.125,00	1.122.187,50
Cobrança pelo resíduo	360.000,00	540.000,00
Venda de RA	388.125,00	58.212,50

Tabela 1 – Custos e receitas para instalação, operação e manutenção de planta de reciclagem: pequeno e médio porte
Fonte: Autores

O custo de aquisição de terra foi o mais significativo entre os custos de implantação, sendo 48% na planta pequena e 49,7% na planta média. Entre os custos operacionais, os custos de mão-de-obra foram os maiores, 54% em plantas pequenas e 45% em plantas médias.

Observa-se a diferença na estimativa do potencial de receita em função da diferença de capacidade de produção das duas plantas consideradas.

A Tabela 2 mostra o resultado financeiro e o payback (retorno do custo de implantação) do cenário 1, considerando que os custos de implantação ocorrem antes da operação (ano 0) e que os custos e receitas de operação e manutenção nos dois primeiros anos apresentam uma redução de 20% e 10%, respectivamente.

Aspectos Financeiros	Planta de pequeno porte (PP) US\$				Planta de médio porte (MP) US\$			
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x
		80%	90%	100%		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0,0	288.000,0	324.000,0	360.00,0	0,0	432.000,0	486.000,0	540.000,0
Venda RA	0,0	310.500,0	349.312,50	388.125,0	0,0	465.750,0	523.968,8	582.187,5
RECEITA	0,0	598.500,0	673.312,5	748.125,0	0,0	897.750,0	1.009.969,0	1.122.188,0
Impostos	0,0	63.652,50	71.609,0	71.609,0	0,0	95.478,7	107.413,6	119.348,4
Operação	0,0	150.927,8	150.927,80	150.927,8	0,0	182.944,2	182.944,20	182.944,20
Manutenção	0,0	4.473,0	4.473,0	4.473,0	0,0	5.208,1	5.208,1	5.208,1
Implantação	682.964,9	0,0	0,0	0,0	861.859,5	0,0	0,0	0,0
CUSTO	682.964,9	219.053,0	227.010,0	234.966,6	861.859,5	283.631,1	295.565,9	307.500,8
Resultado Financeiro	-682.964,9	379.446,5	446.302,5	513.158,4	-861.859,5	614.118,9	714.402,8	814,686,7
Payback (anos)	1,4				1,1			

Tabela 2 – Cenário1: receita de taxa de recebimento do RCD na planta e operação a 100% da caacidade
Fonte: Autores

Como esperado, esse cenário apresenta um resultado financeiro positivo em todos os anos de operação, dado o otimismo relacionado às estimativas de receita, que consideram tanto o recebimento de RCD quanto a venda de agregados, bem como a produção das plantas que operam em capacidade máxima.

A Tabela 3 mostra os resultados financeiros e o payback (retorno do custo de implantação) do cenário 2, simulando a produção da planta com 50% da capacidade operacional, com receita proveniente da coleta de recebimentos de RCD.

Aspectos Financeiros	Planta de pequeno porte (PP) US\$				Planta de médio porte (MP) US\$			
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x
		80%	90%	100%		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0,0	144.000,0	162.000,0	180.000,0	0,0	216.000,0	243.000,0	270.000,0
Venda RA	0,0	155.250,0	174.656,3	194.062,5	0,0	232.875,0	261.984,4	291.093,8
RECEITA	0,0	299.250,0	336.656,3	374.062,5	0,0	448.875,0	504.984,4	561.093,8
Impostos	0,0	31.826,2	35.804,5	39.782,8	0,0	47.739,3	53.706,8	59.674,2

Operação	0,0	150.928,0	150.928,0	150.928,0	0,0	182.944,2	182.944,2	182.944,2
Manutenção	0,0	4.473,0	4.473,0	4.473,0	0,0	5.208,1	5.208,1	5.208,1
Implantação	682.964,9	0,0	0,0	0,0	861.859,5	0,00	0,00	0,00
CUSTO	682.964,9	187.227,2	191.205,5	195.183,8	861.859,5	235.891,7	371.096,5	247.826,5
Resultado Financeiro	-682.964,9	112.022,8	145.450,7	178.878,7	-861.859,5	212.983,3	133.887,9	313.267,2
Payback (anos)	4.0				3.0			

Tabela 3 – Cenário 3: receita de taxa de recebimento do RCD na planta e operação a 50% da capacidade
Fonte: Autores

Mesmo com a capacidade de produção reduzida pela metade, a simulação comparativa de receitas e custos apresenta resultados financeiros positivos desde o primeiro ano de operação, uma vez que a receita estimada é superior às despesas.

O terceiro cenário simula os resultados financeiros e o payback (retorno do custo de implantação), em relação a 100% da capacidade operacional, sem receita proveniente da cobrança do recebimento de RCD (Tabela 4).

Aspectos Financeiros	Planta de pequeno porte (PP) US\$				Planta de médio porte (MP) US\$			
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x
		80%	90%	100%		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Venda RA	0,0	310.500,0	349.312,5	388.125,0	0,0	465.750,0	523.968,8	582.187,5
RECEITA	0,0	310.500,0	349.312,5	388.125,0	0,0	465.750,0	523.968,8	582.187,5
Impostos	0,0	63.652,5	71.609,0	150.928,0	0,0	95.478,7	107.413,6	119.348,4
Operação	0,0	150.928,0	150.928,0	150.928,0	0,0	182.944,2	182.944,2	182.944,2
Manutenção	0,0	4.473,0	4.473,0	4.473,0	0,0	5.208,1	5.208,1	5.208,1
Implantação	682,964,9	0,00	0,00	0,00	861.859,5		0,0	0,0
CUSTO	682,964,9	219.053,5	227.010,0	234.966,6	861.859,5	283.631,1	295.565,9	307.500,8
Resultado Financeiro	-682,964,9	91.446,5	122.302,5	153.158,4	-861.859,5	182.118,9	228.402,8	274.686,7
Payback (anos)	4,7				3,3			

Tabela 4 – Cenário 3: sem receita de taxa de recebimento do RCD na planta e operação a 100% da capacidade
Fonte: Autores

Como esperado, a falta de receita com o recebimento de RCD diminui os resultados financeiros do negócio, embora seja positivo desde o primeiro ano de operação, pois a receita estimada com a venda de RCD é superior aos custos tributários, operacionais e de manutenção.

A Tabela 5 mostra os resultados financeiros e o payback (retorno do custo de implantação) do quarto cenário, que considera as plantas operando com 50% da capacidade de produção, sem receita proveniente do recebimento de CDW.

Aspectos Financeiros	Planta de pequeno porte (PP) US\$				Planta de médio porte (MP) US\$			
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3 - x
		80%	90%	100%		80%	90%	100%
Recebimento RCD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Venda RA	0,0	155.250,0	174.656,3	194.062,5	0,0	232.875,0	261.984,4	291.093,8
RECEITA	0,0	155.250,0	174.656,3	194.062,5	0,0	232.875,0	261.984,4	291.093,8

Impostos	0,0	16.511,3	18.575,2	20.639,2	0,0	24.767,0	27.862,9	30.958,8	
Operação	0,0	150.928,0	150.928,0	150.928,0	0,0	182.944,2	182.944,2	182.944,2	
Manutenção	0,0	4.473,0	4.473,0	4.473,0	0,0	5.208,1	5.208,1	5.208,1	
Implantação	682.964,9	0,0	0,0	0,0	861.859,5	0,0	0,0	0,0	
CUSTO	682.964,9	171.912,3	173.976,3	176.040,2	861.859,5	212.919,4	216.015,2	219.111,1	
Resultado Financeiro	-682.964,9	-16.662,3	679,99	18.022,32	-861.859,5	19.955,64	45.969,14	71.982,6	
Payback (anos)		4,7				3,3			

Tabela 5 – Cenário 4: sem receita de taxa de recebimento do RCD na planta e operação a 50% da capacidade
Fonte: Autores

A operação com 50% da capacidade de produção sem receita proveniente da taxa de recebimento de CDW indicou resultado negativo no primeiro ano na planta de pequeno porte, com redução significativa nos resultados nos anos seguintes em comparação com os outros cenários. A planta de médio porte apresentou resultados positivos nos primeiros anos, também com a diminuição dos valores, em comparação com os diferentes cenários

A Figura 1 apresenta os resultados financeiros dos quatro cenários, considerando os primeiros 5 anos. São mostrados os custos de implementação, os resultados financeiros e as pequenas e médias empresas de reciclagem de RCD de retorno, denominadas PP e MP, respectivamente.

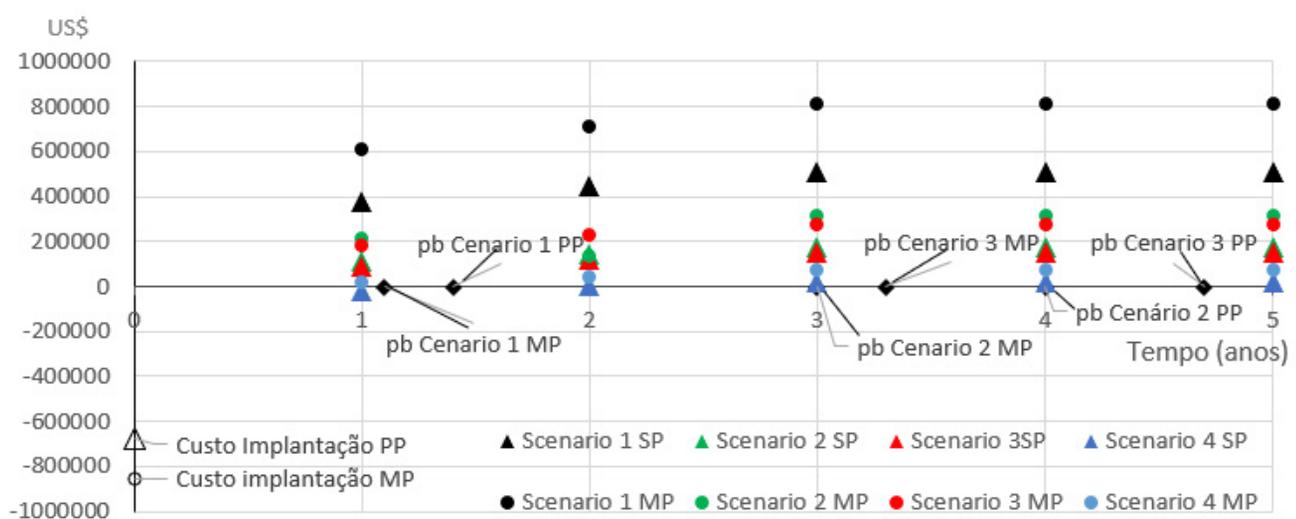


Figura 1 – Custo de implantação, resultado financeiro (5 primeiros anos) e tempo de payback (pb)
Fonte: Autores

A partir da Figura 1, é possível visualizar os diferentes resultados dos cenários simulados: plantas de médio porte apresentam maior custo de implementação; no entanto, melhores resultados financeiros durante a operação em todos os cenários.

Observa-se que existe uma diferença relativamente pequena no retorno entre o Cenário 2 e 3 para o mesmo tamanho de planta, e uma diferença significativa no retorno estimado para o Cenário 4, especialmente para a pequena planta (53,2 anos), o que não é mostrado na figura.

3.2 Estudo de Caso 2: Adaptação de planta de reciclagem de RCD, sem venda de RA

As seguintes demandas foram identificadas como necessárias para adaptar o triturador existente a uma planta de reciclagem de RCD:

- a) contratar dois funcionários: um para inspeção, aceitação e quantificação do RCD e das caçambas, e outro para ser responsável pelo armazenamento e classificação primária dos resíduos;
- b) treinamento de funcionários em termos de controle de qualidade, operação e emergência;

- c) aquisição de eletroímã para realizar a triagem magnética após trituração do material;
- d) construção de local para a recepção dos resíduos próximo à área de acesso; e
- e) construção do local de triagem e armazenamento temporário de materiais não recicláveis.

3.2.1 Custos estimados para a adaptação à planta de reciclagem de RCD

De acordo com dados da Prefeitura, o custo mensal da mão-de-obra para a contratação dos dois funcionários, trabalhando 8h por dia (44h semanais), é de US \$ 829,22/mês, resultando em US \$ 11.678,18/ano.

A compra e instalação do eletroímã foram estimadas em US \$ 7.500,00, incluindo a estrutura necessária para suportá-lo, de acordo com pesquisa realizada com os fabricantes deste equipamento.

A área a ser construída foi arbitrada a partir da capacidade de produção da futura planta de reciclagem de RCD, considerando o período de armazenamento de uma semana.

Os custos de construção foram calculados através do Custo Unitário Básico (CUB) US\$ 12.893,93. O custo das licenças ambientais (instalação e operação) foi estimado com base nos valores praticados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), em US\$ 6.025,00.

O custo mais alto está relacionado à construção que é considerada como custo de implementação, juntamente com a aquisição e instalação do equipamento eletroímã e os custos ambientais, resultando em US\$ 26.464,38. Os custos relacionados à contratação de funcionários foram considerados como custo operacional.

3.2.2 Custo de produção de brita e Agregado Reciclado

A Tabela 6 apresenta os custos para a produção de brita e de agregado reciclado, considerando o volume alocado para as áreas rurais, designadas para pavimentação de estradas. Também apresenta o tempo de retorno do custo de implantação (adaptação) da planta de reciclagem de RCD e o resultado financeiro anual, sendo, no primeiro ano a produção de 80% da quantidade de agregado reciclado, no segundo, 90% e nos demais 100%.

	Brita	Brita e Agregado Reciclado		
	(27.516m ³ /ano)	Ano 1 (14.851,20m ³ /ano e 12.664,80m ³ /ano)	Ano 2 (13.268,10m ³ /ano e 14.247,90m ³ /ano)	Anos seguintes (11.685,0m ³ /ano e 15.831,0m ³ /year)
Manutenção US\$	23.496,25	23.496,25	23.496,25	23.496,25
Belt	23.496,25	23.496,25	23.496,25	23.96,25
Fixed Jaw	7.400,00	7.400,00	7.400,00	7.400,00
Sieve	1.155,00	1.155,00	1.155,00	1.155,00
Tires	2.775,00	2.775,00	2.775,00	2.775,00
Others	9.895,00	9.895,00	9.895,00	9.895,00
Operação US\$	304.988,81	292.148,38	289.271,69	286.395,05
Detonação	50.000,00	26.986,48	24.109,79	21.233,10
Óleo diesel	13.800,00	13.800,00	13.800,00	13.800,00
Energia elétrica	27.157,93	27.157,93	27.157,93	27.157,93
Água	606,72	606,72	606,72	606,72
Mão de obra (direta)	193.892,04	193.892,04	193.892,04	193.892,04
Mão de obra (indireta)	9.895,00	9.895,00	9.895,00	9.895,00
Total/ano	328.485,06	315.644,75	312.768,00	309.891,30
Resultado Financeiro	-26.468,88	12.837,81	15.717,06	18.593,76
Total US\$/m³	11,94	11,47	11,37	11,26

Tabela 6 – Custo de manutenção e operação (produção de brita e agregado reciclado)

Fonte: Autores

A Figura 2 mostra o resultado anual da adaptação do triturador a uma planta de reciclagem de CDW, a

média de dez anos e o tempo de retorno do custo de implementação.

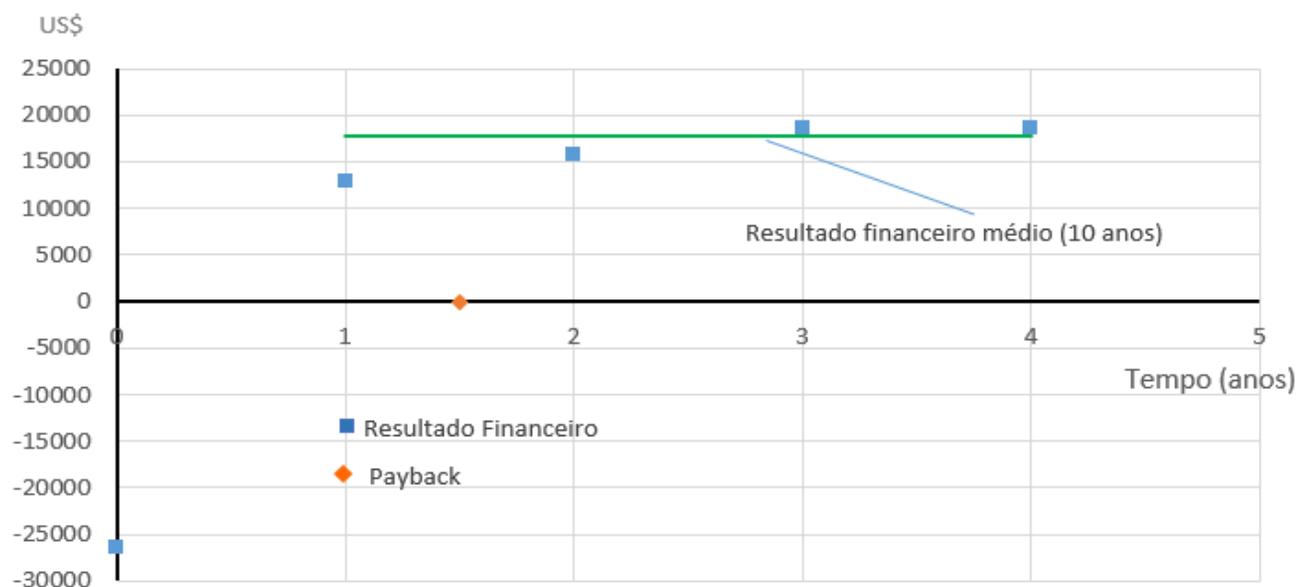


Figura 2 – Resultado financeiro, custo de implantação e payback (pb)
Fonte: Autores

De acordo com as informações disponíveis nos documentos da Prefeitura, verificou-se que aproximadamente 103.155,59 m² de novas construções foram aprovadas no ano de 2017. De acordo com a taxa de geração de 150 kg / m² proposta por Pinto (1999), a potencial geração anual de RCD é estimado em 15.473.488,50 kg.

Para estimar a geração de resíduos recicláveis (agregados), foram utilizados os resultados apresentados por Ângulo (2005), que sugere a fração de 91% da massa de CDW. Assim, a geração estimada de RCD útil para a planta de reciclagem é de 14.081.784,54 kg / ano.

A partir da massa específica de RCD de 1.200 kg / m³ (Monteiro et al., 2001), a geração anual de resíduos recicláveis é estimada em 11.734,82 m³. Esse volume é inferior à demanda de agregado utilizado na pavimentação de estradas rurais no ano de 2017, informado como 15.831 m³. Assim, o Município, por meio de parcerias ou consórcios, deve coletar resíduos de construção e demolição gerados em outros municípios.

5 CONCLUSÃO

Os resultados dos diferentes cenários aplicados à implantação de uma planta de reciclagem de RCD com a venda externa de agregado reciclado mostram vantagens financeiras na planta de médio porte (75t/h) em comparação com a planta de pequeno porte (50t/h) nos quatro cenários simulados.

O cenário que considera a receita no recebimento de RCD, operando a 50% da capacidade de produção (Cenário 2) e a simulação que não considera receita de recebimento de RCD, operando a 100% da capacidade de produção (Cenário 3) mostram resultados financeiros e

payback (retorno do investimento) relativamente similares. Isso indica que a não cobrança de taxa de recebimento de RCD pode ser relativamente compensada com a venda de uma quantidade mais significativa de agregado.

Portanto, o desafio para tornar a implantação de plantas de reciclagem de RCD viáveis do ponto de vista financeiro passa pela garantia de fluxo: chegada de RCD na planta e ao mesmo tempo, demanda de consumo de agregado reciclado (saída). Não cobrar taxa de recebimento do RCD pode ser entendido como um incentivo aos geradores e transportadores, garantindo a chegada do resíduo à planta. Para o consumo de RA, entende-se que estratégias adotadas por outros países, em legislação que obriga o uso em certa quantidade e em certos tipos de obra, devam ser adotadas, e aí o poder público passa a ter um papel importante a ser desempenhado.

Destaca-se o longo tempo de retorno do investimento de implantação (payback) do Cenário 4, que não supõe cobrança pelo recebimento de RCD, além de operar com 50% da capacidade de produção. Trata-se do único cenário que apresenta resultado financeiro negativo no primeiro ano. Porém, com base nas pesquisas realizadas pela ABRECON, pode ser considerado o mais próximo da realidade das plantas de reciclagem de RCD no país, levando em consideração os diagnósticos realizados e a dificuldade de muitos municípios de atenderem à legislação vigente, no sentido de fiscalização.

Os resultados da adaptação do britador existente para uma planta de reciclagem de RCD para produzir agregado reciclado para consumo de uma prefeitura se mostraram

positivos ao negócio, com retorno financeiro relativamente curto (1,5 anos). Isso mostra que a estrutura pré-existente (local, equipamento e mão-de-obra) adaptada para receber e reciclar RCD é vantajosa no sentido de desonerar custos de implantação da planta, além do desenho do negócio não depender de consumo externo.

O principal fator de influência observado nos dois estudos está relacionado ao fluxo de resíduos (entra como RCD e sai como agregado reciclado), envolvendo três principais agentes: geradores, recicladores e consumidores. O Poder Público, por sua vez, desempenha um papel essencial em termos de garantia do fluxo de resíduos, exigindo estratégias para garantir que geradores e transportadores enviem os resíduos gerados para as plantas de reciclagem e, ao mesmo tempo, políticas para criar um mercado consumidor para o produto reciclado, via incentivos ou obrigações. Embora o agregado natural esteja disponível a um custo relativamente baixo, a criação do mercado consumidor pode ser entendida como um desafio significativo.

Os resultados mostram que a separação dos resíduos pelos geradores, assim como prevista na legislação vigente, reduz o custo do descarte não reciclável e facilita o processo de reciclagem. A separação de resíduos pode ser incentivada pela planta de reciclagem, com diferentes práticas tarifárias e / ou políticas de conscientização pública.

Em contextos como ao do primeiro estudo de caso, o Poder Público também pode atuar como parceiro no fornecimento da área para a implantação da planta de reciclagem, dado o alto custo de aquisição do terreno. No segundo estudo, como a produção de agregado reciclado é destinada ao consumo interno, o desafio é garantir a quantidade de resíduos para suprir a quantidade necessária, uma vez que o custo de novos funcionários e equipamentos deve ser compensado pela diminuição dos custos de detonação presentes na produção de brita.

Nos dois casos, a redução do uso de agregados naturais (brita) e a redução de resíduos em aterros, a geração de empregos diretos e indiretos, juntamente com a compra e manutenção de equipamentos e construção, e o resultado financeiro positivo indicam ganhos ambientais, sociais e econômicos.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao CNPq e à CAPES pelo financiamento desta pesquisa e também às plantas de reciclagem e fornecedores de equipamentos que contribuíram com as informações utilizadas no trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção (2015) Pesquisa Setorial da Reciclagem de Resíduos da Construção 2014/2015. Relatório 2.
- Agopyan V and John VM (2011) O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil. In: Goldenberg, J. (Ed.), Série Sustentabilidade, vol. 5. Blucher: São Paulo.
- Ajayi SO, Oyedele LO, Bilal M, Akinade OO, Alaka HA, Owolabi AH and Kadiri KO (2014) Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvement. *Resources, Conservation & Recycling* 102: 101-112.
- Al-Hajj A and Hamani K (2011) Material waste in the UAE Construction Industry: Main causes and minimization practices. *Architectural Engineering and Design Management* 7 (4): 221-235.
- Bahera M, Bhattacharyya SK, Minocha AK and Maiti S (2014) Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and Building Materials* 68: 501-516.
- Bakshan A, Srouf I, Chehab G and El-Fadel M (2015) A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. *Resources, Conservation and Recycling* 100: 70-80.
- Brasil. Lei Federal 12.305/2010 (2010) Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; *Diário Oficial da União: Brasília*, 2 de agosto. (Brazil. Federal Law 12,305 / 2010 (2010) Institutes the National Solid Waste Policy; *Federal Official Gazette: Brasilia*, August, 2)
- Brasil. Lei Federal 10.522/2012 (2012) Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos e o plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. *Diário Oficial da União: Belo Horizonte*, 24 ago.
- Brasil. Resolução Conama nº 307 (2002) Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União: Brasília*, 05 jul.
- Cachim P, Velosa AL and Ferraz E (2014) Substitution materials sustainable concrete production Portugal. *Journal of Civil Engineering* 18(1): 60 -66.
- Conseil International du Bâtiment, CIB (2011) Agenda XXI on Sustainable Construction.
- Coelho A and Brito J (2011) Generation of construction and demolition waste in Portugal. *Waste Management*

& Research 29(7): 739-750.

Coelho A and Brito J (2012) Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–Part II: environmental sensitivity analysis. *Waste Management* 33(1): 147-161.

Coelho A and Brito J (2013a) Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–Part I: energy consumption and CO2 emissions. *Waste management* 33(5): 1258-1267.

Coelho A and Brito J (2013b) Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal–part I: location, materials, technology and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* 39: 338-352.

Consil of the European Union. Waste management and recycling: Concil adopts new rules (2018). Disponível em: <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2018/05/22/waste-management-and-recycling-council-adopts-new-rules/> (acesso em 10 de maio 2019).

Directive 2008/98/EC (2008). Waste Framework directive. Brussels, Belgium.

Huang WL, Lin DH, Chang NB and Lin KS (2002) Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources, Conservation and Recycling* 37(1): 23-37.

Katz A and Baum H (2010). A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction site. *Waste Management* 31(2): 353-358.

Kern A P, Dias MF, Kulakowski MP and Gomes LP (2015). Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. *Waste Management* 39:35-44.

Kern AP, Amor LV, Angulo SC and Montelongo AF (2018) Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise buildings construction. *Waste Management* 78: 446-455.

Ledesma EF, Jiménez JR, Ayuso J, Fernández JM and Brito J (2015). Maximum feasible use of recycled sand from construction and demolition waste for eco-mortar production–Part-I: ceramic masonry waste. *Journal of Cleaner Production* 87: 692-706.

Martin J and Henrichs T (2015) The European environment state and outlook 2015 Chapter 4: natural resources and waste. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/downloads/8d6424f22d6d0fabbac2d-0177d9ce923/1464921025/chapter4.xhtml.pdf> (acesso em 12 de dezembro de 2019)

Mália MAB, Brito J, Pinheiro MD and Bravo M (2013)

Construction and demolition waste indicators. *Waste Management & Research* 31(3): 241-255.

Manowong E (2012) Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: an experience from Thailand. *Waste Management* 30(1): 56-71.

Melo AB, Gonçalves AF and Martins IM (2011) Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). *Resources, Conservation and Recycling* 55(12): 1252-1264.

Miranda LFR, Angulo SC and Carelli ED (2009) A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído* 9 (1): 57-71.

Miranda LFR (2015) Inovações tecnológicas para a triagem de RCD. In: *Seminário Nacional de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição*. São Paulo, ABRECON.

Moyano PM and Agudo AR (2013) Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction. *Waste Management & Research* 31: 458-474.

Nunes KRA, Mahlerb CF, Vallea R. and Neves C (2007) Evaluation of investments in recycling centers for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. *Waste Management* 27(11): 1531-1540.

Ortiz O, Pasqualino JC and Castells F (2010) Environmental performance of construction waste: comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. *Waste Management* 30(4): 646-654.

Pinto TP (1999) Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Ram V and Kalidindi SN (2017) Estimation of construction and demolition waste using waste generation rates in Chennai, India. *Waste Management & Research*, 35(6): 610–617.

Sabai MM, Cox MGD, Mato RR, Egmond ELC and Lichtenberg JJN (2013) Concrete block production from construction and demolition waste in Tanzania. *Resources Conservation and Recycling* 72: 9-19.

Sáez PV, Merino MDR, Porras-Amores C and González ASA (2014). Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. *Resources, Conservation and Recycling* 93: 67-74.

Seadon JK (2010) Sustainable waste management systems. *Journal of Cleaner Production* 18(16): 1639-1651.

Shima H, Tateyashiki H, Matsushashi R and Yoshida Y

(2005) An advanced concrete recycling technology and its applicability assessment through input-output analysis. *Journal of Advanced Concrete Technology* 3(1): 53-68.

Syymonds Group Ltd (1999) Construction and Demolition Waste Management Practices and Their Economic Impacts. Report to DGXI, European Commission, Final Report. Disponível em: https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw_report.htm (acesso em 23 de outubro de 2019).

Tam VWY and Tam CM (2006) Evaluations of existing waste recycling methods: a Hong Kong study. *Building and Environment* 41(12): 1649-1660.

Tomasawa F, Noguchi T and Tamura M (2005) The way concrete recycling should be. *Journal of Advanced Technology* 3(1): 3-16.

Ulsen C (2011) Caracterização e separabilidade de agregados miúdos produzidos a partir de resíduos de construção e demolição. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-6250>

ANDREA PARISI KERN, Dra. | UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - PPGEC Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - São Leopoldo – Correspondência para: Av Unisinos, 950, CEP 92 022-000, RS | email: apkern@unisinos.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3896-1232>

JOANA MICHELON MORESCO, M.Sc. | UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - PPGEC Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - São Leopoldo – Correspondência para: Av Unisinos, 950, CEP 92 022-000, RS | email: joanamoresco@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7575-5649>

EDUARDO PIZONI, M.Sc. | UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - PPGEC Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - São Leopoldo – Correspondência para: Av Unisinos, 950, CEP 92 022-000, RS | email: pizoni.eduardo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6406-6250>

MARCO AURÉLIO STUMPF GONZÁLEZ, Dr. | UNISINOS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos - PPGEC Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - São Leopoldo – Correspondência para: Av Unisinos, 950, CEP 92 022-000, RS | email: mgonzalez@unisinos.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

KERN, Andrea Parisi; MORESCO, Joana Michelin; PIZONI, Eduardo; GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. Implantação De Plantas De Reciclagem De Rcd: Análise Financeira, Fatores De Influência E O Papel Dos Principais Agentes. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 79-92, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.79-92>.

DATA DE ENVIO: 03/06/2020

DATA DE ACEITE: 12/11/2020

A SUSTENTABILIDADE NA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PALLETS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO EM UMA REDE DE SUPERMERCADOS

SUSTAINABILITY IN THE REUSE OF WOOD PALLET WASTE: CASE STUDY IN A GROUP OF SUPERMARKETS

SERGIO LUIS DIAS DOLIVERIA, Dr. | UNICENTRO

FLAVIA MASSUGA, M.Sc. | UNICENTRO

SIMONE SOARES, M.Sc. | UNICENTRO

RAQUEL TATIANE DE FÁTIMA PENDEK RIBEIRO | UNICENTRO

RESUMO

Devido à grande exploração antrópica aos recursos naturais, causada pelo modo de produção atual, houve um aumento da preocupação com questões sustentáveis. Dentre essas preocupações encontra-se a destinação dos resíduos sólidos, gerados em grande quantidade e muitas vezes descartados de forma inapropriada. Observando esta realidade e considerando o grande uso de pallets pelas empresas devido a sua eficácia logística, este trabalho possui como objetivo compreender como é realizada a destinação final e/ou reutilização de pallets já descartados e sem uso em uma empresa do ramo supermercadista do Paraná e sua relação com a sustentabilidade. A operacionalização se deu por meio de um estudo de caso, no qual foi realizada uma entrevista semiestruturada com o responsável gerencial da organização. Como resultados, observa-se que o descarte dos pallets ocorre pela queima, sendo admitida como uma prática não sustentável. Observa-se um ganho ambiental referente ao não descarte dos resíduos em aterros ou lixões, o que pode ser contestado pela emissão de poluentes atmosféricos decorrente da queima do material. Também não são identificados benefícios sociais e econômicos provenientes do descarte dos pallets atualmente realizado, porém são reconhecidas alternativas capazes de atender aos pilares da sustentabilidade.

PALAVRAS CHAVE: Sustentabilidade; Reutilização; Resíduos Sólidos; Varejo.

ABSTRACT

Due to the great anthropic exploitation of natural resources, caused by the current mode of production, there has been an increased concern with sustainable issues. Among these concerns is the disposal of solid waste, generated in large quantities and often disposed of inappropriately. Observing this reality and considering the large use of pallets by companies due to its logistical efficiency, this work aims to understand how the final destination and / or reuse of pallets already discarded and unused in a company in the supermarket sector of Paraná is carried out and its relationship with sustainability. The operationalization took place, through a case study, in which a semi-structured interview was conducted with the manager responsible for the organization. As a result, it is observed that the disposal of pallets occurs by burning, being admitted as a non-sustainable practice. There is an environmental gain regarding the non-disposal of waste in landfills or dumps, which can be challenged by the emission of air pollutants resulting from the burning of the material. Neither are the social and economic benefits identified from the disposal of pallets currently carried out, but alternatives are recognized that are capable of meeting the pillars of sustainability

KEY WORDS: Sustainability; Pallets; Reuse; Solid Waste; Retail.



1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea vem sofrendo com diversos problemas ambientais, causados pela grande exploração pelo homem dos recursos naturais, com o modo de produção em escala (KLARIN, 2018). A percepção desses problemas como aquecimento global, poluição e dizimação da biodiversidade decorreu na discussão de formas mais sustentáveis de vida na terra (BOFF, 2017).

A sustentabilidade, como nova premissa, induz a formas diferenciadas de atuação que levam em consideração três dimensões interrelacionadas, sendo a econômica, ambiental e social (ELKINGTON, 1997). Nessa concepção, o papel público da empresa já não é mais apenas a geração de empregos, produtos e contribuição para crescimento econômico, devendo levar em conta também a responsabilidade em relação à sociedade e ao meio ambiente (ALMEIDA; MELO, 2016).

Um problema que vem sendo discutido atualmente em relação às empresas e reflete na sustentabilidade é o descarte de um alto volume de resíduos sólidos devido ao ritmo intenso de produção para atender as crescentes necessidades humanas. Esses resíduos, quando não tratados de forma adequada, têm um grande potencial de ameaçar significativamente tanto a saúde humana, como o meio ambiente (OKWESILI; NDUKWE; NWUZOR, 2016).

Na atualidade, os resíduos sólidos são considerados insumos importantes para o processo produtivo e possuem valores econômicos agregados, devido a recuperação realizada pela coleta seletiva e reciclagem, a abertura de novos mercados, geração de emprego e renda e redução de custos com remediação (MOURA; ROMA; SACCARO JÚNIOR, 2016). Uma das alternativas possíveis a serem adotadas pelas empresas refere-se à logística reversa que pode então contribuir com a destinação correta dos resíduos e reciclagem de materiais (XAVIER; CORRÊA, 2013; BANGUERA et al., 2017). Seu objetivo é minimizar o uso de recursos naturais reutilizando os resíduos existentes e transformando-os em novos produtos (MORGAN et al., 2018).

Alguns produtos já estão incluídos de forma mais veementemente nesse processo, como por exemplo, as garrafas de vidro retornáveis. Entretanto, outros estão ainda se encaminhando aos poucos a essa prática. Um produto que cabe destaque e é muito utilizado nos processos de manuseio e transporte de mercadorias é o pallet de madeira (CARRANO et al., 2015; TORNESE et al., 2018; DEVIATKIN et al., 2019). Pode-se dizer que pallets se referem às plataformas horizontais com medidas padronizadas utilizadas para montagem, empilhamento, armazenamento, manuseio e transporte de materiais. Sua

função é garantir o transporte e manuseio seguro das cargas considerando o peso, volume e a distância necessária de deslocamento (KOČÍ, 2019).

Os pallets possuem uma vida útil muito curta, devido aos grandes pesos suportados e as diversas condições e superfícies em que estão em contato, que fazem com que a madeira se deteriore mais rapidamente, não podendo ser mais utilizados para os mesmos fins que foram desenvolvidos. De acordo com Carrano et al., (2015), muitos pallets são utilizados apenas algumas vezes e podem ser encontrados em uma variedade de cenários após a vida útil como em aterros e em processos de incineração. Desta forma acabam sendo descartados, muitas vezes, de modo insustentável por empresas, devido à falta de informação e incentivos, principalmente econômicos, para a sua reutilização, provocando danos ambientais significativos. No entanto, já existem boas alternativas para o uso e reciclagem de pallets. Segundo Medeiros (2014) e Ribeiro, Panont e Bolonhezi (2015), eles podem se tornar matéria-prima para novas funções e pertences como móveis, casas e outros produtos com desenhos modernos, sendo uma alternativa sustentável que não compromete a qualidade e eficiência desses projetos.

À medida que empresas buscam tornar-se mais sustentáveis, a reflexão dos impactos de sua logística de pallets torna-se fundamental (CARRANO et al., 2015). O setor supermercadista, devido sua ampla necessidade de armazenamento e movimentação de materiais, faz uso de uma grande quantidade de pallets, além disso, é um setor significativo para a economia brasileira. De acordo com dados da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS, 2020), o faturamento desse setor avançou no Brasil 5,11% em janeiro de 2020 atingindo R\$ 378,3 bilhões, o que representa 5,2% do PIB nacional.

A partir da reflexão sobre estas questões e pautando-se em princípios da logística reversa, este estudo apresenta, portanto, como objetivo compreender como é realizada a destinação final e/ou reutilização de pallets já descartados e sem uso em uma empresa do ramo supermercadista do Paraná e sua relação com a sustentabilidade. Para isso foi investigada a vida útil dos pallets para a organização, a forma de destinação e reutilização desses materiais e a relação das práticas adotadas com possíveis ganhos ambientais, sociais e econômicos, a partir da percepção da empresa.

A fim de melhor elucidar a temática abordada, na sequência, serão apresentados os pressupostos teóricos que deram embasamento ao estudo seguido pelos procedimentos metodológicos adotados. Na seção 3, por sua vez, apresenta-se a análise e discussão dos resultados obtidos, procedido pelas considerações finais de pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sustentabilidade no ramo corporativo

Devido a preocupações com os limites físicos do planeta diante ao crescimento demográfico e a acumulação do capital com indução a elevados padrões de consumo, a sustentabilidade começou a ser discutida mundialmente, com maior intensidade a partir da década de 1970 (LORENZETTI; CRUZ; RICIOLI, 2008). Um dos marcos dessas discussões, consiste na formação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) que buscou discutir estratégias integrando bem-estar social e preservação ambiental (ROBERTSON, 2017). Fruto dessa comissão, criou-se o relatório de Brundtland, conhecido como relatório “Nosso futuro comum” que difundiu o conceito de sustentabilidade que ganhou grande notoriedade. Conforme o relatório, o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades (CMMAD, 1991).

A partir desta conceituação, diversas definições foram disseminadas em relação ao termo, no entanto, há um consenso que o desenvolvimento sustentável é caracterizado pela relação de três dimensões: econômica, ambiental e social (ELKINGTON, 1997; MONTABON; PAGELL; WU, 2016; AGRAWAL; SINGH, 2019). Nesse sentido, a sustentabilidade econômica envolve o impacto das ações sobre as condições econômicas das partes interessadas e sobre o sistema econômico considerando todos os seus níveis; a sustentabilidade social atenta-se a questões relativas a qualidade de vida e à mitigação dos impactos provocados à sociedade; e a sustentabilidade ambiental corresponde à forma de utilização dos recursos naturais e à contaminação provocada ao meio ambiente (LORENZETTI; CRUZ; RICIOLI, 2008).

Devido a institucionalização do conceito, as empresas precisam se ater para formas de atuação que correspondam a esse contexto a fim de obter legitimidade e competitividade (BARBIERI et al., 2010). Para Laszlo e Zhexembayeva (2017), as organizações devem incorporar a sustentabilidade em seus processos de modo que se torne semelhante às noções intrínsecas de qualidade, a fim de oferecer produtos social e ambientalmente conscientes, além de obter lucro e crescimento sustentado. No entanto, a implementação do conceito ainda apresenta dificuldades no que concerne ao seu entendimento e a atenção aos pilares de modo igualitário, preponderando, em grande parte dos casos, uma lógica instrumental que apresenta um viés estritamente econômico (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008; MONTABON; PAGELL; WU, 2016).

De um modo geral, a sustentabilidade consiste em um conceito que vem sendo incluído em todas as esferas da sociedade, visando melhores condições de vida dada a finitude de recursos naturais. Desta forma, também se apresenta como uma temática de grande importância para os negócios, devendo a atuação empresarial estar direcionada a ações que contemplem os aspectos econômicos, ambientais e sociais. Diversas são as áreas que podem ser abrangidas na aplicação prática desses princípios, dentre elas ressalta-se a gestão sustentável dos resíduos sólidos, os quais tendem a causar uma pressão significativa sobre o ambiente natural e a saúde humana dada sua elevada geração e diversidade (MATA-LIMA et al., 2016).

2.2 Resíduos sólidos

Ao longo dos anos, a sociedade vivencia um acelerado ritmo de produção e transformações provenientes das grandes necessidades humanas, que mudam constantemente devido as atualizações das novas tecnologias (GOVINDAN; BOUZON, 2018). Porém, estas transformações trazem consequências ambientais graves, devido à grande quantidade de dejetos que estão sendo descartados no meio ambiente e, conseqüentemente, estão se tornando alvo de grandes preocupações governamentais e sociais.

Estes dejetos são nomeados resíduos sólidos e, de um modo geral, são compreendidos como uma ameaça significativa à saúde humana e ao meio ambiente (OKWESILI; NDUKWE; NWUZOR, 2016). De acordo com a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil (PNRS), resíduos sólidos consiste em um:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 1).

A lei supracitada também é responsável por determinar a gestão e a destinação adequada de resíduos gerados no país, instituindo a responsabilidade compartilhada de todas as partes, sejam elas fabricantes, comerciantes, consumidores, dentre outros, que de alguma maneira contribuem na geração de resíduos (BRASIL, 2010). Deste modo, cabe às organizações desenvolver uma gestão sustentável dos resíduos por ela produzidos, a fim de

eliminar ou reduzir os passivos ambientais e sociais decorrentes, tais como poluição do solo, do ar e de recursos hídricos e complicações à saúde humana (ABDEL-SHAFFY; MANSOUR, 2018).

