



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

SUSTENTABILIDADE: A SUPERAÇÃO DE DESAFIOS PARA A MANUTENÇÃO DO SISTEMA



Maria Elanny Damasceno Silva
(Organizadora)

SUSTENTABILIDADE: A SUPERAÇÃO DE DESAFIOS PARA A MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^a Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Sustentabilidade: a superação de desafios para a manutenção do sistema

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: David Emanuel Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Maria Elanny Damasceno Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

S964 Sustentabilidade [recurso eletrônico] : a superação de desafios para a manutenção do sistema / Organizadora Maria Elanny Damasceno Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-408-5

DOI 10.22533/at.ed.085203009

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Sustentabilidade. I. Silva, Maria Elanny Damasceno. CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro (a) leitor (a), apresento-lhes com satisfação o livro intitulado “*Sustentabilidade: a Superação de Desafios para a Manutenção do Sistema*” e seus 22 capítulos que abordam pesquisas inovadoras em diversos campos do conhecimento, contribuindo significativamente para transpor barreiras sociais, industriais e econômicas. Com reflexões críticas e inovações tecnológicas é possível repensar maneiras ecológicas para os resíduos emitidos ao meio ambiente, incorporando ao sistema à consciência ambiental.

De início, oportuniza-se conhecer o diálogo entre o pensamento Marxista e a economia ecológica, passando a vez ao exame apreciativo do documentário de Fritjof Capra com a globalização e sustentabilidade em tempos de pandemia. Continuamente, a responsabilidade civil é debatida com base na obra de Hans Jonas, que trata da omissão do Estado, ética e políticas ambientais.

A cultura e territorialidade são fundamentais para construção de valor social, sobre isto é divulgada a trajetória histórica da patrimonialização. O conhecimento biocultural dá prosseguimento aos resgates históricos ao citar a produção da “Broa de Planta”, além disso, um estudo etnográfico discute a importância do saber fazer do queijo Kochkäse, após proibição comercial legal.

Desafios e falhas são evidenciados sobre os Sistemas de Licenciamentos Ambientais Estaduais, indicando a necessidade de reajustes. Desafios também podem favorecer à conscientização ambiental, especialmente quando trabalham a temática do lixo de maneira virtual.

As incubadoras universitárias ganham notoriedade social ao tornarem-se agentes de desenvolvimento local. Por sua vez, o desenvolvimento das políticas de Assistência Técnica e Extensão Rural no Brasil são relacionadas à agroecologia. Em outra vertente, consumidores de produtos orgânicos têm o perfil caracterizado em pesquisa socioeconômica. Os feirantes de produtos hortigrutigranjeiros e de grãos são alvo de levantamento de informações acerca das condições de produção e comercialização em região fronteiriça. Empresários de transportadoras municipais são indagados quanto suas percepções ambientais considerando o Ciclo de Vida dos produtos.

Exemplos de políticas públicas de sucesso inspiram e incentivam a mobilidade urbana com ciclovias, como o caso do PLANYC em Nova Iorque. A satisfação e o bem-estar são essenciais para efetivar a compra de produtos, para isto, analisa-se o impacto da emoção surpresa na recompra de artigos de moda sustentável.

As indústrias álcoolquímicas inovam ao utilizar tecnologias híbridas nafta/etanol em matérias-primas de grau químico, logo, são disponibilizados dois estudos de casos para testar as vantagens. Resíduos de soldagem industrial contaminantes são preocupantes e causam perdas financeiras, um estudo trata da sustentabilidade ao aplicar o processo FCAW. A simulação computacional é utilizada para observar o comportamento de estrutura

geodésica com bambus e cabos. O reúso de águas é tema de estudo ao identificar tecnologias diferenciadas atuantes em indústrias.

Para terminar, tem-se a proposta de reúso de rejeitos urbanos para geração de energias por meio de processo de biodigestão aeróbia. A energia eólica possui boa matriz energética brasileira, por conseguinte, analisa-se as perspectivas da fonte energética a partir do acordo em Paris na COP 21. As células solares sensibilizadas por corantes naturais são essenciais para dispositivos solares, logo é difundida uma avaliação metodológica da extração de corantes oriundos de ameixa roxa e repolho roxo.

Desejo-lhes excelentes reflexões e estudos!

Maria Elanny Damasceno Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DIÁLOGO ENTRE MARXISMO E ECONOMIA ECOLÓGICA

Naira Juliani Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.0852030091

CAPÍTULO 2..... 11

RESENHA CRÍTICA SOBRE O DOCUMENTÁRIO “PONTO DE MUTAÇÃO”, DE FRITJOF CAPRA E SUAS PERSPECTIVAS PARA O MUNDO CONTEMPORÂNEO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEL EM TEMPOS DE PANDEMIA

Cicera Maria Alencar do Nascimento

Emanoel Ferdinando da Rocha Junior

Jorge Luiz Gonzaga Vieira

Adriane Borges Cabral

Thiago José Matos Rocha

DOI 10.22533/at.ed.0852030092

CAPÍTULO 3..... 21

O DEVER ÉTICO EM HANS JONAS E A RESPONSABILIDADE AMBIENTAL DO ESTADO EM RAZÃO DA SUA OMISSÃO

Luiza de Medeiros Trindade

DOI 10.22533/at.ed.0852030093

CAPÍTULO 4..... 29

PATRIMONIALIZAÇÃO E TERRITÓRIO: UMA TRAJETÓRIA DE VALORIZAÇÃO E CONFLITOS

Bruno Luiz Gonçalves

Cinthia Maria de Sena Abrahão

DOI 10.22533/at.ed.0852030094

CAPÍTULO 5..... 42

A “BROA DE PLANTA” DA REGIÃO SERRANA FLUMINENSE: IDENTIDADE A PARTIR DOS VÍNCULOS BIOCULTURAIS EM AMBIENTES DE MONTANHA

Alessandro Melo Rifan

Maria Clara Estoducto Pinto

Adriana Maria de Aquino

Renato Linhares de Assis

DOI 10.22533/at.ed.0852030095

CAPÍTULO 6..... 57

A NECESSIDADE DE EFICÁCIA E ADEQUAÇÃO DAS NORMAS LEGAIS EM RELAÇÃO AOS AGRICULTORES FAMILIARES - O CASO DO KOCHKÄSE, NO VALE DO ITAJAÍ (SC)

Odacira Nunes

Marilda Rosa Galvão Checcucci Gonçalves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0852030096

CAPÍTULO 7..... 72

UM SISTEMA EM COLAPSO? DIFICULDADES DOS SISTEMAS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL DOS ESTADOS BRASILEIROS

Benilson Borinelli
Nicole Cerci Mostag
Beatriz Fernanda da Silva Corado
Rodrigo Libanez Melan

DOI 10.22533/at.ed.0852030097

CAPÍTULO 8..... 85

#TRASHTAGCHALLENGE – O DESAFIO DO LIXO: REFLEXÕES VIRTUAIS EM FACE DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Viviane Cristina Martiniuk

DOI 10.22533/at.ed.0852030098

CAPÍTULO 9..... 103

ECONOMIA SOLIDÁRIA: AS INCUBADORAS UNIVERSITÁRIAS COMO GERADORAS DE ALTERNATIVAS AO DESENVOLVIMENTO

Sandro Miguel Mendes
Garrone Reck

DOI 10.22533/at.ed.0852030099

CAPÍTULO 10..... 117

AGROECOLOGIA E SUAS CONTRIBUIÇÕES NO DESENVOLVIMENTO DE ATER

Joab Luhan Ferreira Pedrosa
Vanessa Maria de Souza Barros
Lucas Rosa Pereira
Conceição de Maria Batista de Oliveira
Diogo Ribeiro de Araújo
Lusiane de Sousa Ferreira
Matheus Gaspar Schwan

DOI 10.22533/at.ed.08520300910

CAPÍTULO 11..... 127

CARACTERÍSTICAS SOCIECONÔMICAS DOS CONSUMIDORES DE PRODUTOS ORGÂNICOS

Carlos Alexandre Petry
Bruna Ricini Martins
Luana Cristina de Souza Garcia
Juliano Cordeiro

DOI 10.22533/at.ed.08520300911

CAPÍTULO 12..... 138

DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO TRANSFRONTEIRIÇA DE HORTALIÇAS NA FRONTEIRA ENTRE OS MUNICÍPIOS DE CORUMBÁ E LADÁRIO NO BRASIL E PUERTO QUIJARRO E PUERTO SUAREZ NA BOLÍVIA

Alberto Feiden

Edgar Aparecido da Costa
DOI 10.22533/at.ed.08520300912

CAPÍTULO 13..... 153

A PERCEÇÃO AMBIENTAL DOS TRANSPORTADORES

Elisiane Salzer
Djeimi Angela Leonhardt Neske
Loreni Teresinha Brandalise
Geysler Rogis Flor Bertolini

DOI 10.22533/at.ed.08520300913

CAPÍTULO 14..... 167

MOBILIDADE SUSTENTÁVEL ATRAVÉS DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM NOVA IORQUE

Bruna Rodrigues Guimarães
Antônio Pasqualetto
Júlia Pereira de Sousa Cunha

DOI 10.22533/at.ed.08520300914

CAPÍTULO 15..... 176

A INFLUÊNCIA DA EMOÇÃO SURPRESA NA DECISÃO DE RECOMPRA DE PRODUTOS DE MODA SUSTENTÁVEL

Luana Poletto Barbieri
Igor Bosa
Janine Fleith de Medeiros
Cassiana Maris Lima Cruz

DOI 10.22533/at.ed.08520300915

CAPÍTULO 16..... 189

INOVAÇÃO COM TECNOLOGIAS HÍBRIDAS NAFTA / ETANOL ESTUDO DE CASOS

Rivaldo Souza Bôto

DOI 10.22533/at.ed.08520300916

CAPÍTULO 17..... 198

MANUFATURA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO APLICAÇÃO DE REVESTIMENTO DURO EM MOENDAS DE CANA DE AÇÚCAR PELO PROCESSO FCAW

Marcio de Queiroz Murad
Valtair Antônio Feraressi
Wisley Falco Sales

DOI 10.22533/at.ed.08520300917

CAPÍTULO 18..... 213

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS GEODÉSICAS DE BAMBU COM CABOS

Fabiano Ostapiv
Gustavo Correa de Castro
Joamilton Stahlschmidt
Gabriel Ostapiv

DOI 10.22533/at.ed.08520300918

CAPÍTULO 19	232
PROPOSTA DE ADAPTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 PARA AUXILIAR NO REUSO DA ÁGUA NAS INDÚSTRIAS	
Ana Mariele Domingues	
Jacqueline de Almeida Barbosa Franco	
Nelson de Almeida Africano	
Rosane Aparecida Gomes Battistelle	
DOI 10.22533/at.ed.08520300919	
CAPÍTULO 20	245
O REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA A PARTIR DA BIODIGESTÃO AERÓBIA	
Luciana Lopes Kuramoto	
Fernando Pereira de Sá	
Elisângela Cardoso de Lima Borges	
Marcos Aurélio Leandro Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.08520300920	
CAPÍTULO 21	257
O PAPEL DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL NO CONTEXTO DE MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DA CORRELATA NDC DO PAÍS NO ÂMBITO DO ACORDO DE PARÍS	
Letícia Cunha Bonani	
André Felipe Simões	
DOI 10.22533/at.ed.08520300921	
CAPÍTULO 22	272
POTENCIALIDADE DE CORANTE NATURAL EXTRAÍDO DA <i>BRASSICA OLERACEA</i> E DA <i>PRUNUS SALICINA</i> PARA USO EM CELULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTE (CSSC)	
Rafael Theisen	
Gideã Taques Tractz	
Felipe Staciaki da Luz	
André Lazzarin Gallina	
Paulo Rogerio Pinto Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.08520300922	
SOBRE A ORGANIZADORA	281
ÍNDICE REMISSIVO	282

SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE ESTRUTURAS GEODÉSICAS DE BAMBU COM CABOS

Data de aceite: 01/09/2020

Fabiano Ostapiv

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Departamento Acadêmico de Mecânica
<http://lattes.cnpq.br/8385686899868293>

Gustavo Correa de Castro

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

<http://lattes.cnpq.br/1182790019286471>

Joamilton Stahlschmidt

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Departamento Acadêmico de Mecânica
<http://lattes.cnpq.br/8999955112672977>

Gabriel Ostapiv

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curso de Engenharia Mecânica
<http://lattes.cnpq.br/8273885154438110>

RESUMO: O principal objetivo deste trabalho é analisar o comportamento de estruturas geodésicas construídas com barras cilíndricas de bambu reforçadas com cabos de nylon por meio de ensaio de carregamento e simulação computacional. Foram modeladas cúpulas geodésicas com forma de um meio icosaedro truncado, construídas com barras comerciais de bambu *Phyllostachys pubescens*, maciças, com 4 mm de diâmetro e 175 mm de comprimento.