A gestão sustentável de resíduos sólidos envolve, dentre outros fatores, um comportamento ambientalmente adequado que preze por métodos de redução, reutilização, reciclagem e recuperação de resíduos. De acordo com Hoornweg e Bhada-Tata (2012), a redução e a reutilização buscam minimizar a quantidade da geração de resíduos ao redesenhar padrões de consumo e produção. Já a reciclagem e a recuperação demonstram-se benéficas ao minimizar a quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários ou em locais inadequados e proporcionar o retorno de materiais para a economia.

Nesse sentido, os resíduos podem ser entendidos como recursos valiosos, cujo gerenciamento, além de contribuir ambientalmente e socialmente, pode ser capaz de proporcionar retornos econômicos significativos. Dentre os benefícios observáveis para as organizações estão a redução de custos e a geração de receitas pelo reaproveitamento e venda de resíduos, pela reciclagem e criação de novos produtos. Além disso, devido a práticas mais limpas, organizações obtêm retornos positivos no que se refere a imagem institucional, refletindo diretamente em sua competitividade e agregação de valor aos negócios (KURDVE et al., 2015; RYSZKO, 2016).

Dado um contexto de crescente geração de resíduos decorrente da rápida industrialização e crescimento populacional evidenciado nos últimos anos, a gestão dos resíduos sólidos tende a ser uma temática de ascendente discussão. Seu gerenciamento sustentável é fundamental a fim de minimizar as consequências ambientais e sociais, bem como, proporcionar retornos financeiros às organizações. Abrangendo esse contexto, a logística reversa pode ser visualizada como uma alternativa, contribuindo com a destinação adequada dos resíduos e reaproveitamento de insumos.

2.3 Logística reversa

O aumento crescente das demandas produtivas do mercado culminou em grandes quantidades de resíduos sólidos, devido a todo produto ter um tempo determinado de vida útil, ou seja, seu tempo de obsolescência. Isso trouxe uma crescente necessidade da inserção de questões ambientais no gerenciamento de sistemas produtivos, tornando-se cada vez mais importante o fortalecimento das relações estabelecidas entre as áreas da logística e da gestão ambiental. Nesse sentido, a logística

reversa pode contribuir no alcance dos desafios ambientais mais comuns das organizações, como destinação de resíduos, gestão de embalagens, reciclagem de materiais, dentre outros aspectos (XAVIER; CORRÊA, 2013).

De acordo com Hernández, Marins e Castro (2012) o termo 'logística reversa' pode ser percebido dentro da literatura desde os anos de 1970 e 1980, tendo seu foco principal relacionado com o retorno de bens ao setor empresarial para serem reprocessados. Entretanto, apenas a partir dos anos de 1990 passou a ser discutida e implementada com maior intensidade (COUTO; LANGE, 2017).

Conforme Agrawal e Singh (2019) a logística reversa consiste em uma sequência de atividades necessárias para realizar a coleta do produto usado para sua reutilização, reciclagem, reparo, descarte ou reinserção no processo produtivo. Deste modo, esses produtos são recuperados para serem processados pelos fabricantes a fim de recapturar valor ou serem descartados adequadamente. Ainda, para os autores supracitados, a gestão adequada dos resíduos por meio da logística reversa, tem se tornado essencial considerando requisitos ambientais e regulatórios.

Considerando o que regulamenta a PNRS, é de responsabilidade do gerador, do importador, do distribuidor, do comerciante e do consumidor, estabelecer um fluxo reverso de embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, produtos eletrônicos e demais materiais que apresentem elevado grau de impacto à saúde e ao meio ambiente independentemente do sistema de limpeza urbana e do manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Além de adotar a logística reversa como uma forma capaz de minimizar os impactos causados ao ambiente, por meio do reuso e redução no consumo de matérias primas, o mundo organizacional também se beneficia com a redução dos custos totais do produto e ao transmitir uma imagem de empresa consciente em aspectos ambientais, sendo um diferencial em relação aos concorrentes. Além disso, cabe ressaltar retornos sociais visualizados na criação de emprego e renda por meio do crescimento da indústria da reciclagem (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012).

No entanto, apesar das vantagens, algumas dificuldades ainda são observadas em relação à implementação da logística reversa por muitas empresas. Conforme apresentado no estudo de Bouzon et al. (2016), questões econômicas que fazem da logística reversa um investimento não justificável na visão dos gestores, a falta de integração da cadeia de suprimentos, a ausência de tecnologia e infraestrutura, a falta de conhecimento sobre canais de

retorno e a inexistência de leis e regulamentações motivadoras, constituem as principais barreiras à inserção da logística reversa nas atividades empresariais. Govindan e Bouzon (2018), adicionam ainda as questões relacionadas ao mercado e a concorrência, no que se referem às razões de vantagem competitiva, e a postura dos gerentes quando à importância atribuída a logística reversa em comparação a outras atividades como fatores que podem dificultar sua prática.

De um modo geral, é possível observar que a logística reversa é capaz de minimizar os impactos causados ao ambiente por meio do reuso de resíduos sólidos e redução do uso de matérias primas, revertendo danos ambientais causados pela produção desenfreada sem a consciência ambiental. Ademais, pode proporcionar retornos econômicos evidenciados pela redução nos custos com materiais e pela criação de novos produtos, e sociais na geração de emprego e melhoria da qualidade de vida da comunidade ao entorno. Barreiras precisam ser eliminadas a fim de que, cada vez mais, empresas e produtos passem a fazer parte da logística reversa, tendo em vista a crescente necessidade por processos mais sustentáveis.

2.4 Reaproveitamento de pallets

Pallets de madeira consistem em um dos tipos de embalagem mais utilizados no manuseio e transporte de materiais sendo que mais de 80% de todo comércio mundial é realizado com pallets (KOČÍ, 2019). Para atender a essa demanda, anualmente, cerca de 500 milhões de novos pallets são produzidos (TORNESE et al., 2018). Devido à números expressivos e sua grande utilidade mundialmente, sua correta gestão baseada na logística reversa torna-se fundamental na busca por um desenvolvimento mais sustentável.

O pallet é caracterizado como uma plataforma padronizada para unitização de cargas, amplamente difundidos em fábricas, armazéns, centros de distribuição e lojas comerciais (ACCORSI et al., 2019). Essas estruturas são fabricadas em diversos materiais como madeira, metal, plástico e papelão, com várias formas, podendo ser, por exemplo, longarina, em bloco, reversível, bidirecional, quadrilátero e encaixável (DEVIATKIN et al., 2019) (Ver Figura 01).

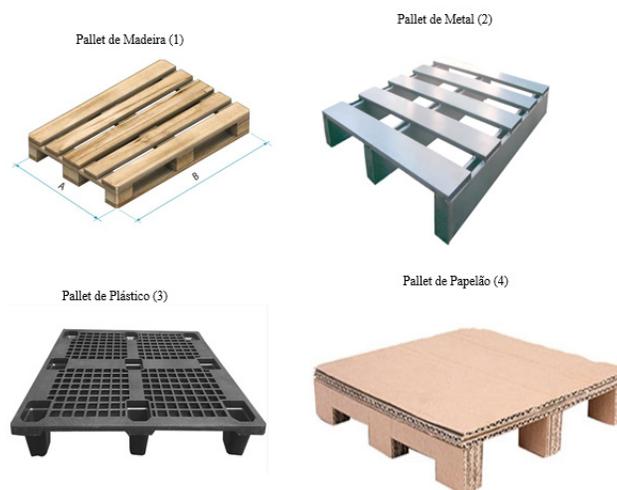


Figura 01 – Tipos de pallets
Fonte: Compilação dos autores

Além disso, pallets podem ser encontrados em diversos modelos e dimensões como pallets One Way, os quais são utilizados uma única vez, os retornáveis, que voltam para a empresa fornecedora, os PBR'S que possuem medidas padronizadas, EURO e os modelos CP3 e CP2, mais utilizados pela indústria química (MEDEIROS, 2014; SOUZA; SILVA; CHATEAUBRIAND, 2016).

Segundo Carrano et al., (2015), o ciclo de vida do pallet é formado por cinco fases, sendo: fornecimento de matérias primas, fabricação, transporte e uso, reforma e descarte. Considerando a fase de reforma, Tornese et al. (2019), destacam que esta é uma das principais vantagens dos pallets de madeira, considerando que podem ser reparados inúmeras vezes, tendo seus componentes individuais substituídos.

No entanto, apesar de passíveis de reaproveitamento, a vida útil de um pallet, dentre outros fatores, está associada a seu projeto estrutural no que se refere a componentes e materiais utilizados, bem como, das condições em que são aplicados, por exemplo, associadas à carga, manuseio e locais de movimentação (CARRANO, et al., 2015). Além disso, a existência de diversos modelos faz com que pallets, muitas vezes, sejam recebidos com mercadorias e posteriormente descartados, em muitos casos, de forma inapropriada gerando impactos ecológicos (SOARES; SILVA; MELO, 2013).

Segundo Carrano et al. (2015) e Deviatkin et al. (2019), atualmente são visualizados três tipos principais de estratégias de gerenciamento de pallets que dominam o mercado sendo: uso único, compra e venda e pool. A estratégia de uso único é aquela no qual pallets são descartados após uma única viagem. Neste caso, ocorre a transferência do pallet ao usuário final juntamente com o produto, não esperando seu retorno ao distribuidor ou fabricante.

A estratégia de compra e venda, por sua vez, consiste em vender o pallet aos clientes para uso, podendo estes, posteriormente, serem recomprados por um depósito local de pallets ou instalação de reciclagem. Por fim, na estratégia pool, os pallets são alugados aos clientes, sem a transferência de propriedade. Neste caso, a logística reversa e as atividades de reforma, ganham importância significativa.

Além do reuso, observado nas estratégias de compra e venda e pool, existem outras alternativas sustentáveis de reutilização e reciclagem de pallets. Conforme Medeiros (2014) e Ribeiro, Panont e Bolonhezi (2015), pallets antes usados na unitização de cargas, armazenagem e transporte de mercadorias, após sua vida útil para essas funções, podem se tornar matéria-prima para outras atividades e pertences como móveis, casas e novos produtos (Ver Figura 2).



Figura 2 – formas de reaproveitamento de pallets
Fonte: Adaptado de Zanella et al. (2017).

Dentre as vantagens desse reaproveitamento, Martins (2017) aponta para a preservação ambiental, visto que, com a reutilização, evita-se a queima e o descarte inadequado refletindo na não emissão de gases tóxicos danosos ao meio ambiente. Sobre a questão, Barbosa (2017), destaca que as três dimensões da sustentabilidade são beneficiadas, sendo a econômica devido à geração de renda, redução de custos e criação de novos nichos de mercado, a ambiental considerando a redução das emissões de gases prejudiciais e poluição do solo e recursos hídricos, e a social, pela geração de empregos. Ainda Vialli (2010) afirma que, quando reaproveitados, pallets podem ser uma oportunidade de

crescimento para as empresas, pois transmitem confiabilidade aos seus clientes por serem sustentáveis e possuírem menores custos no produto final.

Deste modo, compreende-se que os pallets devem ser visualizados como ativos empresariais capazes de agregar valor econômico. Seu correto gerenciamento a partir da ação de estratégias adequadas pautadas em logística reversa, além de proporcionar retornos financeiros, contribuem com a preservação ambiental e retornos sociais significados, ou seja, correspondem às necessidades atuais da busca por um desenvolvimento mais sustentável.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa de caráter qualitativo, pois não se utilizou de dados numéricos e estatísticos além da possibilidade de examinar a complexidade do fenômeno estudado (PAULA, 2005). A abordagem qualitativa utilizada se justificou, visto que “os estudos que envolvem o tema desenvolvido são permeados pela interdisciplinaridade, e qualquer tentativa de reducionismo pode minimizar a riqueza das informações e limitar o significado das interpretações” (ALVARENGA et al., 2013).

Quanto aos objetivos a pesquisa classifica-se como descritiva, visto que irá descrever a funcionalidade, vida útil, a destinação final e as formas possíveis de reutilização de pallets nas empresas supermercadistas. Para Gil (2009) a pesquisa descritiva possui como objetivo, a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Para atendimento ao objetivo proposto, quanto aos procedimentos técnicos, optou-se pela realização de um estudo de caso em uma rede de supermercados situado em uma cidade do Paraná. A rede é composta por 8 estabelecimentos no município, detendo cerca de 33% do mercado, o que justifica sua seleção. Segundo Yin (2010, p. 39) o estudo de caso consiste em “[...] uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Neste caso particular, o fenômeno analisado refere-se às práticas de destinação final e/ou reutilização de pallets na empresa abrangida.

Para a coleta de dados, foi realizada uma entrevista semiestruturada com um dos membros da gerência da organização, possibilitando a inserção de novas questões, caso houvesse a necessidade. Consoante Triviños (2009), a entrevista semiestruturada é uma das principais formas de auxílio para o investigador na coleta de dados, pois oferece todas as perspectivas possíveis para que o

informante alcance a liberdade e a espontaneidade necessárias, enriquecendo a investigação e a tornando muito mais natural. A fim de preservar a identidade do entrevistado, lhe foi atribuído o nome fictício de Entrevistado 1.

Ao total foram previstas 8 questões, sendo que as questões de 1 a 4 buscaram identificar a funcionalidade e vida útil do pallet para a organização, as questões 5 e 6 tinham por intuito compreender a destinação final dada aos pallets e possíveis formas de reutilização desenvolvidas, já as questões 7 e 8 focalizaram os ganhos obtidos com a destinação final do pallet na percepção da empresa considerando as dimensões da sustentabilidade.

A entrevista foi gravada e transcrita possibilitando posterior análise de conteúdo. Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo enquanto método consiste em um conjunto de técnicas de análise que visa descrever o conteúdo de determinadas mensagens e obter conhecimentos relacionados a elas. Considerando a definição de categorias, a apresentação dos resultados deu-se por meio de um relatório contendo inicialmente informações sobre a funcionalidade e a vida útil do pallet para a organização, a forma de destinação final desses materiais, bem como, as possíveis sugestões de reutilização. Por fim, retrata-se a relação dessas práticas com as dimensões do desenvolvimento sustentável na visão da empresa, conforme os objetivos propostos.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Funcionalidade e vida útil do pallet

Inicialmente indagou-se ao entrevistado sobre quantos pallets a empresa arrecada por mês e quais os custos para aderi-lo. O mesmo informou que o grupo, além das 8 lojas supermercadistas, possui ainda outras 15 empresas de varejo incluindo postos de combustível, lojas de departamento e distribuidora de gás e, por isso, não realiza a compra de pallets, visto que os fornecedores das lojas os disponibilizam juntamente com as mercadorias. Comenta ainda que não os devolvem às organizações fornecedores considerando o alto custo do frete das transportadoras, sendo mais oneroso que os próprios pallets:

Às vezes a maior parte das mercadorias vêm pela transportadora, então acaba que ficam, porque o custo do frete de retorno para voltar os pallets para as empresas fornecedoras acaba sendo mais caro que o próprio preço dos pallets (ENTREVISTADO 1).

Essa questão confirma a afirmação de Soares, Silva e Melo (2013) sobre a vinculação dos pallets às mercadorias recebidas de empresas fornecedoras e se enquadra na

estratégia de uso único, visto que os pallets não retornam ao distribuidor ou ao fabricante (CARRARO et al., 2015; DEVIATKIN et al., 2019).

Em relação ao material empregado nos pallets, o entrevistado informou que a grande maioria é de madeira (cerca de 90 a 95%) e uma pequena parcela (em torno de 5%) corresponde a pallets descartáveis de papelão e de plástico, o que corrobora com o apontado por Souza, Silva e Chateaubriand (2016) referente à diversidade de materiais empregadas em pallets e a predominância pelos de madeira na maioria das vezes confeccionados de eucalipto e pinus:

Praticamente é só madeira, podemos dizer que assim vem um pouco de pallets descartáveis de papelão, de plástico, mas é muito pouco, acho que dá em torno de uns 5% (ENTREVISTADO 1).

Considerando a padronização dos pallets, o entrevistado 1 destacou que a empresa utiliza o padrão PBL (padrão brasileiro) cujas medidas compreendem 1,00m x 1,20m. Segundo o entrevistado, essa padronização facilita a movimentação das empilhadeiras e a estocagem. Entretanto, os pallets de plástico também são utilizados em quantidade reduzida devido a sua obrigatoriedade no armazenamento de alguns produtos perecíveis. Essa informação pode ser confirmada, considerando a resolução nº 216 de 15 de setembro de 2004 emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, item 4.7.6 que versa que:

As matérias-primas, os ingredientes e as embalagens devem ser armazenados sobre pallets, estrados e ou prateleiras, respeitando-se o espaçamento mínimo necessário para garantir adequada ventilação, limpeza e, quando for o caso, desinfecção do local. Os pallets, estrados e ou prateleiras devem ser de material liso, resistente, impermeável e lavável (BRASIL, 2004).

Quanto às formas de utilização dos pallets, o entrevistado respondeu que eles são empregues em toda a estocagem de mercadorias onde são mantidos em uma estrutura porta pallets apropriada para o padrão PBL, e na movimentação interna e externa na transferência de produtos entre as lojas da rede. Desta forma, segundo o entrevistado “tudo que é transportado entre as unidades do grupo é movimentado por pallets, 100%”, o que confirma a sua grande utilização em processos de manuseio e transporte de mercadorias (CARRANO et al., 2015; TORNESE et al., 2018; DEVIATKIN et al., 2019).

Desta forma, observa-se que a empresa não efetua a aquisição de pallets, mas sim os recebe junto às mercadorias entregues pelos seus fornecedores. Estes são então utilizados pelos estabelecimentos na armazenagem de materiais, bem como na movimentação interna dos produtos e também externa entre as diversas lojas do grupo.

4.2 Práticas de destinação final e reutilização

Considerando a destinação final que a empresa aplica aos pallets, o entrevistado 1 inicialmente comentou que eles são utilizados até que estejam com grandes defeitos ou bastante deteriorados. Caso esses defeitos sejam pequenos, a própria equipe interna de manutenção é responsável por realizar o reparo. Entretanto, apesar de buscar ao máximo aumentar a vida útil dos pallets, quando se encontram em estado de descarte, inexistem um reaproveitamento socioambiental. Normalmente, os resíduos são destinados a uma chácara para que seja feita a queima desse material, conforme pode ser visualizado no seguinte relato:

Normalmente acaba virando rejeito mesmo. Ele é destinado como rejeito, então normalmente vai... nós temos uma chácara então é utilizado lá e eles acabam virando lenha mesmo, não é feito nenhum outro produto, prateleira... (ENTREVISTADO 1).

Essa constatação confirma os apontamentos de Carrano et al. (2015), quando afirmam que grande parcela de pallets passa por processos de incineração após sua vida útil. Apesar de proibida por lei no Brasil (Portaria nº 53 de 01/03/1979, do Ministério do Interior), a queima de resíduos sólidos se constitui como uma prática muito comum (CINQUETTI, 2004). De modo geral, a queima leva a emissões de partículas e outros poluentes atmosféricos, o que estendem os impactos dessa degradação para além das áreas de disposição final dos resíduos (GOUVEIA, 2012).

Em relação à quantidade de pallets utilizados pela empresa e outras alternativas para a destinação, o entrevistado informou que há pouca quantidade em movimentação e, assim, o descarte também não representa um volume muito alto. A empresa atualmente vive um superávit, ou seja, há um estoque do produto, mas não suficiente para comercialização. O entrevistado ainda relatou que a empresa poderia realizar um reaproveitamento social, contudo esta não é uma das prioridades atuais da empresa:

Talvez, eu na minha visão, talvez um reaproveitamento, poder fazer um reaproveitamento social, né? Mas a empresa acabou nunca pensando nesse segmento, poderia ser feito, mas nunca... nunca se pensou nesse segmento, acaba sendo descartado como rejeito (ENTREVISTADO 1).

Quando questionado qual a percepção sobre o destino final dos pallets aplicado pela empresa, o entrevistado respondeu que acredita não ser a melhor opção. Informou que tem conhecimento de outras destinações

mais socioambientalmente corretas, como por exemplo o uso dos resíduos em artesanato (MEDEIROS, 2014; RIBEIRO; PANONT; BOLONHEZI, 2014):

Às vezes você tem lá associação das mães dos funcionários que fazem... eu vi uma empresa madeireira que faziam... com os pedaços que sobravam na madeireira, faziam artesanato, eu acho que talvez esse seria o melhor caminho (ENTREVISTADO 1).

Entretanto, da mesma forma, a empresa ainda não cogitou essa hipótese, mas talvez possa vir a ser considerado um fator relevante em seu planejamento estratégico. Para o entrevistado é possível desenvolver ações a fim de melhorar a destinação final dos pallets, todavia existem dificuldades principalmente financeiras e estruturais. Segundo relato, há 15 anos a empresa tentou substituir os pallets de madeira pelos pallets de papelão, entretanto não se obteve efetividade por conta dos elevados custos logísticos, os chamados custos de frete:

Qualquer movimentação que você ter perdas de espaço ou um atraso de eficiência acaba encarecendo muito mais que a mercadoria e é um problema sério que o Brasil tem (ENTREVISTADO 1).

Deste modo, acredita que antes de mais nada é necessário investimento na infraestrutura do país, para então direcionar uma atenção maior aos aspectos socioambientais. De fato, a falta de incentivo governamental e os custos elevados constituem um impedimento muito comum apontado pelas empresas quando se trata de logística reversa (FROTA et al. 2016), assim como, a ausência de tecnologias e infraestrutura adequadas (BOUZON et al., 2016; GOVINDAN; BOUZON, 2018).

Essas afirmações denotam a necessidade de um melhor planejamento para os resíduos de pallets, vislumbrando sua capacidade de proporcionar retornos econômicos significativos e vantagens competitivas, conforme sugerem Vialli (2010) e Kurdve et al. (2015) e Ryszko (2016). Cabe destacar que a empresa possui consciência da necessidade de readequação, entretanto a infraestrutura logística é um dos empecilhos, justificado pelo fato de encarecer os custos e demandar um novo planejamento que torne viável essas ações.

4.3 Perspectiva sobre práticas de destinação final dos pallets e o desenvolvimento sustentável

No último aspecto avaliado, buscou-se inicialmente compreender se haviam ganhos ambientais pela forma de descarte definido pela empresa. O entrevistado relatou

que uma das vantagens é que os resíduos não são encaminhados para lixões ou aterros, impedindo, desta forma, a geração de gás efeito estufa. Entretanto, reconheceu que a queima também é prejudicial, pois acaba emitindo gás carbônico na atmosfera.

Ao questioná-lo se acredita ser comum a adoção dessa forma de descarte, o entrevistado apontou que existem empresas que possuem caldeiras, nas quais são depositados os rejeitos, sendo uma boa destinação caso houvesse um tratamento da fumaça, o que na opinião do entrevistado não acontece na prática. Segundo ele, na região há baixo volume de comercialização se comparado com grandes centros ou redes e, portanto, a operação que ocorre dentro da empresa que trabalha é muito pequena. Entretanto, o entrevistado acredita que no futuro a empresa possa ter ações direcionadas as práticas ambientais, visto ser uma temática em ascensão.

O entrevistado diz ser comum as empresas não estarem voltadas ao conceito de sustentabilidade, especialmente em organizações menores. Esse fato é corroborado por Carrillo-Hermosilla; Gonzalez e Konnola (2007) quando abordam o tamanho da empresa como um impedimento para o investimento em inovações sustentáveis, sendo que as menores, devido menor disposição de recursos, são menos propensas. Entretanto, acredita que esse quadro está aos poucos se revertendo.

Além disso, o entrevistado considera a sustentabilidade como algo ainda muito novo, sendo que os empresários do qual tem conhecimento ainda possuem dificuldades para entender o conceito em sua totalidade, acreditando se referir apenas ao aspecto ambiental, conforme já evidenciado por Claro, Claro e Amâncio (2008) e Montabon, Pagell e Wu (2016) quando destacam que empresas apresentam inconsistências quanto à atenção igualitária aos pilares.

Em relação ao impacto dessas mudanças na imagem da empresa, o entrevistado acredita que haveria um reflexo positivo sobre sua reputação, o que corrobora com os apontamentos de Barbieri et al. (2010) e Laszlo e Zhexembayeva (2017). Além disso, reconhece que adotando uma forma de destinação correta aos pallets seria possível atender às 3 dimensões do tripé da sustentabilidade (triple bottom line), conforme também evidenciado em Barbosa (2017). A dimensão econômica é visualizada pelo entrevistado na economia do reaproveitamento, a dimensão social é considerada ao poder beneficiar terceiros, por meio da venda de artesanato e a dimensão ambiental é atendida pela reutilização em detrimento do descarte no meio ambiente. No entanto, o entrevistado

novamente destaca que essa não é a compreensão que observa atualmente nos empresários, sendo comum uma visão isolada de cada uma das dimensões:

Não é a visão que eu vejo dos empresários, então não se tem um aprofundamento desse tripé. Você vê ou um ou outro isolado, mas difícil de se ver uma visão com os três (ENTREVISTADO 1).

Considerando ainda a percepção dos gestores, o entrevistado apontou que o investimento em reaproveitamento não é visto como prejuízo pessoal, mas também acredita que não o enxergam como um ganho ou benefício, deixando oportunidades passarem despercebidas. Uma das oportunidades apontadas pelo entrevistado é o próprio marketing e a melhoria da comunidade onde se vive. Além disso, aponta ser difícil visualizar os prejuízos oriundos do não desenvolvimento de ações sustentáveis. Neste caso, os empresários tendem a enxergar mais como um custo de oportunidade, ou seja, o custo que a empresa deixa de ganhar e não uma perda. Com base nesse raciocínio, o entrevistado 1 acredita que se houvesse desembolso para a aquisição dos pallets ao invés de cedidos pelos fornecedores, como ocorre nas estratégias de compra e venda e pool (DEVIATKIN et al., 2019), talvez a empresa buscasse formas mais rentáveis e talvez sustentáveis para sua destinação final.

Por fim, considerando outros ganhos possíveis à empresa, por meio da destinação adotada, o entrevistado apontou que acredita não obter nenhum retorno, mas pensa que poderia ter, caso a questão passasse a fazer parte da visão estratégica da empresa. Segundo ele, princípios de sustentabilidade devem ser adotados e difundidos pela alta administração. Devido a isso, visualiza que poucas empresas adotam um posicionamento estratégico sustentável o que, em sua percepção, consiste em uma perda na geração de oportunidades. Oportunidades estas que podem ser observadas na maximização do lucro ou no potencial significativo para a criação de vantagem competitiva visualizado na redução de custos, por meio do aumento de eficiência, redução de riscos, confiabilidade de planejamento, garantia de legitimidade, atração de novos clientes e desenvolvimento de novos produtos e negócios (HANSEN; GROSSE-DUNKER; REICHWALD, 2009).

Desta forma, pode-se compreender que a empresa observa como vantagem da destinação final adotada o não envio aos aterros e lixões, não identificando nenhuma influência nos aspectos social e econômico. Entretanto há o reconhecimento da possibilidade de atendimento às três dimensões ao adotar uma destinação adequada como a utilização dos resíduos do pallet para o artesanato. Na prática,

denota-se a dificuldade da inserção do conceito, principalmente considerando os custos, todavia, nota-se um desejo em contribuir com ações sustentáveis de maneira a equilibrar as três dimensões, ambiental, social e econômica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo compreender como é realizada a destinação final e/ou reutilização de pallets já descartados e sem uso em uma empresa do ramo supermercadista de um município do Paraná e sua relação com a sustentabilidade.

Quanto a utilização, foi possível constatar que a empresa não realiza a aquisição de pallets, mas os obtém por meio dos fornecedores de mercadorias. Estes são utilizados, em todos os estabelecimentos da rede, para armazenagem, movimentação interna e externa dos materiais.

Ao atingirem a vida útil, os resíduos são queimados, sendo esta a forma de destinação final adotada. Há o reconhecimento que a prática não é sustentável e que existem alternativas, para melhor contribuição.

Considerando a relação da destinação com a sustentabilidade, observa-se um ganho ambiental referente ao não descarte dos resíduos em aterros ou lixões, benefício que pode ser contestado devido aos prejuízos ambientais da queima pela emissão de poluentes atmosféricos. Também não são identificados benefícios sociais e econômicos frutos do descarte dos pallets atualmente realizado, mas há um entendimento de que é possível atender às três dimensões, por meio de uma destinação adequada, além de se constituir como uma oportunidade à empresa refletida na demonstração de responsabilidade social.

Como perspectiva, há a compreensão de que está ocorrendo uma alteração na visão de gestores e da sociedade quanto a questões socioambientais, ainda que a passos lentos. Isso, poderá ser potencializado pelo investimento em formação refletida em consciência ambiental.

Assim, o estudo permite contribuir para acadêmicos, empresários entre outros interessados a identificar lacunas a serem discutidas e preenchidas a fim de confirmar a sustentabilidade no varejo como uma preocupação relevante. Como limitações do estudo, destaca-se a não abertura de outras empresas do ramo para possíveis comparações das práticas adotadas, além do tamanho da amostra para realização da entrevista. Para pesquisas futuras, sugere-se um estudo sob o ângulo do Plano de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais (PGRSI) abrangendo outros tipos de resíduos tais como papel, papelão e plástico, incluindo a análise e destinação final atribuída aos pallets por outros setores produtivos além de possíveis práticas inovadoras e socioambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-SHAFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, v. 27, n. 4, p. 1275-1290, dez., 2018.
- ACCORSI, R.; et al. Environmental impacts of reusable transport items: a case study of pallet pooling in a retailer supply chain. *Sustainability*, v. 11, n. 11, p. 3147-3160, jun., 2019.
- AGRAWAL, S.; SINGH, R. K. R. Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: triple bottom line approach. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 150, p. 104448-104459, nov., 2019.
- ALMEIDA, M. F. L.; MELO, M. A. C. Sociotechnical regimes, technological innovation and corporate sustainability: from principles to action. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 29, n. 4, p. 395-413, 2016.
- ALVARENGA, R. A. M. et al. Arranjo produtivo local e desenvolvimento sustentável: uma relação sinérgica no município de Marco. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 14, n. 5, p. 15-43, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SUPERMERCADOS - ABRAS. Segmento supermercadista cresce 5,11% no Brasil em 2020. 2020. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping.php?area=20&clipping=70302> Acesso em: 12 jun. 2020.
- BANGUERA, L. et al. Reverse and inverse logistic models for solid waste management. *South African Journal of Industrial Engineering*, v. 28, n. 4, p.120-132, dez., 2017.
- BARBIERI, J. C.; et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.
- BARBOSA, F. T. Uma abordagem teórica da logística, oportunidade de negócio: estudo de caso numa empresa de rebeneficiamento de pallets e papelão ondulado. *Revista CIENTEC*, v. 9, n. 1, p. 104-118, 2017.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOFF, L. *Sustentabilidade: o que é, o que não é*. Petrópolis: Vozes, 2017.
- BOUZON, M.; et al. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy delphi method and AHP. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 108, p. 182-197, 2016.
- BRASIL. Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe Sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas Para Serviços de Alimentação. Brasília, 2004.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 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. Brasília, 2010.
- CARRANO, A. L.; et al. Selection of pallet management strategies based on carbon emissions impact. *International Journal of Production Economics*, v. 164, p. 258-270, jun. 2015.
- CARRILLO-HERMOSILLA, J.; GONZALEZ, P. D. R.; KONNOLA, T. Eco-innovation: when sustainability and competitiveness shake hands. New York: Palgrave Macmillan, 2009.
- CINQUETTI, H. S. Lixo, resíduos sólidos e reciclagem: uma análise comparativa de recursos didáticos. *Educar*, v. 1, n. 23, p.307-333, 2004.
- CLARO, P. B. O.; CLARO, D. P.; AMÂNCIO, R. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, v. 43, n. 4, p. 289-300, 2008.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). Nosso futuro comum. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 5, p. 889-898, jul., 2017.
- DEVIATKIN, I.; et al. Wooden and plastic pallets: a review of life cycle assessment (ICA) studies. *Sustainability*, v. 11, n. 20, p. 5750-5767, out., 2019.
- ELKINGTON, J. Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. United Kingdom: Capstone Publishing Limited, 1997.
- FROTA, D. R. S.; et al. Barreiras ao desenvolvimento sustentável do agronegócio: a situação da logística reversa de embalagens de produtos agrotóxicos no estado do Ceará, Brasil. *Gestão de Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p.68-104, 2016.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p.1503-1510, 2012.
- GOVINDAN, K.; BOUZON, M. From a literature review to a multi-perspective framework for reverse logistics barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, v. 187, p. 318-337, jun., 2018.
- HANSEN, E. G.; GROSSE-DUNKER, F.; REICHWALD, R. Sustainability innovation cube: a framework to evaluate sustainability of product innovations. In: XX ISPIM CONFERENCE -THE FUTURE OF INNOVATION, 20., 2009, Vienna. Conference. Vienna: ISPIM, 2009. p. 1 -20.
- HERNÁNDEZ, C. MARINS, F. CASTRO, R. Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa. *Gestão da Produção*, v. 19, n. 3, p. 445-456, 2012
- HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste: a global review of solid waste management. Urban development and local government unit. The World Bank, Washington, DC., 2012.
- KLARIN, T. The concept of sustainable development: from its beginning to the contemporary issues. *Zagreb International Review of Economics and Business*, v. 21, n. 1, p. 67-94, maio, 2018.
- KOČÍ, V. Comparisons of environmental impacts between wood and plastic transport pallets. *Science of The Total Environment*, v. 686, p. 514-528, out., 2019.
- KURDVE, M.; et al. Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 304-315, jul., 2015.
- LORENZETTI, D. H.; CRUZ, R. M.; RICLIOLI, S. Estratégia empresarial e sustentabilidade: um modelo integrador. *Revista da Pós-graduação: Administração*, v. 2, n. 3, p. 33-57, 2008.
- LASZLO, C.; ZHEXEMBAYEVA, N. Embedded sustainability: the next big competitive advantage. New York: Routledge, 2017.
- MATA-LIMA, H., et al. Measuring an organization's performance: the road to defining sustainability indicators. *Environmental Quality Management*, v. 26, n. 2, p. 89-104, dez., 2016.
- MEDEIROS, M. O. O. Casa Palete: projeto residencial flexível com sistema construtivo alternativo. 2014. 90 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014
- MONTABON, F.; PAGELL, M.; WU, Z. Making Sustainability Sustainable. *Journal of Supply Chain Management*, v. 52, n. 2, p. 11-27, fev., 2016.
- MORGAN, T. R.; et al. Resource commitment and sustainability: a reverse logistics performance process model. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 48, n. 2, p. 164-182, 2018.
- MOURA, A. M. M.; ROMA, J. C.; SACCARO JÚNIOR, N. L. Problemas econômicos, soluções ambientais. In: *Boletim Regional, Urbano e Ambiental – IPEA*. n. 15, jul./dez., 2016.
- MARTINS, B. L. Gestão dos resíduos sólidos urbanos: análise documental e estudo comparativo entre aterro sanitário e incineração para geração de energia. 2017.

OKWESILI, J.; NDUKWE, C.; NWUZOR, C. I. Urban solid waste management and environmental sustainability in Abakaliki Urban, Nigeria. *European Scientific Journal*, v. 12, n. 23, p. 155-183, ago., 2016.

PAULA, A. P. P. Métodos de pesquisa em administração. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 9, n. 3, p. 217-219, set. 2005.

RIBEIRO J. C. B.; PANONT V.; BOLONHEZI, R. H. Ecodesign: aplicação do palete em projeto de design de interiores. *Revista Facnpar*, p. 94-114, 2015.

ROBERTSON, M. *Sustainability principles and practice*. 2 ed. New York: Routledge, 2017.

RYSZKO, A. Proactive environmental strategy, technological eco-innovation and firm performance: case of Poland. *Sustainability*, v. 8, n. 2, p. 156-176, 2016.

SOARES, A.; SILVA, C. G.; MELO, M. S. Logística reversa com ênfase no reuso de embalagens e paletes em uma empresa localizada em Osasco. *Revista Eletrônica dos Discentes da Faculdade Eça de Queiroz [online]*, n. 2, v. 2, p. 1-66, ago. 2013.

SOUZA, D. M.; SILVA, G. M.; CHATEAUBRIAND, A. D. Reuso de pallets na Associação de Idosos do Coroadó - ASSIC. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA, 4., 2016, Manaus. Seminário. [online], 2016.

TORNESE, F.; et al. Improving the environmental sustainability of pallet logistics through preemptive re-manufacturing: an integer linear optimization model. *15th IMHRC Proceedings, Savannah, Georgia, USA, 2018*.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 1 ed., 18 reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

VIALLI, A. *Upcycling, a nova fronteira da reciclagem*. Estadão: São Paulo, 2010. Disponível em: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/andrea-vialli/tag/upcycling/> Acesso em: 16 jul. 2020.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. *Sistemas de Logística Reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZANELLA, M. G.; et al. Oficina de mobiliário alternativo de pallets de madeira como prática de inclusão social. *Revista de Arquitetura Imed*, v. 6, n. 2, p. 111-127, 2017.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9957-225X>

SERGIO LUIS DIAS DOLIVERIA, Dr. | Professor Titular do Departamento de Administração, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). | Irati, PR – Brasil | Correspondência para: Rua Professora Maria Roza Zanon de Almeida, SN, Irati – PR, 84500-000 | E-mail: sldd@uol.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2490-6678>

FLAVIA MASSUGA, M.Sc. | Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) | Programa de Pós Graduação Interdisciplinar em Desenvolvimento Comunitário (PPGDC) | Irati, PR - Brasil | Correspondência para: Rua Miguel Agulham Júnior, 180, Jardim Virgínia, Irati-PR, 84507-208 | E-mail: flavia.massuga@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0282-2599>

SIMONE SOARES, M.Sc. | Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) | Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Comunitário (PPGDC) | Irati, Pr – Brasil | Correspondência para: Rua Abdalla M. Sarraf, 1010, Rebouças – PR, 84550-000 | E-mail: simosoares@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3993-7816>

RAQUEL TATIANE DE FÁTIMA PENDEK RIBEIRO | Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) | Graduação em Administração | Irati, Pr – Brasil | Correspondência para: Rua Custodio Martins N°81, D.E.R, Irati-PR, 84.502-386 | E-mail: raquel90ribeiro@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

DOLIVEIRA, Sergio Luis Dias; MASSUGA, Flavia; SOARES, Simone; RIBEIRO, Raquel Tatiane de Fátima Pendek. A Sustentabilidade Na Reutilização De Resíduos De Pallets De Madeira No Setor Supermercadista. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 93-104, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.93-104>.

DATA DE ENVIO: 28/06/2020

DATA DE ACEITE: 01/10/2020

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE COBERTURA ECOLÓGICA A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF PRODUCTION OF ECOLOGICAL COVERAGE FROM SOLID WASTE

MÁRCIO ARAÚJO DE SOUZA, M.Sc. | UNISUAM

LUCIO FÁBIO CASSIANO NASCIMENTO, Dr. | UNISUAM

KÁTIA ELIANE SANTOS AVELAR, Dra. | UNISUAM

RESUMO

Este estudo versa sobre a viabilidade de aproveitamento de fibras de coco e resíduos de polietileno (PEAD) para a produção de telhas em camadas para a construção civil. Esses resíduos têm demonstrado resultados consideráveis quanto a sua utilização na construção civil, possibilitando a produção de materiais de construção ecológica. Trata-se de uma revisão de literatura construída com base em textos científicos publicados em base de dados como, Scielo, Google Acadêmico e periódicos da Capes, selecionados entre os anos de 1997 a 2019. Além disso, foram considerados também alguns boletins técnicos de indústrias nacionais. Deste modo, realizou-se um levantamento comparativo dos dados obtidos para a associação desses resíduos incluindo a preocupação com os impactos ambientais relacionados ao processo de conformação das fibras, destacando o uso de adesivos biore-sinosos. Portanto, foi possível conhecer além dos parâmetros de associação, também os processos de produção de compósitos e de refusão do PEAD podendo ser aplicados à produção de materiais de construção como, por exemplo, telhas termoacústicas.

PALAVRAS CHAVE: resíduos de PEAD; fibras de coco; adesivo de tanino; telha ecológica; produto sustentável.

ABSTRACT

This study deals with the feasibility of using coconut fibers and polyethylene residues (HDPE) for production of layered tiles for civil construction. These residues have shown considerable results regarding their use in civil construction, enabling the production of environmentally friendly construction materials. This is a literature review based on scientific texts published in databases such as Scielo, Google Scholar and Capes journals, selected from 1997 to 2019. In addition, some technical bulletins from industries were also considered national. In this way, a comparative survey of the data obtained for the association of these residues was carried out, including the concern of the environmental impacts related to the fiber forming process, highlighting the use of bioresinous adhesives. Therefore, it was possible to know, in addition to the association parameters, also the HDPE composite and remelting production processes, which can be applied to the production of construction materials such as, for example, thermoacoustic tiles.

KEY WORDS: HDPE waste; coconut fibers; tannin adhesive; ecological tile; sustainable product.



1. INTRODUÇÃO

O atual padrão de consumo da sociedade estabelece uma relação de substituição de bens sem que efetivamente o produto tenha completado o seu ciclo de vida, impondo um verdadeiro processo de obsolescência planejada que nos tempos atuais, obrigatoriamente deve estar dentro dos limites da sustentabilidade. Tal processo pode ser definido como um conceito em que as mercadorias são fabricadas com um tempo útil predeterminado, com o intuito de que se tornem rapidamente obsoletas, aumentando o consumo e a economia (CARNEIRO, 2018).