O software ANSYS foi usado para modelar e simular a estrutura da geodésica sob ação de carregamentos verticais, com reforço de cabos e também para simular a ação do vento sobre a área superficial da geodésica. No protótipo da geodésica com cabos amarrados, foram feitos carregamentos e para cada carga foi medido o deslocamento vertical médio do plano superior da geodésica, em relação ao plano da base. O modelo computacional foi simulado com os mesmos carregamentos e, então, foram feitas comparações entre os resultados numéricos e os experimentais. Os resultados mostram que a geodésica reforçada com cabos resistiu comparativamente o dobro de carga final, com apenas 40% da deflexão apresentada pela estrutura geodésica sem cabos amarrados, mostrando a efetividade do uso dos cabos como reforço. Tal comportamento havia sido previsto pela simulação numérica. Após realizar os ensaios de carregamento e executar a simulação computacional, foi possível localizar as regiões com as maiores tensões e identificar os possíveis pontos de ruptura da estrutura. Neste trabalho também foi simulado o comportamento da estrutura geodésica revestida por uma casca, sob a ação do vento com velocidade de 20 m/s, mostrando a distribuição da pressão dinâmica exercida sobre a estrutura.

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

EXPERIMENTAL EVALUATION AND SIMULATION OF GEODESIC STRUCTURES OF BAMBOO WITH CABLES

ABSTRACT: The main objective of this work is to analyze the behavior of geodesic structures built with cylindrical bamboo bars reinforced with nylon cables by means of loading tests and computer simulation. Geodesic domes were modeled in the shape of a half truncated icosahedron and was built with solid commercial bamboo bars *Phyllostachys pubescens*, with 4 mm in diameter and 175 mm in length. The ANSYS software was used to model and simulate the geodesic structure under the action of vertical loads, with reinforcement of cables and also to simulate the action of the wind on the geodesic surface area. In the geodesic prototype with tied cables, loads were made and for each load the average vertical displacement of the geodesic's upper plane, in relation to the base plane, was measured. The computational model was simulated with the same chargers and, afterwards, comparisons were made between the numerical results and the experiments results. The tests show that the geodesic reinforced with cables resisted comparatively the double the final vertical load, with only 40% deflection regarding the geodesic structure without reinforcement, showing the effectiveness of using nylon cables as tied reinforcement. Such behavior was predicted by numerical simulation. After carrying out the loading tests and running a computational simulation, it was possible to locate the regions with the highest stresses and to identify the possible break points of the structure. In this work it was also simulated or the behavior of the geodesic structure covered by a peel, under a wind action with speed of 20 m/s, showing the distribution of the pressure exerted by the flow of a structure.

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

1 | INTRODUÇÃO

Cúpulas podem cobrir grandes espaços abertos sem a necessidade do uso de suportes internos, além disso, são muito estáveis. Devido a estas características são muito usadas desde a antiguidade na construção de habitações, cobrindo grandes espaços. Os povos originários utilizavam diversos tipos de domos e cúpulas, os índios para construir suas ocas e os esquimós seus iglus. Van Lengen (2013) mostra muitas destas construções com cúpulas usando arcos, feitas pelos índios da Amazônia, como mostrada na Figura 1.

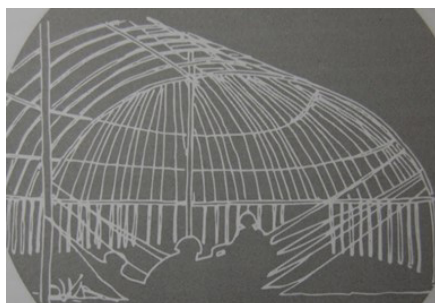


Figura 1: Desenho de uma habitação indígena em arco. (Van Lengen, 2013)

Geodésicas são estruturas arquitetônicas formadas por arcos, triângulos ou outras formas geométricas regulares que compõem, como uma rede, uma superfície espacial curva, geralmente uma semiesfera. Os domos geodésicos podem ser construídos de diversos tamanhos, desde que o comprimento das barras e a frequência das formas geométricas que compõem a superfície da estrutura sejam calculadas corretamente. Estas estruturas podem ter grande resistência mecânica se usados materiais apropriados e construídas adequadamente. As geodésicas estão entre as estruturas mais leves e resistentes já inventadas. Estas estruturas aliam integridade estrutural com beleza, resistência, leveza, modularidade construtiva, design sustentável e moderno. Porém, as geodésicas apresentam desafios nas etapas de projeto, execução e no seu uso final, especialmente se for utilizada para habitação. Entre estes desafios está: a seleção de materiais energeticamente eficientes e sustentáveis, o ciclo de vida da estrutura, a repetitividade construtiva, o custo final da obra, a mão de obra especializada, a união entre os elementos modulares, o cálculo da resistência mecânica do conjunto, entre outros.



Figura 2: Cúpula geodésica, biosfera de Montreal no Parque Jean - Drapeau.

Foto: Maia, R.

Colmos de bambus lenhosos podem ser usados na construção de diversos tipos de estruturas de engenharia tais como casas, telhados, pontes, bicicletas, barcos, aviões e também geodésicas. Os colmos de bambu são tubos vegetais segmentados, leves, resistentes e belos. Assim como as madeiras, os colmos de bambu são constituídos de material lignocelulósico, tem baixo peso específico e boa resistência ao carregamento. Por serem confiáveis são usados há muito tempo na construção de habitações, principalmente nas regiões tropicais onde os bambuzais são abundantes.

O Brasil tem a segunda maior biodiversidade de bambus do mundo, mas apesar de ser facilmente encontrado é uma planta pouco utilizada economicamente, devido a vários fatores, tais como: a ausência de políticas públicas de incentivo, o desconhecimento

generalizado do seu uso e suas potencialidades, a falta de técnicas e equipamentos para processar este material, a falta de técnicas de construção e preservação adequadas para garantir uma maior vida útil deste tubo vegetal, como relataram Salamon e Ostapiv (2017).

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

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

2 | DOMOS GEODÉSICOS DE BAMBU

O tempo de construção de uma cúpula geodésica é considerado muito curto, quando comparado com outras estruturas de dimensões semelhantes, assim o uso destas estruturas é indicado para abrigos temporários e de emergência.

Domos geodésicos feitos com bambu podem ser usados de inúmeras formas tais como: espaços de exposição em feiras e escolas, acampamentos civis e militares, eventos festivos, espaços temporários para atividades rurais, abrigos para trabalhadores, materiais, animais e equipamentos, etc.

O domo geodésico mostrado na Figura 3a, estudado por Ostapiv *et al* (2018), é uma estrutura tipo icosaedro truncado ou bola de futebol, composta por hexágonos e pentágonos regulares, assim como a estrutura geodésica construída e ensaiada por Castro (2019), mostrada na Figura 3b. Nestas geodésicas todas as barras de bambu usadas têm o mesmo comprimento, assim como nos protótipos construídos e ensaiados neste trabalho.

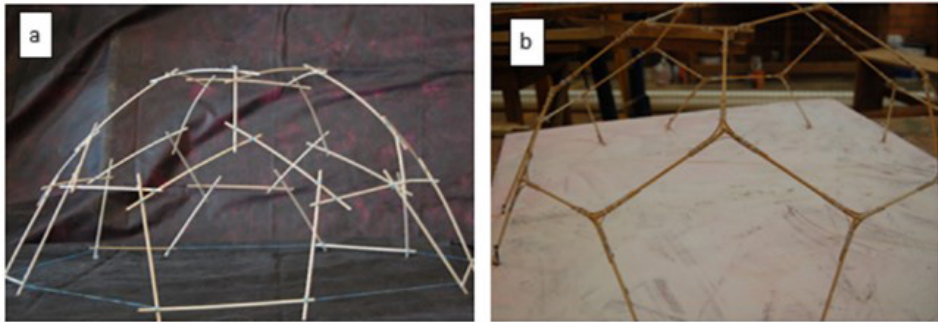


Figura 3: Domos geodésicas. (a) com varetas de bambu auto apoiadas e amarradas, Ostapiv *et al* (2018). (b) com varetas de bambu amarradas com lâminas de bambu, Castro (2019).

Nas estruturas geodésicas, as barras tendem a compartilhar uniformemente as forças de sujeição que são distribuídas de maneira mais ou menos uniforme na estrutura. Já os colmos e barras de bambu maciço têm boa capacidade para absorver impactos. Assim, as geodésicas feitas com bambu são estruturas com características adequadas para resistir a terremotos e vendavais.

Domos geodésicas de bambu podem também ser usados como fôrmas ou estruturas auxiliares na construção de domos monolíticos de terra ou concreto e estruturas metálicas como o aço. Podem ainda, servir como andaime para deslocamento dos trabalhadores e suporte de materiais usados na obra.

Vantagens e desvantagens do uso de domos geodésicas

Por serem esféricas, habitações ou produtos com esta forma apresentam algumas vantagens e também desvantagens em relação às estruturas retangulares tradicionais. Geodésicas são estruturas versáteis e facilmente adaptáveis às diferentes necessidades do usuário, as suas principais vantagens:

- Boa resistência mecânica e absorção de impactos e vibrações;
- Possuem design único, sem cantos e colunas internas;
- São bonitas, interessantes e funcionais;
- • Tem elevado valor estético e econômico em construções, agregam valor aos telhados e a obra como um todo;
- As geodésicas quando fechadas são termicamente muito eficientes. Como as formas esféricas oferecem área superficial mínima para o volume contido por elas, a transferência de calor com o ar externo é a menor possível, pois estas trocas térmicas são diretamente proporcionais à área superficial.

Um dos principais inconvenientes do uso das formas geodésicas em relação às estruturas retangulares tradicionais é a questão da acomodação de peças, acessórios e

compartimentos no seu interior, uma vez que estes são normalmente retangulares. Além disso, existem outros inconvenientes no uso dos domos geodésicos em habitações:

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

Protótipos de geodésicas de bambu

O uso de protótipos estruturais ajuda no processo de análise, ensaio e simulação, aliando ao processo de desenvolvimento, questões técnicas e práticas importantes, que podem realimentar e validar as fases de projeto e de execução de uma obra ou de um produto final em escala maior.

Além de permitir acompanhar o passo a passo construtivo, possibilitando a análise modular e a melhoria do processo, o uso de protótipos permite a realização de diversos testes mecânicos que servem, entre outras finalidades, para ajustar os parâmetros para o modelamento computacional.

Castro (2019) construiu e ensaiou e geodésicas de bambu usando barras cilíndricas maciças de bambu mossô, unidas com resina catalisada de poliéster saturada. As peças de bambu utilizadas na maquete tinham diâmetro de 4 mm e 175 mm de comprimento. Para fixação das peças de bambu nos ângulos adequados, foi utilizado um molde auxiliar de papelão, mostrado na Figura 4.

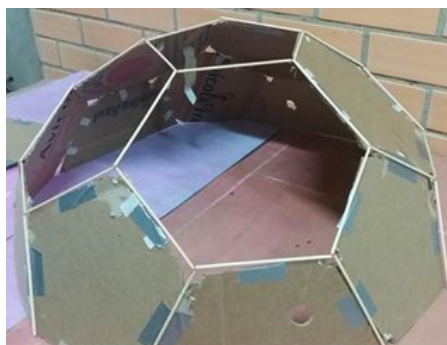


Figura 4: Molde de papelão na forma de cúpula, usado para construção do domo geodésico de bambu.

Fonte: Castro (2019).

Algumas características desta geodésica são mostradas na Tabela 1. É interessante observar o grande volume interno e a pequena massa da estrutura.

DOMO GEODÉSICO - icosaedro truncado	
Comprimento das arestas dos polígonos da malha	17,5 cm
Diâmetro do domo	80 cm
Altura do domo	37 cm
Área aproximada da superfície do domo	1,5 m ²
Volume coberto pelo domo	98 l
Massa total da estrutura	142 g

Tabela 1: Características do domo geodésico de barras de bambu com aresta de 17,5 cm.

Simulação computacional - Análise por Elementos Finitos

Cada vez mais são utilizados métodos dos elementos finitos (MEF) para análise de problemas estruturais de engenharia. Na maioria das vezes, é impossível a obtenção de soluções analíticas dos complexos problemas estruturais existentes na engenharia, daí a importância do uso do método.

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

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

Na Figura 5 é mostrada a estrutura geodésica defletida sob a ação de uma força vertical de 34,06 N e o modelo tridimensional gerado pelo programa computacional.

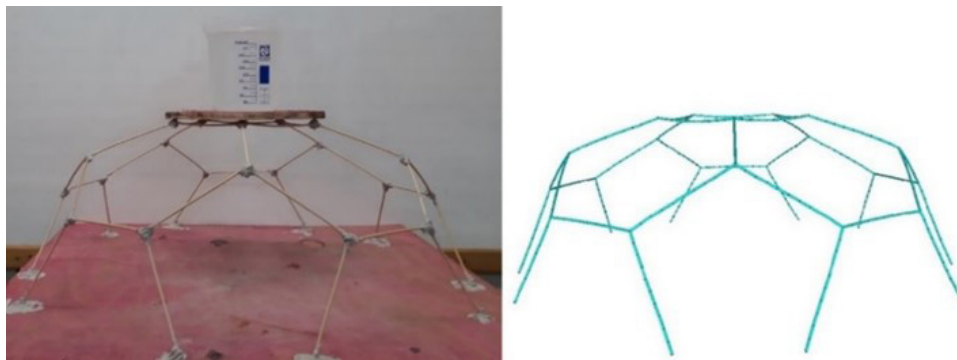


Figura 5: Geodésica com carregamento vertical e modelo tridimensional nas mesmas condições.

Ostapiv *et al* (2019) verificaram que as uniões entre os hexágonos da estrutura geodésica são os locais de maior concentração de tensões do conjunto estrutural sob carregamento vertical. A distribuição de tensão equivalente de Von Mises e a tensão máxima de 63,4 MPa são mostradas na Figura 6, no detalhe o ponto de maior tensão na estrutura carregada.