Neste estudo, propõe-se o estímulo de produtos “verdes” e reciclados, favorecendo a obsolescência dos produtos não sustentáveis, fortemente utilizados na construção civil. Vale ressaltar que, diferentemente de produtos eletrônicos ou de utensílios triviais ao dia-a-dia, os produtos da construção civil tendem a ser substituídos com menor frequência, pois devem ser ofertados no mercado de modo que ofereçam segurança ao usuário dentro das normas vigentes.

Objetivou-se aqui levantar os parâmetros físico-químicos para averiguação da viabilidade técnica de produção de um material de construção. Nesse caso o material idealizado no estudo é uma telha termoacústica em camadas, uma de compósito de fibras de coco e duas de membranas de PEAD. Visa-se futuramente com a produção desse material, ofertar no mercado um modelo alternativo aos modelos convencionais, vindo de resíduos, possivelmente com menor custo de fabricação.

Nesse sentido, a presente revisão foi organizada em seis momentos importantes, destacando-se:

- a) no primeiro o aproveitamento de resíduos sólidos no Brasil e sua legislação vigente;
- b) no segundo uma breve descrição sobre materiais compósitos;
- c) no terceiro os dados relativos à fibra de coco (material de reforço);
- d) no quarto um levantamento sobre os adesivos e bioadesivos compatíveis com as fibras de coco para a produção de compósitos (matrizes);
- e) no quinto os dados dos resíduos de estudo, o PEAD;
- f) no sexto um resumo comparativo dos parâmetros físico-químicos dos materiais: fibras de coco; bioadesivo e resíduo de PEAD.

2. RESÍDUOS SÓLIDOS

Diversas iniciativas pelo país e no mundo têm sido realizadas com o propósito de reutilização dos resíduos sólidos orgânicos aproveitados desde a geração de energia à produção de diferentes produtos. Na grande maioria dos casos, os resíduos

não são tratados e vêm sendo dispostos inadequadamente no ambiente, muitas vezes, contaminação o solo, a água, entre outros impactos negativos. Infelizmente ainda existem poucas alternativas para a utilização dos resíduos vegetais produzidos no Brasil. Esses resíduos poderiam ser utilizados como matéria-prima gerando renda e trabalho e promovendo cidadania (DA SILVA ET AL., 2018); (SILVA et al., 2019).

A Lei Federal 12.305/2010 institui que, somente os resíduos não recicláveis poderão ser enviados aos aterros, porém esta realidade ainda se encontra distante do ideal. Nesse contexto, a construção civil pode e deve, cada vez mais, contribuir com a Lei se tornar mais sustentável.

O uso dos resíduos relaciona-se com a sua reciclagem. É necessário analisá-lo sob os aspectos relacionados à sua origem, para que se possa avaliar a viabilidade de sua utilização. Para isso, o Centro Nacional de Referência em biomassa (CENBIO) classifica os resíduos em industriais, rurais e urbanos. Além do conhecimento sobre as implicações físicas, químicas e biológicas dos resíduos no meio ambiente, é necessário ter conhecimento quanto aos aspectos legais do uso de resíduos, diretamente ligado à conservação ambiental (DA SILVA et al., 2018; PEREIRA, 2019).

Em acordo com os autores do parágrafo anterior, um resumo da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pode ser visto sob a forma da Lei nº 12.305/2010, que em seu Capítulo II, nos Artigos 6º e 7º dispõe sobre:

[...] Art.6º - São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

[...] VIII – refere-se ao reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

[...] Art. 7º - São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

[...] VI – incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insu-
mos derivados de materiais recicláveis e reciclados (BRASIL, 2010, p. 86).

Portanto, a destinação inadequada os resíduos, traz prejuízos ambientais. Além disso, constituiu uma atividade ilegal, sujeita às penalidades impostas por lei e destaca que os órgãos ambientais devem ser consultados, por apresentarem regulamentação própria quanto à disposição de resíduos (PEREIRA, 2019).

3. MATERIAIS COMPÓSITOS

São estruturas constituídas por dois ou mais materiais, formando outro material que se difere nas propriedades dos materiais de origem quando analisados isoladamente.

Basicamente um é um material produzido pela fase de reforço que tem como principais funções suportar o esforço aplicado ao material proporcionando rigidez, resistência, estabilidade térmica e, também, outras propriedades estruturais ligados por um tipo de matriz. Na figura 1 tem-se uma ilustração da formação de um material compósito (KOTIK, 2019).

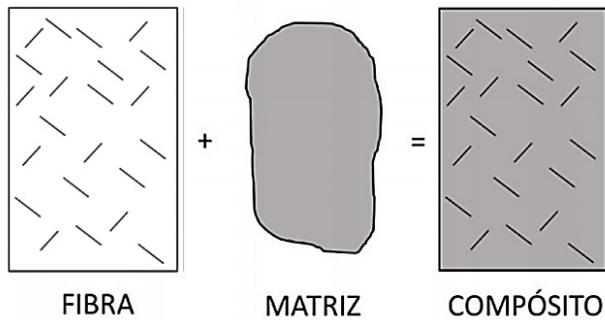


Figura 1: Representação da formação de material compósito reforçado por fibras
Fonte: elaborada pelo autor com base em Kreutz, 2020.

Podem ser classificados como: naturais ou híbridos. Entre os naturais podem ser citados: a madeira ou o osso constituinte de um organismo vivo. Já entre os híbridos, esses podem ser produzidos sobre duas formas, reforçados por partículas ou por fibras, naturais ou sintéticas. A matriz, por sua vez, pode ser composta por material metálico, cerâmico ou polimérico. Proporciona a forma estrutural ao material, transferindo o esforço mecânico para o reforço. Além disso, a matriz também isola as fibras ou partículas permitindo que cada fibra ou partícula possa agir isoladamente evitando assim a propagação de trincas, além de melhorar o acabamento superficial (KREUTZ, 2020).

4. FIBRAS DE COCO

Provenientes do coqueiro conhecido como coco-da-baía no Brasil, as fibras de coco são protetoras da amêndoa *nucifera*. Entre os vegetais do agronegócio destaca-se com importância socioeconômica na produção de água de coco ou albúmen para as indústrias de alimentos e cosméticos e gera grande quantidade de resíduos. (NUNES, 2009).

Na literatura, desde os estudos de Nunes (2009), o Brasil já era produtor anual de 1.116.969.000 frutos obtendo como subproduto cascas e fibras do coco. Porém, o aproveitamento de seus resíduos no Brasil ainda é modesto apesar de suas inúmeras potencialidades de uso, podendo ter vários destinos como: produção de painéis, geração de energia, substrato agrícola, artesanato, entre outros (ARAÚJO et al., 2018).

Em 2017, a porção nacional aproveitada de fibras de coco foi da ordem de 7 mil toneladas, em relação a uma parcela de 753 mil toneladas de cocos cultivada no país. Na produção mundial do fruto, conforme os dados da Organização da Agricultura e Alimentos, o Brasil aparece na 5ª posição no *ranking*, sendo superado apenas pela Indonésia, Filipinas, Índia e Sri Lanka (IBGE, 2018); (FAO 2018).

Existem três tipos de fibras: fibra branca longa, fibra marrom longa e fibra marrom curta. A fibra branca é extraída da casca do coco-verde com 8 a 10 meses de idade; é mais fina, mais longa e mais macia do que a fibra marrom. A fibra marrom longa pode ser fina ou grossa. As fibras marrons são extraídas de cocos maduros com aproximadamente 12 meses de idade. Cerca de um terço do material fibroso é constituído de fibras longas, e dois terços, de fibras curtas (NUNES, 2009).

4.1. Caracterização da Fibra de Coco

Advinda do fruto “coco” que possui formato ovalado com cerca de 30 cm de comprimento e em torno de 25 cm de diâmetro, conforme a ilustração na Figura 2, onde apresenta o epicarpo sendo a camada mais externa fina e lisa, o mesocarpo áspero e fibroso e o endocarpo bastante rígido, com uma grande cavidade central que contém a água do fruto. A casca (epicarpo) está associada ao mesocarpo de 3 a 5 cm de espessura, de onde se extraem as fibras do coco (REDDY; YANG, 2015).

Possuem alto teor de lignina como polímero de união das fibras celulósicas que aumenta a rigidez protegendo contra o ataque de microrganismos. Nesse sentido, apresentam-se como boas alternativas na produção de painéis. Estão entre as fibras lignocelulósicas são as que contêm o menor teor de celulose pura, e por isso, não se apresentam adequadas à indústria do papel. (DAMASCENO FILHO, 2018).



Figura 2: Estrutura do coco
Fonte: Mattos et al. 2011.

4.2. Obtenção e classificação da fibra de coco

Pouco se evoluiu em relação aos processos para a obtenção das fibras do coco. No Brasil, foram implantadas as primeiras unidades desfibradoras mecanizadas a partir da década de trinta. O processo inicia-se com a separação da casca do resto do fruto por meio de uma lâmina oval ou de máquina. Separadas as cascas, elas são submetidas à maceração, que consiste na imersão em água para a desagregação dos tecidos fibrosos. Tradicionalmente, são usados tanques ou reservatórios naturais de água (WIEDMAN, 2002).

A estrutura para a obtenção da fibra do coco é realizada por meio de um maquinário composto por prensa rotativa para a retirada de líquidos e outra para classificação e separação da fibra e do pó. Desta forma, com a extração desta umidade, possibilita também a retirada de sais para a seleção do material e adequação quanto ao nível de salinidade do pó obtido no processo (DE SOUZA et al., 2015).

A máquina selecionadora é equipada com um rolo de facas fixas e uma chapa perfurada. Nela o material é turbilhonado ao longo do seu eixo, fazendo com que o pó caia pela chapa perfurada e o restante do material continue o percurso. A casca é constituída por uma fração de fibras e outra denominada de pó. Como dito anteriormente, as fibras de coco são obtidas basicamente do mesocarpo e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina. Esse material apresenta baixa taxa de degradação, levando mais de 8 a 12 anos para completa decomposição *in natura* (DE SOUZA et al., 2015).

As fibras de coco podem ser classificadas em três tipos: “Fibras de fição”, os fios possuem formatos mais longos e finos, comumente são empregadas na indústria têxtil; “Fibras de escovas”, são mais curtas e grosseiras em relação às fibras de fição, normalmente usadas em escovas pincéis e as “Fibras de estofamento”, entre os três tipos são as mais curtas e aproveitadas como material de preenchimento e na produção de compósitos (DAMASCENO FILHO, 2018).

4.3. Propriedades físico-químicas da fibra do coco

Na estrutura do coco *nucifera*, as fibras do epicarpo e endocarpo possuem alto poder de impermeabilização diferentemente das fibras constituintes do mesocarpo. E as fibras do mesocarpo possuem além de resistência ao apodrecimento, elasticidade considerável, podendo alongar-se até 50% do seu tamanho sem se romper (SAVASTANO et al., 1997).

Além disso, apresentam baixa densidade, boa maleabilidade, alta porosidade, são inodoras, resistente à umidade, não são atacadas por roedores, não produzem

fungos, tem condutividade térmica baixa, portanto, são considerados materiais isolantes, térmico e acústico. Por possuir um percentual de celulose mediano e grande concentração de lignina, cerca de duas a quatro vezes os valores existentes em fibras como a juta e o sisal, as fibras de coco apresentam um melhor comportamento térmico em relação às demais (SENHORAS, 2003).

No quadro 1 abaixo, está apresentado um resumo das propriedades físico-químicas da fibra de coco.

PROPRIEDADE	PARÂMETRO
Massa Específica real (kg/m ³)	1,177
Alongamento na ruptura (%)	23,9 a 51,4
Resistência à tração (MPa)	95 a 118
Módulo de elasticidade (GPa)	2,8
Condutividade Térmica (W/mk)	0,043 a 0,045
Comportamento ao fogo	Classe B2
pH	5,4
Densidade (g/L)	70
Porosidade (%)	95,6
Retenção de água (ml/L)	538
Lignina (%)	35 a 45
Celulose (%)	23 a 43

Quadro 1: Propriedades do *Cocos nucifera*
Fonte: Savastano et al., 1997; Senhoras, 2003.

As fibras de coco apresentam propriedades físico-químicas adequadas para confecção de chapas para isolamento termoacústico, com alto ganho energético com refrigeração e redução de níveis sonoros de impacto e aéreos por possuir capacidade de absorver baixas frequências, além da resistência à degradação biológica (DE SOUZA et al., 2015).

5. ADESIVOS APLICÁVEIS NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS DE FIBRAS DE COCO

Os adesivos são polímeros formulados com endurecedores, normalmente a base de formaldeídos, que quando misturados transformam-se em um produto único de características irreversíveis (termorrígidos). Podem ser naturais de origem animal, vegetal ou com derivados de petróleo, como no caso dos acrílicos. Entre eles, os mais utilizados na indústria madeireira para a produção de compósitos destacam-se os de origem petroquímica, predominantemente à base dos bicomponentes: uréia-formaldeído (UF); fenol-formaldeído (FF); a melamina-formaldeído; o resorcinol-formaldeído; os adesivos termoplásticos como o polivinil-acetato (PVA), e, em menor escala, os adesivos de tanino vegetal (CARVALHO, A. G. et al., 2016).

Além desses, entre os polímeros utilizados em matrizes de compósitos (reforçados por dispersão de partículas) estão: o polimetil-meta-acrilato (PMMA); os poliuretanos (PU); a poliolefina termoplástica (TPO); o siloxano oligomérico (POSS) e as resinas, epóxi e fenólica. Em todas as opções, para que os adesivos se demonstrem eficientes, alguns pontos devem ser levados em consideração como: o coeficiente de expansão térmica dos materiais a serem colados; a relação de pH para que não ocorra o ataque químico indesejável na peça a ser colada; a resistência mecânica; a resistência térmica; a resistência a fadiga do material, e o tempo de vida da peça em condições ambientais diversas (RENDA et al., 2015).

5.1. Classificação dos adesivos

Existem diferentes classificações para os adesivos destinados à colagem de produtos similares. A classificação desses adesivos pode ser baseada na resistência à umidade e suas temperaturas de cura (CARVALHO et al., 2016).

A classificação quanto à resistência à umidade se resume em ser à prova ou não d'água. Já a classificação por temperatura fundamenta-se em relação à cura dos adesivos e é dividida em três categorias sendo elas: alta (superiores a 90°C), média (entre 30 e 90°C) e baixa (temperaturas abaixo de 30°C) (DE MENDOZA, 2017).

Entre os adesivos resinosos existem aqueles que são classificados como termofixos ou termorrígidos, que são os polímeros resistentes a altas temperaturas, mantendo-se indeformáveis e outros que são termoplásticos. Os materiais termoplásticos tendem a tornarem-se fluidos quando aquecidos e apresentam potencial capacidade de liberação de gases tóxicos quando ultrapassados suas temperaturas críticas (DE MENDOZA et al., 2017).

5.2. Bioadesivos compatíveis com compósitos de fibras vegetais

As bioresinas referem-se a qualquer tipo de resina que tenha em sua formulação ao menos um componente de origem vegetal atuando como substituto de substância similar de origem petroquímica. Entre elas: polilactatos; poliésteres alifáticos-aromáticos; poliuretanos a partir de óleos vegetais; poliamidas via proteína de mamona e bioresinas (DE SOUZA SILVA et al., 2019).

De acordo com os estudos de Wiedman (2002), entre elas têm sido utilizadas as bioresinas fenólicas na produção de compósitos, desenvolvendo-se produtos diversos, além daqueles voltados para a construção civil. No caso da produção de prensados a partir da fibra do coco, pode-se utilizar basicamente as seguintes resinas: o Líquido da Castanha do Caju (LCC); a poliuretana de óleo de mamona (PU) e o tanino.

O LCC foi desenvolvido pela "Aglodeste" (Aglomerados do Nordeste Ltda), uma das empresas que fazem parte da incubadora PADETEC da Universidade Federal do Ceará. Outra opção é a resina poliuretana de óleo de mamona obtida a partir do óleo extraído de sementes de mamona (*Ricinus communis*). As resinas PU usadas como aglomerantes para revestimentos poliméricos são do tipo elásticas e, em seu estado endurecido, têm características de borracha dura. Na construção civil, a resina poliuretana (PU) de óleo de mamona se apresenta como alternativa a materiais betuminosos na impermeabilização de lajes (SILVA et al., 2018).

No Brasil, o adesivo de tanino é comercializado pela empresa "Tanac S.A." que, atualmente, é a única a produzir a bioresina no país e está localizada em Montenegro, a 60 km de Porto Alegre/RS. A produção de tanino se dá a partir da casca da Acácia Negra. A empresa, desde sua fundação, a partir de 1984, passou também a produzir adesivos para madeira que apresentam custo, em média, 15 a 20% inferior à resina fenólica sintética. Além disso, apresenta pH entre 6,6 a 6,9, ou seja, próximos da neutralidade, o que quimicamente indica baixa reatividade com outras substâncias (TANAC, 2020).

Os taninos são compostos fenólicos biodegradáveis com capacidade de formar complexos proteicos e estão presentes na forma hidrolisada e condensada em cascas, folhas e frutos. Destaca-se como fonte mais comum de taninos, principalmente no Brasil, a Acácia Negra, vegetal responsável por mais de 90% da produção mundial de tanino. Essa substância é solúvel em diversos solventes, tais como álcool, éter, acetona e água. Além disso, o tanino pode reagir com formol, resultando em uma resina termorrígida, como a ilustrada na Figura 3 (PALEARI, 2014).

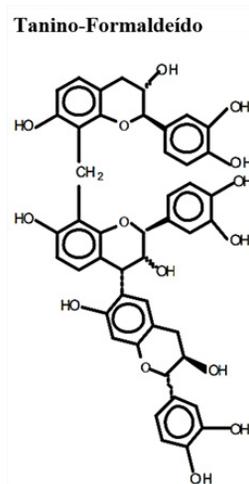


Figura 3: representação química do adesivo à base de tanino-formaldeído
Fonte: TANAC, 2020.

Os taninos são compostos fenólicos biodegradáveis com capacidade de formar complexos proteicos e estão presentes na forma hidrolisada e condensada em cascas, folhas e frutos. Destaca-se como fonte mais comum de taninos, principalmente no Brasil, a Acácia Negra, vegetal responsável por mais de 90% da produção mundial de tanino (PALEARI, 2014).

Segundo Wiendman (2002), o uso do adesivo com formaldeído resulta em uma chapa menos suscetível ao inchamento do que com as resinas UF, devido à sua constituição química com estruturas polifenólicas de cadeias hidrofóbicas reduzindo esse risco.

6. RESÍDUOS PLÁSTICOS

Os resíduos plásticos são materiais poliméricos recicláveis que representam mais de 80% do total de materiais poliméricos consumidos no mundo e possuem propriedades que possibilitam diferentes aplicações em setores produtivos como os da: construção civil, da automotiva, de embalagens, entre outros. Nesta seção objetiva-se apresentar uma breve visão sobre os resíduos plásticos com ênfase nos termoplásticos destacando-se entre eles o polietileno de alta densidade (PEAD). (JAÉN, 2019).

Os termoplásticos tornam-se fluidos quando submetidos a uma temperatura acima do "ponto de amolecimento", o que possibilita que esses sejam refundidos diversas vezes. Em contrapartida, os termofixos permanecem com sua rigidez inalterada com a temperatura, permitindo sua fusão apenas uma vez (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO, 2018).

Possuem resistências consideráveis ao impacto, são bons isolantes térmicos e de baixo custo. A reciclagem desses materiais está relacionada à separação que depende da classificação e eliminação das impurezas, podendo ser realizada de maneira manual ou automática. Para facilitar a triagem do material a ser reciclado, a norma NBR 13230 padroniza os símbolos que identificam cada tipo de plástico. A Figura 4 ilustra os símbolos adotados pela ABNT para os tipos de plásticos, facilitando a sua separação.

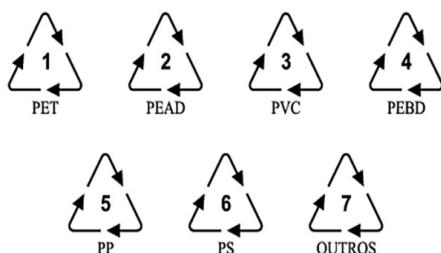


Figura 4: Símbolos utilizados para materiais plásticos em processos de reciclagem
Fonte: ABNT, 2008.

Na figura acima cada numeração corresponde a uma sigla:

- 1 - PET (tereftalato de polietileno)
- 2 - PEAD (polietileno de alta densidade)
- 3 - PVC (Policloreto de Vinila)
- 4 - PEBD (Polietileno de baixa densidade)
- 5 - PP (Polipropileno)
- 6 - PS (poliestireno)
- 7 - Outros plásticos.

A reciclagem é "um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas ou químicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos..." (Brasil, 2010). E segundo Al-Salem et al., (2010) os processos de reciclagem dos plásticos podem ser classificados em quatro categorias:

- a) primária; conhecida como reciclagem mecânica ou física, diferenciando-se apenas pela origem dos resíduos plásticos a serem reciclados, pós industrial na primária e pós-consumo na secundária (SPINACÉ; PAOLI, 2005).
- b) secundária; caracterizada pelo reprocessamento dos plásticos pós-consumo por meios mecânicos, para a sua posterior utilização na fabricação de produtos (AL-SALEM et al., 2010).
- c) terciária que também é conhecida como reciclagem química, os resíduos plásticos são convertidos em pequenas moléculas, como óleos, hidrocarbonetos e monômeros, adequados como matéria-prima para produção de novos plásticos.
- d) quaternária ou de reaproveitamento de energia que consiste na queima do resíduo a fim de se obter energia em forma de calor, vapor e eletricidade (AL-SALEM et al., 2010).

No caso do processo de recuperação energética, seja por meio da incineração ou por métodos termoquímicos, ambos contribuem para a redução no volume de resíduos, porém alguns polímeros que contêm cloro e flúor, por exemplo, podem causar problemas durante a combustão devido a emissão de HCl (cloreto de hidrogênio) ou HF (fluoreto de hidrogênio) e dioxinas (SPINACÉ; PAOLI, 2005).

Existem formas distintas de se reciclar os resíduos plásticos. O processo de reciclagem depende das condições específicas do material e da viabilidade técnica, econômica e ambiental. Contudo, destaca-se a reciclagem mecânica como a mais vantajosa do ponto de vista industrial por apresentar menor custo, por ser mais confiável e pelo grande volume de resíduos plásticos pós-consumo disponíveis (HAMAD et al., 2013).

6.1. Polietileno de alta densidade (PEAD)

Segundo Faria (2002), um dos grandes problemas de reciclagem dos materiais poliméricos relaciona-se ao descarte de tais produtos como as poliolefinas (PEAD, PEBD e PP) para reciclagem do material. Esses resíduos poliméricos industriais são relativamente fáceis de reciclar porque a sua contaminação geralmente é insignificante e quando aquecidos, podem ser fundidos formando um compósito resistente inclusive à intensa radiação solar.

Para a seleção dos termoplásticos utilizaram-se basicamente os critérios do ponto de fusão abaixo de 200°C, pois acima desta temperatura os materiais podem apresentar instabilidade química liberando gases tóxicos (JAÉN, 2019).

Entre os termoplásticos apresentados, o de interesse do presente artigo é o PEAD por ser abundante, de fácil reciclagem, baixa reatividade e boa resistência mecânica mesmo quando exposto a radiação solar. No Quadro 2 a seguir, apresentam-se os dados característicos do polietileno de alta densidade.

PROPRIEDADES	VALOR
Ponto de Fusão (°C)	130
Temperatura Max. de processamento (°C)	210
Condutividade térmica (W/m.K)	0,37
Densidade média (g/cm ³)	0,96
Limite de resistência à tração (MPa)	16,8
Tensão de escoamento sob tração (MPa)	24,9
Tensão de esc. sob compressão (Mpa)	21,3
Módulo de elasticidade à tração (MPa)	880

Quadro 2: Propriedades básicas do PEAD
Fonte: Faria, 2002.

De acordo com Faria (2002), as propriedades mecânicas do PEAD reciclados são muito próximas às propriedades do material virgem tendo a vantagem de custar em média metade do valor do material. Além disso, o PEAD constitui um termoplástico com boas propriedades para associação aos compósitos de fibras vegetais, principalmente usando o processo de prensagem.

7. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS MATERIAIS DE ANÁLISE

Nesta seção são demonstrados os dados relativos aos parâmetros físico-químicos para comparação e análise da compatibilidade dos materiais de estudo: fibras de coco; adesivo de tanino e resíduos de PEAD. Entre os dados anteriormente demonstrados nos quadros 1 e 2, destacam-se relevantes, a temperatura como parâmetro físico e o pH como químico.

Basicamente para a produção de um produto como o idealizado neste estudo (telha em camadas) é necessário saber se a temperatura de cura do adesivo escolhido é compatível com o material de reforço (fibras de coco). Trata-se da averiguação de compatibilidade de temperaturas de trabalho de materiais diferentes. O tanino foi considerado por além de ser um bioadesivo, atualmente é o único disponível no mercado nacional.

No quadro 3 apresentam-se as temperaturas úteis de trabalho desses materiais. Tratam-se das temperaturas em que os materiais deverão encontra-se ao mesmo tempo em situação de alta temperatura.

Componentes	Ponto de Ignição Médio (°C) em pressão ambiente	Temperatura de Cura (°C) a 25 kgf/cm ² e 15 s / mm	Temperatura de moldagem (°C)
PEAD	350	20 a 80	160 a 190
Fibras de Coco	200 a 210	-----	-----
Adesivo de tanino	520 a 530	150 a 160	-----

Quadro 3: Faixas de temperaturas dos materiais analisados
Fonte: Adaptado de Lira et al., 2014.

Comparando os pontos de ignição dos três componentes pode-se estabelecer uma temperatura de compatibilização para que não ocorra a degradação dos materiais.

Em relação ao parâmetro de temperatura, de acordo com o quadro 3, a faixa de valores de produção do material compósito pode ocorrer em torno de 150°C a 160°C, visto que as fibras de coco podem resistir a temperaturas superiores a essa faixa. Já para a temperatura de trabalho para o reuso dos resíduos de PEAD, percebe-se a faixa de 160°C a 190°C sem comprometer as propriedades do material plástico.

Com relação ao parâmetro químico pH, sabe-se que materiais com pHs diferentes tendem a reagir. Sabe-se que o PEAD exibe baixa reatividade química e o adesivo de tanino, conforme boletim técnico Tanac, possui faixa de pH em torno de 6,6 a 6,9. Dessa forma comparando esses valores de pH com o das fibras de coco, no quadro 1, verifica-se que a associação desses materiais é quimicamente possível uma vez que não ocorrerá reação, ou seja, um material não terá ação corrosiva sobre o outro.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a os dados obtidos da literatura e da comparação dos parâmetros físico-químicos de temperatura e pH, verificou-se a viabilidade técnica de compatibilização dos resíduos do coco e PEAD para a produção de uma telha em camadas com propriedades de isolamento térmico e acústico vindas das fibras de coco.

A partir do que foi demonstrado nas pesquisas publicadas até o presente momento, outro ponto revelado com a comparação desses parâmetros foi à demonstração da viabilidade técnica de produção de um compósito de fibras de coco com uma resina de origem vegetal.

Além disso, verificou-se a possibilidade da aplicação de outros tipos de bioadesivos, contudo seus parâmetros físico-químicos não foram levantados nesta pesquisa por não estarem disponíveis no mercado seguidos de seus respectivos boletins técnicos.

Acerca do polímero escolhido para o estudo, verificou-se que o PEAD se demonstra com uso potencial, visto a sua abundância no Brasil de forma de residual e de simples reciclagem.

Por fim, conclui-se que no Brasil, o gerenciamento de resíduos sólidos ainda se encontra distante do desejável. Todos os resíduos analisados se encontram visíveis por onde quer que se caminhe, muitas vezes, lamentavelmente descartados no meio ambiente de modo ilegal.

REFERÊNCIAS

AL-SALEM, S.M; LETTIERI, P; BAEYENS, J. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: from re-use to energy and chemicals. **Progress in Energy and Combustion Science**, [S.l.], v. 36, p. 103-129, 2010.

ARAÚJO JR, C.P.A.; COAQUIRA, C.A.C.; MATTOS, A.L.A.; SOUZA, M.D.S. M.; Andrade Feitosa, J.P.; MORAES, J.P.S.; ROSA Rosa, M.F. Binderless fiberboards made from unripe coconut husks. **Waste and Biomass Valorization**, v.9, n.11, p.2245-2254, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO - ABIPLAST. **Perfil 2018** - Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/10/perfil2018-web_VC.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13230**. Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. São Paulo, 2008.

BRASIL. **Lei nº 12.305/2010**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 23 mai. 2020.

CARNEIRO, L.P. Obsolescência planejada e suas implicações no âmbito do Direito Ambiental e do Consumidor. **Direito-Araranguá**, 2018.

CARVALHO, A.G. et al. Adesivos naturais e sintéticos em

painéis compensados. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 7, n. 1, 2016.

COCO VERDE, disponível em:<<http://www.cocoverderj.com.br/imprensa/Setor-Reciclagem-Projeto-Coco-Verde-RJ.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2020.

DAMASCENO FILHO, F.E. **Utilização da fibra de coco como proposta de substituição de cimento em tijolos ecológicos de solo-cimento**: uma análise físico-mecânica. Trabalho monográfico. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.

DA SILVA et al. Reaproveitamento sustentável dos resíduos da noz macadâmia. 2018. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3377>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

DE ASSIS PASSOS, P.R. Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

DE MENDOZA et al. Aspectos gerais sobre adesivos para madeira. **Multitemas**, v. 22, n. 51, 2017.

DE SOUZA SILVA, B. P. et al. PRODUÇÃO DE ADESIVO A PARTIR DA LIGNINA RESIDUAL DE PROCESSO INDUSTRIAL. In: **MOCCIF19-4ª Edição da Mostra Científica e Cultural do IFSP Suzano**. 2019.

DE SOUZA, E.S. et al. Aplicação da fibra de coco no processo de isolamento termo acústico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 233-245, 2015.

FAO STAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Production**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/GA>>. Acesso em: 11 mai. 2020.

FARIA, A.C.A. Análise macromecânica de compósitos poliméricos reciclados. 134f. **Dissertação de mestrado**. DEMEC/UFMG, Belo Horizonte, 2002.

IBGE/LSPA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. (2018). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>>. Acesso em: 02 abri. 2020.

ISOMIL: Catálogo do fabricante. Disponível em: <<https://www.isomil.com.br/fabrica-telhas-sanduiche-rj>>. Acesso em: 29 mai. 2020

JAÉN, M.; ESTEVE, P.; BANOS-GONZÁLEZ, I. Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, n. 16, v. 1, p. 1501-1517, 2019.

KOTIK, H.G. Fibras naturais e compósitos reforçados com fibras naturais: a motivação para sua pesquisa e

desenvolvimento. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 24, n. 3, 2019.

KREUTZ, J.C. et al. Propriedades mecânicas e térmicas de compósitos de poliestireno e MDF. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2019.

LIRA, J.O.B; SILVA, K.C.G da; ANDERSEN, S..LF. Estudo das características de combustão de resíduos sólidos da região nordeste utilizando análise termogravimétrica. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Anais. 2014.

MATTOS, A.L.A. et al. **Beneficiamento da casca do coco verde**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. 37 p. Disponível em: <http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3830.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2020.

NAKAMURA, A.P.D. **Propriedades de painel biocompósito produzido com fibras de coco-da-baía e ácido cítrico como adesivo**. 2018.

NUNES, M.U.C; DOS SANTOS, J.R. **Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos de coqueiro gigante para produção de adubo orgânico, compostagem e outras**. Embrapa Tabuleiros Costeiros - Capítulo em livro científico (ALICE), 2009. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000giw3qz5o02wx5ok05vadr1u5iye30.html#>>. Acesso em: 17 mai. 2020.

PALEARI, T.H. Coagulantes naturais e coagulante químico para o tratamento de efluente de indústria de café solúvel. **Trabalho de Conclusão de Curso**, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Londrina, 2014.

PASSOS, P.R.A. **Destinação sustentável de cascas de coco (cocos nucifera) verde**: Obtenção de telhas e chapas de partículas. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/ppassos.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PEREIRA, E.V. **Resíduos sólidos**. Editora Senac, São Paulo, 2019.

RENDA, C.G. et al. **Estudo da resina fenólica fenol/formaldeído e sua aplicação como matriz na preparação de nanocompósitos poliméricos contendo nanotubos de carbono**. 2015.

SAVASTANO JR., H.; NOLASCO, A.M.; OLIVEIRA, L. Disponibilidade de resíduos de alguns tipos de fibra vegetal, no Brasil, para uso em componentes de

construção. In: SEMINARIO IBEROAMERICANO 1997 DE MATERIALES COMPUESTOS FIBRORREFORZADOS, 1., y REUNION PROYECTO PIP VIII.5 CYTED, 3., Santiago de Cali, mai. 1997. Memorias. Santiago de Cali, Universidad del Valle/Cyted, 1997. p.128-32.

SENHORAS, E. **Estratégia de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco**. Campinas: Ed. ESC, 2003.

SILVA, E.J. da et al. **Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada**: propriedades físicas e durabilidade. **Matéria** (Rio de Janeiro), v. 23, n. 3, p.1-19, 2018.

COLEN, A.G.N. et al. Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 326-363, 2019.

SPINACÉ, M.A. da; PAOLI, M.A. de. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, [S.I.], v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

TANAC S.A. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/especialidades>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

WIEDMAN, G.A. Fibra de coco e resinas de origem vegetal para produção de componentes de mobiliário e da construção civil. **Tese de doutorado**. Universidade de São Paulo, 2002.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0727-1431>

MÁRCIO ARAÚJO DE SOUZA, M.Sc. | USISUAM - Centro Universitário Augusto Motta | Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ. | e-mail: marcimaraújo@jodesouza@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3484-145X>

LUCIO FÁBIO CASSIANO NASCIMENTO, Dr. | Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ. | e-mail: lucionascimento@souunisuam.com.br

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7883-9442>

KÁTIA ELIANE SANTOS AVELAR, Dra. | Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta, UNISUAM, Rio de Janeiro, RJ. Correspondência para: Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local. Avenida Paris, 84, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21.041-020 | e-mail: katia.avelar@gmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

SOUZA, Márcio Araujo de; NASCIMENTO, Lucio Fábio Cassiano; AVELAR, Kátia Eliane Santos. Análise De Viabilidade De Produção De Cobertura Ecológica A Partir De Resíduos Sólidos. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 105-114, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.105-114>.

DATA DE ENVIO: 29/08/2020

DATA DE ACEITE: 29/01/2021

SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DO VESTUÁRIO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SEGMENTO MODA FESTA

SUSTAINABILITY IN THE CLOTHING INDUSTRY: CASE STUDY IN A COMPANY IN THE PARTY FASHION SEGMENT

STELLA TELLES BARROS, M.Sc. | UFU

VIVIANE G. A. NUNES, PhD. | UFU

RESUMO

O “progresso” desenfreado especialmente relacionado ao Setor da Moda tem gerado uma série de impactos econômicos, sociais e ambientais, facilmente identificados através de desequilíbrios como a degradação ambiental e a poluição. A partir desse cenário, buscou-se compreender a relação entre a Sustentabilidade e o Sistema Produtivo das Indústrias do Vestuário, com o objetivo de investigar alternativas para sistematizar práticas produtivas voltadas a esse setor estimulando, principalmente, a sustentabilidade ambiental dos processos. Por meio de um estudo de caso em uma indústria do vestuário do segmento de Moda Festa na cidade de Uberlândia/MG, este trabalho, de natureza qualitativa e caráter exploratório, analisa e discorre sobre o Sistema de Moda e seus elementos, como também, sobre os princípios do Design Sustentável. As reflexões sobre sustentabilidade e moda foram baseadas no referencial teórico mencionado e permitiram identificar o nível de maturidade sustentável da empresa bem como as ações sustentáveis já realizadas. Os resultados gerados contemplam diretrizes gerais para a sistematização gradual de ações voltadas para a sustentabilidade, as quais permitirão orientar as empresas, especialmente do Segmento Moda Festa, a progredir continuamente em direção ao crescimento de seu nível de maturidade sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Moda e sustentabilidade; Design e moda; Ciclo produtivo na indústria do vestuário; Segmento moda festa

ABSTRACT

The unbridled progress, especially that related to the Fashion's Segment, has generated a series of economic, social and environmental impacts easily identified through unbalanced conditions such as environmental degradation and pollution. From this scenario, we sought to understand the relationship between Sustainability and the Apparel Industry Productive System, with the objective of investigating alternatives to systematize productive practices for the apparel industry, mainly stimulating the environmental sustainability of the processes. Through a case study in a clothing industry in the Fashion Party segment in the city of Uberlândia/MG, this work, of a qualitative nature and exploratory character, analyzes and discusses the Fashion System and its elements, as well as the principles of Sustainable Design. The reflections on sustainability and fashion were based on the mentioned theoretical framework and allowed to identify the company's sustainable maturity level and the actions already achieved. The obtained results include general guidelines for the gradual systematization of actions focused on sustainability, which will enable companies especially those from the Fashion Party segment to continuously progress towards the growth of their level of sustainable maturity.

KEYWORDS: Fashion and sustainability; Design and fashion; Productive cycle in the clothing industry; Party fashion segment



1. INTRODUÇÃO

Devido ao “progresso” descontrolado, o planeta tem enfrentado, como consequência, uma série de impactos econômicos, sociais e ambientais, os quais são facilmente identificados através de desequilíbrios como a degradação ambiental e a poluição. Diante desse cenário, torna-se cada vez mais necessário, especialmente aos designers e demais profissionais atuantes no Setor Moda, investigar novos caminhos, conhecimentos e formas de pensamento para conciliar o inevitável desenvolvimento econômico com a preservação ambiental (KAZAZIAN, 2005).

O desenvolvimento do presente estudo deve-se ao interesse pelas áreas de Design de Moda, da Sustentabilidade e do Sistema Produtivo das Indústrias da Moda e do Vestuário. De acordo com o Sindicato das Indústrias do Setor do Vestuário de Uberlândia (SINDIVESTU) existem na cidade cerca de 150 micro e pequenas empresas: um quarto delas produz mensalmente a média 5.500 peças e 46% lançam coleções, com criações próprias, mais de quatro vezes ao ano. As empresas possuem o apoio do sindicato na capacitação para melhoria do desempenho na gestão, produção, uso de tecnologias e ações de mercado, buscando o fortalecimento das indústrias do vestuário de Uberlândia nos negócios globalizados (FIEMG/SINDIVESTU, 2019).

Das 150 micro e pequenas empresas existentes na cidade, 45 delas são do segmento Moda Festa. Tomando como referencial de estudo as Indústrias do Vestuário no segmento Moda Festa da cidade de Uberlândia, percebe-se que durante o processo de desenvolvimento dos produtos são geradas e acumuladas diversas tipologias de resíduos sólidos, tais como retalhos, aviamentos, tubos plásticos e papéis, os quais são descartados sem qualquer real preocupação quanto ao seu destino final. Dos resíduos sólidos produzidos pelas indústrias do vestuário, destaca-se a grande quantidade de resíduos têxteis (retalhos) gerada, devido à dificuldade em descartá-la e pelo fato de estes serem provenientes de uma das matérias-primas mais valiosas das confecções, os tecidos (FIEMG/SINDIVESTU, 2019).

De acordo com Ávila et al. (2018), a cadeia produtiva da moda abrange dois sistemas: o têxtil e o de vestuário. Em ambos os sistemas encontramos práticas que geram resíduos sólidos provenientes da confecção, sendo que grande quantidade das sobras e retalhos é destinada para o descarte inadequado no meio ambiente.

Em Uberlândia, de acordo com o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), a quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos no mês de maio de 2018 foi de 14.802 toneladas, já em maio de 2019 foram produzidas 16.380 toneladas. Ainda segundo o DMAE, em 2019

2,2% dos resíduos sólidos destinados à coleta pública foram têxteis, ressaltando que esse valor compreende às pequenas confecções, roupas e tecidos descartados pela população na coleta comum e que a cidade não possui um sistema específico para a coleta e a quantificação dos resíduos têxteis industriais.

A partir desse cenário, este trabalho busca compreender a relação entre a Sustentabilidade e o Sistema Produtivo das Indústrias do Vestuário, com o objetivo de investigar alternativas para sistematizar práticas produtivas voltadas a esse setor estimulando, principalmente, a sustentabilidade ambiental dos processos. Por meio de revisão de literatura e estudo de caso em uma indústria do vestuário do segmento de Moda Festa na cidade de Uberlândia/MG, o trabalho, de natureza qualitativa e caráter exploratório, analisa e discorre sobre o Sistema de Moda e seus elementos, sobre os princípios do Design Sustentável e apresenta um grupo de diretrizes.

2. DESIGN E SUSTENTABILIDADE: ANÁLISE DO CICLO PRODUTIVO DO VESTUÁRIO

Há algumas décadas uma série de autores tais como Stahel (1982), Papanek (1995), Manzini e Vezzoli (2002) e Kazazian (2005), dentre outros, têm discorrido sobre possíveis caminhos do Design voltado para a Sustentabilidade, sendo algumas destas publicações grandes influenciadoras de ações e pesquisas sobre o tema.

No entanto, O'Brien (2018 apud CESCHIN e GAZIULUSOY, 2020) afirma que, para alcançarmos a sustentabilidade, são necessárias transformações de comportamentos e práticas que formam os sistemas e as estruturas das sociedades, quebrando paradigmas que influenciam na maneira de viver das pessoas. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2016), por exemplo, em 2050 serão necessários três planetas Terra para sustentar o atual estilo de vida da humanidade.

Ainda nos anos 1989/1990, Holanda e Austrália se mobilizaram para desenvolver dois grandes projetos patrocinados pelo governo, o Ecodesign e o EcoReDesign, respectivamente, no sentido de estimular práticas mais sustentáveis de produção a partir de uma visão mais ampliada. Segundo Manzini e Vezzoli, (2002), a preocupação do Ecodesign deve, porém, ocorrer desde o início do ciclo de vida do produto até o seu final, ou seja, abranger desde a extração das matérias-primas, percorrendo o caminho da fabricação, da distribuição, pelo uso e até o descarte final do produto.