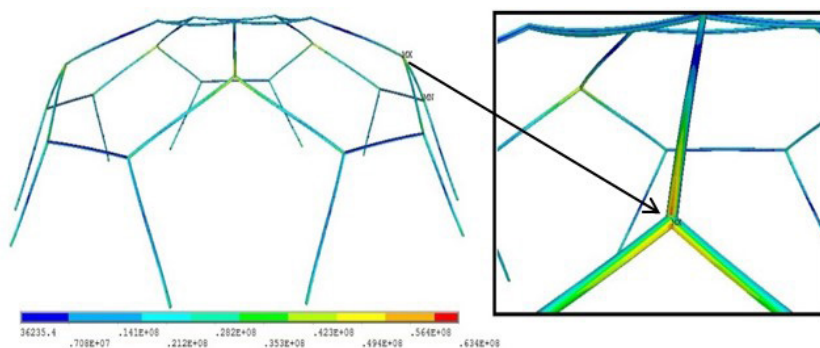


Figura 6: Distribuição de tensão equivalente de Von Mises.

Ensaio de carregamento vertical da estrutura sem reforço de cabos

No ensaio das geodésicas com carregamentos verticais, feitos por Ostapiv *et al* (2019), os autores concluíram que domos geodésicos de bambu são resistentes, pois a estrutura suportou uma carga de 38 vezes o seu peso próprio, apresentando uma grande deflexão sem se romper, como mostrado na Figura 5. No gráfico 1 é mostrada a intensidade da força vertical, colocada sobre a geodésica e o respectivo deslocamento do plano superior desta estrutura. A curva no gráfico mostra a similaridade obtida entre os resultados experimentais e os computacionais. Esta aderência dos resultados é muito importante,

evidenciando a validade do método computacional que permite então, a realização de diferentes análises estáticas e dinâmicas da estrutura estudada.

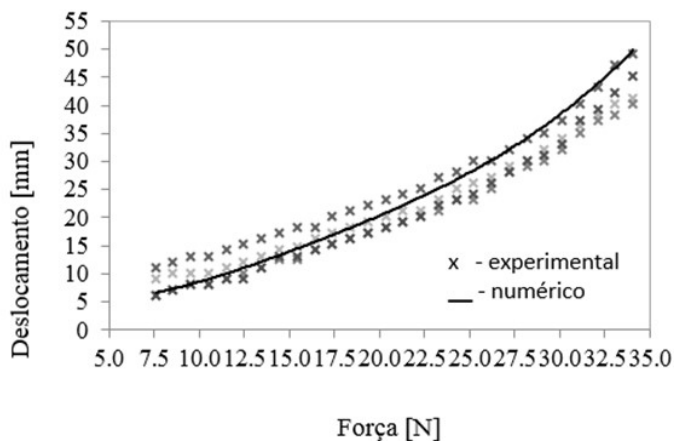


Gráfico 1: Comparação entre resultados obtidos experimentalmente e por simulação computacional da geodésica de bambu obtidas por Ostapiv *et al* (2019).

Módulo de elasticidade dos cabos de nylon

O módulo de elasticidade (MOE) indica a rigidez de um material. É um indicador macroscópico que tem sua origem na energia de ligação molecular do material quando submetido a um esforço mecânico. É dado pela relação entre a tensão submetida e a deformação ocorrida no material dentro do limite linear-elástico, ou seja, regime no qual o material praticamente não escoa. De um modo geral o nylon, que é o nome comercial para polímeros da família das poliamidas, tem excelente resistência à tração e apresenta MOE entre 1 e 4 GPa. O nylon 6.6 é uma fibra sintética, com a qual são feitos os fios trançados ou enrolados que podem apresentar valores para o MOE entre 1 e 3,8 GPa.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

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

O MOE dos fios de nylon foi obtido a partir do ensaio de tração de 13 corpos de prova, numa máquina universal de ensaios EMIC, no laboratório de materiais da engenharia civil da UTFPR-PB. Os cabos de nylon 6.6 usados como reforço foram amarrados em dois planos horizontais distintos da estrutura, conforme mostrado na Figura 7 e 8. Estes cabos foram utilizados para atuarem como elementos tracionados para diminuir a deflexão da

estrutura e o esforço compressivo sobre os pontos críticos.



Figura 7: Detalhes dos planos de amarração dos cabos na estrutura geodésica de bambu.

Usando os valores do módulo de elasticidade das barras de bambu e do cabo de nylon utilizado, foram feitas simulações de carregamento usando o ANSYS, software de desenho e simulação para engenharia, através do método de elementos finitos (MEF). Na Figura 8 é mostrado o modelo computacional utilizado para a simulação e os planos de amarração dos cabos.

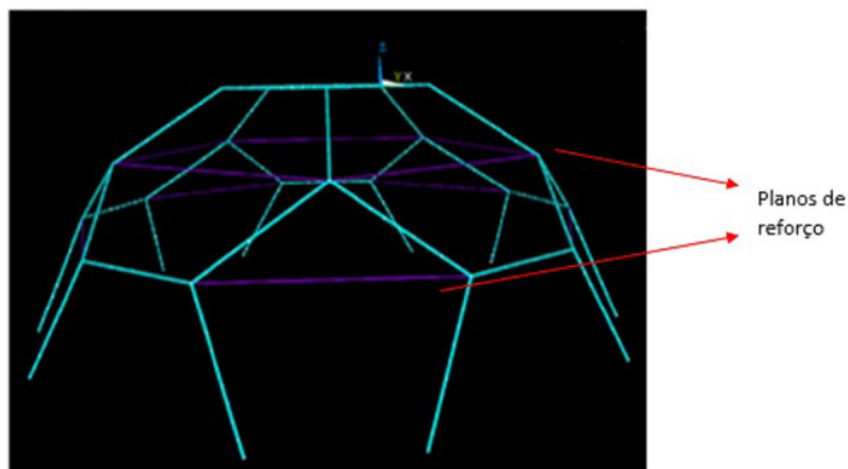


Figura 8: Desenho da geodésica reforçada no modelo computacional.

Com a estrutura reforçada, foram feitos carregamentos verticais utilizando massas de valor conhecido. Para cada carga, foi medido o deslocamento vertical do plano do

topo da estrutura em relação ao plano da base. No modelo numérico foram simulados os mesmos carregamentos e, então, foram feitas comparações entre os resultados numéricos e os experimentais obtidos.

As peças de bambu maciço foram modeladas como elementos de viga e os fios de nylon como elementos de barra. O módulo de elasticidade obtido experimentalmente para o fio de nylon de diâmetro de 1 mm, foi de 1,25 GPa. A simulação foi feita considerando os materiais em comportamento linear elástico.

A simulação da ação do vento sobre um sólido com a forma da geodésica também foi realizada. O objetivo desta simulação foi visualizar como ocorre a distribuição da pressão dinâmica que o escoamento de ar atmosférico causa sobre a superfície da geodésica.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Reforço da estrutura usando cabos

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

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

Tabela 2: Valores médios da deflexão da estrutura geodésica amarrada com cabos de nylon.

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

Na Figura 9 são mostrados os gráficos de (carregamento x deflexão) da parte superior da estrutura com e sem reforço de cabos amarrados e as imagens das estruturas geodésicas no momento de máxima carga, no instante próximo ao colapso da estrutura.

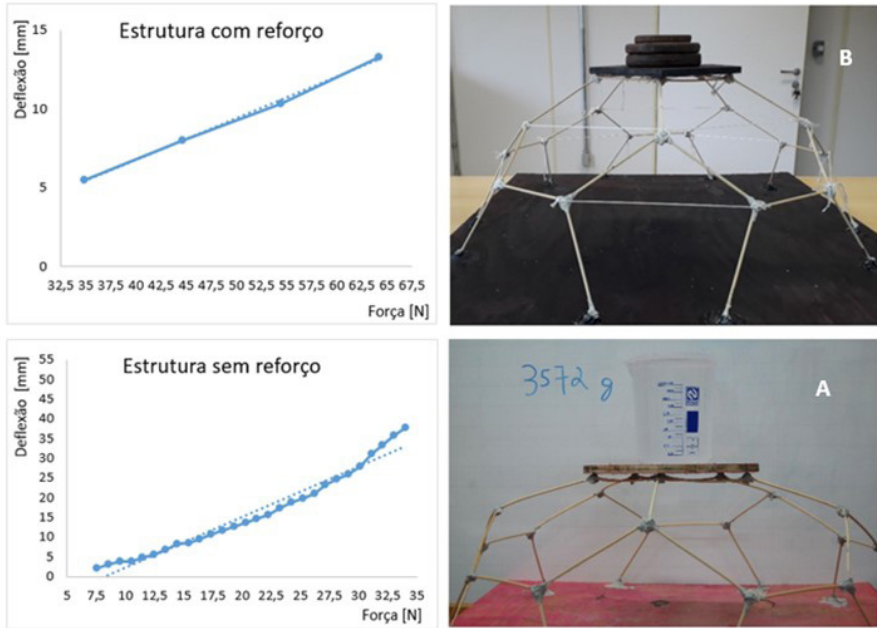


Figura 9: Curvas de carregamento vertical da estrutura. (A) sem reforço, (B) com reforço.

Percebe-se uma grande deflexão do conjunto sem reforço, mostrado na Figura 9A, cuja carga máxima foi de 3.572g. E uma deflexão significativamente menor na estrutura reforçada com cabos, mostrada na Figura 9B, cuja carga máxima foi de 6.630g.

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

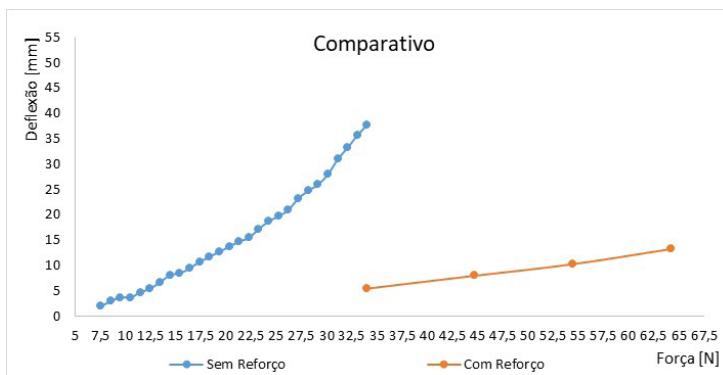


Gráfico 2: Curvas de carregamento da estrutura geodésica de barras de bambu, unidas com resina, com e sem reforço com cabos de nylon, submetidas a carregamento vertical.

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

Simulação estática da estrutura geodésica reforçada

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

A Figura 10 mostra o gráfico dos resultados de deslocamento do plano superior da estrutura causada pela força vertical de sujeição. A dispersão dos resultados experimentais se deve basicamente ao grande incremento de carga, usado em cada etapa de carregamento, porém, o modelo numérico consegue se aproximar bem do comportamento médio dos resultados experimentais.

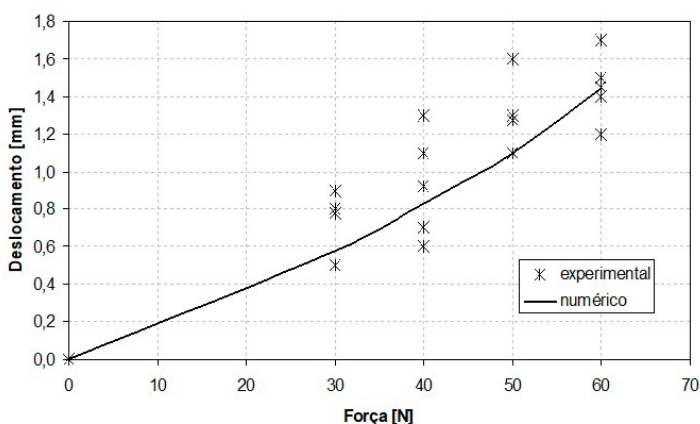


Figura 10: Diagrama de deslocamento da estrutura por força de carregamento vertical.

O ensaio não destrutivo foi realizado com uma carga máxima de 65 N. O modelo foi simulado com carga máxima de 60 N e a distribuição da tensão equivalente de Von Mises está mostrada na Figura 11. A tensão máxima de 24,2 MPa ocorre nos fios de nylon do plano superior da estrutura (linhas em vermelho). O uso dos cabos permitiu aliviar as

tensões existentes nas peças de bambu e suas conexões.

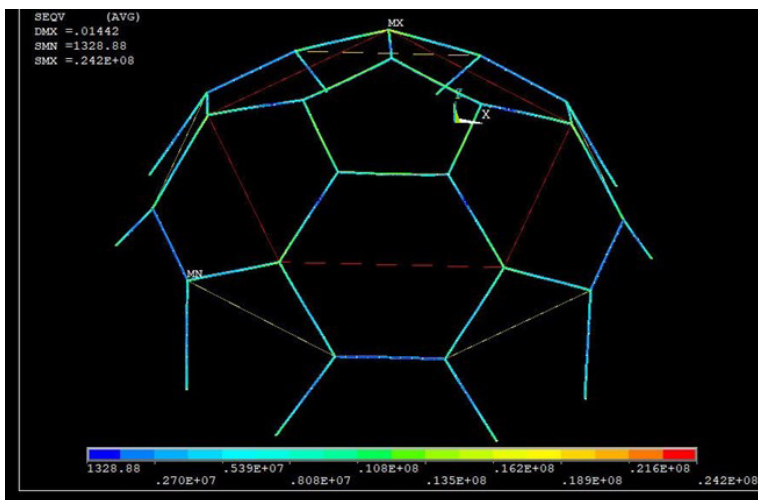


Figura 11: Distribuição de tensões de von Mises.