Observa-se que os caminhos propostos pelo Ecodesign permitiram identificar e direcionar o perfil dos impactos ambientais causados pelos produtos em todas

as fases do ciclo de vida, pois, ao avaliar qual a etapa do ciclo de vida do produto gera maiores impactos ambientais negativos, é possível criar orientações estratégicas para essa etapa com intervenções que sejam sustentáveis (MANZINI e VEZZOLI, 2002; SAMPAIO et al, 2018; CESCHIN e GAZIULUSOY, 2020). Assim sendo, as orientações propostas pelo Ecodesign exigem dos designers uma compreensão maior e mais sistêmica sobre os impactos causados em suas decisões dentro das empresas (CESCHIN e GAZIULUSOY, 2020).

O Ecodesign é, portanto, um importante componente das estratégias voltadas para a inovação sistêmica e de longo prazo. Após consolidar seus conceitos e ferramentas, hoje, está direcionadando às práticas gerenciais e estratégicas. Pigosso, Rozenfeld e McAlloone (2013 apud CESCHIN e GAZIULUSOY, 2020), buscam apoiar as práticas de Ecodesign nas empresas, dizendo que é possível diagnosticar seu atual nível sustentável, e permitindo desenvolver roteiros estratégicos para incentivar tais práticas internamente.

Sampaio et al. (2018) também abordam o tema, afirmando que a adoção das estratégias sustentáveis pelas organizações depende do seu estágio de maturidade quanto à sustentabilidade, valendo a ressalva de que esse estágio independe do nível de adoção do design pela organização. Significa que uma empresa pode ter um grau elevado de conhecimentos sobre design e ainda assim não possuir absolutamente nenhum nível de sustentabilidade integrado aos seus critérios para o desenvolvimento de projetos.

Os níveis de maturidade discutidos por Sampaio et al. (2018) são apresentados na Tabela 1.

Níveis de Maturidade Sustentável de uma Empresa	
1º Inatividade	Nenhum conhecimento sobre os problemas ambientais ligados aos seus negócios; nenhuma prática em prol do meio ambiente.
2º Consciência	Início do aprendizado sobre os impactos ambientais gerados pelo negócio; busca por conhecimentos sobre a sustentabilidade.
3º Experimentação Reativa	Busca por soluções ambientalmente melhores e/ou práticas consideradas como disfarce (sem conhecimento da empresa).
4º Experimentação Proativa	Adoção inicial de práticas ambientais isoladas nos produtos, serviços e processos (motivo: aumento da consciência ambiental ou exigências dos clientes).
5º Expansão	Aumento dos projetos com preocupações ambientais, embora nem todos coordenados e interligados (motivo: crença no impacto positivo das ações ou cobranças de regulamentos e leis).
6º Gestão Integrada	Ações ambientais coordenadas sistematicamente e integradas envolvendo todos os seus aspectos.

7º Atuação Ampliada	Atuação interna e influência externa sobre padrões de produção e consumo, legislações e regulamentos ligados ao meio ambiente.
----------------------------	--

Tabela 1 - Níveis de Maturidade Sustentável de uma empresa.
Fonte: Autores. Baseado em SAMPAIO et al (2018).

Nesse sentido, entendemos que o Ecodesign representa um grande suporte para que as empresas adotem estratégias sustentáveis; porém, as ações dependem do grau de maturidade que a instituição possui quanto à sustentabilidade e não apenas do seu nível de incorporação do design. Também vale a ressalva de que o Ecodesign baseia-se em todo o ciclo de vida do produto e propõe aos designers orientações que exigem maior compreensão sobre os impactos causados em suas decisões.

2.1. Ciclo de vida do produto

É fundamental compreender o ciclo de vida do produto como algo além do tempo de durabilidade, mas como todo o processo de criação, desde o seu nascimento (quando os recursos necessários para a produção dos materiais que o compõe são extraídos) até a sua morte (último tratamento desses materiais após o uso dos produtos, ou seja, um “conjunto de atividades e processos, cada um deles absorvendo certa quantidade de matéria e de energia, operando uma série de transformações e liberando emissões de natureza diversas” (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p. 91). O INMETRO (2018, apud SAMPAIO et al, 2018) também conceitua o Ciclo de Vida como a junção, na totalidade, das etapas necessárias para que um produto complete todas as fases fundamentais na cadeia produtiva, desde a extração, passando pelo processamento da matéria prima chegando ao descarte final.

Manzini e Vezzoli (2002) delimitam as fases fundamentais da cadeia produtiva como cinco, sendo elas: 1) Pré-Produção, 2) Produção, 3) Distribuição, 4) Uso e 5) Descarte.

Ao analisar cada etapa do Ciclo de Vida de um produto, é perceptível que dentro de cada uma delas existem *inputs* (insumos, energia, água) gastos na produção e descarte, como também *outputs* (emissões e resíduos) desses processos. O conceito apresentado pelo Cradle-to-Cradle trabalha os resíduos como nutrientes para novas cadeias ou Ciclos de Vida adicionais, por isso vale a pena destacar que após ou paralelamente à fase de descarte, existem outras etapas que devem ser abordadas. Nesse sentido, o fluxo de materiais pode ser desacelerado e o Ciclo de Vida prolongado adotando-se, também, as etapas de 1) Reutilização, 2) Restauração e 3) Reciclagem (MANZINI e VEZZOLI, 2002; FLETCHER e GROSE, 2011; BRAUNGART e MCDONOUGH, 2013; SAMPAIO et al 2018).

Realizar a análise do Ciclo de Vida dos produtos como um suporte para o desenvolvimento de projetos permite prever e amenizar os impactos causados ao meio-ambiente e verificar como as mudanças no processo de projetar podem alterar estes impactos. A seguir, tomando como base os estudos realizados pelos autores Manzini e Vezzoli (2002), Fletcher e Grose (2011) e Braungart e McDonough (2013), abordaremos cada uma das etapas propostas para o Ciclo de Vida dos Produtos (Figura 1).



Figura 1 - Ciclo de Vida do Produto.
Fonte: Organizado pelas autoras, baseado em Manzini e Vezzoli (2002), Fletcher e Grose (2011) e Braungart e McDonough (2013).

Em todas estas etapas do Ciclo de Vida, sempre haverá interferências na natureza, seja em forma de recursos retirados dela, seja em forma de resíduos do processo lançados no espaço natural. Espera-se, portanto, do designer que ele esteja consciente ao definir as especificações necessárias a cada uma dessas etapas, buscando soluções ecologicamente corretas que sejam viáveis e possam ser adotadas. Mesmo adotando estratégias, procedimentos e materiais corretos, reconhecemos a dificuldade de evitar todas as consequências. Porém, pequenas ações em apenas uma das etapas do projeto, por exemplo, também são consideradas medidas preventivas ou corretivas em relação aos impactos ambientais negativos.

2.1.1. Ciclo Produtivo da Indústria da Moda

De acordo Fletcher e Grose (2011), a indústria da moda ainda é muito criticada e tem sido forçada às mudanças pelos processos de sustentabilidade, visando atingir uma postura mais eficiente, respeitosa e menos poluente. Essas mudanças direcionam o setor para o entendimento da interconectividade de suas operações. A visão ampliada do Ciclo de Produção e Consumo do produto de moda pode criar oportunidades de intervir nos impactos sociais e ambientais, buscando alcançar a sustentabilidade continuada.

Fletcher e Grose (2011) discutem o ciclo produtivo da Indústria da Moda, elencando cinco etapas do processo 1) Materiais, 2) Processos, 3) Distribuição, 4) Cuidados do Consumidor e 5) Descarte. As autoras também ressaltam a importância de se pensar de forma sustentável em cada uma das etapas. Cabe destacar que o ciclo produtivo aqui apresentado retrata processos gerais da indústria da moda cujas etapas, dependendo das dimensões da empresa, poderão ser ampliadas e/ou suprimidas (Figura 2).



Figura 2 - Ciclo produtivo da Indústria da Moda.
Fonte: Organizado pelas autoras, baseado em Fletcher e Grose (2011).

2.1.2. Ciclo Produtivo da Indústria do Vestuário

De forma complementar às autoras Fletcher e Grose (2011), apresentamos outro Ciclo Produtivo, voltado para as Confecções, desenvolvido pela AUDACES. A empresa brasileira fundada em 1992, e situada em Florianópolis/Santa Catarina, produz tecnologias direcionadas para a indústria do vestuário em mais de 70 países. No e-book "O ciclo de desenvolvimento da peça de vestuário" (AUDACES, 2015), a empresa divide o Ciclo Produtivo das Confecções em três grandes grupos sendo eles: Criação, Desenvolvimento e Produção. Cada um dos grupos é composto por etapas, sendo divididos conforme se segue:

- Criação: composta pelas seguintes etapas: 1) pesquisa de venda; 2) criação de mix de produto; 3) pesquisa e criação, e 4) de engenharia.
- Desenvolvimento: composta pelas seguintes etapas: 1) modelagem; 2) pilotagem; e 3) divulgação para vendas.
- Produção: composta pelas seguintes etapas: 1) planejamento e controle da produção (PCP); 2) corte (encaixe, risco, enfesto e corte); 3) etapa costura; 4) beneficiamento e 5) acabamento.

A proposta da empresa AUDACES (2015) para o Ciclo Produtivo da Indústria do Vestuário (Figura 3) foi selecionada por abordar o ciclo de forma mais abrangente, visto que a empresa busca desenvolver tecnologias que possam

fornecer apoio produtivo em todas as etapas. Quando a comunicação e a ligação entre as etapas do ciclo são realizadas de forma eficiente, é possível evitar desperdícios de tempo e de matéria prima e aumentar a produtividade.

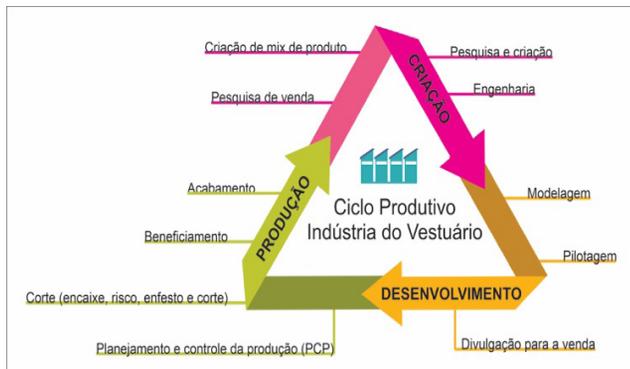


Figura 3. Ciclo produtivo da Indústria do Vestuário.
Fonte: Autores. Baseado na abordagem da AUDACES (2015).

3. O CASO DA EMPRESA X MODA FESTA: DESCRIÇÃO E ANÁLISE

De acordo com o SINDIVESTU, o município de Uberlândia configura-se como grande polo das Indústrias do Vestuário no segmento Moda Festa (FIEMG/SINDIVESTU, 2019). Esse contexto, associado à atuação prévia no setor da moda e às preocupações com a sustentabilidade orientou a definição da pesquisa e a seleção do objeto de estudo aqui apresentado. Assim, após a revisão de literatura e as análises de dados do contexto local, a empresa foi selecionada por possuir as seguintes características:

- Estar localizada na cidade de Uberlândia;
- Pertencer ao segmento Moda Festa;
- Estar consolidada no mercado há 15 anos;
- Trabalhar com o sistema de pronta entrega, o que garante a produção de mais de uma peça por modelo;

Vale mencionar que, embora a empresa não tenha solicitado anonimato, optou-se por denominá-la *X Moda Festa*, a fim de resguardar sua privacidade.

Situada na cidade de Uberlândia/MG, a microempresa iniciou suas operações em agosto de 2005. De acordo com a terminologia adotada pela própria empresa, seu público-alvo é formado, principalmente, por jovens senhoras (40 anos a 50 anos) e senhoras (50 anos em diante) no segmento Plus Size, mas também destina parte de sua coleção ao público jovem (17 anos a 39 anos) e mais ousado. Trabalha com o sistema de pronta entrega, não atendendo ao público sob medida. A empresa atende muitas cidades da região como Uberaba, Patrocínio, Abadia dos Dourados, Monte Carmelo e Frutal, não possuindo clientes

na cidade onde está situada. Além disso, não possui site próprio e opta por manter páginas em redes sociais para realizar suas divulgações.

Em termos de estrutura produtiva, a *X Moda Festa* é de único proprietário e conta, atualmente, com dez funcionários trabalhando dentro da empresa e 28 terceirizados. Com produção média mensal de 170 peças, atende boutiques e lojas de aluguel de todo o Brasil; entretanto a maior parte da sua produção está destinada às regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Com relação ao processo de produção e organização interna dos setores, a empresa desenvolve atividades de: Criação, Modelagem e Pilotagem, Corte, Tingimento, Costura, Bordado, Acabamento, bem como o Estoque peças prontas, descritas a seguir.

O estudo de caso foi realizado por meio de entrevistas com o proprietário da empresa juntamente a visitas técnicas realizadas nos dias 27 de fevereiro e 04 de março de 2020. O protocolo de entrevista foi elaborado seguindo as orientações propostas pela AUDACES (2015), Fletcher e Grose (2011) e Manzini e Vezzoli (2002), buscando compreender o ciclo de produção da confecção.

3.1. Ciclo Produtivo da *X Moda Festa*

Após a realização das visitas técnicas e da entrevista, as informações foram reunidas e analisadas, podendo nos orientar quando à forma produtiva da empresa, conforme descrita a seguir. Serão apresentadas duas etapas, sendo: 1) Etapas de Materiais e Processos; e 2) Etapas Subsequentes.

3.1.1. Etapas de materiais e processos

As etapas de Pesquisa de Venda, Criação de Mix de Produtos, Pesquisa e Criação, e Engenharia são realizadas simultaneamente, sendo o proprietário da empresa o responsável pelos resultados. Segundo informado na entrevista, existe uma abertura para sugestões de toda a equipe, principalmente da modelista e bordadeiras.

• CRIAÇÃO

As pesquisas realizadas são referentes às tendências mundiais de modelos, matéria prima e cores. Tendo como base a pesquisa de tendências, os modelos são criados (a empresa não realiza cópias) e os materiais (tecidos e aviamentos) que serão usados nas coleções são escolhidos, considerando-se a disponibilidade em estoque. Para completar os materiais faltantes (principalmente tecidos com cores que se igualam à cartela de cores definida), a empresa possui uma gama fornecedores (como importadores nacionais), mas ressalta que seria mais viável possuir apenas um para atender a toda sua demanda de cores. Os importadores estão localizados principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais e os fabricantes dos tecidos e pedrarias são da China.

Em geral, as coleções são compostas por 60 modelos, sendo divididos da seguinte forma: a) 10 modelos destinados ao público de jovens senhoras. b) 8 modelos ousados e elaborados, com alto custo de produção atendendo ao público de formandas e mães de noivos. c) média de 42 modelos para atender aos convidados de eventos tais como casamentos de fim de tarde, mais lisos e com pouco bordado.

Para a criação dos modelos, o proprietário apresenta suas ideias à modelista, que desenvolve os desenhos juntamente com ele. Na sequência, os desenhos são estilizados, mas possuem informações técnicas quanto ao tipo de tecido e quantidade usada, acabamentos e detalhes de modelagem, compondo assim a ficha-técnica da peça.

O proprietário também desenvolve os desenhos/riscos dos bordados em parceria com as bordadeiras pilotistas. Destaca-se aqui a criação de estampas exclusivas (serviço terceirizado): mesmo desenvolvendo poucas peças estampadas, a empresa busca o diferencial de oferecer estampas próprias. As fichas-técnicas são guardadas em um catálogo da coleção.

• DESENVOLVIMENTO

A profissional responsável pelos processos de Modelagem e Pilotagem é a modelista. Após a definição dos modelos, seguindo tabela de manequins com medidas padronizadas pela empresa, a profissional faz a interpretação em moldes de papel. De forma manual, utilizam-se as técnicas de modelagem plana e tridimensional (moulage/draping) e durante o processo são realizados os testes para correções. Os moldes, depois de finalizados, contêm informações importantes que funcionam como orientações no processo de corte. A peça piloto é confeccionada juntamente com a modelagem, passando constantemente pela avaliação do proprietário da empresa e, ao final do processo, ambas estão aprovadas - modelagem base e peça piloto. Quando necessário, a peça piloto segue para a bordadeira pilotista realizar os bordados que também servirão como referência para as outras profissionais. A modelagem base e a peça piloto são feitas apenas em um tamanho, definido pelo proprietário de acordo com o modelo para posteriormente, ao final da coleção, também ser destinada para a venda. Durante a produção da peça piloto, o modelo também é precificado; assim, o proprietário consegue definir se os custos para a produção da peça são viáveis.

A equipe responsável pelo processo de Divulgação para as Vendas é composta pelo proprietário, pela gerente de produção e pelos representantes. Para a divulgação são utilizadas as peças pilotos e o portfólio, sendo o portfólio produzido após as peças piloto serem fotografadas. A divulgação

é realizada basicamente de duas formas: representantes e participação em feira de negócios. A empresa possui quatro representantes sendo que dois fazem a divulgação por meio dos mostruários e os outros dois fazem com os produtos de pronta entrega. Em média, eles dedicam uma semana para as divulgações na região próxima à Uberlândia e dois meses para a região Sul e para o estado de São Paulo.

A *X Moda Festa* já participou de outras feiras de negócios no Brasil, mas hoje participa apenas do Minas Trend (Feira de Moda Mineira que recebe expositores, compradores e formadores de opinião do todo o mundo), sendo a sua 14ª participação (desde o ano de 2013). Na feira, a empresa faz a captação de clientes das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

• PRODUÇÃO

Nas etapas de Planejamento e Controle da Produção (PCP), Corte, Costura, Beneficiamento e Acabamento, o proprietário conta com o apoio da gerente de produção. A profissional, supervisionada pelo proprietário, cuida da organização e do planejamento das etapas sincronizando os fluxos da produção de acordo com as necessidades. As vendas realizadas pelos representantes são repassadas para a empresa diariamente; na sequência, a gerente de produção repassa os pedidos para a modelista e é nesse momento que se realiza a gradação dos moldes, de acordo com a grade vendida. Após a grade de moldes pronta, o pedido segue para o setor de corte, o qual conta com dois profissionais sendo a cortadeira e o seu auxiliar.

O processo de corte é realizado totalmente de forma manual. Primeiro o encaixe (posicionamento dos moldes sobre o tecido) é planejado, visando maior aproveitamento, e riscado. Posteriormente, os tecidos são enfiados (folhas de tecido sobrepostas) e cortados por máquinas operadas pela cortadora e por seu auxiliar. Após essa etapa, as peças cortadas são separadas e encaminhadas às costureiras. A gerente de produção também verifica o estoque de tecidos e pedrarias, avaliando se a empresa possui a quantidade para a fabricação dos pedidos feitos. Vale ressaltar que a verificação de estoque é realizada constantemente, antes da liberação dos pedidos, para evitar alguma dificuldade posterior na finalização do processo.

Atualmente, a *X Moda Festa* conta com três costureiras internas e outras três terceirizadas, que recebem as peças cortadas além da peça piloto para servir de guia na produção. Após as peças prontas, elas são encaminhadas para o setor de bordado; no local é feita a separação da pedraria e, novamente, as peças são enviadas

para as bordadeiras terceirizadas, sendo 25 profissionais. Finalizada a etapa de bordado, a peça retorna para a empresa e vai para o setor de acabamento. Duas profissionais são responsáveis por três procedimentos sendo: verificar se as costuras e o bordado das peças seguem as orientações da peça piloto; passar as peças e, por fim, etiquetar. Depois de finalizadas, as peças prontas seguem para o setor de estoque.

3.1.2. Etapas Subsequentes

• DISTRIBUIÇÃO

Depois de finalizadas as peças, a gerente de produção faz a separação de acordo com os pedidos, embala e encaminha para os clientes por meio de transportadoras, sendo o transporte custeado pela *X Moda Festa*.

• CUIDADOS DO CONSUMIDOR E DESCARTE DE PEÇAS

A empresa, em parceria com as boutiques, realiza os ajustes necessários no momento da venda, entretanto reparos no pós-venda não são realizados. A empresa também não possui um sistema de acompanhamento ou recolhimento das peças após o tempo de uso dos clientes.

• CUIDADOS COM RESÍDUOS

A *X Moda Festa* não acompanha o quantitativo de retalhos que são produzidos pela empresa. A separação dos retalhos é realizada de acordo com a classificação de tamanho e tipo de tecidos, da seguinte forma: os retalhos extremamente pequenos são descartados; as rendas são todas reaproveitadas na própria produção da empresa; os retalhos de malha são doados para uma artesã que produz tapetes para a venda (e oferece alguns para uso da empresa). No caso dos retalhos de tecido médios, estes são destinados a outra artesã que produz colchas de retalhos para uma instituição de caridade. Os retalhos grandes são reaproveitados pela própria empresa na produção de capas de almofadas para as funcionárias.

3.2. Análise do Ciclo Produtivo da *X Moda Festa*

Partindo das orientações sobre o Ciclo de Vida dos Produtos sugerido por Manzini e Vezzoli (2002), sobre o Ciclo Produtivo na Indústria da Moda abordado por Fletcher e Grose (2011) e sobre o Ciclo Produtivo da Indústria do Vestuário abordado pela AUDACES (2015), foi realizada a análise do Ciclo Produtivo da empresa *X Moda Festa*. A análise seguiu a mesma divisão de etapas e fases citadas pelos autores (Tabela 2).

ANÁLISE – CICLO PRODUTIVO – <i>X Moda Festa</i>		
Etapas	Fase	Subfases

Materiais e Processos	Criação	•Pesquisa de Venda; •Criação de Mix de Produto; •Pesquisa e Criação; •Engenharia;
	Desenvolvimento	• Modelagem; • Pilotagem; • Divulgação para venda;
	Produção	•Planejamento e Controle da Produção (PCP); •Corte (encaixe, risco, enfesto e corte); •Costura, beneficiamento e acabamento
Distribuição	Sem divisão	
Cuidados do consumidor	Sem divisão	
Descarte	Sem divisão	

Tabela 2 - Divisão de etapas referência para a análise do Ciclo Produtivo da empresa *X Moda Festa*
Fonte: Autores

Além dos autores citados, utilizou-se ainda a referência de Sampaio et al. (2018) no trecho em que os autores destacam que a adoção das estratégias sustentáveis pelas organizações depende do seu estágio de maturidade quanto à sustentabilidade. Por esse motivo, a análise buscou compreender quais as ações sustentáveis que a empresa já possui e quais poderiam ser adotadas para ampliar o seu estágio de maturidade (Tabela 3).

Níveis de Maturidade Sustentável de uma Empresa
1º INATIVIDADE
2º CONSCIÊNCIA
3º EXPERIMENTAÇÃO REATIVA
4º EXPERIMENTAÇÃO PROATIVA
5º EXPANSÃO
6º GESTÃO INTEGRADA
7º ATUAÇÃO AMPLIADA

Tabela 3 - Níveis de maturidade Sustentável que as empresas podem apresentar (SAMPAIO et al., 2018)
Fonte: Autores.

A análise dessa perspectiva permitiu compreender que o proprietário da *X Moda Festa*, mesmo não possuindo formação em Design, possui valores pessoais que conduzem a empresa rumo à sustentabilidade direcionando adotando ações sustentáveis. Entretanto, conforme demonstram os autores Manzini e Vezzoli (2002), Fletcher e Grose (2011) e AUDACES (2015) percebe-se que é possível adotar mais ações com o intuito de ampliar o nível de maturidade sustentável da empresa. A Tabela 4 apresenta algumas possibilidades identificadas.

SÍNTESE DO ESTUDO DE CASO – AÇÕES SUSTENTÁVEIS	
Etapa: Materiais e Processos	
FASE - CRIAÇÃO	
AÇÕES SUSTENTÁVEIS ADOTADAS	AÇÕES SUSTENTÁVEIS POSSÍVEIS
<ul style="list-style-type: none"> • Constante avaliação do estoque: verificação de tecidos, pedrarias e retalhos de rendas para utilização nas coleções; • Tingimento de tecidos, pedrarias e rendas em estoque para adequação de cartela de cores; 	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha de fornecedores comprometidos com a produção de tecidos provenientes de fibras de menor impacto; • Atenção às condições de trabalho dos funcionários; • Escolha de fornecedores nacionais;
FASE - DESENVOLVIMENTO	
AÇÕES SUSTENTÁVEIS ADOTADAS	AÇÕES SUSTENTÁVEIS POSSÍVEIS
<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de modelagem, peça piloto e ficha técnica, ferramentas essenciais para prever falhas, custos e direcionar quanto aos acabamentos; • Produção de peça piloto conforme perfil do cliente (medidas); • Modelagem apenas na grade vendida, sem desperdício de tempo e recursos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Tingimento de tecidos e aviamentos com tintas não poluentes, contribuindo para a não contaminação da água e solo e do profissional no setor; • Digitalização de moldes para facilitar a realização da grade de tamanhos e do plano de corte; otimizar o tempo das tarefas e armazenar digitalmente.
FASE - PRODUÇÃO	
AÇÕES SUSTENTÁVEIS ADOTADAS	AÇÕES SUSTENTÁVEIS POSSÍVEIS
<ul style="list-style-type: none"> • Estratégia do Planejamento e Controle da Produção (PCP) com fabricação guiada pelas vendas, evitando desperdício de insumos e tempo, minimizando espaço para estocagem; • Produção orientada por ficha-técnica e peça piloto garante qualidade e padrão dos produtos, reduzindo erros e desperdícios de insumos e tempo; • Separação de retalhos e destinação a outras profissionais que transformam produzem novos produtos; • Fornecimento de moldes e fichas técnicas d coleções passadas para pequenas confecções, estimulando os pequenos fabricantes; • Redução da produção, garantindo a qualidade dos produtos e o bem-estar da equipe; 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização do processo de mapeamento (encaixe) dos moldes para o corte pode reduzir a geração de retalhos.
ETAPAS SUBSEQUENTES	
Distribuição, Cuidados do Consumidor e Descarte	
AÇÕES SUSTENTÁVEIS ADOTADAS	AÇÕES SUSTENTÁVEIS POSSÍVEIS
<ul style="list-style-type: none"> • Auxílio aos clientes no momento da venda, quando há a necessidade algum ajuste da peça. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio aos usuários no pós-venda, ofertando um sistema de reparos, reformas e até mesmo a coleta de peças usadas, quando não forem mais do interesse das clientes.

Tabela 4 - Síntese das ações sustentáveis já realizadas pela empresa e as ações sustentáveis possíveis
Fonte: Autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguindo os princípios do Design sustentável e tendo como objeto de estudo uma microempresa do segmento moda festa na cidade de Uberlândia, a pesquisa teve como principal objetivo orientar as Indústrias do Vestuário quanto às ações sustentáveis possíveis de serem adotadas durante seu ciclo produtivo. Ressalta-se que, além dos critérios sustentáveis voltados ao meio ambiente, devido à grande importância para o setor de moda, o estudo não pode deixar de abranger questões voltadas ao âmbito social e econômico, entendendo que os três estão conectados.

Ao analisarmos as atitudes sustentáveis adotadas pela *X Moda Festa*, mesmo de forma tácita, ou seja, sem a consciência da amplitude de suas práticas, percebemos que a empresa transita entre dois níveis de maturidade (SAMPAIO et al., 2018):

- o 2º nível de maturidade – CONSCIÊNCIA - pois se preocupa com soluções para destinar de maneira adequada os retalhos produzidos, ampliando seu foco sobre as implicações ambientais geradas pelo negócio e buscando conhecimentos sobre o assunto e;

- o 3º nível de maturidade - EXPERIMENTAÇÃO REATIVA - pois busca práticas melhores, tanto ambientais quanto sociais; entretanto, a empresa ainda não reconhece a total importância das práticas.

Após todos os estudos realizados, entende-se que são possíveis adaptações graduais e transformações no atual modelo de produção das Indústrias do Vestuário no segmento Moda Festa, com características semelhantes às identificadas no estudo de caso realizado na cidade de Uberlândia. As adaptações poderão orientar as empresas em direção à sustentabilidade, transformando suas práticas cotidianas em ações mais sistematizadas e controladas, de forma a influenciar no seu nível de maturidade e ampliar sua consciência sustentável, especialmente dentro do segmento Moda Festa, mas não restrito a ele.

Observa-se que, atualmente, o maior conhecimento da sociedade sobre os impactos negativos causados pela produção industrial tem contribuído para que, cada vez mais, as empresas adotem princípios sustentáveis em suas práticas e estratégias de negócios (MANZINI e VEZZOLI, 2002; FLETCHER e GROSE 2011). Entretanto, é importante ressaltar que a transição rumo à sustentabilidade é um processo de longo prazo, mas que demanda ações imediatas, em diferentes escalas, e que possibilitem ampla colaboração e o acompanhamento permanente dos envolvidos, visto que envolvem recursos humanos e

financeiros. Somente a partir de uma transformação coletiva das práticas cotidianas de produção e consumo será possível contribuir, efetivamente, para reduzir os impactos ambientais decorrentes do modelo produtivo vigente.

REFERÊNCIAS

- AUDACES. O ciclo de desenvolvimento da peça de vestuário. Ano 2015. Disponível em < <https://www.audaces.com/materiais-educativos/page/5/> >. Acesso em: 15/07/2018.
- AVILA, Ana Paula S.; MACIEL, Dulce M. H.; SILVEIRA, Icléia; RECH, Sandra 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, out-mar. 2018. ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: 15/08/2019 <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2018.v4.n3.15-22>
- BRAUNGART, M. MCDONOUGH, W. *Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente*. Tradução: Frederico Bonaldo. 1º Ed. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.
- CESCHIN, F; GAZIULUSOY, Í. *Design for Sustainability: A Multi-level Framework from Product to Socio-technical Systems*. 1. ed. Londres e Nova York: Routledge, 2020. 187 p. <https://doi.org/10.4324/9780429456510-1>
- DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto. Disponível em: < <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/coleta-de-residuos/> >. Acesso em: 29/06/2020.
- FIEMG/SINDIVESTU. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais / Sindicato das Indústrias do Vestuário de Uberlândia. Perfil Econômico do Setor. Disponível em: < <http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=8094> >. Acesso em: 15/08/2019.
- FLETCHER, K.; GROSE, L. *Moda & Sustentabilidade: design para mudança*. Tradução: Janaína Marcoantônio. São Paulo: Editora Senac, 2011, 192 p.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. Os requisitos ambientais dos produtos industriais*. São Paulo: EdUSP, 2002.
- KAZAZIAN, Thierry. *Haverá a idade das coisas leves*. Tradução de Eric Roland René Heneault. São Paulo: Ed. Senac, 2005.
- PAPANEEK, V. *Arquitetura e Design: Ecologia e Ética*. Edições 70. Lisboa, Portugal, 1995
- PIGOSSO, D. C. A., ROZENFELD, H., & MCALOONE, T. C. *Ecodesign maturity model: A management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies*. *Journal of Cleaner Production*, n.59, 2013, p.160-173.
- SAMPAIO, C. P. et al. *Design para a sustentabilidade: dimensão ambiental*. Curitiba, PR: Insight, 2018. 183 p; 15 x 21 cm.
- STAHEL, W. *The Product-Life Factor*. In ORR, S. G (edited by). *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector*. HARC Houston Area Research Center, 1982, 72-96p.
- VEZZOLI, C. et al. *Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos / Carlo Vezzoli, Cindy Kohtala, Amrit Srinivasa; traduzido por Aguinaldo dos Santos*. - Curitiba, PR : Insight, 2018. 178 p.; 15 x 21 cm

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9722-120X>

STELLA TELES BARROS, M.Sc. | Universidade Federal de Uberlândia | PPGAU/FAUED | Uberlândia/MG |
Correspondência para: Alameda Vicente de Paulo Affonso, 179, Residencial Gramado, Uberlândia. MG. CEP: 38401-612 | e-mail: stbarros1@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3357-4492>

VIVIANE DOS GUIMARÃES ALVIM NUNES, PhD | Universidade Federal de Uberlândia | PPGAU/FAUED | Uberlândia/MG |
Correspondência para: Av. João Naves de Ávila, 2121. Bloco 1i, sala 240. Campus Santa Monica. Uberlândia/MG, 38408-100 | e-mail: viviane.nunes@ufu.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

BARROS, Stella Telles; NUNES, Viviane 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, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.115-124>.

DATA DE ENVIO: 30/07/2020

DATA DE ACEITE: 12/11/2020

TELHADO VERDE: ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A DRENAGEM DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

GREEN ROOF: SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR SURFACE FLOW

ETHEL GERALDO CANABRAVA NETO | UFMS
ALESKA KAUFMANN ALMEIDA, M.Sc. | UFMS
IZABEL RODRIGUES LEITE, M.Sc. | UFMS
JOSÉ ANTONIO GUARIENTI | UFMS
ISABEL KAUFMANN DE ALMEIDA, Dra. | UFMS

RESUMO

A drenagem urbana sustentável é técnica que visa manter as paisagens naturais e diminuir as áreas impermeáveis, como ocorre quando da implantação do telhado verde. O telhado verde é uma alternativa a ser considerada para os grandes centros urbanos, consistindo na cobertura vegetal de uma edificação, seja sobre laje ou telhado convencional. Neste trabalho foram investigados aspectos e fatores que podem afetar a qualidade do armazenamento do escoamento superficial do telhado verde, bem como sua contribuição ambiental e econômica. Assim, foram analisadas características externas, como clima e estações do ano, e características internas, relacionadas à estrutura física do telhado. Também foram averiguadas as políticas públicas de incentivo à implementação desse tipo de cobertura. O telhado verde contribui para a gestão da drenagem urbana, auxiliando na captação das águas pluviais, podendo melhorar a qualidade do ar e da água e diminuir a sobrecarga do escoamento.

PALAVRAS CHAVE: Águas pluviais; Drenagem Sustentável; Redução do escoamento; Inundação; LID.

ABSTRACT

Sustainable urban drainage is a technique that aims to maintain natural landscapes and reduce impermeable areas, such as when the green roof is implanted. Green roof is an alternative to consider for large urban centers, consisting of the vegetation cover of a building, either on slab or conventional roof. In this work we investigated aspects and factors that may affect the quality of the green roof surface runoff storage, as well as its environmental and economic contribution. Thus, external characteristics such as weather and seasons, and internal characteristics related to the physical structure of the roof were analyzed. Public policies that encourage the implementation of this type of coverage were also investigated. The green roof contributes to urban drainage management, assisting in the capture of rainwater and can improve air and water quality and reduce runoff overload.

KEY WORDS: Rainwater; Sustainable Drainage; Reduction of flow; Flood; LID.



1. INTRODUÇÃO

A relação entre o ambiente construído e o natural deve ser concebida integrando as características da vida e do clima locais, visando o conforto e a sustentabilidade ambiental. Ambos os ecossistemas, terrestres e aquáticos são, drasticamente, e muitas vezes irrevogavelmente, alterados durante o processo de urbanização (PICKET et al., 2001; PAUL e MEYER, 2001). Segundo Costanza et al. (1997), os principais serviços ecossistêmicos eliminados ou consideravelmente desgastados são: regulação e suprimento de água, controle de erosão e retenção de sedimentos, ciclagem de nutrientes, regulação do clima e mudanças no tratamento de resíduos. Os desastres ocorrem pelas superfícies impermeáveis e pela construção de estruturas feitas pelo homem em áreas altamente desenvolvidas que estão por trás do decaimento ambiental (ARNOLD e GIBBONS, 1996). Segundo Mentens, Raes e Hermy (2006) a urbanização contínua envolve o uso insustentável de sistemas naturais e gera numerosos problemas dentro e fora das cidades. Amplas áreas impermeabilizadas são criadas, seja por meio da pavimentação das cidades, seja pela diminuição da vegetação, refletindo na formação de um efeito conhecido como ilha de calor urbano, no qual há acréscimo na temperatura local como resultado da substituição de áreas verdes por concreto, uma vez que estes retêm maior calor que a vegetação (OKE, 1987). Para White (2002), há redução de infiltração da água no solo, sobrecarregando a rede de drenagem, principalmente durante os períodos de chuva, quando o escoamento superficial é extremamente alto.

A aplicação de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto (Low Impact Development - LID) é uma alternativa para minimizar os efeitos da urbanização. Trata-se de técnica de drenagem urbana sustentável que visa manter paisagens naturais e reduzir áreas impermeáveis como, por exemplo, biorretenção de água ou jardins de chuva, utilização de pavimentos permeáveis ou implantação de telhado verde (DIETZ, 2007). Segundo Ferguson (1998), para minimizar o escoamento superficial ocasionado pelas chuvas, ferramentas que aumentam a retenção de água, como reservatórios de armazenamento e tanques, onde a água pode ser acomodada temporariamente, e áreas verdes, onde a água pode infiltrar e evaporar, são as melhores alternativas. Para minimizar os problemas causados pela pavimentação impermeável das cidades, deve-se implantar áreas verdes. No entanto, o alto custo dos terrenos torna economicamente inviável, ou até mesmo impossível, a criação dessas áreas. Ademais, no ambiente urbano tem-se elevada quantidade de área de cobertura

das edificações não utilizada. Nesse contexto, Dunnett e Kingsbury (2004) afirmam que os telhados verdes ou jardim suspensos são a alternativa mais exequível na busca de uma urbanização ecológica.

O telhado verde, também conhecido como cobertura verde, telhado vivo ou jardim suspenso, tem se mostrado uma alternativa sustentável e viável nos grandes centros urbanos. Esse sistema consiste na cobertura vegetal da edificação, sobre a laje ou telhado convencional. Quando sobre este, proporciona a proteção da radiação ultravioleta (UV) e das temperaturas extremas, as duas principais fontes de degradação dos telhados comuns (THOMPSON e SORVIG, 2008). Segundo Oberndorfer et al. (2007) essa técnica é dividida basicamente em duas: os telhados verdes intensivos que detêm aparência de jardins convencionais ao nível do solo e possuem um investimento em manutenção considerável e os telhados verdes extensivos que, basicamente, possuem substratos mais rasos, como gramíneas, e exigem menos manutenção. A implantação do telhado verde implica na melhoria da qualidade do ar e redução das ilhas de calor (GAFFIN et al., 2006), no controle do escoamento superficial (YANG, YU, e GONG, 2008) e no conforto térmico e acústico (VECCHIA, 2005).

Neste trabalho foram investigados aspectos e fatores que podem afetar a qualidade do armazenamento do escoamento superficial do telhado verde, bem como sua contribuição ambiental e econômica. Assim, foram analisadas características externas, como clima e estações do ano, e características internas, relacionadas à estrutura física do telhado. Também foram averiguadas as políticas públicas de incentivo à implementação desse tipo de cobertura.

2. DRENAGEM URBANA

O crescimento significativo da população urbana nas últimas décadas é sentido principalmente na área de gestão das águas urbanas, a qual envolve principalmente os sistemas relativos a redes de água, esgoto e drenagem. A alteração do sistema natural decorrente da urbanização altera o comportamento hídrico da bacia hidrográfica. O aumento de áreas impermeabilizadas em centros urbanos causa, dentre outros fatores, o aumento da temperatura, a diminuição do tempo de concentração e o aumento da vazão de pico do escoamento superficial. A água precipitada escoar por telhados e pavimentos impermeáveis até chegar ao coletores e condutos que a levarão à jusante. Essas superfícies impermeáveis inviabilizam a infiltração da água no solo, fazendo com que a mesma chegue com maior velocidade à jusante, provocando inundações.

O crescimento urbano e o conseqüente aumento de áreas impermeabilizadas torna o gerenciamento da drenagem urbana um desafio importante. Entender como administrar adequadamente as águas pluviais urbanas é uma preocupação crítica para engenheiros civis e ambientais em todo o mundo. A má gestão das águas pluviais e do escoamento urbano resulta em problemas de inundação, erosão e qualidade da água. Os sistemas de drenagem tradicionais são geralmente redes de esgotos que transportam águas residuais urbanas e águas pluviais para um ou mais pontos terminais, onde são tratadas e /ou descarregadas no meio ambiente (CEMBRANO et al., 2004). Esse material é captado e levado por condutos artificiais, geralmente subterrâneos, sempre do maior aclave para o menor, sendo retirados das áreas urbanas e lançados em corpos de água, contribuindo assim para a degradação da qualidade de águas dos rios, gerando condição desconforto ambiental.

Os sistemas comumente utilizados de drenagem são o unitário e separador absoluto. O sistema unitário, também denominado combinado ou romano consiste em rede de coleta e condução de esgoto doméstico, despejo industrial e água pluvial. Em regiões de clima tropical, como o Brasil, nas quais as estações chuvosas e secas são bem definidas, evidenciam-se as desvantagens desse sistema quanto ao dimensionamento, devido à grande variação sazonal de vazões. No período de estiagem os condutos são subutilizados devido à baixa vazão do componente esgoto pluvial. Já nos períodos chuvosos, um volume elevado é conduzido às estações de tratamento, havendo o risco de rompimento da rede quando ocorrem chuvas de alta intensidade. No sistema separador absoluto, as águas pluviais são coletadas e transportadas por um sistema totalmente independente e não recebem tratamento antes de serem lançadas nos cursos d'água. Nesse sistema, a rede de esgoto é projetada para transportar exclusivamente despejos industriais e esgoto doméstico, apresentando vazão constante ao longo do ano.

Segundo Willems et al. (2012) os sistemas de esgoto, devido ao aquecimento global, estão se tornando cada vez mais vulneráveis a extremos de chuvas, aumentando assim os riscos de sobrecarga. Conforme Cembrano et al. (2004), em cidades onde a urbanização está crescendo rapidamente e a incidência de chuvas intensas são comuns, os sistemas de esgoto combinados existentes são incapazes de transportar todo o escoamento superficial para as estações de tratamento.

A gestão das ações relacionadas ao corpos hídricos nas áreas urbanas são realizadas tendo como base a unidade bacia hidrográfica. As bacias hidrográficas possuem

como gestores comitês e agências que utilizam os planos de bacia como instrumentos de gestão. Os planos de bacia hidrográficas envolvem questões relacionadas, principalmente, à quantidade e à qualidade da água dos rios da bacia, com o objetivo de não transferir impactos. No entanto, um fator importante, que interfere no escoamento e na ocorrência de inundações, é a gestão do uso do solo, a qual é realizada pelo município, ou, no caso de regiões metropolitanas, por um grupo de municípios. Os instrumentos utilizados pelos municípios para gestão das águas urbanas consistem no plano diretor urbano e plano integrado de esgotamento, drenagem urbana e resíduo sólido. Conforme Tucci (2008) esses instrumentos usados pelos municípios têm como características minimizar os impactos dentro das cidades, nas pequenas bacias urbanas, e não transferir os impactos para o sistema de rios.

No Brasil e em outros países com infraestrutura precária, tem-se o agravante do conceito higienista ser mal aplicado, seja por falta de recursos, mau dimensionamento, má execução ou por manutenção ineficiente. O princípio dos projetos de drenagem são baseados em retirar rapidamente a água pluvial excedente de seu local de origem e realizar obras pontuais para mitigar eventuais inundações em regiões críticas. Esse padrão utilizado na concepção de projetos de drenagem acaba apenas transferindo a inundação para outro ponto da bacia hidrográfica. A partir dos anos 1970 surgiu em países da Europa e América do Norte uma nova abordagem para a drenagem, tratam-se das tecnologias alternativas ou compensatórias (BAPTISTA et al., 2015). O conceito ambientalista dessas técnicas tem o intuito de introduzir uma série de práticas de manejo das águas pluviais na tentativa de compensar boa parte das deficiências apresentadas pelos sistemas baseados no conceito higienista (POLETO et al., 2015). Esse tipo de abordagem dado ao tratamento das águas pluviais no meio urbano prioriza a manutenção dos mecanismos naturais de escoamento nas bacias hidrográficas, a despoluição das águas e a preservação das margens naturais dos cursos d'água.

O conceito de cidades sustentáveis resultou de um movimento com o objetivo de tornar as cidades lugares mais verdes e saudáveis para seus habitantes, com sustentabilidade que envolve viabilidade econômica, estabilidade social e uso inteligente de recursos hídricos, protegendo e nutrindo o ambiente natural (LEITMANN, 1999). Com a alta urbanização das grandes cidades, práticas sustentáveis em nossos meios diários são indispensáveis como, por exemplo: ciclovias como uma alternativa ao transporte, investimento em transporte público para diminuir os

problemas de engarrafamento no trânsito, racionamento de consumo de água, técnicas de uso da radiação solar para aquecimento de água nas residências, reuso de água da chuva, sistemas de drenagem sustentáveis (SUDS) para diminuir os problemas de drenagem urbana, entre outros.

Sistemas de drenagem urbana precisam ser planejados de forma integrada com o crescimento urbano e as soluções de drenagem devem ser integradas com a paisagem urbana (MIGUEZ, MASCARENHAS e MAGALHÃES, 2007). Os SUDS vieram para minimizar os problemas de contaminação de água das cidades devido à expansão das mesmas, da mudança do estilo de vida da população e dos problemas oriundos do aumento do escoamento superficial de água (JONES e MACDONALD, 2007). A drenagem sustentável tenta reproduzir os processos decorrentes da impermeabilização do solo e do desmatamento, fazendo com que a água infiltre no solo ou seja armazenada temporariamente, através de novas estruturas de drenagem chamadas de não convencionais.

Segundo Charlesworth et al. (2003), SUDS é um termo genérico para vários sistemas diferentes, que diminuem e retêm o escoamento, favorecendo a drenagem superficial. A pavimentação porosa, por exemplo, cria vazios no qual o material escoado pode atravessar a superfície e ser infiltrado no solo, diminuindo o produto final do escoamento desembocado no rio, ao contrário de um acabamento impermeabilizante (JONES e MACDONALD, 2007). Segundo Ellis et al. (2004) o uso de elementos orgânicos como gramíneas e, em particular, os canaviais, mostra-se extremamente eficiente na remoção da poluição de fontes difusas lavadas de superfícies urbanas. O SUDS tem, assim, três grandes benefícios do ponto de vista da drenagem, que são eles: reduzir a carga geral nos drenos convencionais, reter os fluxos de pico para evitar a sobrecarga e remover a poluição da fonte difusa para limpar as descargas. O SUDS também pode trazer benefícios secundários de natureza estética e ecológica, particularmente quando são utilizados lagos e zonas úmidas (JONES e MACDONALD, 2007). Um exemplo de SUDS são os telhados verdes. De acordo com Oberndorfer et al. (2007), os telhados verdes são ideais para o gerenciamento de águas pluviais urbanas.

3. TELhado VERDE

O telhado de uma edificação pode ser totalmente ou parcialmente coberto por camada de vegetação. Telhado verde é um sistema em camadas que compreende uma membrana impermeabilizante, uma camada de solo e a própria camada de vegetação. Conforme Castleton et al.

(2010), os telhados verdes, muitas vezes, também incluem uma camada de barreira de raízes, uma camada de drenagem e, onde o clima exige, um sistema de irrigação.

Os jardins de telhado que são os antecessores dos jardins suspensos atuais, têm origens antigas. Segundo Oberndorfer et al. (2007) os jardins suspensos de Semiramis ou jardins Suspensos da Babilônia, localizados na Síria, foram os primeiros jardins de telhado documentado. Nos dias atuais, esse tipo de cobertura é usado de forma similar em projetos de hotéis internacionais de alto perfil, centro de negócios e edificações residenciais. Países como Áustria, Alemanha, Suíça, Estados Unidos, Bélgica, Noruega, Hungria, Suécia, Reino Unido, Itália, Singapura, Coreia do Sul, Austrália, Japão, China, Hong Kong, Canadá e Dinamarca (entre outros) aplicam a tecnologia de telhado verdes em suas construções baseando-se em regulamentos legais e recomendações visando, dentre outros benefícios, a gestão de águas pluviais (DA COSTA RANGEL et al., 2015; GARRIDO NETO, 2016; SHAFIQUE, KIM e RAFIQ, 2018). De acordo com Shafique, Kim e Rafiq (2018), na Alemanha, mais de 10% dos edifícios usam práticas de telhados verdes para vários benefícios. Os telhados verdes, além de adicionarem benefícios estéticos às edificações, são usados com a finalidade de diminuir o volume do escoamento, melhorar a qualidade do ar e da água e promover a conservação de energia. Os telhados verdes apresentam vantagens econômicas e ecológicas adicionais, como mitigação da ilha de calor urbana, gerenciamento de águas pluviais, sequestro de carbono, redução do ruído e poluição do ar, proporcionando espaço para a produção de alimentos urbanos, fornecendo habitat para a vida selvagem e melhorando a saúde humana (EKSI et al. 2017; GETTER et al., 2009; OBERNDORFER et al., 2007; ROWE, 2011; WHITTINGHILL e ROWE, 2012). A redução no escoamento superficial geralmente varia de 50% a 100%, dependendo do tipo de sistema de telhado verde, composição e profundidade do substrato, declividade do telhado, espécies de plantas, umidade do substrato preexistente e intensidade e duração da chuva (ROWE, 2011).

3.1. Contribuição ambiental e econômica

O avanço da urbanização e a alteração da pavimentação, de permeável para impermeável, desencadeou problemas ambientais que, cada vez mais, refletem na vida da população contemporânea. Segundo Tsang e Jim (2011), os telhados verdes oferecem uma maneira natural e sustentável de cobrir edificações com vegetação, trazendo múltiplos benefícios ambientais.

O telhado convencional exposto possui uma membrana que absorve a radiação solar, retendo essa radiação e fazendo com que a temperatura interna aumente durante o dia. No período da noite a temperatura superficial do telhado diminui. Essa oscilação de temperatura diminui a vida útil da estrutura em decorrência das tensões térmicas criadas na membrana e traz desconforto térmico para os moradores. O telhado verde impede que a radiação solar atinja a membrana, visto que a vegetação absorve essa radiação, fazendo com que diminuam as flutuações de temperatura, possibilitando que o telhado verde dure praticamente o dobro do tradicional (TEEMUSK e MANDER, 2009). Conforme Oke (1987), outro benefício propiciado pela absorção da radiação solar nos telhados verdes é a redução dos efeitos urbanos das ilhas de calor por meio da evapotranspiração.

Os telhados verdes contribuem com a economia de energia destinada à refrigeração e aquecimento de ambientes aonde é empregado. De acordo com Santamouris et al. (2007) a cidade de Atenas, Grécia, é caracterizada por forte efeito ilha de calor, que ocorre no verão e no inverno, com intensidade diária média variando entre 6 e 12° C. Conforme estudo desenvolvido pelos mesmos autores, houve economia de energia durante o verão, a redução variou de 15-49% para construção não isolada, e de 6% a 33% para construção isolada. De acordo com Niachou et al. (2001) as cargas estimadas de aquecimento e refrigeração são menores no edifício com o telhado verde, independentemente do tipo de isolamento do telhado. DeNardo et al. (2005), em estudo realizado no estado da Pensilvânia, Estados Unidos da América, concluíram que as temperaturas máximas da superfície do telhado verde estiveram em média 6° C mais altas no inverno e 19° C mais baixas no verão. Os autores verificaram, ainda, que as diferenças entre a mudança da temperatura máxima diurna na superfície do telhado tiveram variação média de 19° C de agosto a setembro (meses com elevado uso de aparelhos de refrigeração devido as altas temperaturas) e de 8° C de outubro a fevereiro (meses com elevado uso de aquecedores devido às baixas temperaturas).

Eksi et al. (2017) em seu estudo realizado em região de clima temperado na cidade de East Lansing (EUA), compararam duas estruturas de telhado verde e verificaram seu desempenho nas quatro estações climáticas do ano. A primeira estrutura com profundidade de 5 cm e a segunda com profundidade de 20 cm contendo 17 espécies de herbáceas perenes e gramíneas. De acordo com os autores, o telhado mais raso apresentou ser mais vantajoso durante o verão, e o telhado espesso reduziu a perda de calor do edifício, sendo mais vantajoso durante o inverno.

O telhado verde e seus benefícios térmicos são essenciais para o projeto de arquitetura em região de clima tropical, clima predominante no território brasileiro, por ser considerado um potencial meio de resfriamento passivo. Em estudo realizado em Cingapura, Wong et al. (2003) detectaram que a temperatura máxima da superfície de edificações em laje pode atingir 57°C durante o período vespertino, quando a radiação solar está em torno de 1400W/m². Os autores constataram que, com a implementação de telhado verde, principalmente devido ao sombreamento gerado pelas plantas, as temperaturas superficiais máximas medidas sob diferentes tipos de vegetação diminuíram em torno de 30° C em comparação à superfície em laje.

Os telhados verdes também são ótimos mecanismos que auxiliam no gerenciamento de águas pluviais. Técnicas convencionais de gerenciamento de águas pluviais incluem reservatórios e tanques de armazenamento, áreas úmidas construídas e filtros de areia; no entanto, essas tecnologias intensivas de área superficial podem ser difíceis de implementar em centros urbanos densos (MENTENS, RAES E HERMY, 2006). Os telhados verdes são indispensáveis para esse tipo de gerenciamento, já que eles ocupam espaços que não estão sendo usados nos centros urbanos e ajudam a evitar o escoamento de forma local. Segundo Köhler et al. (2002), telhados verdes podem reduzir o escoamento total anual em até 60% a 79%. Mentens, Raes e Hermy (2006) constataram, através de simulação feita em apenas 10% de todos os telhados de região urbanizada de Bruxelas, a redução do escoamento regional em 2,7%. DeNardo et al. (2005) avaliaram sete eventos de chuva de altura média de 19,7 mm e intensidade média máxima de 4,3 mmh⁻¹, e verificaram que, nos telhados verdes, essa chuva foi retida, em média, 45% (variação de 19% a 98%) e o tempo de pico do escoamento foi atrasado em 2 h.

Telhados verdes também proporcionam benefícios estéticos e psicológicos para pessoas em áreas urbanas (OBERNDORFER et al., 2007). Isso os torna um sistema eficiente, já que recuperam espaços sem cor e sem vida, deixando-os habitáveis, ampliando a área útil do imóvel e, por fim, agregando valor em possível venda no futuro. Outros usos para os telhados verdes incluem a agricultura urbana, que consiste na produção de alimentos, proporcionando benefícios econômicos e educacionais para os moradores (OBERNDORFER et al., 2007). Para Dunnett e Kingsbury (2004), os telhados verdes também são ótimos isolantes acústicos, absorvendo as ondas sonoras fora dos edifícios e impedindo a transmissão interna.

3.2. Estrutura e tipos de telhados verdes

Para a implantação do telhado verde, deve-se primeiramente analisar o tipo de estrutura da cobertura na qual o mesmo será instalado. Quando a cobertura for basicamente constituída pela laje, com ou sem inclinação, é necessário que a superfície seja simplesmente impermeabilizada. Se for moldado sobre telhado constituído de telha cerâmica, é preciso retirá-las e colocar placas de madeira compensada que servirão de base para a cobertura vegetal. Segundo Dhalla e Zimmer (2010), os telhados verdes são compostos por múltiplas camadas (Figura 1) que incluem: camada impermeabilizante que protege a superfície impermeável, pode ser de origem betuminosa ou sintética; camada drenante que serve para drenar a água da chuva e para separar os poluentes, constituída de brita, seixos ou argila expandida; camada filtrante que retém partículas que seriam levadas pelo escoamento superficial; solo e substrato que fazem parte da base do plantio da vegetação e, como última etapa, a vegetação, cuja escolha depende do quanto de carga a estrutura suporta, do tipo do telhado verde que foi escolhido e do clima do local.

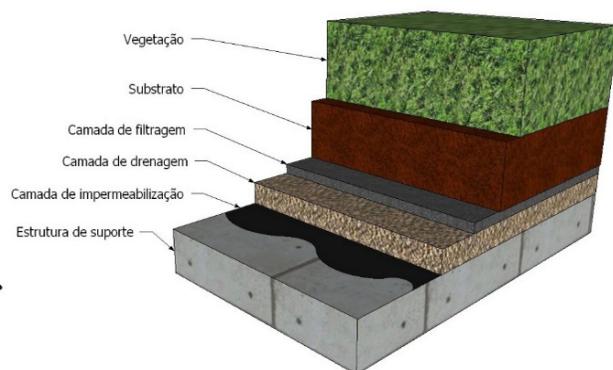


Figura 1: Camadas de um telhado verde básico
Fonte: Autores

O tipo de telhado depende do sistema construtivo escolhido para o telhado convencional e o objetivo a ser alcançado. Segundo Krupka (1992) os telhados verdes são divididos em dois tipos, os telhados intensivos e os extensivos.

Os telhados verdes intensivos possuem aparência de um jardim convencional ao nível do solo e sustentam plantas maiores, como árvores e arbustos. São compostos de substrato mais profundo e podem aumentar o espaço de vida e recreação em áreas urbanas densamente povoadas. Segundo Berndtsson, Bengtsson, e Jinno (2009), esse tipo de telhado requer manutenção como capina, adubação e irrigação. Para Mentens, Raes e Hermy (2006), os telhados verdes intensivos possuem substrato superior

a 150 mm e normalmente são instalados com inclinação inferior a 10° e, dependendo do projeto e da acessibilidade, podem ser usados como jardins de cobertura, hortas ou ainda plantio de árvores frutíferas de pequeno porte.

Os telhados verdes extensivos possuem camada de substrato mais fina chegando no máximo a 150 mm de espessura. Geralmente são compostos por gramíneas da espécie *Sedum* que formam a maior parte da vegetação. Como seu método de execução é mais simples, eles podem ser instalados em superfícies com até 45° de inclinação (MENTENS, RAES e HERMY, 2006). Esses tipos de telhado, que são mais leves e mais simples, são planejados para serem praticamente livres de manutenção (BERNDTSSON, BENGTTSSON e JINNO, 2009). Conforme Oberndorfer et al. (2007), o projeto básico de telhado verde extensivo foi implementado e estudado em diversas regiões e climas em todo o mundo.

3.3. Fatores que afetam a eficiência da contenção de água do telhado verde e a dinâmica do escoamento

Os motivos que influenciam na capacidade de retenção de água do telhado verde, bem como a dinâmica do escoamento, dependem de dois conceitos distintos: as características dos telhados (número de camadas, tipo de materiais, espessura do solo, tipo do substrato, cobertura vegetal e tipo de vegetação, e geometria do telhado) e a condição climática da área de aplicação. Diversos estudos (YANG, YU e GONG, 2008; MENTENS, RAES e HERMY, 2006; VILLARREAL e BENGTTSSON, 2005) demonstram que os telhados verdes influenciam na redução do escoamento de águas pluviais. A dimensão dessa influência depende da espessura do substrato do solo, da dimensão do evento de precipitação ou distribuição de precipitação durante os períodos de estudo, da idade do telhado, da cobertura vegetal e da inclinação da superfície. Segundo Villarreal e Bengtsson (2005), a retenção de água pelo telhado verde depende da intensidade da chuva, sendo que, quanto maior a intensidade menor a retenção. Conforme Carter e Rasmussen (2006), para pequenas tempestades, o pico de descarga é consideravelmente menor em telhado verde do que em telhado convencional. No entanto, para tempestades maiores, esse efeito é significativamente reduzido.

Características como idade do telhado, saturação e espessura do substrato, idade da camada permeável e vegetação influenciam na eficiência da retenção do escoamento superficial no telhado. Com relação à umidade do solo usado no substrato, pode-se afirmar que o escoamento do telhado não ocorre até que o solo esteja na

capacidade de campo (BENGTSSON, GRAHN e OLSSON, 2005). A capacidade de campo corresponde à capacidade de retenção de água no telhado que nada mais é que a diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento (água disponível na planta). Em relação à espessura do substrato, o escoamento total é maior em telhados com substrato mais raso e encostas mais íngremes (MENTENS, RAES e HERMY, 2006). O substrato do telhado verde sofre alterações em sua funcionalidade com relação ao tempo, alterando assim a capacidade do telhado com relação ao escoamento. Getter, Rowe, e Andresen (2007), utilizaram plataformas de telhado com três anos de idade no início do estudo, em que amostras de substrato foram coletadas para quantificar as mudanças de substrato ao longo do tempo. Os autores verificaram que o substrato maduro apresentou maiores valores de porosidade, espaço aéreo livre (macroporos), matéria orgânica e capacidade de retenção de água em relação ao substrato inicial

Estudos sobre a inclinação do telhado verde apresentam resultados adversos. Enquanto que alguns estudos não encontraram nenhuma correlação entre inclinação e escoamento superficial (BENGTSSON, 2005) outros observaram que a retenção do escoamento pluvial pode estar relacionada ao nível das encostas (VANWOERT et al. 2005). Villarreal e Bengtsson (2005), através de experimentos controlados (com condições iniciais seca e úmida) avaliaram respostas de telhados verdes de diferente inclinação a eventos individuais de chuva e concluíram que a inclinação do telhado verde não influenciou a forma do hidrograma de escoamento direto. No entanto, os autores verificaram que as condições iniciais seca ou úmida, afetaram a capacidade de retenção do telhado verde. Vanwoert et al. (2005) investigaram a influência da declividade e profundidade do substrato na retenção de escoamento de telhados com vegetação. Os autores concluíram que, de todas as categorias estudadas (2% - 25 mm, 2% - 40 mm, 6,5% - 40 mm, 6,5% - 60 mm) a maior porcentagem de retenção (87%) ocorreu no telhado de 2% de inclinação e 40 mm de espessura de substrato.

3.4. Políticas públicas de incentivo

O aumento da urbanização e os evidentes problemas gerados por este fenômeno fizeram com que medidas de incentivo para atitudes sustentáveis da população fossem tomadas. No caso do escoamento urbano essa proposta se enquadra nas medidas de controle não estruturais que não solucionam o problema da drenagem urbana sozinho, mas auxiliam a minimizar os prejuízos relacionados à ocorrência de eventos pluviométricos intensos.

No Brasil, a prática de gestão baseada em técnicas compensatórias passou a ser utilizada a partir dos anos de 1990, década em que muitos municípios brasileiros deram início à elaboração de seus Planos Diretores de Drenagem Pluvial e Esgotamento Sanitário (POLETO et al., 2015). De acordo com Poleto et al. (2015) a aplicação dos princípios de técnicas compensatórias no Brasil é, normalmente, imposta por meio de decreto ou lei municipal, que obriga que empreendimentos que se enquadrem em algumas características (área do lote, percentual de área impermeável, localização na bacia) façam uso de um ou mais tipos de técnicas compensatórias.

No Brasil, as medidas de incentivo à aplicação de técnicas compensatórias são pequenas, sendo muitas vezes uma iniciativa de caráter voluntário. Podem ser listadas algumas legislações que contêm regulamentações quanto à implementação de telhados verdes: do estado de Santa Catarina, Lei nº 14.243 (SANTA CATARINA, 2007), de 11/12/2007; do município de Guarulhos, Lei nº 7.031 de 17 de abril de 2012 (GUARULHOS-SP, 2012); do estado do Rio de Janeiro, Lei nº 6.349 (RIO DE JANEIRO, 2012), de 30/11/2012; do município de João Pessoa-PB, Lei nº 10.047 de 09 de julho de 2013 (JOÃO PESSOA-PB, 2013); do Município de Canoas, Lei nº 5.840 (CANOAS-RS, 2014), de 27/05/2014; do município de Recife, Lei nº 18.112 (RECIFE-PE, 2015), de 12/01/2015; do município de São Paulo, Lei nº 16.277 (SÃO PAULO-SP, 2015), de 05/10/2015.

A Lei nº 14.243 do estado de Santa Catarina trata da criação do programa estadual de incentivo a adoção de telhados verdes em espaços urbanos densamente povoados. A Lei nº 6.349 do estado do Rio de Janeiro incentiva a construção de telhados verdes em prédios públicos, autarquias e fundações do Estado, projetados a partir da promulgação da referida Lei. A Lei nº 7.031, do município de Guarulhos-SP, de 17 de abril de 2012, versa sobre a instalação do telhado verde em locais especificados e, determina que os projetos de construção edificadas, residenciais ou não, com mais de 03 (três) unidades agrupadas verticalmente deverão prever a construção do telhado verde. A mesma determinação sobre construções verticais está presente na legislação do município de João Pessoa-PB. Ainda quanto a Lei nº 10.047, a mesma estabelece que a área destinada pelas construções edificadas ao "Telhado Verde" será considerada, para todos os efeitos, como tendo as mesmas características de área permeável. A Lei Municipal de Canoas, assinada em maio de 2014, dispõe sobre as situações de obrigatoriedade e de recomendação de implantação de telhado verde. A referida Lei nº 5.840 versa que é obrigatória a instalação do sistema

de Telhados Verdes aos imóveis que em seu processo de construção, tenham causado danos ao meio ambiente com derrubada de árvores nativas. Ainda sobre a Lei nº 5.840, a mesma prevê a instalação de sistema de Telhado Verde com a finalidade de compensar parcialmente a construção sobre Área Livre Obrigatória mínima necessária para o terreno. A Lei Municipal de Recife prevê a implantação de Telhado Verde em edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não-habitacionais com mais de 400m² de área de cobertura. Em 5 de outubro de 2015 foi assinada a Lei nº 16.277 que dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do telhado verde em locais específicos (São Paulo-SP, 2015).

Outro meio de incentivo notável é o chamado IPTU verde. A Lei municipal nº 6.793 assinada no dia 28 de dezembro de 2010 (GUARULHOS-SP, 2010), dá desconto de até 20% no valor anual do IPTU no município a partir da adoção de duas ou mais medidas ambientais, dentre elas a instalação de telhado verde. Em 28 de dezembro de 2012 foi instituída a Lei complementar nº 235 a qual trata do programa IPTU Verde no município de Goiânia (GOIÂNIA, 2012). O decreto nº 29.100 de 06 de novembro de 2017 (SALVADOR-BA, 2017) institui o Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município de Salvador e estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa. O decreto nº 29.100 classifica as edificações em diferentes categorias, definindo o desconto no IPTU através de pontos atribuídos a ações e práticas sustentáveis adotadas, ou seja, que promovam a redução do consumo de recursos naturais e impactos ambientais. A Lei Complementar n.º 913, de 21 de dezembro de 2015 (SANTOS-SP, 2015), concede incentivo fiscal à implantação de "coberturas verdes" nos edifícios do município, o incentivo refere-se ao desconto de até 10% no IPTU de acordo com a porcentagem de cobertura verde em relação à cobertura total do imóvel.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de coberturas verdes é incentivada pela legislação como meio de redução de impactos ambientais oriundos da urbanização. Em regiões densamente povoadas, com elevada densidade demográfica, o uso de telhados verdes é incentivado como forma de compensar áreas permeáveis no terreno. As coberturas verdes proporcionam benefícios como: retenção de águas pluviais e redução do escoamento superficial; melhoria da qualidade da água para aproveitamento; conforto térmico e redução dos custos de energia; melhoria da qualidade do ar; redução de ruído; além de benefícios ecológicos, sociais e econômicos.

O telhado verde é excelente estrutura que contribui para a gestão da drenagem urbana, auxiliando na captação das águas pluviais, podendo melhorar a qualidade do ar e da água e diminuir a sobrecarga do escoamento. No entanto, esse sistema não pode resolver o problema isoladamente, havendo a necessidade de ser combinado com outras medidas de redução de escoamento. A composição da estrutura do telhado verde interfere menos na qualidade do armazenamento quando comparada ao clima e estação do ano. As regiões de clima quente são as mais indicadas para a incorporação do telhado verde. Climas tropicais, predominantes no território brasileiro, são favoráveis para a eficácia do telhado verde. Nesses climas, principalmente devido às altas temperaturas, o processo de evapotranspiração é dinâmico, contribuindo para a não saturação do solo.

Os telhados verdes intensivos possuem substrato espesso e a aparência de um jardim convencional, com plantas de maior porte. Já os telhados verdes extensivos possuem substrato mais fino, com vegetação composta geralmente por gramíneas. O projeto básico de telhado verde extensivo é de menor complexidade de instalação e com registros de implementação em diversas regiões ao redor do mundo. A seleção do tipo de telhado verde a ser implementado deve levar em consideração, além de outros fatores, a estrutura da edificação, os custos de implantação e manutenção.

Os projetos de edificações, bem como o planejamento urbano devem incorporar o conceito de sustentabilidade com vistas à melhoria das condições de infiltração, temperatura e escoamento em centros urbanos.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD JR, C. L.; GIBBONS, C. James. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American planning Association*, v. 62, n. 2, p. 243-258, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/01944369608975688>
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. 2ª reimpressão da 2ª edição, 318 p.
- BENGTSSON, L. Peak flows from thin sedum-moss roof. *Hydrology Research*, v. 36, n. 3, p. 269-280, 2005. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2005.0020>
- BENGTSSON, L.; GRAHN, L.; OLSSON, J. Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden. *Hydrology Research*, v. 36, n. 3, p. 259-268, 2005. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.2005.0019>

- BERNDTSSON, J. C.; BENGTTSSON, L.; JINNO, K.. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological engineering*, v. 35, n. 3, p. 369-380, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.020>
- CARTER, T. L.; RASMUSSEN, T. C. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, v. 42, n. 5, p. 1261-1274, 2006.
- CASTLETON, H. F. et al. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and buildings*, v. 42, n. 10, p. 1582-1591, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.09.020>
- CANOAS-RS (Município). Lei nº 5.840, de 27 de maio de 2014. Dispõe sobre a criação de telhados verdes e seus critérios técnicos especificados nesta lei e dá outras providências. 2014.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253, 1997.
- CEMBRANO, G. et al. Optimal control of urban drainage systems. A case study. *Control engineering practice*, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2004.
- CHARLESWORTH, S. et al. A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. *Environment International*, v. 29, n. 5, p. 563-573, 2003.
- DA COSTA RANGEL, Ana Celecina Lucena; ARANHA, Kaline Cunha; DA SILVA, Maria Cristina Basílio Crispim. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 35, 2015.
- DENARDO, J. C. et al. Stormwater mitigation and surface temperature reduction by green roofs. *Transactions of the ASAE*, v. 48, n. 4, p. 1491-1496, 2005. DOI: 10.13031/2013.19181
- DIETZ, M. E. Low impact development practices: A review of current research and recommendations for future directions. *Water, air, and soil pollution*, v. 186, n. 1-4, p. 351-363, 2007. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-007-9484-z>
- DHALLA, S.; ZIMMER, C. *Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide*. Toronto and Toronto and Region Conservation Authority: Toronto, ON, Canada, v. 300, 2010.
- DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. Planting options for extensive and semi-extensive green roofs. *Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Portland, OR, 2004.
- EKSI, M.; ROWE, D. B.; WICHMAN, I. S.; ANDRESEN, J. A. Effect of substrate depth, vegetation type, and season on green roof thermal properties. *Energy and Buildings*, v. 145, p. 174-187, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.017>
- ELLIS, J. B. et al. Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff. *Science of the total Environment*, v. 334, p. 251-260, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.04.066>
- FERGUSON, B. K. *Introduction to stormwater: concept, purpose, design*. John Wiley & Sons, 1998.
- GAFFIN, S. et al. Quantifying evaporative cooling from green roofs and comparison to other land surfaces. In: *Fourth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show*. 2006. p. 11-12.
- GARRIDO NETO, P. de S. Telhados verdes como técnica compensatória em drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro: Estudo experimental e avaliação de sua adoção na bacia do rio Joana a partir do uso de modelagem matemática. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, 321p, 2016.
- GETTER, K. L.; ROWE, D. Bradley; ANDRESEN, Jeffrey A. Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention. *Ecological engineering*, v. 31, n. 4, p. 225-231, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.004>
- GETTER, K. L.; ROWE, D. B.; ROBERTSON, G. P.; CREGG, B. M.; ANDRESEN, J. A. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental science & technology*, v. 43, n. 19, p. 7564-7570, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1021/es901539x>
- GOIANIA-GO (Município), Lei Complementar Nº 235, de 28 de Dezembro De 2012. Institui o PROGRAMA IPTU VERDE no Município de Goiânia. 2012.
- GUARULHOS-SP (Município). Lei nº 6.793, de 28 de dezembro de 2010. Dispõe sobre o lançamento, arrecadação e fiscalização do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana – IPTU e dá outras providências. 2010.
- GUARULHOS-SP (Município). LEI Nº 7.031, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Dispõe sobre a instalação do "telhado verde" nos locais que especifica, e dá outras providências. 2012.
- JOÃO PESSOA-PB (Município). LEI Nº 10.047 DE 09 DE

JULHO DE 2013. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do "Telhado Verde" nos locais que especifica, e dá outras providências. 2013.

JONES, P.; MACDONALD, N. Making space for unruly water: Sustainable drainage systems and the disciplining of surface runoff. *Geoforum*, v. 38, n. 3, p. 534-544, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2006.10.005>

KÖHLER, M. et al. Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics—far beyond the aesthetics. *Environmental management and health*, v. 13, n. 4, p. 382-391, 2002.

KRUPKA, Bernd. Dachbegrünung: Pflanzen-und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Ulmer, 1992.

LEITMANN, J. Sustaining cities: environmental planning and management in urban design. New York: McGraw-Hill, 1999.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. *Landscape and urban planning*, v. 77, n. 3, p. 217-226, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>

MIGUEZ, M.G.; MASCARENHAS, F.C.B.; MAGALHÃES, L.P.C. Multifunctional Landscapes for Urban Flood Control in Developing Countries. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 2, n. 2, p. 153-166, 2007.

NIACHOU, A. et al. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and buildings*, v. 33, n. 7, p. 719-729, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00062-7)

OBERNDORFER, E. et al. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*, v. 57, n. 10, p. 823-833, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1641/B571005>

OKE, T. R.; CLEUGH, H. A. Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 39, n. 3, p. 233-245, 1987. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00116120>

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. *Annual review of Ecology and Systematics*, v. 32, n. 1, p. 333-365, 2001.

PICKETT, S. TA et al. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual review of ecology and systematics*, v. 32, n. 1, p. 127-157, 2001.

POLETO, C.; SILVEIRA, A. L. L.; CARDOSO, A.R.; GOLDENFUM, J.A.; DORNELLES, F.; TASSI, R.; MOURA, P. M. Águas Urbanas: Volume 1. Porto Alegre: ABRH, 2015.

142p.

RECIFE-PE (Município). Lei nº 18.112, de 12 de janeiro de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. 2015.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 6.349, de 30 de novembro de 2012. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do "telhado verde" nos locais que especifica e dá outras providências. 2012.

ROWE, D. B. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environmental pollution*, v. 159, n. 8-9, p. 2100-2110, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.029>

SALVADOR-BA, DECRETO Nº 29.100 DE 06 DE NOVEMBRO DE 2017. Regulamenta o art. 5º da Lei nº 8.474, de 02 de outubro de 2013, e institui o Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município de Salvador, que estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa, assim como o art. 5º da Lei 8.723 de 22 de dezembro de 2014 e dá outras providências. 2017.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.243, de 11 de dezembro de 2007. Dispõe sobre a implementação de sistemas de naturezação através da criação de telhados verdes em espaços urbanos de Santa Catarina. 2007.

SANTAMOURIS, M. et al. Investigating and analyzing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. *Energy*, v. 32, n. 9, p. 1781-1788, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.11.011>

SANTOS-SP (Município). LEI COMPLEMENTAR Nº 913 DE 21 DE DEZEMBRO DE 2015. Concede Incentivo Fiscal à Implantação de "Coberturas Verdes" nos Edifícios do Município, e dá outras Providências. 2015.

SÃO PAULO-SP (Município). Decreto no 16.277, de 05 de outubro de 2015. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do "Telhado Verde" em locais específicos. 2015.

SHAFIQUE, Muhammad; KIM, Reeho; RAFIQ, Muhammad. Green roof benefits, opportunities and challenges—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 90, p. 757-773, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006>

TEEMUSK, A.; MANDER, Ü. Greenroof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: a

case study from Estonia. *Building and Environment*, v. 44, n. 3, p. 643-650, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.011>

THOMSON, W. J.; SORVIG, K. Sustainable Landscape Construction. A guide to green building outdoor. 2008.

TSANG, S. W.; JIM, C. Y. Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs. *Energy*, v. 36, n. 5, p. 3590-3598, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.072>

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. *Estud. av.*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

VANWOERT, N. D. et al. Green roof stormwater retention. *Journal of environmental quality*, v. 34, n. 3, p. 1036-1044, 2005.

VECCHIA, F. Cobertura Verde Leve (CVL): ensaio experimental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., Maceió, 2005, Maceió. Anais. Maceió: ANTAC, 2005.

VILLARREAL, E. L.; BENGTSOON, L. Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.11.008>

YANG, J.; YU, Q.; GONG, P. Quantifying Air Pollution Removal by Green Roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, v. 42, n. 31, p. 7266-7273, oct. 2008 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>

WILLEMS, P. et al. Climate change impact assessment on urban rainfall extremes and urban drainage: Methods and shortcomings. *Atmospheric research*, v. 103, p. 106-118, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.04.003>

WHITE, R. R. *Building the ecological city*. Elsevier, 2002.

WHITTINGHILL, Leigh J.; ROWE, D. Bradley. The role of green roof technology in urban agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 27, n. 4, p. 314-322, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S174217051100038X>

WONG, N. H. et al. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and environment*, v. 38, n. 2, p. 261-270, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00066-5)

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9163-0731>

ETHEL GERALDO CANABRAVA NETO | UFMS | Endereço para correspondência: Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande|MS|Brasil. | e-mail: ethelcanabrava1@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3821-3776>

ALESKA KAUFMANN ALMEIDA, M.Sc. | UFMS | Endereço para correspondência: Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande|MS|Brasil. | e-mail: aleska.kaufmann@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8871-3926>

IZABEL RODRIGUES LEITE, M.Sc. | UFMS | Endereço para correspondência: Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande|MS|Brasil. | e-mail: izabelleite93@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-7777>

JOSÉ ANTONIO GUARIENTI | UFMS | Endereço para correspondência: Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande|MS|Brasil. | e-mail: jose.guarienti@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8609-2991>

ISABEL KAUFMANN DE ALMEIDA, Dra. | UFMS | Endereço para correspondência: Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande|MS|Brasil. | e-mail: isabel.almeida@ufms.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CANABRAVA NETO, Ethel Geraldo; ALMEIDA, Aleska Kaufmann; LEITE, Izabel Rodrigues; GUARIENTI, José Antonio; ALMEIDA, Isabel Kaufmann de. Telhado Verde: Alternativa Sustentável Para A Drenagem Do Escoamento Superficial. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 125-136, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.125-136>.

DATA DE ENVIO: 20/09/2020

DATA DE ACEITE: 17/01/2021

RECYCLING OF ASHES FROM FOREST BIOMASS COMBUSTION AS RAW MATERIAL FOR MORTARS

RECICLAGEM DE CINZAS DA COMBUSTÃO DA BIOMASSA FLORESTAL COMO MATÉRIA-PRIMA PARA ARGAMASSAS

REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dra. | UNISINOS

GUILHERME ASCENSÃO, Dr. | U AVEIRO

LUCIANO SENFF, Dr. | UFSC

FRANCISCO ROGER CARNEIRO RIBEIRO, M.Sc. | UNISINOS

LUIS ANTÓNIO DA CRUZ TARELHO, Dr. | U AVEIRO

VICTOR MIGUEL FERREIRA, Dr. | U AVEIRO

JOÃO ANTÓNIO LABRINCHA, Dr. | U AVEIRO

ANTÓNIO SANTOS SILVA, Dr. | LNEC - Lisboa

CARLOS ALBERTO MENDES MORAES, Dr. | UNISINOS

ABSTRACT

Rendering mortars were prepared by partially replacing conventional sands, namely coarse sand (CS) and fine sand (FS), by different dosages of biomass dry bottom ash (BA) and fly ash (FA). Bottom ash was treated by sieving and washing and called treated bottom ash (TBA). All these ashes were characterized, and their effects on the physical and mechanical characteristics of mortars were studied. The dosage of water required to maintain workability of samples formulated with TBA, BA, and FA was not considerably different from the volume used to formulate a reference mortar, since the physical characteristics of the ashes used were similar to those of CS and FS. Workability, weight variation, unrestrained shrinkage and compressive strength were measured. The mechanical and carbonation results showed that the pre-processing of BA and FA has to be properly characterized in the effort to reuse these materials as effective replacements of natural sand in mortars, and the associated environmental aspects should be further investigated to support this recycling strategy.

KEY WORDS: Bottom ash; Fly ash; Recycling; Mortars

RESUMO

As argamassas de revestimento foram preparadas substituindo parcialmente areias convencionais, nomeadamente areia grossa (AG) e areia fina (AF), por diferentes dosagens de cinzas secas de biomassa (CP) e cinzas volantes (CV). As cinzas pesadas foram tratadas por peneiração e lavagem e denominadas cinzas pesadas tratadas (CPT). Todas essas cinzas foram caracterizadas e seus efeitos sobre as características físicas e mecânicas das argamassas foram estudados. A dosagem de água necessária para manter a trabalhabilidade das amostras formuladas com CPT, CP e CV não foi consideravelmente diferente do volume utilizado para formular uma argamassa de referência, uma vez que as características físicas das cinzas utilizadas eram semelhantes às da AG e AF. Foram medidas a trabalhabilidade, variação de peso, retração livre e resistência à compressão. Os resultados mecânicos e de carbonatação mostraram que o pré-processamento de CP e CV deve ser devidamente caracterizado no esforço de reutilização destes materiais como substitutos eficazes da areia natural nas argamassas e os aspectos ambientais associados devem ser mais investigados para apoiar esta estratégia de reciclagem.

PALAVRAS-CHAVE: Cinzas pesadas; Cinzas volantes; Reciclagem; Argamassa



1. INTRODUCTION

The need to reduce costs and controlling of anthropogenic gas emissions to the environment has led to a move towards replacing coal and petroleum products by alternative sources of energy (HINOJOSA et al., 2014, PALŠAUSKAS; PETKEVIČIUS, 2013). In view of this, biomass is one of the most interesting renewable natural resources in the production of various energy vectors because of the rising costs of fossil fuel, the hazards of nuclear energy, and the need to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions (CALLEJÓN-FERRE et al., 2014). In this sense, operational and environmental aspects of the ashes generated during the thermochemical conversion of biomass into energy are important factors in the development of reuse strategies (TARELHO et al., 2015).

According to Obernberger et al. (1997), the generation of sustainable strategy from biomass conversion requires closing material loops and integrating biomass ash to natural cycles. Approximately 480 million tons of ash are generated from biomass combustion worldwide annually (VASSILEV et al., 2013). But landfilling ashes from forest biomass combustion is subject to increasingly strict environmental regulations, such as management and proper disposal. This scenario represents an opportunity to investigate alternative recycling pathways for such waste (CHEAH; RAMLI, 2012, LABRINCHA et al., 2014). ISO 14001/2015 defines environmental aspect as an element within an organization's activities, products, or services that interacts with the environment. In turn, environmental impact is described as any adverse or beneficial modification of the environment that results partially or totally from the environment aspects of the organization. According to Zobel et al. (2002), the identification and analysis of environmental aspects are essential elements in any environmental management system. Significant environmental aspects require previous characterization in the effort to develop the appropriate tools to implement environmental adjustments in the system and promote continuous improvement. These tools were classified by Höjer et al. (2008) as (i) procedural tools, which evaluate environmental impact and strategies and environmental management systems based on procedures and decision making processes; (ii) analytical tools, which are based on life cycle and material flow analyses considering the technical aspects of the analysis; and (iii) tools that comprise economic factors like cost-benefit analysis, life cycle cost as well as input and output analysis. Currently, the main criteria to assess significant environmental aspects and impacts include the probability, scale, severity, and duration of the impact as well as the difficulty to avoid it (ZOBEL et al., 2002).