O reforço amarrado, na posição adotada, foi efetivo, pois aumentou rigidez e a resistência mecânica final da estrutura, sem agregar peso significativo ao conjunto.

Com o modelo computacional validado, foram realizadas novas simulações e deste modo prever o comportamento e a carga máxima a ser suportada pela estrutura. Na Figura 12 é mostrado, através do gráfico de força versus deslocamento, o comportamento da estrutura que foi simulada até o colapso elástico (*snap through*) a 85 N de carga.

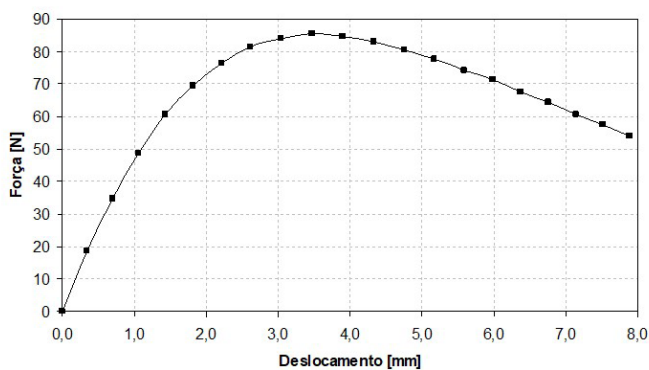


Figura 12: Força por deslocamento segundo o modelo numérico adotado.

A Figura 13 mostra os resultados de simulação do modelo após o colapso elástico da estrutura. As maiores tensões foram agora obtidas nas barras superiores da estrutura. Essas barras também sofreram uma grande deflexão.

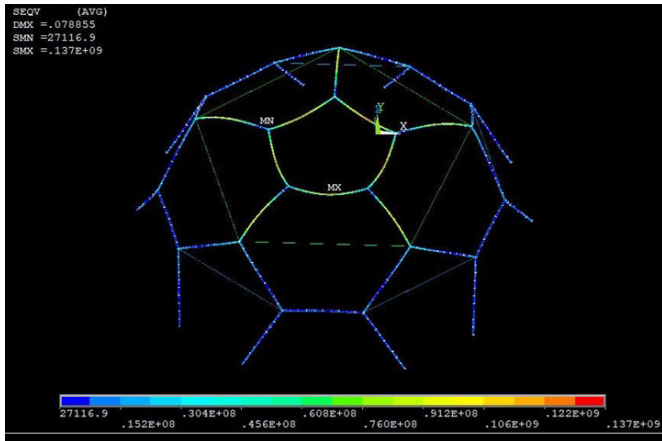


Figura 13: Colapso elástico do modelo da geodésica.

No experimento destrutivo da geodésica, a carga máxima obtida em torno de 72 N, com rompimento da estrutura se rompeu na região das conexões entre as barras de bambu. Na Figura 14 é mostrada a maquete estrutural, instantes antes de ocorrer sua ruptura por carregamento hidráulico. É possível ver as grandes deflexões das barras de bambu que ocorrem especialmente na região superior da geodésica, similar as deflexões previstas pelo modelo computacional e mostradas no plano de topo da geodésica da Figura 13.

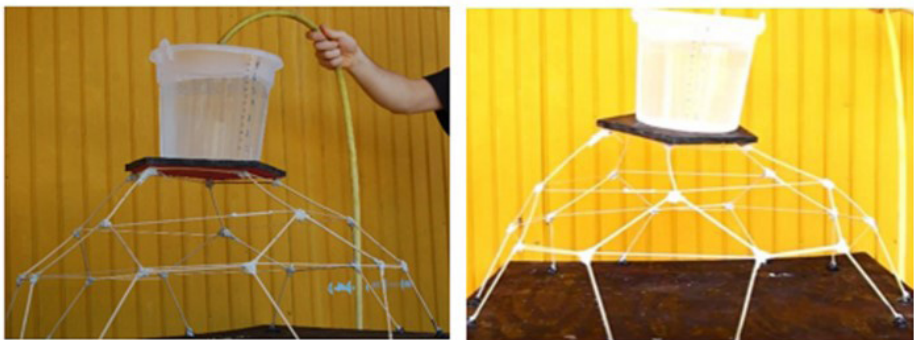


Figura 14: Estruturas geodésicas de bambu com reforço amarrado próximas do momento de colapso.

Devido às condições geradas pelo carregamento na estrutura, a deflexão da mesma não ocorreu de forma simétrica. Finalmente, a ruptura ocorreu simultaneamente numa conexão entre as barras, mostrado no detalhe da Figura 15 e numa barra de bambu de menor densidade. É preciso ressaltar que o modelo numérico não levou em consideração as propriedades da resina usada nas conexões entre as peças de bambu e por isso não foi capaz de prever a falha frágil deste material.

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

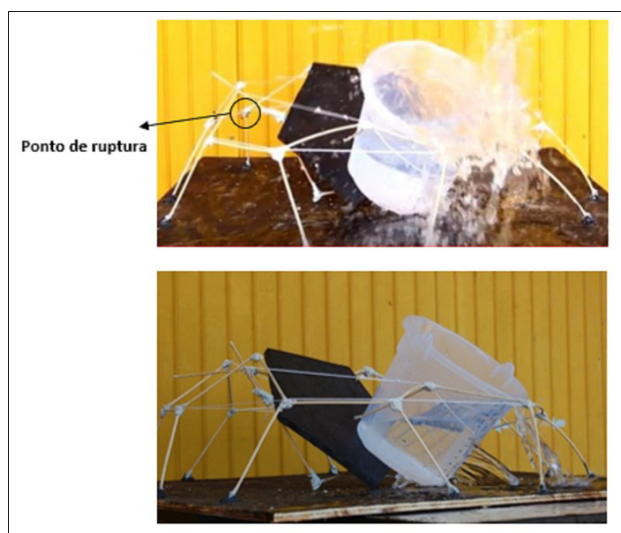


Figura 15: Colapso elástico da geodésica reforçada no momento do rompimento da estrutura.

Existem outras possíveis fontes de erros que tornaram os resultados experimentais inferiores aos resultados numéricos. O desvio do paralelismo do plano superior da estrutura em relação ao plano da base, ocorrida durante o processo de montagem da estrutura. Este erro de paralelismo gera concentração de tensão diferenciada nas peças de bambu. E as pré-cargas não homogêneas, devido ao pré-tensionamento manual feito nos cabos de, sem um controle adequado.