According to Dahl et al. (2009) and Steenari; Fedje (2010), the characteristics of a given biomass vary with the species and its quality, influencing the quantity and the chemical composition of the ashes produced during thermochemical conversion. In turn, the characteristics of these ashes vary depending on the soil conditions where the biomass developed, the combustion technology, operating conditions (temperature, stoichiometry, air staging, and additives) as well as the gas cleaning systems used.

Generally, two types of ashes are produced during biomass combustion in fluidized bed systems, namely bottom ash (BA) and fly ash (FA). Briefly, BA is composed of a mixture of sand particles (mainly quartz) from the original bed, exogenous inorganic components from forest soil, and small rock material present as contaminants. Compared with BA, FA is finer in particle size and richer in inorganic components of the original biomass (TARELHO et al., 2015). The FA and the BA obtained by combustion of biomass in a fluidized bed reactor are classified as industrial waste codes 100101 and 100124, respectively, according to the European List of Wastes (CCDLVTD, 2004). A waste management approach considers first the strategies to reduce and reuse waste rather than recycling, recovering energy, and treating and correctly disposing thereof (MORAES et al., 2014). However, when valorization of a new material with potential use in specific waste management strategies is required, a well formulated and characterized pre-treatment stage is indispensable to ensure the quality of the final product.

According to Moraes et al. (2004), Rajamma et al. (2015) and Modolo et al. (2017) ash produced from the combustion of biomass like rice husk and forest waste may become technically and environmentally feasible admixtures in construction materials, helping mitigate the environmental impacts associated with ash disposal in landfills.

Natural aggregate consists of a mixture of sand and crushed bedrock or even naturally occurring materials such as unconsolidated sand and gravel. It is a major component of widely used construction materials such as asphalt and concrete, for example (BLEISCHWITZ; BAHN-WALKOWIAK, 2006). The prevalence of quartz enhances the siliceous nature of biomass ash, making it a good candidate to replace natural aggregates in the construction sector or calibrated sand in commercial mortar mixes, for instance (MODOLO et al., 2013; MODOLO, 2014; MODOLO et al., 2015).

Despite such interesting recycling potential, relevant concerns about environmental aspects need to be addressed to ensure that the whole valorization stream of BA and FA is sustainable. In this context, this study

brings new knowledge about the production of rendering mortars prepared by replacing conventional sands, namely coarse sand (CS) and fine sand (FS) by different dosages of biomass dry BA and FA. The pre-processing of BA and FA was characterized in the effort to reuse these materials as effective partial replacements of natural sand in mortars, and information about the associated environmental aspects was produced to support this recycling strategy.

2. MATERIALS AND METHODS

Untreated BA and FA were collected from a 90 MW bubbling fluidized bed combustor (BFBC) in a thermal power plant (TPP) located in central Portugal, where forest biomass composed by eucalyptus bark and logging residues is used as fuel. The operation temperature of the bubbling bed ranges from 800°C to 850°C. BA and FA were collected directly from the ashtray of the BFBC system as shown in Figure 1.

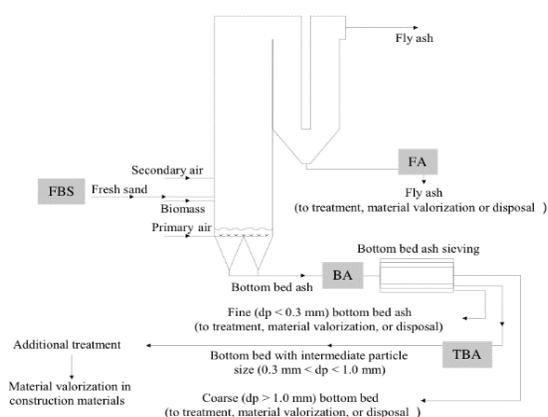


Figure 01 - Representation of the ash flows generated in the bubbling fluidized bed combustor (BFBC) including the basic operations implemented for potential valorization
Source: Adapted from Modolo et al. (2015).

Twenty-five tons of BA generated from forest biomass combustion in a BFBC in a pulp and paper company were used in the experimental work. The material was transported from the combustion unit located at the pulp and paper facility to an industrial facility that processes raw material for the construction sector. The facility's operations include the processing of natural sand as aggregate for the construction industry. The goal was treating BA and use the recycled material to replace conventional raw material (natural sand) in industrial mortars. BA was stored for 24 h and then washed in a shower system with water at a 2:1 liquid to solid ratio. The processing capacity of the industrial facility was 10 ton/h, and the washing effluent was treated by sedimentation to be reused in

further washing cycles, reducing the use of water resources. Subsequently the processed material was sieved to a particle size lower than 1000µm.

Briefly, FA was used as a replacement to FS as received. However, two different batches of BA were prepared; in both cases the material was sieved (< 2.00 mm) to remove coarse inert impurities (e.g. soil, small rocks, tile fragments) and ensure similar particle size distribution when compared to the CS used. The first BA batch was only sieved to get particle size below 1 mm and is henceforth termed BA, whereas the second BA batch was washed to reduce soluble salts concentration (e.g., chlorides), and will be termed treated bottom ash (TBA). Portland cement (OPC type II 42.5) was used as binder. According to manufacturer, it has a specific surface area (SSA) of 0.47 m²/g (Blaine fineness), density of 2.98 g/cm³, and the chemical composition indicated in Table 1.

Parameters	Raw Materials						
	FA	BA	TBA	FS	CS	OPC	
SiO ₂ (% wt)	46.30	67.2	81.34	99.4	97.53	20.16	
CaO (% wt)	11.74	8.31	4.96	0.07	0.28	59.91	
Na ₂ O (% wt)	1.24	1.15	0.63	0.03	0.07	0.17	
Al ₂ O ₃ (% wt)	15.26	9.97	5.11	0.00	1.21	4.82	
MgO (% wt)	2.23	1.23	0.56	0.07	0.01	2.27	
Loss on ignition (% wt)	7.34	3.04	3.23	0.09	0.24	2.26	
Cl- (mg/kg db)	~22x10 ³	472	160	20	10	190	
	mm		(% wt)				
Retained material content in the sieves*	1.000	0	10	0	16		
	0.500	See Fig. 3	86	83	2	50	
	0.250		14	7	75	29	
	0.125		0	0	18	3	
	0.063		0	0	4	1	
Mineralogy (by XRD)	Quartz (SiO ₂)	P	P	P	P	P	NQ
	Calcite (CaCO ₃)	P	P	P	ND	ND	NQ
	Larnite Ca ₂ SiO ₄	P	ND	ND	ND	ND	NQ
	Microcline (KAlSi ₃ O ₈)	P	P	P	P	P	NQ

FA: fly ash; BA: bottom ash; TBA: treated bottom ash; FS: fine sand; CS: coarse sand; OPC: Portland cement; NQ: not quantified; P: present; ND: not detected; db: dry base.

* According to EN 933-1:2000, Tests for geometrical properties of aggregates, Part 1: Determination of particle size distribution.

Table 01 - Chemical and mineralogical composition of solid mixture components determined by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) and X-ray diffraction (XRD)
Source: adapted from Modolo et al. (2013); Modolo (2014).

The chemical composition of TBA, untreated BA, and FA was determined by X-ray fluorescence spectroscopy (XRF), while crystalline phases were detected by X-ray diffraction (XRD) (Table 1). Chlorides were evaluated using the argentometric method (Chlorine 4500-Cl, Chlorine residual Standard Methods Committee 1997). The particle size distribution of natural sands (EN 933-1: 2000, Tests for geometrical properties of aggregates, Part 1: Determination of particle size distribution) and of BA and TBA used as mineral aggregates in mortars are shown in Figure 2. Particle size distribution of FA was determined by laser diffraction due to the small particle size (Figure 3). The analysis was performed using the Fraunhofer method for particles between 0.4 μm and 2000 μm and polarization intensity differential scattering (PIDS) for lower particle sizes (between 0.4 μm and 0.04 μm). Scanning electron microscopy (SEM) equipped with an energy dispersion spectroscopy (EDS) unit was used to characterize the microstructure of raw materials (Figure 4). Gravimetric and differential thermal analyses (TG/DTA) were used to evaluate the amount of unburnt organic components (Figure 5).

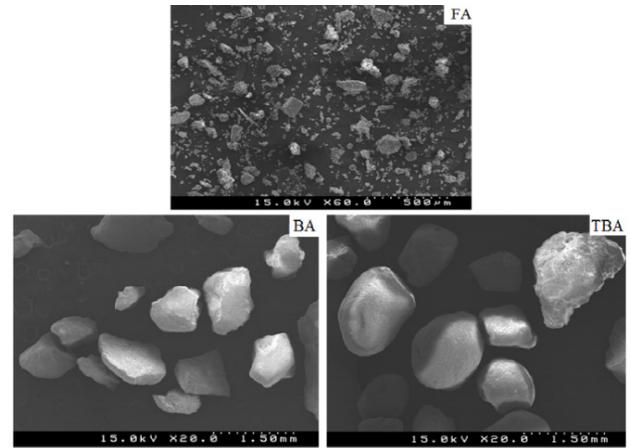


Figure 04 - Scanning electron microscopy (SEM) characterization of ashes
 Source: Authors

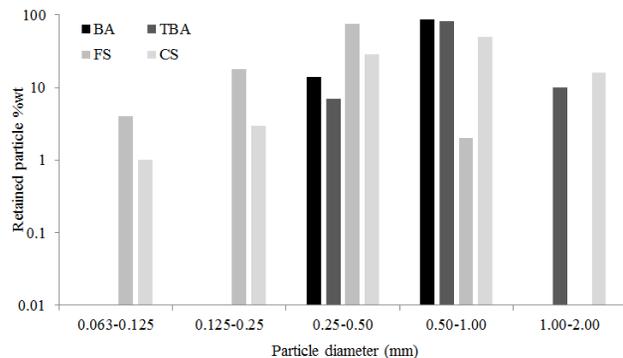


Figure 02 - Particle size distribution of sands and bottom ash (BA) and treated bottom ash (TBA) used in the experiments
 Source: Authors

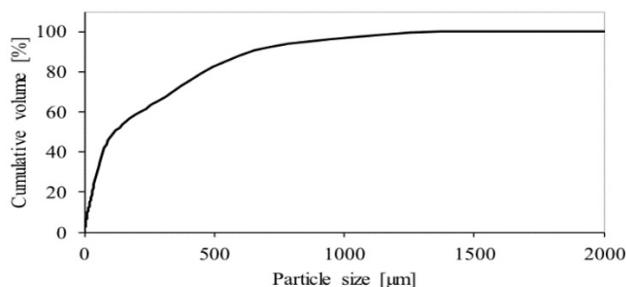


Figure 03 - Particle size distribution of fly ash (FA) as determined by laser diffraction
 Source: Authors

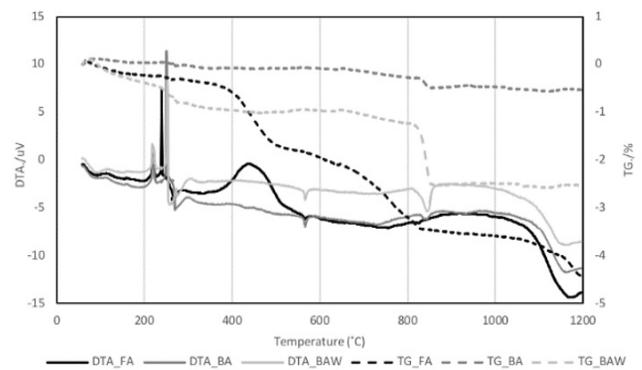


Figure 05 - Gravimetric and differential thermal analyses (TG/DTA) of ashes
 Source: Authors

The characteristics of mortars produced with up to 20 %wt. of FA, BA, and TBA as sand replacement were analyzed 180 days into curing. The formulations of mortars are shown in Table 1. A reference mortar (REF) was produced using sand with two different size distributions (CS and FS). Mortars (1:4 binder to aggregate weight ratio) were prepared mixing the solid components inside a plastic bag for 1 min, in order to work with mortars with greater consistency, plasticity and adhesion to resist flow in porous substrates. The mixture was then submitted to mechanical homogenization for 15 s and left to rest for 1 min. A new mechanical homogenization step (1 min 15 s) ensued. Workability was set at 150 mm and controlled varying the dosage of water added to the mixtures (Table 2). Three prismatic samples (40 × 40 × 160 mm) were cast according to specific standard methods (EN 1015-11:1999). All samples were placed in a room at controlled relative humidity (65%) and temperature (23°C). Compressive strength as well as water absorption by immersion and apparent porosity (EN 1015-10:1999; EN 196-1:2005) were tested at different curing ages. In addition, carbonation extent was determined under natural

conditions, while the alkali-silica reaction (ASTM C1260: 1994. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates, Mortar-Bar Method), unrestrained shrinkage and weight variation (Cachier du CSTB 2669-4, A3.3: 1993. Certification CSTB unrestrained shrinkage and weight variation) were also evaluated (Table 3). The variance of experimental error was determined using three replicates for each property analyzed.

	FS	CS	FA	BA	TBA		
REF	1	3	–	–	–		
10FA	0.9	3	0.1	–	–		
20FA	0.8	3	0.2	–	–		
10BA	1	2.7	–	0.3	–		
10TBA	1	2.7	–	–	0.3		
20BA	1	2.4	–	0.6	–		
20TBA	1	2.4	–	–	0.6		
10FA+10BA	0.9	2.7	0.1	0.3	–		
10FA+10TBA	0.9	2.7	0.1	–	0.3		
20FA+20BA	0.8	2.4	0.2	0.6	–		
20FA+20TBA	0.8	2.4	0.2	–	0.6		
	Components (% wt)						Spread (mm)
OPC	FS	CS	FA	BA	TBA	Water	
100	100	300	–	–	–	70	155
100	90	300	10	–	–	72.5	150
100	80	300	20	–	–	73.3	150
100	100	270	–	30	–	70	140
100	100	270	–	–	30	72.5	150
100	100	240	–	60	–	70	145
100	100	240	–	–	60	73	145
100	90	270	10	30	–	72	145
100	90	270	10	–	30	73.5	155
100	80	240	20	60	–	72.4	155
100	80	240	20	–	60	74.5	155

Table 02 - Mortar formulations
 Source: Authors

Product state	Measurements	Time (days)	Standard
Powder	Grain size distribution (mm)	0	EN 933-1: 2000
	Flow table test (mm)	0	EN 1015-3:2007
Fresh	Unrestrained shrinkage (mm)	7, 28	Cachiers du CSTB (2669-4): A3.3
	Weight variation (%)	7, 28	–
	Compressive strength (MPa)	7, 28, 180	EN 1015-11:1999
	Apparent porosity (%)	7, 28, 180	EN 1015-10:1999
Hardened	Water absorption (%)	7, 28, 180	0.6
	Alkali-silica reaction (%)	1 to 28	ASTM C1260: 1994
	Natural carbonation (na)	180	NA*
	Grain size distribution (mm)	0	EN 933-1: 2000
	Flow table test (mm)	0	EN 1015-3:2007

Table 03 - Experimental tests and standards used
 Source: Authors

3. ANALYSIS AND DISCUSSION OF RESULTS

The workability of mortars formulated with distinct dosages of BA, TBA, and FA is shown in Table 2. The water content used to keep the workability of samples constant did not differ significantly compared with the REF formulation, because the physical characteristics of BA or TBA and FA were like those of CS and FS. The negative impact often observed when using an additional volume of water in mortars formulated with finer additions tends to be minimal (SENFF, 2011; SENFF et al., 2014 and SENFF et al., 2015).

Figure 6 shows the apparent porosity and water absorption values of samples cured for up to 180 days. Addition of FA and BA or TBA did not significantly influence the parameters analyzed, and values remained at equivalent levels. This behavior is explained in view of the similar internal porous structure of the hardened matrix (Figure 7). But, during the experiment the values of both properties tended to decrease, as observed in a natural, progressive hydration process. Similar behavior was observed for the carbonation reactions. This highlights the importance of balancing the maximum dosage of FA and BA (or TBA) with adequate dosage water to ensure the expected properties upon curing.

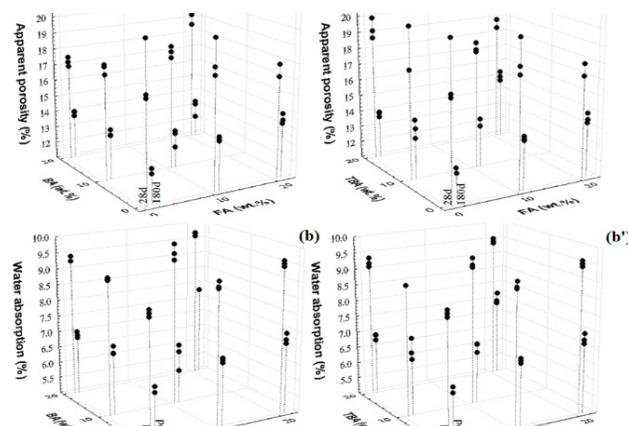


Figure 06 - Apparent porosity (a) and (a') and water absorption (b) and (b') of mortars cured for 28 and 180 days, respectively
 Source: Authors

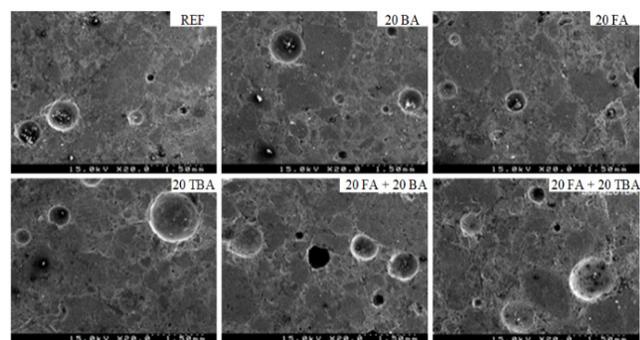


Figure 07 - Scanning electron microscopy (SEM) images of mortars cured for 180 days
 Source: Authors

Figure 8 shows the weight variation and the values of unrestrained shrinkage of mortars cured for up to 28 days. A significant weight variation was observed caused by intense loss of water in the early setting period. Loss of water induces the contraction of capillary walls in the microstructure (NAWY, 2001), increasing unrestrained shrinkage. After this period, weight variation diminished indicating equilibrium under room conditions, while unrestrained shrinkage values increased. Such results may also be associated with the carbonation effect that influences shrinkage evolution if relative humidity is maintained between 50% and 75% in the curing environment (MEHTA; MONTEIRO, 1993). In addition, these curing settings can compensate for the weight loss caused by the loss of water from the solid structure. These results underscore the importance of balancing the amounts of water for a given dosage of FA or BA in mortar mixtures.

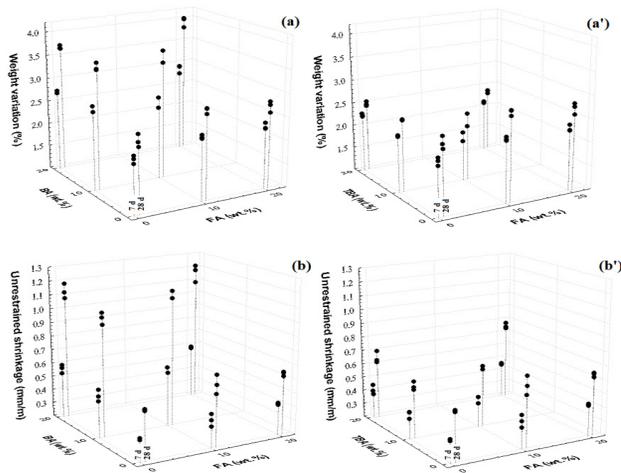


Figure 08 - Weight variation (a) and unrestrained shrinkage (b) of mortars cured for 7 and 28 days
 Source: Authors

Figure 9 shows the compressive strength of mortars containing up to 20 %wt. of BA, TBA, or FA. Although the compressive strength of these mortars was not improved significantly, the results remained at essentially the same levels compared to the results observed for the REF sample.

These findings may be explained in view of the internal porosity of mortars as discussed. A pozzolanic reaction induced by FA can be disregarded, because the material did not express any appreciable pozzolanic activity. Besides, the cement content and the dosage of water used in test samples did not differ significantly from the amounts used in the REF sample, which may also explain the similarity in results. In addition, a filler effect of FA does not seem strong enough to enhance the compressive performance.

The increase in compressive strength of all samples observed only in the earlier ages (up to 28 days) is a natural phenomenon in hydration. The additional increase in compressive strength values observed after this period is of minor significance. Again, the results confirm the apparent porosity and water absorption values previously mentioned.

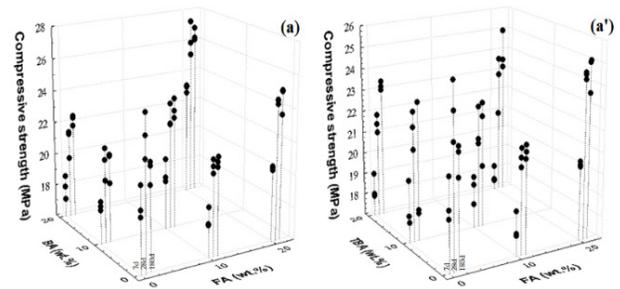


Figure 09 - Compressive strength (a) and (a') values of mortars cured up to 180 days
 Source: Authors

The expansion of mortar samples containing distinct dosages of FA e BA due to alkali-silica reaction is shown in Figure 10. The potentially reactive aggregates, like those used in REF, are not stable in alkaline medium and tend to produce an expansive gel because of this reaction over time, which is responsible for the deterioration of the material (MEHTA; MONTEIRO, 1993, SENFF et al., 2014). The expansion values of all mortars formulated with FA and BA exhibited similar behavior to that of REF, exceeding the admissible limit (0.2% on day 28), as defined in the standard used to assess the parameter (ASTM C1260. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates - Mortar-Bar Method). The absence of pozzolanic activity from FA and BA may explain the behavior observed.

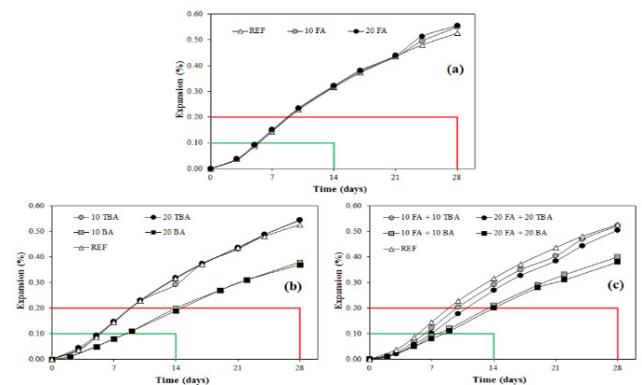


Figure 10 - Expansion of samples prepared with mortars cured for up to 28 days
 Source: Authors

Figure 11 shows the influence of FA, BA, and TBA on the progress of carbonation reactions of mortars cured for up to 180 days. This parameter was visually observed.

In general, carbonation depends on available atmospheric CO₂ that reacts with the calcium hydroxide formed during hydration and the porous structure of the material generated (RAMACHANDRAN; ZHANG, 1986; SENFF et al., 2014). Besides the microstructural change, a dimensional instability in the hardened material could be also observed by Ramachandran and Zhang (1986). As the samples tested in this work have similar extent of the carbonation reaction, the results confirm the absence of pozzolanic potential or microfiller effect of FA, which was able to reduce the entry of CO₂ into the structure. The structural contractions observed 180 days into curing and the apparent porosity and water absorption values are useful parameters to predict such behavior.

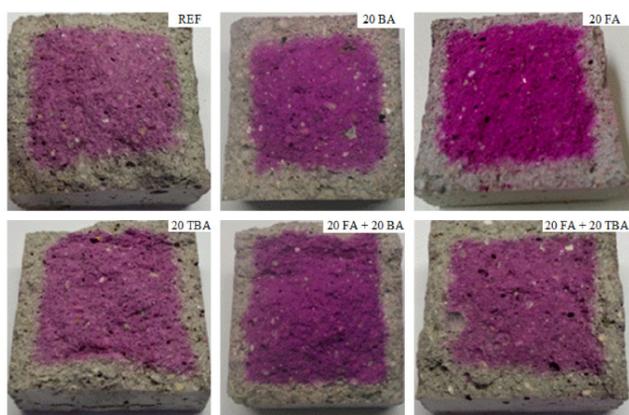


Figure 11 - Natural carbonation of mortars produced with incorporation of BA, TBA and FA after 180 days.
Source: Authors

The valorization of BA and FA produced during biomass combustion in TPPs was discussed in this study concerning their use as aggregate in mortar formulations in substitution of natural quartz-sand.

In fact, an important environmental aspect in the development of construction materials is the extraction of potentially scarce natural resources. On the other hand, BA is an industrial waste common in power production based on the combustion of a renewable resources such as biomass. The proper management and recycling of such waste may help avoid a negative environmental impact, especially because it will not be disposed of in landfills.

Based on the recycling potential of BA and its use to replace natural sand, the process developed in the present study advances a perspective of solution with potential to reduce the extraction of natural sand, a raw natural resource, and mitigates the environmental impact of the disposal of the ash (a waste) in industrial landfills.

This perspective meets the principles of industrial ecology and circular economy, mitigating environmental impacts caused by industrial activity.

However, the industrial application of such a solution depends on how far the associated environmental aspects, namely its benefits or drawbacks, are well characterized and properly understood. In this sense, it is important to characterize the operations and processes involved and the material and energy flows of such a solution concerning the upstream processing of both materials, that is, natural sand and BA.

Although the quantitative analysis of such detailed environmental assessment is beyond the scope of this work, a simplified qualitative approach to identify the most relevant treatment processes and operations applied to BA was developed here based on field practice expertise. For that purpose, Figure 13 shows a simplified material cycles (MCs) of the natural sands used by default as aggregates in the construction materials and that of the BA used.

An important environmental aspect observed in MC1 (sand handling and transport) and MC2 (BA handling and transport) concerns the emission of particulate matter to the atmosphere during handling and transportation of these materials.

However, considering the intrinsic characteristics of the waste (BA) (color, particle size distribution, trace levels of salts such as chlorides), in the steps preceding its effective recycling, the waste should be kept in an appropriate place as a means to prevent the contamination with soil and other materials stored nearby. Figure 12-a shows the storage and management site of the raw material at the sand treatment plant. In the treatment of BA (MC3), energy and water consumptions could increase since the washing of BA has to be performed with the conveyor belt at the minimum speed to ensure the removal of soluble salts. It was also possible to observe that a high amount of particulate material is emitted to the atmosphere when the BA is introduced at the inlet (Figure 12-c and 12-d) of the washing unit. This is termed temporary impact, and in this case, it may affect air quality even if for a short period of time (e.g. few hours) (SANCHES, 2013). This is not observed during the conventional sand washing process. Finally, it was observed that the washing of BA increases the level of suspended solids in the washing effluent, as shown in the settling tank (Figure 12-f), thus increasing the needs of this wastewater treatment.



Figure 12 - Treatment of BA for recycling in mortars. MC1: material cycle 1 (conventional sand); MC2: material cycle 2 (BA generation); MC3: material cycle 3 (BA treatment and shipping to recycling); (a) BA storage; (b) conveyor belt material and power control unit; (c) BA introduction in washing system; (d) dust/particulate matter emission from BA; (e) water sprinkler system (showers); and (f) settling system for solids after BA washing

Source: Authors

4. CONCLUSIONS

This study presents a comparative analysis of the production of rendering mortars by replacing conventional sands, namely CS and FS, by different dosages of biomass BA and FA. The volumes of water used to keep the same workability of the distinct mortar samples were not significantly different from the amounts used to prepare the REF formulation. However, the addition of BA and FA slightly influenced apparent porosity and water absorption of mortars. Compressive strength was not improved significantly when using BA or FA, remaining at the same level as in the REF mortar sample. The absence of pozzolanic action from FA and BA increased compressive strength of mortars beyond the admissible limit due to an alkali-silica reaction, though the extent of the carbonation reaction remained unchanged.

Considering the environmental aspect observed in MC1, it relevant to assess the impact caused by emission of particulate matter from the handling of these materials. The pre-processing operations of the ashes have to be properly characterized in the effort to reuse BA and FA as effective replacements of natural sand in mortars, and the associated environmental aspects should be further investigated to support this recycling strategy.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Foundation for Science and Technology (FCT- Portugal) for the financial support (SFRH/BD/75182/2010 - PhD grant) and CNPq for the financial support given as first author's grant, CNPq Productivity Research Scholarship (Process 307755/2018-5), and CNPq for the grant Technological Development and Innovative Extension-DT. Guilherme Ascensão's collaboration in this work was performed before his integration in the NEW-MINE project funded

by the European Union's EU Framework Programme for Research and Innovation Horizon 2020 under Grant Agreement No 721185 - <http://new-mine.eu/>. The authors also thank project UID/AMB/50017/2013-POCI-01-0145-FEDER-007638 (CESAM) through national funds, and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020. Thanks to Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT)/Ministry of Science, Technology and Higher Education (MCTES) for the financial support to CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020) through national funds

REFERENCES

- BLEISCHWITZ, R., BAHN-WALKOWIAK, B. Sustainable developed in European aggregate industry - A case for sectoral strategies. Environmental and Energy, Germany, 2006.
- CALLEJÓN-FERRE A. J., CARREÑO-SÁNCHEZ J., SUÁREZ-MEDINA F. J. PÉREZ-ALONSO, J., VELÁSQUEZ-MARTÍ, B. Prediction models for higher heating value based on the structural analysis of the biomass of plant remains from the greenhouses of Almería (Spain). **Fuel**, v. 116, p. 377-387, 2014.
- CCDRLVTD. Decrete n.º 209/2004. Portuguese legislation about the European list of wastes in accordance with Commission Decision 2000/532/EC of 3 May 2000 replacing Decision 94/3/EC establishing a list of wastes pursuant to Article 1(a) of Council Directive 75/442/EEC on waste and Council Decision 94/904/EC establishing a list of hazardous waste pursuant to Article 1(4) of Council Directive 91/689/EEC on hazardous waste.
- CHEAH, C. B., RAMLI, M. Mechanical strength, durability and drying shrinkage of structural mortar containing HCWA as partial replacement of cement. **Construction and Building Materials**, v. 30, p. 320-329, 2012.
- DAHL, O., NURMESNIEMI, H., PÖYKIÖ, R., WATKINS, G. Comparison of the characteristics of bottom ash and fly ash from a medium-size (32MW) municipal district heating plant incinerating forest residues and peat in fluidised-bed boiler. **Fuel Processing Technology**, v. 90, p. 871-878, 2009.
- EN 1015-10. Methods of test for mortar for masonry – Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar, 1999.
- EN 1015-11. Methods of test for mortar for masonry – Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar, 1999.
- EN 1015-3. Methods of test for mortar for masonry:

- determination of consistence of fresh mortar (by flow table), 2007.
- EN 933-1. Tests for geometrical properties of aggregates, Part 1: Determination of particle size distribution, 2000.
- HINOJOSA, M. J. R., GALVÍN, A. P., AGRELA, F., PERIANES, M., BARBUDO, A. Potential use of biomass ash as alternative construction material: Conflicting Chemical parameters according to Technical regulations. **Fuel**, v. 128, p. 248-259, 2014.
- HÖJER, M., AHLROTH, S., DREBORG, K. H., EKVALL, T., FINNVEDEN, G., HJELM, O., HOCHSCHORNER, E., NILSSON, M., PALM, V. Scenarios in selected tools for environmental systems analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1958-1970, 2008.
- LABRINCHA, J. A., MARQUES, J. I., HAJAJI, W., SENFF, L., ZANELLI, C., DONDI, M., ROCHA, F. Novel inorganic products based on industrial wastes. **Waste and Biomass Valorization**, v. 5, p. 385-392, 2014.
- MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. Concrete – microstructure, properties, and materials, McGraw-Hill, New York, 1993.
- MODOLO R.C.E. Valorization of solid wastes from cellulose and paper industry, PhD thesis, University of Aveiro, Aveiro, Portugal, 2014.
- MODOLO, R. C. E., FERREIRA V. M., TARELHO, L. A., LABRINCHA, J. A., SENFF, L., SILVA, L. Mortar formulations with bottom ash from biomass combustion. **Construction and Building Materials**, v. 45, p. 275-281, 2013.
- MODOLO, R. C. E., SENFF, L., FERREIRA, V. M. TARELHO, L. A. C., MORAES, C. A. M. Fly ash from biomass combustion as replacement raw material and its influence on the mortars durability. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 11, p. 1-10, 2017.
- MODOLO, R. C. E., SILVA, T., SENFF, L., TARELHO, L. A. C., LABRINCHA, J. A., FERREIRA, V. M., SILVA, L. Bottom ash from biomass combustion in BFB and its use in adhesive-mortars. **Fuel Processing Technology**, v.129, p. 192-202, 2015.
- MORAES, C. A. M., FERNANDES, I. J., CALHEIRO, D., KIELING, A. G., BREHM, F. A., RIGON, M. R., FILHO, J. A. B., SCHNEIDER, I. A. H., OSORIO, E. Review of the rice production cycle: By-products and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling. **Waste Management and Research**, v. 32, p. 1034-1048, 2014.
- NAWY, E. G. Fundamentals of high-performance concrete, 2ª Edition, Wiley, New York, 2001.
- OBERNBERGER, I., BIEDERMANN, F., WIDMANN, W., RIEDL, R. Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions. **Biomass and Bioenergy**, v. 12, p. 211-224, 1997.
- PALŠAUSKAS, M., PETKEVIČIUS, S. A new approach to renewable energy: new mixed biomass pellets. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 11, p. 798-802, 2013.
- RAJAMMA, R., SENFF, L., RIBEIRO, M. J., LABRINCHA, J. A., BALL, R. J., ALLEN, G. C., FERREIRA, V. M. Biomass fly ash effect on fresh and hardened state properties of cement based materials. **Composites Part B**, v. 77, p. 1-9, 2015.
- RAMACHANDRAN, V. S., ZHANG, C. Influence of CaCO₃ on hydration and microstructural characteristics of tricalcium silicate. **II Cemento**, v. 83, p. 129-152, 1986.
- SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos, 2ª edition, Oficina de Textos, São Paulo, 2013.
- SENFF L., HOTZA D., LABRINCHA J.A. Effect of lightweight aggregates addition on the rheological properties and the hardened state of mortars. **Applied Rheology**, v. 21, p. 1-8, 2011.
- SENFF, L., MODOLO, R. C. E., ASCENSÃO, G., HOTZA, D., FERREIRA, V. M., LABRINCHA, J.A. Development of mortars containing superabsorbent polymer. **Construction and Building Materials**, v. 95, p. 575–584, 2015.
- SENFF, L., MODOLO, R. C. E., SILVA, A. S., FERREIRA, V. M., HOTZA, D., LABRINCHA, J. A. Influence of red mud addition on rheological behavior and hardened properties of mortars. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 84–91, 2014.
- SENFF, L., TOBALDI, D. M., LEMES-RACHADEL, P., LABRINCHA, J. A., HOTZA, D. The influence of TiO₂ and ZnO powder mixtures on photocatalytic activity and rheological behavior of cement pastes. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 191–200, 2014.
- STEENARI, B. M., FEDJE, K. K., Addition of kaolin as potassium sorbent in the combustion of wood fuel – Effects on fly ash properties. **Fuel**, v. 89, p. 2026–2032, 2010.
- TARELHO, L. A. C., TEIXEIRA, E. R., SILVA, D. F. R., MODOLO, R. C. E. LABRINCHA, J. A., ROCHA, F. Characteristics of distinct ash flows in a biomass thermal power plant with bubbling fluidised bed combustor. **Energy**, v. 90, p. 387-402, 2015.
- VASSILEV, S. V., BAXTER, D., ANDERSEN, L. K., VASSILEVA, C. G. An overview of the composition and application of biomass ash – Part 2. **Fuel**, v.105, p. 19-39, 2013.
- ZOBEL, T., ALMROTH, C., BRESKY, J. BURMAN, J-O. Identification and assessment of environment aspects in an EMS context: an approach to a new reproducible method based on LCV methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 10, p. 381-396, 2002.

AUTORES

<http://orcid.org/0000-0001-7088-2502>

REGINA CÉLIA ESPINOSA MODOLO, Dra. | Ciências e Engenharia do Ambiente | Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS-RS) | PPG's em Engenharia Civil e Engenharia Mecânica | São Leopoldo, RS, Brasil | Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei - RS, 93022-750 | email: reginaem@unisinos.br

<https://orcid.org/0000-0002-6003-4486>

GUILHERME ASCENSÃO, Dr. | Engenharia de Materiais | Universidade de Aveiro (UA-PT) | Departamento de Engenharia Civil | Aveiro, Portugal, 3810-193 | email: guilhermedascensao@hotmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-3196-2128>

LUCIANO SENFF, Dr. | Ciência e Engenharia de Materiais/ | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC - SC) | Departamento de Engenharias da Mobilidade | Joinville - SC, Brasil, 89218-000 | email: lsenff@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-8790-3023>

FRANCISCO ROGER CARNEIRO RIBEIRO, M.Sc. | Engenharia Civil | Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS-RS) | PPG em Engenharia Civil/ São Leopoldo, RS, Brasi | Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei - RS, 93022-750 | email: roger.ribeiro_@hotmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-0385-5621>

LUIS ANTÓNIO DA CRUZ TARELHO, Dr. | Engenharia do Ambiente | Universidade de Aveiro (UA-PT) | Departamento de Ambiente e Ordenamento and Centre for Environmental and Marine Studies (CESAM) | Aveiro, Portugal, 3810-193 | email: ltarelho@ua.pt

<http://orcid.org/0000-0002-6295-1333>

VICTOR MIGUEL FERREIRA, Dr. | Ciência e Engenharia de Materiais | Universidade de Aveiro (UA-PT) | Departamento de Engenharia Civil | Aveiro, Portugal, 3810-193 | email: victorf@ua.pt

<http://orcid.org/0000-0003-1768-718X>

JOÃO ANTÓNIO LABRINCHA, Dr. | Engenharia de Materiais e Cerâmica | Universidade de Aveiro (UA-PT) | Departamento de Engenharia de Materiais e Cerâmica | Aveiro, Portugal, 3810-193 | email: jal@ua.pt

<http://orcid.org/0000-0001-8002-0682>

ANTÓNIO SANTOS SILVA, Dr. | Engenharia Civil | Departamento de Materiais - Laboratório Nacional de Engenharia Civil | Lisboa, Portugal, 1700-066 | email: ssilva@lnec.pt

<http://orcid.org/0000-0001-7295-2826>

CARLOS ALBERTO MENDES MORAES, Dr. | Ciência dos Materiais | Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS-RS) | PPG's em Engenharia Civil e Engenharia Mecânica | São Leopoldo, RS, Brasil | Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei - RS, 93022-750 | email: cmoraes@unisinos.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

MODOLO, Regina Célia Espinosa; ASCENSÃO, Guilherme; SENFF, Luciano; RIBEIRO, Francisco Roger Carneiro; TARELHO, Luis António da Cruz; FERREIRA, Victor Miguel. LABRINCHA, João António; SILVA, António Santos; MORAES, Carlos Alberto Mendes. Recycling Of Ashes From Biomass Combustion As Raw Material For Mortars. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 137-146, abr. 2021.** ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.137-146>.

DATA DE ENVIO: 28/09/2020

DATA DE ACEITE: 17/01/2021

EXTREME PRECIPITATION EVENTS AND ASSOCIATED RISK OF FAILURE IN HYDRAULIC PROJECTS IN THE STATE OF MATO GROSSO DO SUL, BRAZIL

EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E O RISCO DE FALHA ASSOCIADO EM PROJETOS HIDRÁULICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

ANA CLARA COSTA OLIVEIRA | UFMS

ALESKA KAUFMANN ALMEIDA, M.Sc. | UFMS

JOSÉ ANTONIO GUARIENTI | UFMS

CLEYLSE ANDREIA SOUZA LIMA, M.Sc. | UFMS

LÍNICA VICENTE FERREIRA DE ALMEIDA, M.Sc. | UFMS

ROBERT SCHIAVETO DE SOUZA, Dr. | UFMS

ISABEL KAUFMANN DE ALMEIDA, Dra. | UFMS

ABSTRACT

It is necessary to know the extreme precipitation occurrences in a region for satisfactory design of infrastructure projects. Tropical climate regions are characterized by heavy rainfall events during the summer, and, in recent years, as a result of climate change, such events are becoming recurrent. A theoretical probability distribution model is typically used to extrapolate extreme events for high return periods. This study verified if whether probability distribution models are efficient for estimation of extreme precipitation events for the normative recommended return period. Five cities in Mato Grosso do Sul State, in the Midwest region of Brazil, affected by disasters caused by heavy rainfall were adopted as a case study. The results illustrate that the recommendations of the return periods used for the design of hydraulic control structures are insufficient to avoid damage caused by precipitation events, thus lending a high breakdown risk to structures.

KEY WORDS: Maximum rainfall; Return period; Probabilistic analysis; Risk analysis; Lifetime structure; Probabilistic distribution model.

RESUMO

É necessário conhecer as ocorrências extremas de precipitação em uma região para obtenção de projetos de infraestrutura satisfatórios. As regiões de clima tropical são caracterizadas por seus eventos de chuvas intensas durante o verão e, nos últimos anos, em decorrência das mudanças climáticas, esses eventos estão se tornando recorrentes. Um modelo de distribuição de probabilidade teórica é normalmente aplicado para extrapolar eventos extremos para altos períodos de retorno. Neste estudo, verificou-se se os modelos de distribuição de probabilidade são eficientes para estimar eventos extremos de precipitação para o período de retorno recomendado em normativas de dimensionamento de obras hidráulicas. Cinco cidades do estado de Mato Grosso do Sul, localizadas na região centro-oeste do Brasil, que foram afetadas por desastres causados por fortes chuvas foram adotadas como estudo de caso. Os resultados ilustram que as recomendações dos períodos de retorno utilizados para o dimensionamento das estruturas de controle hidráulico são insuficientes para evitar os danos causados por eventos de precipitação, gerando um alto risco de ruptura das estruturas.

PALAVRAS CHAVE: Precipitação máxima; Período de retorno; Análise probabilística; Análise de risco; Vida útil da estrutura; Modelo de distribuição probabilística.



1. INTRODUCTION

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2012) indicated that extreme precipitation events have been increasing over many locations on the planet. According to Salas et al. (2013), some of the changes observed in the hydrological records may be due to the effects of natural climatic variability, particularly resulting from low-frequency components of climate variability such as the El Niño Southern Oscillation (ENSO). Kyoung et al. (2011) predicted that rainfall patterns will change significantly as a result of climate change. Hajani et al. (2017) affirmed that a possible increase in rainfall intensity driven by climate change might increase the risk of floods in many locations worldwide. Extreme events, when not predicted in the design of hydraulic control structures, can cause significant social and economic damage.

Many researchers (Rahmani et al., 2014; Yang et al., 2010; Koutsoyiannis, 2004) have conducted rainfall frequency distribution studies. According to Babar and Ramesh (2014), the stochastic behaviour of extreme events can be analyzed based on their probability distribution function. Thus, probability models such as the Gumbel, log-normal (LN), log Pearson type III (LP3), and normal models can be used for fitting the frequency distribution of precipitation and flood data. In these cases, the intensity of the precipitation is associated with the probability of it being equaled or exceeded. The inverse of this probability defines a range of rainfall occurrences of the same or greater magnitude, called the return period (T), which is an average estimate of the time when an event is equaled or exceeded.

Muhammad et al. (2016) affirmed that return periods are useful in the field of hydrology to measure the severity of an event. In flood engineering practice, the return period has been defined as the average number of years to the first occurrence of a flood event of magnitude greater than a predefined design flood (Kite, 1977). The safety and durability of engineering projects are often associated with the return period adopted in the project. In the context of designing a hydraulic structure, return periods T are specified according to the type of structure to be designed. Design floods are determined from the frequency distribution of the corresponding flood data (Salas et al., 2013). Another important variable that can be obtained through frequency distribution studies is the risk. Risk is the probability that a certain project will fail during the lifetime of its use. According to Tingsanchali and Karim (2010), risk assessment, namely, identifying the possible impacts of any future flooding event, can help residents and authorities minimize economic and environmental losses.

The concepts of risk and uncertainty are commonly used for designing and evaluating flood-related hydraulic structures (Salas et al., 2013). A risk analysis should precede the sizing of projects that present a degree of complexity (such as unique works of art) before selecting the return period. In addition, hydraulic projects are generally designed by considering the minimum cost associated with an acceptable risk of failure. Therefore, the risk associated with damage caused by a hydrologic event higher than that predicted in the project, during the lifetime of its use, must be considered. This fact requires the prediction of hydrological quantities of significant magnitude, such as the maximum daily precipitation, which can cause flooding in a certain locality. According to Dave (2017), understanding the changes in extreme daily rainfall events is more important than realizing changes in the mean condition. The same author affirmed that 1-day extreme rainfall events occur not only in years of excess rainfall but also in years of drought. According to Jain and Kumar (2012), changes in rainfall from global warming require a review of the hydrologic design and management practices. Thus, it is necessary to develop studies that promote a better targeting of resources and technologies applied to disaster prevention.

Baptista et al. (2011) stated that, in Brazil, there are no specific regulations for the use of rainwater control devices in the cities; however, Brazilian legislation at federal, state, and municipal levels have legal instruments that can be used. Thus, the suggestions of manuals such as DNIT (2010), of the Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), and DAEE-CETESB (1986), of the Departamento de Águas e Energia Elétrica – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (DAEE-CETESB), which present recommendations as to the return period to be adopted in the design of hydraulic projects, are based on a particular baseline.

This study focused on verifying if the probabilistic models of distribution, namely, Gumbel, LN, LP3 and Normal are efficient for an estimation of extreme events of precipitation for the recommended return period. This paper also discusses whether the methodology based on the return period that is used for the sizing of hydraulic projects in Brazil is adequate and safe for a tropical climate region. For this purpose, the cities of Amambaí, Iguatemi, Jardim, Naviraí, and Tacuru, located in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil, which were affected by heavy rainfall and were declared as disaster area for a 180-day period in 2015, were adopted as a case study.

2. METHODOLOGY

2.1 Study area

The study area (Fig. 1) includes the cities of Amambaí, Iguatemi, Jardim, Naviraí, and Tacuru, located in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. Farming is the main economic activity of the region, which is characterized as an area of rural watersheds. The pedology of the study area is composed of orthic Quartzarenic Neosol (RQo), which is derived from sandstone rock, and of dystrophic Red Latosol (dRL) and eutrophic Red Argisol (PVe), both with a basalt origin.

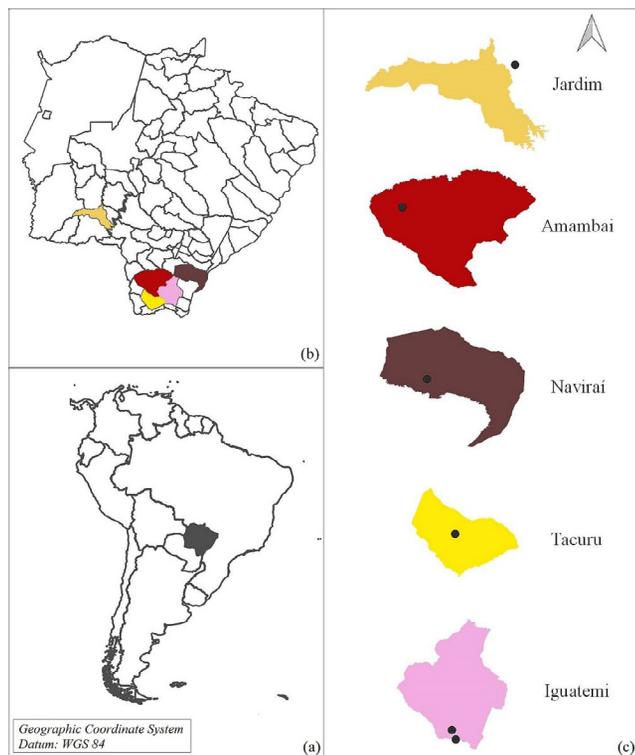


Figure 1 - Studied cities and locations of the measurement stations: a) State of Mato Grosso do Sul in South America, b) Studied cities in State of Mato Grosso do Sul, and c) Measurement stations in the studied cities

Source: Authors.

According to Köppen's climate classification, the prevailing climate in Jardim and Naviraí territory is Aw (Tropical savanna, wet), which is defined as hot and humid. This classification is attributed to regions where the climate is markedly seasonal, with rainfall of more than 250 mm per month between December and February (Alvares et al., 2013), showing well-defined rainfall periods with an average annual rainfall of around 1,500 mm. The months from November to April are the rainiest, whereas the driest period extends from July to September. The prevailing climate in Amambaí, Iguatemi, and Tacuru territory is Cfa (Humid subtropical climate), a humid temperate climate with hot summers. This classification is attributed to regions where summer and winter seasons

are well defined, with an annual average rainfall of between 1,500 and 1,700 mm, which is higher in the summer (> 600 mm) but may also occur during the winter (< 200 mm). The mean air temperature in the warmest month is higher than 22 °C (Alvares et al. 2013). The territorial area obtained by Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), predominant soils, and climate of each city are presented in Table 1.

City	City territory (IBGE 2016)	Predominant Soil Class (Santos et al. 2011)	Predominant Climate (Alvares et al. 2013)
Amambaí	4.202 km ²	dystrophic Red Latosol (LVd27)	Cfa and Aw
Iguatemi	2.947 km ²	orthic Quartzarenic Neosol (RQo24)	Cfa
Jardim	2.201 km ²	eutrophic Red Argisol (PVe32)	Aw
Naviraí	3.193 km ²	dystrophic Red Latosol (LVd43)	Aw
Tacuru	1.786 km ²	dystrophic Red Latosol (LVd26 e LVd27)	Cfa

Table 1 - Study area characteristics

Source: Authors.

2.2 Hydrological data

Dense rain-gauge networks, high temporal-resolution sampling, and long-term data collection are all necessary to capture extreme and infrequent events (Keefer et al., 2016). The hydrological data series used in this study was collected from the Agência Nacional de Águas (ANA) database. In each city, the station with the longest measurement period was selected to be used in the estimation of maximum rainfall (Table 2). Datasets of telemetry station 64725000, whose operator is Itaipu, were used to obtain the rainfall height in the period that was recorded disaster by heavy rains in the city. The hydrological data were prepared and worked on using an electronic spreadsheet.

Station code	City	Latitude	Longitude	Size of data series
2355000	Amambaí	23,10° S	55,24° W	47 years
2354001	Iguatemi	23,68° S	54,56° W	47 years
2156001	Jardim	21,44° S	56,09° W	51 years
2354000	Naviraí	23,06° S	54,19° W	47 years
2355003	Tacuru	23,64° S	55,02° W	35 years

Table 2 - Stations characteristics.

Source: Authors.

2.3 Disaster data

A disaster is characterized as the result of adverse, natural, or human-made adverse events in a vulnerable environment, causing serious disruption to the functioning of a community or society involving extensive human, material, economic, or environmental loss and damage exceeding the region's ability to cope with the problem through its means (BRAZIL, 2012). The Brazilian System of Civil Protection and Defense (SINPDEC) comprises a group of municipalities affected by natural or technological events that trigger damage and losses that characterize a disaster. This information is obtained through the Disaster Information Form (FIDE), which is regulated by Normative Instruction No. 2 from 12/20/2016 (BRAZIL, 2016).

In this study, the starting point of the investigation was the generation of this form, allowing the damage and losses to be measured. The State Coordination of Civil Defense of Mato Grosso do Sul (CEDEC/MS) database has information inserted in the FIDE, as adopted by SINPDEC, by municipalities affected by natural or technological events that triggered damage and losses characterizing a disaster. The dataset contained in the FIDE was used to characterize the susceptibility of the region to the events of maximum precipitation. The losses and damage data recorded in the FIDEs were used to verify which projects were susceptible to collapse when faced with extreme tropical rainfall events and investigate their dimensioning normative criteria.

2.4 Structural failure risk and return period recommended for hydraulic projects

A risk assessment requires a description of the probabilistic properties of the hydrological variables (Renard and Lang, 2007). According to Şen (1999), the risk (R) can be defined as the probability of occurrence of a hydrological variable being greater than the design magnitude at least once over the system's economic life (equation 1).

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n \quad (1)$$

Where T is the return period or recurrence interval in years, n is the number of years of use of the facility or the lifetime of its use, and R is the risk given in percentage.

The calculated risks are very important in the design of a structure (Tung and Wong 2014), and are commonly used to design and evaluate flood-related hydraulic structures (Salas et al., 2013; Tingsanchali and Karim, 2010). According to the calculated risk for the probable lifetime of a structure, it possible to observed that, for small return periods, the designer assumes a high risk of

structural collapse during a natural disaster, such as an extreme rainfall event. Researchers (Tingsanchali and Karim, 2010; Gebregiorgis and Hossain, 2012) have conducted studies in different countries aiming to minimize structural failures. Tingsanchali and Karim (2010) contributed to a comprehensive assessment of flood hazards and risk for the Phrae flood plain of the Yom River basin in northern Thailand. Gebregiorgis and Hossain (2012) conducted a reassessment of the oldest dam in the Tennessee River basin, the Wilson Dam, based on post dam flow data.

Recommendations have been made regarding the use of the return period for hydraulic design and other structures. In Brazil, a recommended standard includes the Manual of DNIT (2010), which contains many recommendations about the return period of hydraulic structures (Table 3).

Hydraulic Structures	Return Period (years)
Surface Drainage	5 to 10
Subsurface Drainage	10
Tubular culverts	15 (as a channel)
	25 (as an orifice)
Cellular culverts	25 (as a channel)
	50 (as an orifice)
Small bridge (Pontilhão)	50
Bridge	100

Table 3 - Return period of hydraulic structure for DNIT (2010).
 Source: DNIT (2010).

There are other recommendations used for dimensioning in Brazil, including DAEE-CETESB (1986) and Naghettini and Horizonte (1999) (Table 4).

Hydraulic Structure	Characterization	Return period (years)
Road culverts	Low traffic	5 to 10
	Intermediate traffic	10 to 25
	High traffic	50 to 100
Road bridges	Secondary road	10 to 50
	Primary road	50 to 100
Urban drainage	Small cities drainage gallery	2 to 25
	Major cities drainage gallery	25 to 50
	Channeling stream	50 to 100
Dike	Rural area	2 to 50
	Urban area	50 to 200
Dams	No risk of loss of human life	200 to 1000
	At risk of loss of human life	10000

Table 4 - Return period for hydraulic structures.
 Source: Naghettini and Horizonte (1999).

The Porto (1995) recommendations consider the characteristics of the area to estimate the return period in a project (Table 5).

Work	Occupation area	T (years)
Micro drainage	Residential	2
	Commercial	5
	Areas with public service buildings	5
	Airports	2 – 5
	Commercial areas and traffic arteries	5 – 10
Macro drainage	Commercial and residential areas	50 – 100
	Areas of specific importance	500

Table 5 - Return period for different types of occupation areas.
Source: Porto (1995).

2.5 Probabilistic analysis

An estimation of the rainfall for a desired return period, and for different durations, is often required for the design of hydraulic and other types of structures in a region, which can be achieved through a probabilistic approach (Vivekanandan and Mathew, 2010). Thus, theoretical probability distribution models are often applied to obtain an extrapolation of extreme events for high return periods. Yue and Hashino (2007) affirmed that, for an effective plan, design, and management of water resource engineering, such as an urban water supply, hydropower, or irrigation system, data on the precipitation over longer durations, such as annually, seasonally, or monthly, are necessary. To prevent property and human life loss, designs of hydraulic and hydrologic structures are based on extreme rainfall estimates (Kao and Govindaraju, 2007). According to Renard and Lang (2007), the severity of an extreme hydrological event is expressed as the non-exceedance probability, or equivalently, in terms of the return period. Dawdy and Matalas (1964) define the return period as the average interval of time within which the magnitude of the event will be equaled or exceeded once. The inverse of the return period is the exceedance probability. The precipitation levels of the annual series are listed in decreasing order, associating their respective probability of occurrence (equation 2) and the return period (equation 3).

$$p = m / (n + 1) \tag{2}$$

$$T = 1 / p \tag{3}$$

Where p is the cumulative probability of an event being matched or exceeded in magnitude, m is the order number, n is the total number of years considered, and T is the return period or recurrence interval in years.

According to Salvadori and De Michele (2007), the return period of hydrological events represents a common criterion for sizing a hydraulic engineering project, and provides a simple, yet efficient, means for conducting a risk analysis. In this study, the annual maximum daily rainfall was arranged in decreasing order of magnitude and plotted on a logarithmic scale with their respective return periods. To analyze the maximum precipitation, Gumbel, Log-Normal (LN), Log-Pearson Type III (LP3), and Normal distribution models have been applied for the return periods.

Applying these distribution models to a set of observations of a hydrological variable requires a simple random sample drawn from a single population (Naghetini and Pinto, 2007). Thus, in order to be able to analyze the frequency of rainfall, initially the independence, homogeneity and stationarity of the data series were verified. The verification was performed using the following non-parametric tests: Wald and Wolfowitz (1943) test to verify independence; Mann and Whitney test (1947) to analyze homogeneity; and Spearman test, described by NERC (1975), to verify stationarity.

The Gumbel distribution (equations. 4 to 6), is used by the United States National Weather Service (NWS) to adjust the extreme values of rainfall height to be used on maps, which relate the rainfall height variation to an affected area (Silva et al. 2003).

$$\beta = 6^{0.5} \cdot S / \pi \tag{4}$$

$$\alpha = (\mu - 0,5772 \cdot \beta) \tag{5}$$

$$x(T) = \beta - \alpha \cdot \ln(-\ln(1-1/T)) \tag{6}$$

Where S is the standard deviation, μ is the mean, and α and β are the parameters of the Gumbel distribution obtained using the moments method (Naghetini and Pinto 2007).

The function of the Normal distribution (equation 7) can be expressed in a simplified form in equation (8) with a reduced variable (z), which is associated with a non-exceedance probability of a standard normal distribution (equation 9).

$$f_x(x) = 1 / \sqrt{2\pi\sigma_x} \exp[-1/2 ((x - \mu_x) / \sigma_x)^2] \tag{7}$$

$$x = \mu_x + z \cdot \sigma_x \tag{8}$$

$$z = [(x - \mu) / \sigma] \tag{9}$$

Where x is the maximum precipitation for a given probability, and σ is the standard deviation of the annual maximum daily precipitation observed.

Among the probability distributions, LN in the equation (10) has been adjusted well for the Brazilian rainfall distribution (Longo et al., 2006).

$$\log(x) = \overline{\log(x)} + z \cdot \sigma_{\log x} \quad (10)$$

Where $\log(x)$, $\overline{\log(x)}$, and $\sigma_{\log x}$ are the logarithm, and the average and standard deviation of the logarithms of the annual maximum daily precipitation observed, respectively.

The LP3 distribution has been one of the most frequently used distributions for hydrologic frequency analyses since the recommendations of the Water Resources Council (1967, 1982) of the United States regarding its use as the base method (Singh 1998). The LP3 distribution (equation 11) is calculated in data analysis to estimate the maximum precipitation with a determination of the frequency factor K_p (Table 6), considering the asymmetry coefficient g , equation (12).

$$\log(x) = \overline{\log(x)} + K_p \cdot \sigma_{\log x} \quad (11)$$

$$g = [n \sum (x_i - \bar{x})^3] / [(n-1) \cdot (n-2) \cdot \sigma_{\log x}^3] \quad (12)$$

To analyze the adherence of theoretical probability distributions to the data series, it was used the Kolmogorov-Smirnov test (KS) (Massey Jr., 1951), adopting a significance level of 5%.

Asymmetry coefficient	Return period (years)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482	2,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675

Table 6 - Factor K_p related to the return period and the asymmetry coefficient.
 Source: Authors.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Through the annual maximum precipitation series it was verified, at a significance level of 5%, the independence, homogeneity and stationary conditions of the data series of each station (Table 7).

After verifying the independence, homogeneity and stationarity conditions of the data series, it was analyzed the adequacy of theoretical probability distributions to empirical distributions (Fig. 2).

Station code	Distribution	T (years)							
		2	5	10	25	50	100	200	1000
2355000	Normal	85,69	106,11	116,79	128,18	135,53	142,15	148,20	160,68
	Log-Normal	82,12	106,05	121,22	139,79	153,27	166,51	179,62	210,01
	Gumbel	81,70	103,15	117,35	135,29	148,60	161,81	174,98	205,47
	Log-Pearson III	84,62	106,50	118,24	130,71	138,66	145,67	151,93	164,30

In this study, due to the fact that the neperian logarithm of the data series presented negative asymmetry coefficient, it was not possible to estimate the KS for the adherence between the empirical distribution and LP3. The Normal, Log-Normal and Gumbel distributions fit all the data series analyzed (Table 8).

After checking the adherence, the expected maximum precipitation for the recommended return periods for the different hydraulic structures for each city was estimated (Table 9). For relatively short return periods, the LP3 and the Normal distribution presented the highest level of estimated precipitation. However, for large periods of return, the maximum precipitation was estimated by the Gumbel and LN distributions.

Station code	City	Independence test	Homogeneity test	Stationarity test
2355000	Amambaí	Independent	Homogeneous	Shows no temporal tendency
2354001	Iguatemi	Not independent	Homogeneous	Shows temporal tendency
2156001	Jardim	Independent	Homogeneous	Shows no temporal tendency
2354000	Naviraí	Independent	Homogeneous	Shows no temporal tendency
2355003	Tacuru	Independent	Homogeneous	Shows temporal tendency

Table 7 - Independence, homogeneity and stationarity tests results of each station.
 Source: Authors.

Station code	City	Critical value	Normal distribution	Log-Normal distribution	Gumbel distribution
2355000	Amambaí	0,198	0,063	0,107	0,103
2354001	Iguatemi	0,201	0,117	0,098	0,082
2156001	Jardim	0,207	0,097	0,080	0,068
2354000	Naviraí	0,198	0,097	0,072	0,081
2355003	Tacuru	0,224	0,120	0,071	0,084

Table 8 - Kolmogorov-Smirnov test result of each station.
 Source: Authors.

2354001	Normal	93,28	116,63	128,84	141,86	150,27	157,83	164,76	179,03
	Log-Normal	89,44	114,54	130,34	149,61	163,54	177,18	190,65	221,76
	Gumbel	88,72	113,24	129,48	150,00	165,21	180,32	195,37	230,24
	Log-Pearson III	89,77	114,65	130,02	148,46	161,60	174,31	186,73	214,91
2156001	Normal	90,17	116,60	130,42	145,15	154,67	163,23	171,06	187,22
	Log-Normal	84,67	115,86	136,49	162,56	182,00	201,45	221,07	267,77
	Gumbel	85,02	112,77	131,14	154,36	171,58	188,68	205,71	245,17
	Log-Pearson III	88,58	116,42	131,22	146,69	156,33	164,68	171,98	185,87
2354000	Normal	106,56	132,13	145,49	159,75	168,95	177,24	184,82	200,44
	Log-Normal	102,20	131,66	150,29	173,08	189,61	205,82	221,87	259,01
	Gumbel	101,57	128,42	146,19	168,65	185,32	201,86	218,33	256,51
	Log-Pearson III	105,86	132,19	145,79	159,81	168,47	175,92	182,43	194,77
2355003	Normal	96,32	117,08	127,93	139,49	146,97	153,69	159,84	172,53
	Log-Normal	93,24	116,21	130,38	147,41	159,57	171,37	182,93	209,28
	Gumbel	92,27	114,07	128,49	146,72	160,25	173,67	187,05	218,03
	Log-Pearson III	94,27	116,50	129,36	143,99	153,95	163,24	172,01	190,86

Table 9 - Expected precipitation for different return periods calculated through theoretical probability distributions for each station.

Source: Authors.

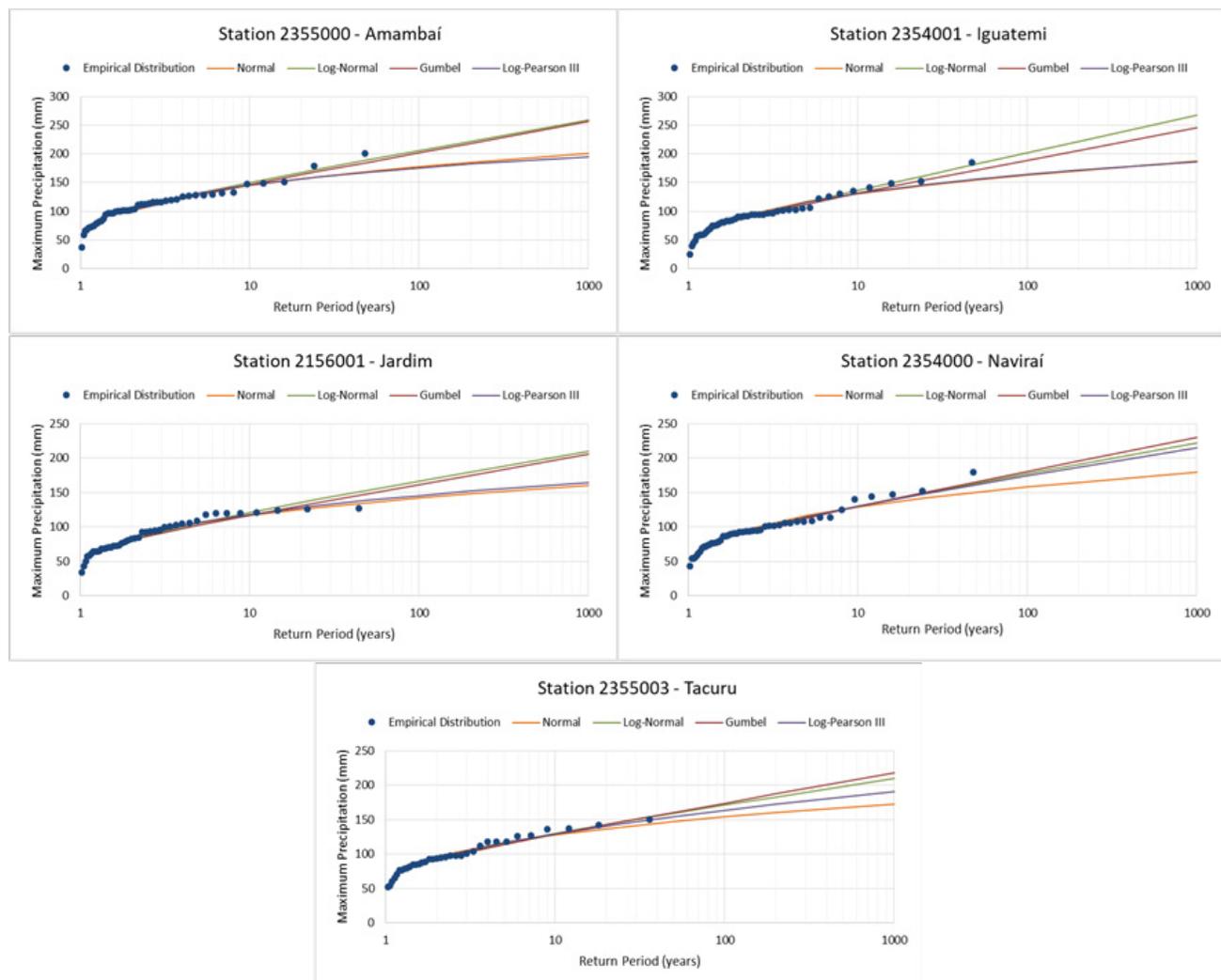


Figure 2 - Adjust Normal, Log-Normal, Gumbel and Log-Pearson III distributions to data series.

Source: Authors.

Disasters related to heavy rainfall occurred and were recorded in official documents during the last half of November of 2015. The Official Diary of the State of Mato Grosso do Sul, No. 9.059 declared an emergency situation in the study region. The cities of Amambai, Iguatemi, Naviraí and Tacuru experienced a major disaster during a period of 180 days in 2015 (Mato Grosso do Sul, Decree Law "E", Nº 35, on December 3 2015), which according to information provided in a FIDE (1.3.2.1.4, IN/MI 01/2012), was classified and codified as heavy rainfall. The FIDE reported that urban, rural, commercial, agricultural, and livestock areas were affected by extreme rainfall events. Strong winds and floods caused the destruction of streets, avenues, bridges, flooding of homes, and crop losses. The storm caused damage to some homes, left families homeless, and destroyed roofs, injuring the residents. The cities most affected by heavy precipitation were Amambai, Iguatemi, and Jardim. In Naviraí, the FIDE recorded erosion, ruptures, and damage to the sewage and water networks. The heavy rains caused electric power poles to fall, flooding in some homes, and runoff from streams. In Tacuru, a similar situation occurred, and erosion and landslides were recorded in large portions of the area. The highways were compromised and bridges were damaged, altering the daily lives of the people, preventing the flow of production, compromising local commerce, and making it impossible to provide transportation services and health care, inconveniencing the population and causing significant damage to the city.

At Estrada/Iguatemi Station, code 64725000, operated by Itaipu, 150.6 mm of rainfall was registered during a 24-h period between 23 and 24 November 2015. This station is located approximately 6.4 km from the station operated by ANA, where data were obtained from calculations of the maximum return periods. According to the return periods recommended in the standards, the probabilistic distribution models were able to predict the extreme rainfall events of 98.60 mm for Amambai and 81.20 mm for Jardim.

All the distributions models were able to predict the extreme event of 140 mm occurred in Naviraí for 25 years of the return period. Gumbel and LN distribution models were able to predict the extreme rainfall events of 150.6 mm in Iguatemi for 25 years of return periods, and Normal and LP3 for 50 years of return period. Thus, the probabilistic distribution models tested were not able to predict the extreme rainfall events that occurred in the Tacuru region (185.3 mm) during the recommended return periods of the standards. Furthermore, the probability models were able to predict the occurrence of intense rains in the cities of

Tacuru only when considering a high return period. For a return period of over 200 years, the Gumbel distribution estimated the extreme precipitation that occurred in Tacuru. The precipitation was estimated for a T equal to 1,000 years when using LP3 and LN. Among the analyzed models, the Normal distribution proved to be the least efficient.

According to Koutsoyiannis (2004), the Gumbel distribution has been the prevailing model for rainfall extremes despite the fact that it results in the highest possible risk for engineering structures. Besides, the author shown that hydrological records of typical length (some decades) may display a distorted picture of the actual distribution, suggesting that the Gumbel distribution is an appropriate model for rainfall extremes while it is not.

The results obtained in this work illustrate that even the models being able to predict the precipitations occurred for short return periods, were not sufficient to avoid the occurrence of damage to the structures. Probabilistic distribution models were able to predict the extreme rainfall of 98.60 mm for Amambai and 81.20 mm for Jardim, for the recommended return periods. In the cities of Amambai and Jardim, the return period suggested by the manuals for sizing damaged structures predicted the maximum rainfall, but was not sufficient to prevent damage to structures as recorded in the FIDEs of these cities. The return periods suggested by DNIT (2010) failed to predict rainfall that caused damage to manholes and urban drainage systems in the cities of Iguatemi and Naviraí, yet predicted maximum precipitation for bridges, but was unsuccessful in preventing damage to structures. For the city of Tacuru, the design recommendations were unable to predict precipitation that caused damage to bridges, culverts and urban drainage. These intense precipitations could not be estimated, requiring alternative measures that offer greater protection to the population.

This fact indicates the importance of inserting new parameters for the structural dimensions because increasing only the time of return makes the projects too expensive. Thus, alternative measures that offer adequate protection to the population are necessary. In the case of China, which has more than 5,000 years of experience in flood management policy, a form was implemented to prevent such future events using structural solutions allied with non-structural techniques, including changes in land use, welfare, removal in vulnerable areas, and environmental protection (Luo et al., 2015). Countries like South Africa have experienced similar situations, in which most of the methods used, developed between 1960 to

1970 (HRU, 1972), are already out-dated and need to be updated to meet the current conditions for estimating projected flooding (Görgens, 2007; Smithers et al., 2015).

The lifetime use of a manhole according to Tung et al. (2006) is 35 years. In this study it was verified that even damaged projects were dimensioned according to the recommendations of the NBR 15575 (2013), considering a lifetime use of 50 years, which is common for structural works, and the risk of failure was assumed to be high. Furthermore, the lower the return period applied, the higher the risk that is assumed. In addition, the return periods suggested through the Brazilian regulations have not considered the frequent occurrence of intense precipitation in the face of global climate change.

According to DNIT (2010), the risk assessment already includes the occurrence of extreme situations since the return period of large structures is great. However, external situations can generate structural faults interfering in the return period of the structure. In the bridges, assuming a correct dimensioning, the main interference is the flood, due to the erosive action around the pillars, which causes the wear of the structure. According to Selvakumaran et al. (2018) the most common cause of bridge collapse is due to the removal of ground material at its piers during flooding, some failures causing loss of life and most resulting in significant transport disruption and economic loss.

In other countries that use the return period as the index in their classes, the return period is based primarily on historical data or previous practical applications, or on a comparison of statistical tests. According to Ren et al. (2017), in China and Russia, a Pearson Type III distribution is used, whereas, in Canada and India, a Logarithmic and Pearson Type III distribution is applied.

DAEE-CETESB (1986) and Naghettini and Horizonte (1999) recommend that the return period varies from 5 years for a culvert construction to 10,000 years for major dam construction. Gebregiorgis and Hossain (2012) affirmed that there are different guidelines for selecting the return period or flooding of hydraulic structures in the design used by different agencies.

According to Ren et al. (2017), in the United States, a frequency analysis was adopted for reservoir projects until 1930, and from 1938 the hydrometeorology method began being used. The United States Army Corps of Engineers (USACE) proposed a risk classification during the 1970s. The most common methods applied are flood frequency analysis and hydrometeorology. In South Africa, a drainage manual (SANRAL 2007) is used. In this manual, the methods used to estimate the project

floods are based on empirical, deterministic, and probabilistic approaches. When the records are inadequate, or there is simply no flow data available at the site of interest, the unit hydrograph, Rational Method, and SCS methods, which are based on rainfall-flow events for flood estimation in South Africa, are recommended (Smithers, 2012). However, Van der Spuy and Rademeyer (2010) affirmed that the search continues in South Africa for a universally applicable design flood estimation method. Such searches include a rational method based on probability, called a Flood Standard Design (SDF), developed by Alexander (2001); the Joint Peak-Volume (JPV) developed by Görgens (2007); and the Regional Estimation of Extreme Flood Peaks by Selective Statistical Analysis (REFSSA), developed by Nortje (2010).

4. CONCLUSIONS

Tropical climate regions are characterized for their heavy rainfall events during the summer, and in recent years, as a result of climate change, such events are becoming recurrent.

The cities selected for the study area were affected by heavy rainfall in November 2015 and experienced a disaster that lasted for a period of 180 days. The rainfall event caused significant damage and losses, and different types of structures were affected, mainly hydraulic.

In this paper, we discussed whether the probabilistic distribution models are adequate for predicting extreme rainfall events for regions with climate characteristics to the study area. Therefore, we concluded that the Gumbel, LN, LP3, and normal probabilistic distribution models are not recommended to design the infrastructure found in the studied cities.

The probability models were able to predict the occurrence of extreme rainfall in the cities of Iguatemi and Tacuru only when considering a high return period.

Statistical analysis showed that the data series of the city of Iguatemi and Tacuru showed a temporal trend. The fact that the series are not stationary demonstrates the scarcity of extensive data sets available.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, to the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, to the Programa de Apoio à Pós-graduação - PROAP and to the Federal University of Mato Grosso do Sul - UFMS for their support in the development of this work.

REFERENCES

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Available in: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Accessed in: August, 12, 2017.
- ALEXANDER, W. J. R. Flood risk reduction measures: Incorporating flood hydrology for Southern Africa. Department of Civil and Biosystems Engineering, University of Pretoria, Pretoria, 2001.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- BABAR, S.; RAMESH, H. Analysis of extreme rainfall events over Nethravathi basin. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, v. 20, n. 2, p. 212-221, 2014. DOI: 10.1080/09715010.2013.872353
- BAPTISTA, M. B.; DE OLIVEIRA NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. ABRH, 2011.
- BRAZIL. Instrução Normativa n.º 001, de agosto de 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional. Brazil. (2012).
- BRAZIL. Instrução Normativa Nº 02, de 20 de dezembro de 2016. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF: Ministério Da Integração Nacional. Brazil. (2016)
- DAVE, H.; ME, J.. Characteristics of intense rainfall over Gujarat State (India) based on percentile criteria. *Hydrological Sciences Journal*, v. 62, n. 12, p. 2035-2048, 2017. DOI: 10.1080/02626667.2017.1357818
- DAWDY, D. R.; MATALAS, N. C. Statistical and probability analysis of hydrologic data, part III: Analysis of variance, covariance and time series. *Handbook of applied hydrology*, a compendium of water-resources technology, p. 8.68-8.90, 1964.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (DAEE-CETESB). DAEE-CETESB - Drenagem urbana: Manual de projeto. São Paulo: DAEE/CETESB. (1986)
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: instruções para acompanhamento e análise. Rio de Janeiro: IPR. (2010)
- GEBREGIORGIS, A. S.; HOSSAIN, F. Hydrological risk assessment of old dams: Case study on Wilson Dam of Tennessee River Basin. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 17, n. 1, p. 201-212, 2012. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000410
- GÖRGENS, A. Joint Peak-Volume (JPV) Design Flood Hydrographs for South Africa: WRC Report No 1420/3/07. 2007.
- HAJANI, E.; RAHMAN, A.; ISHAK, E. Trends in extreme rainfall in the state of New South Wales, Australia. *Hydrological Sciences Journal*, v. 62, n. 13, p. 2160-2174, 2017. DOI : 10.1080/02626667.2017.1368520
- HYDROLOGICAL RESEARCH UNIT (HRU). Design flood determination in South Africa. Report No. 1/72. Hydrological Research Unit, Johannesburg: Department of Civil Engineering, University of the Witwatersrand. (1972).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Informações dos estados brasileiros. Available: <https://www.ibge.gov.br/>. (2016) Access in: may 12 2017.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, New York: Cambridge University Press. (2012)
- JAIN, S. K, KUMAR, V. Trend analysis of rainfall and temperature data for India. *Current Science*, 37-49. (2012)
- KAO, S. C.; GOVINDARAJU, R. S. A bivariate frequency analysis of extreme rainfall with implications for design. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 112, n. D13, 2007. DOI: 10.1029/2007JD008522
- KEEFER, T. O.; RENARD, K. G.; GOODRICH, D. C.; HEILMAN, P.; UNKRICH, C. Quantifying extreme rainfall events and their hydrologic response in southeastern Arizona. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 21, n. 1, p. 04015054, 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001270
- KITE, G. W. Frequency and risk analyses in hydrology. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado. (1977).

- KOUTSOYIANNIS, D. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records/Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: II. Recherche empirique sur de longues séries de précipitations. *Hydrological Sciences Journal*, v. 49, n. 4, 2004.
- KYOUNG, M. S.; KIM, H. S.; SIVAKUMAR, B.; SINGH, V. P.; AHN, K. S. Dynamic characteristics of monthly rainfall in the Korean Peninsula under climate change. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, v. 25, n. 4, p. 613-625, 2011. DOI: 10.1007/s00477-010-0425-9
- LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M. Equações de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel-Paraná. *Varia Scientia*, v. 6, n. 11, p. 119-127, 2006.
- LUO, P.; HE, B.; TAKARA, K.; XIONG, Y. E.; NOVER, D.; DUAN, W.; FUKUSHI, K. Historical assessment of Chinese and Japanese flood management policies and implications for managing future floods. *Environmental Science & Policy*, v. 48, p. 265-277, 2015. DOI: 10.1016/j.envsci.2014.12.015
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, p. 50-60, 1947. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2236101>
- MASSEY JR, Frank J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American statistical Association*, v. 46, n. 253, p. 68-78, 1951. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1951.10500769>
- MATO GROSSO DO SUL. Decreto "E", Nº 35, de 3 de dezembro de 2015, Diário Oficial n. 9.059, de 4 de dezembro de 2015. Mato Grosso do Sul. (2015)
- MUHAMMAD, N. S.; JULIEN, P. Y.; SALAS, J. D. Probability structure and return period of multiday monsoon rainfall. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 21, n. 1, p. 04015048, 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001253
- NAGHETTINI, M; HORIZONTE B. Engenharia de recursos hídricos. Belo Horizonte: UFMG. (1999).
- NAGHETTINI, M; PINTO É. J. D. A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM (2007).
- NBR15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT. (2013).
- NERC - Natural Environment Research Council. Flood Studies Report. Vol. 1, pp. 81-97, London, U.K. (1975).
- NORTJE, J. H. Estimation of extreme flood peaks by selective statistical analyses of relevant flood peak data within similar hydrological regions. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, v. 52, n. 2, p. 48-57, 2010.
- PORTO, R. L. L. Escoamento superficial direto. In: Tucci, C., Porto, Rubem La Laina & Barros, Mario. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS. (1995)
- RAHMANI, V.; HUTCHINSON, S. L.; HUTCHINSON, J. S.; ANANDHI, A. Extreme daily rainfall event distribution patterns in Kansas. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 19, n. 4, p. 707-716, 2014. DOI:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000839
- REN, M.; HE, X.; KAN, G.; WANG, F.; ZHANG, H.; LI, H.; CAO, D.; WANG, H.; SUN, D.; JIANG, X.; WANG, G.; ZHANG, Z. A comparison of flood control standards for reservoir engineering for different countries. *Water*, v. 9, n. 3, p. 152, 2017. DOI: 10.3390/w9030152.
- RENARD, B.; LANG, M. Use of a Gaussian copula for multivariate extreme value analysis: Some case studies in hydrology. *Advances in Water Resources*, v. 30, n. 4, p. 897-912, 2007. DOI: 10.1016/j.advwatres.2006.08.001
- SALAS, J. D.; HEO, J. H.; LEE, D. J.; BURLANDO, P. Quantifying the uncertainty of return period and risk in hydrologic design. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 18, n. 5, p. 518-526, 2013. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000613
- SALVADORI, G.; DE MICHELE, C. On the use of copulas in hydrology: theory and practice. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 12, n. 4, p. 369-380, 2007. DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0699 (2007)12:4(369)
- SANRAL Drainage Manual. Pretoria: SANRAL. (2007).
- SANTOS, H. D.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R; ÁGLIO, M.; SOUSA, J.; PARES, J.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L.; OLIVEIRA, A. O novo mapa de solos do Brasil — legenda atualizada. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos. (2011)
- ŞEN, Z. Simple risk calculations in dependent hydrological series. *Hydrological sciences journal*, v. 44, n. 6, p. 871-878, 1999. DOI: 10.1080/02626669909492286
- SELVAKUMARAN, S.; PLANK, S.; GEIB, C.; ROSSI, C.; MIDDLETON, C. Remote monitoring to predict bridge scour failure using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) stacking techniques. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, v. 73, p. 463-470, 2018.
- SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-freqüência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 11, n. 1/4, p. 7-14, 2003.

SINGH, V. P. Log-pearson type III distribution. In: Entropy-based parameter estimation in hydrology. Springer, Dordrecht, 1998. p. 252-274. DOI: 10.1007/978-94-017-1431-0_15

SINPDEC - Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – Available in <http://www.mi.gov.br/defesa-civil/s2id>. Accessed in May 16 2017.

SMITHERS, J. C. Methods for design flood estimation in South Africa. *Water SA*, v. 38, n. 4, p. 633-646, 2012. DOI: 10.4314/wsa.v38i4.19

SMITHERS, J. C.; STREATFIELD, J.; GRAY, R. P.; OAKES, E. G. M. Performance of regional flood frequency analysis methods in KwaZulu-Natal, South Africa. *Water SA*, v. 41, n. 3, p. 390-397, 2015. DOI: 10.4314/wsa.v41i3.11

TINGSANCHALI, T.; KARIM, F. Flood-hazard assessment and risk-based zoning of a tropical flood plain: case study of the Yom River, Thailand. *Hydrological Sciences Journal–Journal des Sciences Hydrologiques*, v. 55, n. 2, p. 145-161, 2010. DOI: 10.1080/02626660903545987

TUNG, Y.; WONG, C. Assessment of design rainfall uncertainty for hydrologic engineering applications in Hong Kong. *Stochastic environmental research and risk assessment*, v. 28, n. 3, p. 583-592, 2014. DOI: 10.1007/s00477-013-0774-2

TUNG, Y. K.; YEN, B. C.; MELCHING, C. S. Hydrosystems engineering reliability assessment and risk analysis. 2006.

VAN DER SPUY, D.; RADEMEYER, P. F. Flood frequency estimation methods as applied in the Department of Water Affairs. Department of Water Affairs, Pretoria, 2010.

VIVEKANANDAN, N.; MATHEW, F. T. Probabilistic modelling of annual d-day maximum rainfall. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, v. 16, n. sup1, p. 122-133, 2010. DOI: 10.1080/09715010.2010.10515021

WALD, A.; WOLFOWITZ, J. An exact test for randomness in the non-parametric case based on serial correlation. *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 14, n. 4, p. 378-388, 1943.

WATER RESOURCES COUNCIL. A uniform technique for determining flood flow frequencies. Bulletin No. 15, 15 pp., Washington, D.C. (1967).

WATER RESOURCES COUNCIL. Guidelines for determining flood flow frequency. Bulletin 17 B, Hydrology Subcommittee, Interagency Advisory Committee on Water Data, Washington, D.C. (1982).

YANG, T.; SHAO, Q.; HAO, Z. C.; CHEN, X.; ZHANG, Z.; XU, C. Y.; SUN, L. Regional frequency analysis and spatio-temporal pattern characterization of rainfall extremes

in the Pearl River Basin, China. *Journal of Hydrology*, v. 380, n. 3-4, p. 386-405, 2010. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.11.013

YUE, S.; HASHINO, M. Probability distribution of annual, seasonal and monthly precipitation in Japan. *Hydrological sciences journal*, v. 52, n. 5, p. 863-877, 2007. DOI: 10.1623/hysj.52.5.863

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0956-7156>

ANA CLARA COSTA OLIVEIRA | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: anaclara.c.oliveira@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3821-3776>

ALESKA KAUFMANN ALMEIDA, M.Sc. | Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: aleska.kaufmann@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0962-7777>

JOSÉ ANTONIO GUARIENTI | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: jose.guarienti@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8447-6385>

CLEYLSE ANDREIA SOUZA LIMA, M.Sc. | Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: cleylselima@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1616-4718>

LÍNICA VICENTE FERREIRA DE ALMEIDA, M.Sc. | Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: linika_almeida@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0540-5456>

ROBERT SCHIAVETO DE SOUZA, Dr. | Engenharia Hidráulica e Saneamento | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: robert.souza@ufms.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8609-2991>

ISABEL KAUFMANN DE ALMEIDA, Dra. | Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos | UFMS | Av. Costa e Silva, s/nº | Cidade Universitária | 79070-900 | Campo Grande | MS | Brasil | e-mail: isabel.almeida@ufms.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

OLIVEIRA, Ana Clara Costa; ALMEIDA, Aleska Kaufmann; GUARIENTI, José Antonio; LIMA, Cleyse Andreia Souza; ALMEIDA, Línica Vicente Ferreira de; SOUZA, Robert Schiaveto de; ALMEIDA, Isabel Kaufmann de. Extreme Precipitation Events And Associated Risk Of Failure In Hydraulic Projects In The State Of Mato Grosso Do Sul, Brazil. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 147-160,**

abr. 2021. ISSN 24473073. Disponível em:<<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.147-160>.

DATA DE ENVIO: 13/10/2020

DATA DE ACEITE: 11/03/2021

ANÁLISE PARA REQUALIFICAÇÃO DE ESPAÇOS LIVRES NA UFSC

FERNANDA WERLICH DOS PASSOS | UFSC
CARLOS EDUARDO VERZOLA VAZ, Ph.D | UFSC

1. INTRODUÇÃO

A universidade é um espaço importante para o desenvolvimento intelectual e social, nela há oportunidades para promover a reunião de grupos, por ser acessível a todos os níveis sociais, e por possibilitar uma cidadania inclusiva.

A desconexão dos elementos físicos e dos significativos (KENNEY D., KENNEY G., DUMONT, 2005) na universidade ressaltam a falta de legibilidade de determinados espaços; a demarcação de estacionamentos e a crescente proliferação de edificações “sem comunicação” contradizem o potencial do ambiente universitário. Com isso, o senso de comunidade é dificultado.

Dentro desse cenário, o campus da UFSC é um recorte urbano marcado pela crescente demanda de construções ao longo dos anos e, somado a um planejamento ineficaz, colaborou para o surgimento de diversos problemas de qualidade nas construções e nos seus espaços abertos.

Diante disso, quais diretrizes contribuem para ambientes de aprendizagem nos espaços abertos do campus? Entender as maneiras de gerar inovação no campus seja no espaço aberto ou edificado contribuem para melhorar a comunicação entre as pessoas e gerar novas ideias.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo é a investigação dos espaços livres da Universidade Federal de Santa Catarina para requalificar as relações de estudantes, professores, funcionários e comunidade na universidade.

Além disso, o estudo apresenta como objetivos específicos (a) compreender a importância de favorecer a humanização do campus, a fim de entender os maiores fluxos das pessoas na universidade, (b) definir recortes do campus para analisar seus espaços abertos mais utilizados.

3. DEFINIÇÃO DOS RECORTES E ANÁLISE

Para avaliar os usos do espaço da UFSC, foi usado como base o mapeamento dos principais fluxos de movimento das pessoas. Com isso, três recortes ((1) leste da região central da UFSC, (2) região central e (3) oeste da região central) foram feitos baseados no caminhar para documentar os principais fluxos.

Após feitos os recortes, foram levantadas algumas diretrizes para analisar em conjunto, sendo elas: habilidades e competências (amarelo), em relação à variedade de Centros, conexão humana e tecnológica (azul), em relação à conexão em cafés e gramados, espaços de aprendizagem (verde), em relação a ambientes flexíveis e versáteis e interdisciplinaridade (laranja), em relação às diferentes interações no espaço, seja nas quadras de esporte, seja nas salas de aula.

Foram dadas notas de um a cinco e, com isso, resultou no primeiro recorte como o mais carente de habilidades e competências, de conexão humana e tecnológica e de espaços de aprendizagem. Necessitando de uma intervenção para requalificar as relações no espaço.



Figura 1 - Mapeamento dos fluxos de pessoas na UFSC (vermelho). Sem escala.
Fonte: CRFP UFSC, 2020.

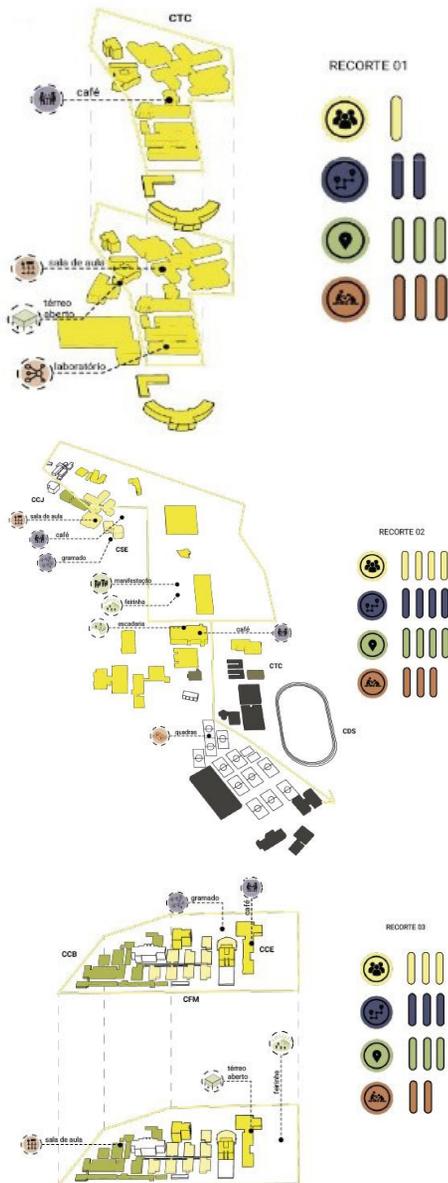


Figura 2 - Definição dos recortes e análise.
Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

REFERÊNCIA

DUMONT, KENNEY D., KENNEY G. Mission and Place: Strengthening Learning and Community through Campus Design. American Council On Education, 2005

MANDACARÚ: UMA NOVA PROPOSTA DE DESIGN BRASILEIRO

LUCAS SARKIS T. BERGO | UnB

LUIZA BITTENCOURT SOUTINHO | UnB

ANA CLÁUDIA MAYNARDES, Dra. | UnB

1. INTRODUÇÃO

O mercado global de joias trabalha, majoritariamente, com peças de alto valor material e simbólico. Sabe-se, entretanto, que os materiais utilizados na joalheria tradicional não são, em sua maioria, nem ecológicos, nem socialmente corretos. Não são ecológicos por causa do desmatamento, do assoreamento de rios e da contaminação de metais pesados causados pelo garimpo. Ademais, “minério não dá duas safras” (CHAGAS E OLIVEIRA, 2008). Além disso, não são socialmente corretos, já que os trabalhadores do garimpo são, muitas vezes, submetidos a condições sub-humanas e a salários baixos. Muitas comunidades indígenas, também, têm suas terras invadidas de modo ilegal pelos donos de garimpo. Por isso, tendo em vista os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU, foram definidos dois objetivos para este trabalho: a criação de uma empresa de joias com uma abordagem diversa das tradicionais do setor; a elaboração de uma coleção de joias piloto com o tema da pandemia de 2020. Tal abordagem de baseia na tríade: Reflexão, Sustentabilidade, Gambiarra.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Primeiro, foram definidos os elementos da tríade. Sendo assim, a reflexão ocorre a partir das associações emocionais profundas que o usuário tem com os produtos e, também, pela temática destes. Dessa forma, pretende-se instituir peças providas de significado, opondo-se à ideia da joalheria como puro artigo de luxo que segundo (MUNARI, 1981) é o “Triunfo da aparência sobre a substância.”. Já a sustentabilidade tem a ver com o cuidado social e ambiental na seleção e uso de materiais, não somente na confecção das peças, mas também, na empresa como um todo. Por fim, a gambiarra diz respeito a subversão e ressignificação dos materiais, fazendo o uso de materiais inusitados, muitas vezes desprezados, além do uso da criatividade para a solução de problemas. Nota-se que gambiarra, neste trabalho, não possui conotação

negativa, pelo contrário, ela é vista como uma característica positiva da cultura brasileira.

Após a definição de tais elementos, foi feita uma pesquisa qualitativa buscando validá-los e verificar possíveis públicos que conversassem com a proposta da empresa.

A partir dos resultados da pesquisa, foi desenvolvida toda a identidade da empresa de modo que ela dialogasse com o público-alvo. Trazendo em sua essência, elementos relacionados a tríade conceitual.



Figura 1 - Identidade visual da empresa

Fonte: Autores

Por fim, foi elaborada uma coleção de joias piloto para a empresa. Tal coleção foi embasada na tríade. A reflexão se deu a partir da escolha do tema. O tema foi os impactos psicológicos da pandemia de Covid-19, por se tratar de um tema importante e atual. Já a gambiarra se deu a partir da ressignificação de materiais e do uso de materiais que os autores já possuíam em casa. Por fim, a sustentabilidade se deu pela refundição de joias para obtenção dos metais e o uso de materiais que os autores já possuíam.



Figura 2 - Peças da coleção de joias

Fonte: Autores

Palavras-chave: Superfícies vegetadas. Simulações.
Conforto térmico. Qualidade urbana. Envi-met

REFERÊNCIAS

- CHAGAS, M. A.; OLIVEIRA, M. Sustentabilidade e Mineração: Uma Análise dos Relatórios de Sustentabilidade da Mineração Pedra Branca no Amapari, no Estado do Amapá. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - Universidade Federal do Pará. Belém, p. 13. 2008.
- MUNARI, B. Das Coisas Nascem Coisas. 3ª. ed. São Paulo: Martins Fontes, v. I, 1981.

PROPOSTA DE INDICADORES DE SMART CITY SUSTENTÁVEL

JOÃO VITOR SOUZA TEIXEIRA | UFMG

RENATA MARIA ABRANTES BARACHO PORTO | UFMG

1. INTRODUÇÃO

Os centros urbanos e urbanizados estão recebendo cada vez mais pessoas advindas das áreas rurais. Se as previsões da ONU se concretizarem, até 2050, 70% da população pode viver nessas áreas (1). Essa migração desordenada pode causar vários impactos socioeconômicos e ambientais, como poluição do ar, solo e água, exaustão de recursos naturais, trânsito e etc. (2, 3). Para conter esses problemas, as cidades devem investir em Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), ferramenta fundamental no conceito de uma Smart City.

O termo Smart surgiu com o advento dos Smart Phones, dispositivos celulares capazes de interagir com a internet e fazer uso de aplicativos das mais diversas funcionalidades. À medida que a tecnologia evoluiu, os celulares passaram a se conectar também com carros, televisões, aparelhos de som e outros, garantindo às pessoas a possibilidade de viverem uma Smart Life. Não obstante, os edifícios também evoluíram de forma inteligente, lançando mão de ferramentas como controle de consumo de água e energia inteligente, uso de energias renováveis e centrais de processamento e leitura de dados, por exemplo, o que os tornou Smart Buildings (4). A junção de todos esses dispositivos criou as chamadas Smart Cities ou Cidades Inteligentes.

Não há um consenso geral para o conceito de Smart City, sendo que vários especialistas da área escreveram a respeito delas trazendo suas próprias visões do que devem conter. O que a maioria tem em comum, porém, é o fato da utilização das TICs e o objetivo principal de que as Smart Cities devem prezar pela qualidade de vida dos seus cidadãos (5).

Algumas cidades, porém, evoluíram tanto em tecnologia que acabaram por perder qualidade de vida, aumentando exponencialmente seus valores de m^2 , reduzindo a necessidade dos moradores de transitarem pela mesma e se tornando verdadeiros “cidades fantasmas”, como foi o caso de Masdar, nos Emirados Árabes (2, 3). Surge então a grande problemática de como garantir

que uma Cidade Inteligente seja, ao mesmo tempo, tecnológica e que garanta o aumento da qualidade de vida de seus usuários e cidadãos.

2. PROPOSTA DE INDICADORES

Visando sanar este problema, o presente estudo traz uma proposta de indicadores para as Cidades Inteligentes, focando na qualidade de vida como principal premissa. Para criá-lo, foram analisados cinco indicadores, sendo eles três de Cidades Inteligentes (Cohen, Giffinger e Alexopoulos), um de Sustentabilidade (ISO 37120:2014) e um de Qualidade de Vida Urbana. Eles foram separados em temas e à medida que esses temas eram recorrentes nos modelos os mesmos eram hierarquizados em prioridades. Para criar um sistema de pesos e customização, será aplicado um questionário baseado no Modelo de Delphi Modificado, reunindo cerca de 30 especialistas. O questionário servirá ainda para criar um forecast de cenários preditivos para as Cidades Inteligentes de 3, 5 e 10 anos.

REFERÊNCIAS

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU: Mais de 70% da população mundial viverá nas cidades até 2050. [2013]. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>> Acesso em: 03 de fevereiro de 2020.

FIGUEIREDO, Gabriel Mazzola Poli de, O Discurso e a Prática de Smart City: Perspectivas críticas e aproximações sistemáticas no contexto de metrópoles latino-americanas. 2018, 80f., Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

TEIXEIRA, João Vitor Souza, Proposta de Indicadores para Smart City Sustentável. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO, 5.,

2021, Belo Horizonte, Futuros Possíveis, 2021, p. 46-64.

BARACHO, Renata Maria Abrantes, et.al., A Proposal for Developing a Comprehensive Ontology for Smart Cities/Smart Buildings/Smart Life. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332028167>
Acesso em: 04 de fev, 2020.

NEIROTTI, Paolo et. al., Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. Cities: The International Journal of Urban Policy and Planning, Torino, 2014, p.25-36.

USO DE CORANTES DE ORIGEM NATURAL NO TINGIMENTO DE ARTIGOS TEXTÊIS DE MODA

JANICE ACCIOLI RAMOS RODRIGUES, M.Sc. | USP
MAURÍCIO DE CAMPOS ARAÚJO, Dr. | USP

1. RESUMO

Diante do caos, principalmente ambiental e social, que o planeta terra tem vivenciado, muito tem se falado em sustentabilidade e suas correspondentes estratégias para tentar deter essa situação.

Indo ao encontro da iniciativa supramencionada foi desenvolvido o presente trabalho, cujo objetivo principal foi o de otimizar o uso de corantes naturais amazônicos, no tingimento de tecidos direcionados para produtos de moda, ou seja, trazer pigmentações naturais sem formulações tão agressivas para a aplicação em artigos do vestuário de moda, e, assim, tentar conter, ao menos, em parte, o estrago que a indústria têxtil, uma das maiores poluidoras do meio ambiente, tem causado no mundo.

Para isto, a metodologia aplicada consistiu no cumprimento de quatro etapas, ou seja, pesquisa de dados bibliográficos para servir de referência sobre a temática em questão e para própria a obtenção de pigmentos naturais oriundos de plantas amazônicas, quais sejam, Açaí, Andiroba, Jenipapo, Mamorana, Urucum e Verônica, escolha dos substratos têxteis (tecidos planos PT com ligamento sarja, de algodão 100% e tecido meia-malha composto por 98% algodão e 2% elastano), selecionados de acordo com a afinidade, após os testes com os extratos corantes, análise da potencialidade de aplicação dos corantes nos substratos estudados (verificação do índice de solidez dos corantes à lavagem e à luz) e produção de uma cartela de cores, uma coleção e artigos de vestuário com os tecidos tingidos com alguns dos corantes estudados.

Como principais resultados deste trabalho obtiveram-se corantes que, na interação com as fibras, provocaram tingimentos uniformes, os materiais corantes foram utilizados em pouca quantidade, composição química inserida nos padrões sustentáveis, poucos resíduos expelidos nas sobras dos banhos de tingimento, uma cartela de cores variadas (Figura 1), boa solidez às lavagens e à luz, o planejamento de uma coleção de roupas e quatro peças

das mesmas confeccionadas, com a aplicação dos corantes naturais, o que conferiu aos extratos corantes a qualidade de sustentáveis.

DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE NO CICLO DE VIDA DE EMBALAGENS DE DELIVERY: ALTERNATIVAS PARA AMENIZAR IMPACTOS AMBIENTAIS NO CENÁRIO PANDÊMICO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA -MG.

ISABELLA GOMES DE MARCO, M.Sc. | UFU

VIVIANE G. NUNES, Dra. | UFU

CLÁUDIO PEREIRA DE SAMPAIO, Dr. | UEL

1. INTRODUÇÃO

O novo Coronavírus (COVID-19) é um agente biológico que está enquadrado alto risco individual e moderado risco para a comunidade se disseminados, podendo se propagar de pessoa para pessoa. Para evitar a proliferação de patologias, estão sendo estabelecidas medidas de tratamento ou de prevenção, como o isolamento, distanciamento social e fechamentos graduais do comércio para a não dispersão do vírus. (ABES, 2020). Por meio de levantamento documental, esta pesquisa mostra que o fechamento do comércio na cidade de Uberlândia pode ter elevado a demanda de pedidos de alimentos e refeições via delivery e, conseqüentemente, salientado o volume de Resíduos Sólidos de Embalagens oriundas destes serviços (figura 1).

	Janeiro 2020	Janeiro 2021	
Papelão	13.313kg	13.720kg	3%
Plástico branco	428kg	511.20kg	19%
Plástico colorido	488kg	790kg	61%
PET: bebidas e alimentos	410kg	1.753kg	76%

Figura 1 - Comparação do volume de RSU em Uberlândia

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Relatório da Cooperativa de Uberlândia (CORU)

É crucial assimilar os materiais envolvidos no processo de produção dessas embalagens de delivery, uma vez que em sua maioria suas composições prejudicam um

desenvolvimento ambiental sustentável. Por isso, esta pesquisa segue o objetivo de elaborar estratégias para melhoria ambiental e de segurança de saúde no Ciclo de Vida das Embalagens de Delivery que apresentam maior recorrência no período pandêmico na cidade de Uberlândia a partir da abordagem do Design para a Sustentabilidade (D4S).

A metodologia desta pesquisa é apoiada por duas fases: Análise e Coleta de dados e redesenho D4S. De acordo com a UNEP (2009), o Design para a Sustentabilidade (D4S):

- orienta estratégias de inovação para aliviar os impactos ambientais, sociais e econômicos negativos no ciclo de vida de produtos e serviços (UNEP, 2009).

- é baseada em todo o ciclo de vida de um produto ou serviço em consideração ao avaliar os impactos de sustentabilidade, ou seja, vai além de fazer um produto 'verde' - e se esforça para atender necessidades do consumidor por meio de intervenções orientadas para a sustentabilidade de forma sistêmica.

Como resultado, pretende-se:

- Conseguir conciliar a metodologia selecionada e comprovar ou negar conjecturas sobre a situação das embalagens de delivery na pandemia;
- Entender quais ideias podem ser implementadas no Ciclo de Vida dos resíduos de embalagem de delivery e agregar maiores ganhos ambientais e sociais para o município de Uberlândia;
- Entender que tipo de proposta terá melhor funcionalidade e aplicabilidade;
- Realizar as fases do redesenho D4S bem como efetuar uma validação com versão revisada da proposta a partir de considerações de especialistas e/ou usuários;
- Documentar hipóteses que possam ser úteis em estudos posteriores.

REFERÊNCIAS

- ABES - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental. Recomendações para a gestão de resíduos em situação de pandemia por coronavírus (covid-19). 2020
- UNEP, Design for Sustainability. A Step-by-Step Approach, United Nations Environment Programme, 2009
- CORU (b) – Cooperativa de Recicladores de Uberlândia. Relatório de controle de coleta. Uberlândia, 2020.
- CORU (a) – Cooperativa de Recicladores de Uberlândia. Relatório de controle de coleta. Uberlândia, 2021.

VALORISATION OF AGRICULTURAL WASTE THROUGH PYROLYSIS IN THE PRODUCTION OF BIOCHAR

GENYR KAPPLER, Dr. | UNISINOS

CARLOS ALBERTO MENDES MORAES, Dr. | UNISINOS

LUÍS ANTÓNIO DA CRUZ TARELHO, Dr. | UA - PTG

1. ABSTRACT

Biochar is the carbon-rich material, produced from biogenic biomass under pyrolysis conditions, and is characterized by environmentally sustainable production, quality, and innovative uses. Agricultural-waste is an important source of plant biomass, and pyrolysis has been recognized as an efficient technology for converting this type of waste to obtain higher-value products. This work investigates the influence of pyrolysis operating conditions on the characteristics of the products. Three types of agricultural-waste obtained in agricultural industries (sugarcane bagasse-BCA, rice husk-CA and green coconut shell-CCV) were pyrolyzed in a horizontal, bench scale, fixed bed type reactor with electric heating. The operating conditions were set as: pyrolysis temperatures (350, 450 and 550 °C), heating rates (2, 10 and 30 °C.min⁻¹), 30 min soaking time at the pyrolysis temperature, and a flow of 250 cm³. min⁻¹ of N₂ as the carrier gas. The samples of biomass and pyrolysis products were evaluated using gravimetric analysis, along with thermal, chemical, and physical analysis. The results showed that, in general, the pyrolysis temperature was the parameter with a dominant influence on the products yield. When the pyrolysis temperature increased from 350 to 550 °C and heating rate was 10 °C.min⁻¹, the biochar yield of BCA decreased from 33.9 to 25.1 wt%, that of CA decreased from 45.7 for 38.1 wt%, and for CCV the yield decreased from 42.2 to 33.4 wt%, on a dry basis. The TG curve shows that devolatilization is virtually completed at 350 °C. However, according to IBI standards, the biochar structure changed from thermochemically altered to thermochemically converted at higher temperatures. That has been observed through the H:C molar ratios in the biochar samples, e.g., 0.73 at 450 °C, 0.61 at 550 °C and 0.67 at 450 °C on BCA, CA and CCV, respectively. The FTIR results showed that the biochar samples from the three types of biomass produced at a temperature of 450 °C have more aromatic-C compared to

those produced at 350 °C, which indicates an increase of recalcitrance with the increase in the pyrolysis temperature. Additionally, the increase in the pyrolysis temperature caused an increase in pH and a decrease in CTC. The SEM analysis showed that the biochar samples have a complex pore structure of different dimensions that consists of multiple interconnected networks with different shapes and arrangements. The energy available in the products was evaluated and the energy balance was carried out through a simulation on a specific basis in a continuous reactor to produce biochar. The simulation suggests that the combustion of the pyrolysis gases of the three types of biomass can generate the thermal energy necessary for the pyrolysis. After pyrolysis, 2.5 and 3.4 MJ . kg⁻¹_{BR} of thermal energy remained, which is useful energy for, e. g., drying the biomass. The research showed the relevance of knowing the influence of operating conditions on the properties of the products. The energy balance can guide the development of technologies to scale the process.

OS PIGMENTOS NATURAIS DAS SERRAS DO SOCORRO E ARCHEIRA E A SUA UTILIZAÇÃO PELA ASSOCIAÇÃO LIVE WITH EARTH

RUI PESSOA VAZ DE FIGUEIREDO VASQUES, M.Sc. | IADE

ANTÓNIO JOSÉ DE MACEDO COUTINHO DA CRUZ RODRIGUES, Dr. | UL - PTG

DIAMANTINO DOS SANTOS DINIZ ABREU, Dr. | UL - PTG

1. INTRODUÇÃO

Durante 2017, fizémos uma incrível descoberta, de mais de 15 cores naturais do solo, enquanto construíamos o mural em argila, com os Tierra Mosaico do Chile, no decorrer do IFAC 2017 (International Festival of Art and Construction). Desde então, integrante do ECO CAMPUS – Torres Vedras, a Associação Live With Earth tem mapeado, experimentado e promovido o valor destes recursos naturais, das Serras do Socorro e Archeira. Em 2019, o fundador Rui Vasques, conquistou uma bolsa da Fundação para a Ciência e Tecnologia – FCT, para realizar o Doutoramento em Design no IADE – UNIVERSIDADE EUROPEIA, para a investigação do potencial destes pigmentos. O seu foco é perceber como utilizar estes pigmentos numa diversa quantidade de aplicações, como por exemplo produção de tintas naturais, tinturas naturais de materiais, rebocos e murais naturais. A nossa intenção é desenvolver e promover soluções ecológicas criadas localmente, para as áreas do Eco-Design, Eco-Artes, Eco-Construção e Educação, assim como novos modelos de Economia Circular, Eco-Design Industrial e Eco-Design Thinking.



Figura 1 - Mural Natural com Tierra Mosaico (IFAC2017)

Fonte: Autores

2. REVISÃO DA LITERATURA

A globalização tem colocado novos desafios aos cidadãos e às sociedades modernas. As relações sociais tradicionais

baseadas na solidariedade e colaboração entre as pessoas sofreram um processo de mudança que conduziu a um maior individualismo e competição (Epstein M. & Buhovac A. 2014). A exploração económica dos recursos naturais, tem provocado um impacto severo no Planeta Terra, nomeadamente com riscos ambientais que ameaçam a saúde e a sobrevivência das pessoas, e também o equilíbrio dos ecossistemas. Para se garantir as condições de vida às gerações vindouras e, ao mesmo tempo, a sustentabilidade na utilização dos recursos e atividades económicas, este paradigma precisa de ser alterado, urgentemente (Morgan S. 1997).

Hoje em dia há uma forte necessidade de integrar os aspetos sociais, económicos e ambientais de uma forma equilibrada e em harmonia com os ciclos da natureza. (Manzini E. 2008) Neste âmbito, os cidadãos, famílias, comunidades, aldeias, vilas, cidades e as suas instituições, a par das atividades económicas, nomeadamente as empresas e indústrias, devem procurar otimizar os seus recursos e produtividade local, tendo em vista promover um impacto positivo e regenerador (Afonso C. 2010).

3. METODOLOGIA

FASE 0 – Unidades Curriculares

FASE 1 – Mapeamento

FASE 2 – Pesquisa e recolha de informação teórica

FASE 3 – Testes e Protótipos

FASE 4 – Criação de Eco-Produtos

FASE 5 – Conclusão da tese-projeto

Outras metodologias aplicadas:

Divergência-Convergência

Eco-Design Thinking

Questionários, Entrevistas, Sondagens

Observação e análise de casos de estudo

REFERÊNCIAS

1. EPSTEIN M. & BUHOVAC A. Making Sustainability Work – Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environmental and Economic Impacts. Berret-Koehler Publishers, Inc. & Greenleaf Publishing Limited, 2014
3. MANZINI, E. Design para a inovação social e sustentabilidade. Comunidades Criativas, 2008
2. MORGAN, S. A Ecologia, A Nova Enciclopédia das Ciências. Edição Círculo de Leitores, 1997
4. AFONSO, C. Green Target – As Novas Tendências do Marketing. Lisboa, Smart Book, 2010
0. Website <http://www.livewithearth.org>

MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO PARA O PROJETO DE ACAMPAMENTOS TEMPORÁRIOS PLANEJADOS VOLTADOS A CENÁRIOS DE DESASTRE

LUANA TORALLES CARBONARI, Dr. | UFSC
LISIANE ILHA LIBRELOTTO, Dra. | UFSC

1. INTRODUÇÃO

O tema da arquitetura humanitária surgiu há aproximadamente cem anos, como resposta às mais diversas crises e emergências, e representa uma discussão essencial no contexto atual.

Dentre os desafios que a logística humanitária enfrenta, tem-se a provisão de abrigos temporários, e dos serviços, instalações essenciais e infraestrutura que serão necessários para o seu funcionamento.

Em vista disso, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo multicritério de apoio à tomada de decisão para o projeto de acampamentos temporários planejados para cenários de desastre.

Os modelos multicritério abordam problemas de decisão, principalmente de natureza interdisciplinar, cujos objetivos requerem uma visão global e abrangente. Deste modo, auxiliam na tomada de decisão, em especial nos problemas em que não há uma solução ótima, cabendo ao decisor selecionar ou classificar uma e / ou diversas alternativas. Uma das suas principais características está no fato de reconhecerem a subjetividade como parte intrínseca dos problemas de decisão.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho, utilizou-se o método de análise multicritério Analytic Hierarchic Process (AHP), que é aplicável para a avaliação de critérios quantitativos e qualitativos.

A metodologia utilizada inicia por buscas sistemáticas e exploratórias da literatura para identificar conceitos fundamentais à pesquisa e definir os principais parâmetros projetuais para o projeto de acampamentos temporários planejados.

A partir disso, foram estabelecidos critérios, subcritérios e seus respectivos fatores específicos de desempenho. Posteriormente, os critérios e subcritérios foram estruturados hierarquicamente. Essa hierarquia foi avaliada e os fatores específicos foram complementados a partir de pesquisa de campo e estudos de caso no contexto nacional e internacional.

Na sequência, critérios e subcritérios foram priorizados a partir de matrizes de comparações paritárias, com base na experiência de especialistas no cenário brasileiro e europeu. Isso possibilitou a determinação da importância de cada elemento em relação ao objetivo geral. Após, verificou-se a consistência lógica dos julgamentos obtidos com os dois grupos de especialistas.

Destaca-se que, a estruturação do sistema, a organização dos dados e a análise dos critérios e subcritérios foram realizadas no software Expert Choice, que se utiliza do método AHP.

3. PRINCIPAIS RESULTADOS

O modelo multicritério de apoio à tomada de decisão para o projeto de acampamentos temporários planejados foi denominado de Proj.ATP. Na Figura 1 é possível visualizar a árvore hierárquica, com critérios e subcritérios e seus respectivos pesos, conforme a síntese de prioridades resultante dos julgamentos paritários dos especialistas.

O modelo foi aplicado por intermédio da elaboração de uma ferramenta para pesquisa de campo e levantamento de dados, utilizada na avaliação de um acampamento temporário planejado, montado em Boa Vista, Roraima, para o qual foram propostas melhorias.

Essa ferramenta tem como objetivo facilitar o trabalho de decisores em uma situação emergencial, auxiliando na melhoria de acampamentos temporários existentes, com base na verificação de suas fragilidades e dos aspectos que precisam ser observados, adequados e / ou aprimorados. Ao mesmo tempo, pode ser utilizada na avaliação de acampamentos temporários desativados, de modo a extrair as boas e más práticas e utilizar as lições aprendidas no projeto e implementação de novas instalações.

A principal contribuição deste trabalho foi a criação do modelo multicritério de apoio a decisão Proj.ATP. Este modelo almeja auxiliar no projeto, implementação e avaliação de acampamentos temporários planejados para

os diversos cenários de desastre, sendo útil nas fases de preparação, durante a gestão do risco de desastres, e de resposta, durante o seu gerenciamento.

Sendo assim, pode auxiliar gestores de organizações de ajuda humanitária e de outras entidades na tomada de decisão, bem como na melhoria do desempenho logístico dessas organizações. Deste modo, o modelo proposto mostra-se útil, tanto a nível estratégico como operacional.

ENTREVISTA COM: LUIZ SALOMÃO RIBAS GOMEZ



1) Quem é Salomão?

Eu me formei em Desenho Industrial em 1990 na PUC do Paraná, depois de ter também iniciado os cursos de Direito o qual demorei três dias de aula para descobrir que não era o que queria e Tecnologia em Processamento de Dados, esse levei 3 anos para descobrir que não tinha nada a ver comigo. Sou de formação técnica no SENAI onde fiz curso de Desenhista Técnico Mecânico e de Torneiro Mecânico. Meus pais sempre insistiram na minha profissionalização. Aliás meu pai escreveu no meu "livro do bebê" que queria que eu fosse engenheiro e talvez a grande decepção dele tenha sido de que eu formado em Desenho Industrial tenha resolvido abraçar o viés do Design de Moda.

Em 1988 desenvolvi um modelo de calçado especial o qual eu patenteie e que me ajudou a construir minha carreira como designer e também como professor. Meus pais eram professores e ele era diretor de uma escola quando certa manhã em 1989 me acordou dizendo que precisava da minha ajuda pois um professor de matemática e desenho não poderia dar aulas naquele

dia e não tinha um substituo. Era uma turma de 7ª série as 7:30 da manhã para ensinar áreas e volumes. Entrei naquela sala contra vontade e "nunca mais saí dali". Sou professor desde meus 20 anos.

Trabalhei também, não sou só professor (risos). Fiz estágio em design de produto numa subsidiária da Volkswagen (bah... chique isso né? Fui "designer" na Volkswagen) onde eu desenhava portas de armários e puxadores. Mas encurtando a história tive uma pequena indústria para produzir os produtos que patenteie e depois um escritório de Design.

A venda da patente me ajudou a fazer mestrado e doutorado na UFSC na qual depois fiz concurso para professor e trabalho até hoje. Revalidei meu Doutorado na Universidade da Beira Interior de Covilhã em Portugal, fiz pós doutorado em Branding no IADE Creative University de Lisboa e Estágio Sênior em Maker Spaces na Saxion University de Enschede nos Países Baixos. Estudar na Europa foi incrível, mudou totalmente minha cabeça (ou eu mudei a deles - risos).

Atualmente sou Professor Associado na UFSC nos curso de graduação em Design e Design de Produto e também sou professor no Programa Pós-Graduação em Estudos da Tradução (letras), onde trabalho com tradução de conceitos em design/formas/negócios. Sou co-coordenador da Rede PRONTO 3D de FabLabs e coordeno a rede de laboratórios de ideação CoCreation Lab, que é maior rede de pré incubadoras do Brasil

2) Poderia nos dar uma relação entre a sustentabilidade e o design nos dias atuais?

Eu não gosto de dar "sobrenome" para o Design e nem criar especificidades pois para mim design tem que ser completo. Ser completo é entender as necessidades das pessoas e do mundo para construir um lugar melhor para vivermos. Design Sustentável, Design Criativo, Design Social, etc. não existem. Se não for sustentável não é design, se não for criativo não é design, se não for social não é design, e assim por diante. Sou um tanto radical nesse sentido e tenho muitas críticas quando começam a separar as coisas, criando

mais confusão e minimizando o design no processo para fortalecer outras atividades que não deveriam ser diferencial e sim obrigação no trabalho dos designers. Sustentabilidade não é diferente. O design deve ter o propósito de construir um mundo melhor como eu disse. Como vamos construir um mundo melhor sem pensar em sustentabilidade? É óbvio que precisamos estudar/pesquisar sobre como utilizar as ferramentas de design em consonância com as necessidades da sustentabilidade mas, de forma nenhuma, devemos dissociar uma coisa da outra.

Na minha opinião qualquer produto e/ou inovação que esteja no mercado sempre deve ter que levar em conta o design. Design como criatividade, Design como processo, Design como debuxo/estética e, não menos importante, Design como sustentabilidade. É a nossa casa!

3) *Você acredita que é possível alcançarmos este conceito? Como podemos alcançá-lo?*

Ainda não alcançamos? Queremos um mundo para nossos filhos? Nem falo em um mundo melhor e sim em ter um mundo. Se ele for melhor (com certeza vai ser), que seja mais preocupado com sustentabilidade. Sustentabilidade Ambiental, Sustentabilidade Econômica, Sustentabilidade Financeira, Sustentabilidade Política, Sustentabilidade Familiar... Totalmente sustentável sem "sobrenomes".

Só vamos alcançar este conceito quando sustentabilidade sair do sobrenome do design de virar parte dele. Isto já está acontecendo e vamos alcançá-lo não por opção e sim por falta de opção. Apenas espero que isso seja logo e sem mimimi.

Atitudes como a da Revista MIX SUSTENTÁVEL, que não se limita a publicar artigos absolutamente teóricos sobre sustentabilidade e apoia a divulgação de práticas efetivas do melhor uso de materiais e tecnologias (muitas vezes vistos como não sustentáveis) nas ações de design, arquitetura, engenharia e demais áreas do conhecimento, têm contribuído para alcançarmos o conceito de que o mundo precisa sim da tecnologia e de novos materiais para continuar melhorando sem partir para a hecatombe da vida na terra. O bom uso da ciência com ética, dedicação e olhar maduro vai fazer isso acontecer.

Conto com a MIX e com o ENSUS para contribuir para isso.

4) *Quais tecnologias considera mais promissoras para alcançar a sustentabilidade no design?*

Não sou adaptado de falar em tecnologia A ou B como

melhor para qualquer que seja a função. De nada importa que a tecnologia seja absolutamente sustentável se ela não cumpre seu papel para o resultado efetivo (funcional, econômico, social ou até mesmo estético) do projeto.

Para termos esse resultado efetivo temos muitas condições e condicionantes. Cabe ao designer entender todas as possibilidades que existem e encontrar aquela que seja a mais equilibrada em todos os aspectos e ajude, além de vender produtos, tornar o mundo melhor.

Não existe tecnologia melhor ou mais promissora existe sim PROPÓSITO do designer e das empresas que colocam os produtos e/ou serviços no mercado.

5) *Como a impressão 3D / prototipagem rápida se insere neste futuro sustentável?*

Não se insere, precisa mudar... ser repensada.

A resposta é simples: a impressão 3D ou a prototipagem rápida não são sustentáveis por si só. E aí remeto a resposta anterior, tudo faz parte de um processo, de um projeto, de um DESIGN. É preciso encontrar um caminho para que as tecnologia hoje utilizadas nas técnicas de prototipagem rápida não apenas gere bons resultados para avaliação de projetos e muito lixo não reciclável (Tudo bem o PLA é de milho mas não basta só isso). Os designers e engenheiros precisam buscar se não nas tecnologias mas nas teorias da compensação ou da remanufatura solução para a enorme quantidade de lixo que a prototipagem rápida gera.

Ver o resultado rápido, ou até mesmo acompanhar o processo de impressão 3D é muito legal e até inebriante mas o depois é o problema que temos que resolver. Na minha opinião ainda não está se pensando muito nisso mas já estão sentindo essa necessidade e em breve a solução ideal será encontrada. Novas matérias primas, novas tecnologias, novas formas de remanufatura, novos usos para os dejetos da prototipagem rápida serão encontrados e designers e empresas com PROPÓSITO vão transformar essa tecnologia em algo realmente maravilhoso para o mundo todo.

Quero terminar essa entrevista dando os parabéns ao PC e a Lisi (me dou o direito de chamar os editores assim) pelo trabalho incansável que vêm realizando para tira sustentável do sobrenome e torná-lo parte do DNA do design. A MIX trouxe para vocês GRANDES PODERES... E vocês sabem qual a contrapartida disso. Sucesso! Contem sempre comigo! Não desistam!



CCE | CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
CTC | CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE DESIGN