Um aspecto importante observado foi o modo com o qual as estruturas geodésicas com e sem reforço se deformaram ao carregamento. No caso da geodésica sem reforço, a partir do carregamento vertical de 25 N a estrutura apresentou uma taxa elevada de deflexão, mostrando a rápida aproximação do ponto de colapso (*snap through*). Por outro

lado, a estrutura reforçada com cabos amarrados de nylon, mostrou um comportamento de deformação estrutural praticamente linear, característica desejável para este tipo de estrutura.

Simulação da ação do vento sobre a geodésica

Uma vantagem do uso das ferramentas de simulação computacional é a possibilidade de ampliar as análises sobre a estrutura estudada. Neste caso, além da simulação de carregamento estático, foi realizada uma análise a ação do vento sobre a superfície da geodésica.

A simulação de escoamento de ar, a velocidade constante de 20 m/s, sobre a geodésica estudada gerou o gradiente de pressão mostrado nas Figuras 16 e 17. Nestas condições de escoamento laminar, a maior pressão dinâmica diferencial, de 275 Pa, ocorreu no ponto frontal de incidência do vento sobre a estrutura (região em vermelho).

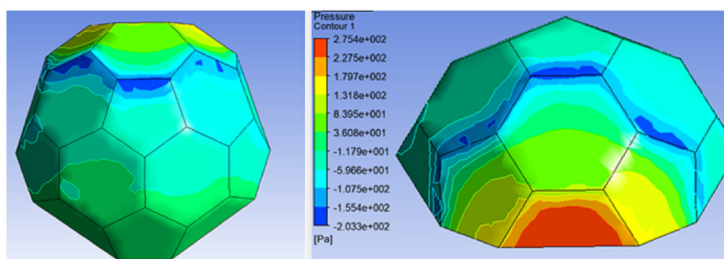


Figura 16: Distribuição de pressão sobre a superfície geodésica causada pelo vento a 20 m/s.

Após incidir frontalmente sobre a geodésica a trajetória de escoamento do ar muda e sua velocidade aumenta, especialmente na região superior da estrutura (em azul), produzindo uma zona de baixa pressão e uma força ascendente sobre a geodésica, semelhante ao efeito do escoamento de ar sobre uma asa. Pode-se dizer que o vento quer arrancar a geodésica do chão.

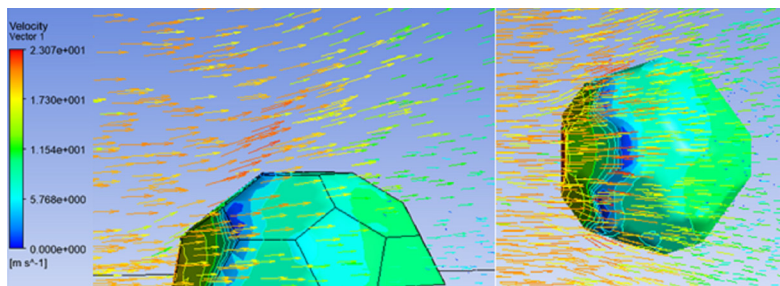


Figura 17: Linhas de fluxo do vento e a variação da velocidade do ar sobre a superfície geodésica.

Este tipo de análise dinâmica é muito interessante, especialmente para quem busca projetar estruturas leves em locais de vento forte, como é o caso das estufas agrícolas. Mas também serve para a indústria de antenas e coletores solar, por exemplo. A forma das “antenas parabólicas” é excelente para capturar e focar o calor, ou receber e emitir radiações eletromagnéticas. Estas superfícies paraboloídes são muito parecidas com a geodésica estudada neste trabalho. Assim, as soluções que valem para as geodésicas, devem valer para as antenas, com alguns ajustes. Ou, dito de outra forma, é possível construir coletores/emissores de calor usando as geodésicas de bambu de forma sustentável, barata e acessível.

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram apresentados estudos de simulação numérica computacional de carregamento vertical estático e escoamento de ar sobre cúpulas geodésicas, tipo icosaedro truncado, feitas de bambu e reforçadas ou não, com cabos amarrados. E também foram mostrados os resultados dos ensaios experimentais de carregamento estático nos protótipos.

Para fabricação da geodésica de bambu, para união entre as peças foi utilizada apenas resina epóxi comercial, chamada de “massa plástica automotiva”. Com o uso de um molde de papelão e tendo a solução para a união das peças de bambu, a construção das cúpulas geodésicas torna-se relativamente simples, podendo, no entanto, ser bastante melhorada. Por exemplo, no processo construtivo de geodésicas de grandes dimensões, as soluções com cabos internos aos colmos de bambu, parecem ser muito melhores que a alternativa adotada neste trabalho, pois permitem uma maior integridade estrutural, especialmente na região da união das peças tubulares e com isso traz um reforço mecânico muito bom, e por aí vai.

Procurando alternativas de melhoria, através do uso da simulação computacional, foi realizado o reforço com cabos de nylon 6.6 na geodésica estudada que mostrou então, um comportamento mecânico superior. A estrutura reforçada resistiu uma carga final cerca de quatro vezes mais elevada e se deformou três vezes menos que a mesma geodésica sem reforço. Estes resultados mostraram a importância do reforço e a efetividade da solução adotada que amplia as possibilidades de uso deste tipo de estrutura em telhados, abrigos de emergência e habitações temporárias, entre outros.

Como discutiram Cook *et al* (1988), o uso de Métodos de Elementos Finitos MEF, permitiu prever algum comportamento mecânico desta estrutura em particular e analisar diferentes soluções para problemas clássicos da engenharia como a ação do vento, em regime laminar, sobre a geodésica, mas poderia ter sido a emissão térmica.

No futuro, novas soluções para as geodésicas de bambu podem ser propostas e testadas usando estas importantes ferramentas para a moderna engenharia de estruturas,

a simulação computacional e sua validação pelo desenvolvimento e ensaio de modelos físicos em escala reduzida, como os realizados neste trabalho, das geodésicas de bambu.

REFERÊNCIAS

BERNSEN, R.S., KLITZKE, R.J., BATISTA, D.C., NASCIMENTO, E.M., OSTAPIV, F. “**Resistência à flexão estática e à compressão paralela do bambu-mossô (*Phyllostachys pubescens*)**” Floresta, v.43, n°3, p. 485 – 494, jul./set. 2013 – Curitiba PR.

CASTRO, G. C. “**Ensaio e simulação computacional de estrutura geodésica tipo icosaedro truncado construída com barras de bambu**”. 93f. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – UTFPR. Câmpus Pato Branco, 2019.

COOK, R.D., MALKUS, D. S. PLESHA. M. E. “**Concepts and Applications of Finite Element Analysis**” 3ed. Madison: Editora John Wiley and Sons Ltd, 1988.

GHAVAMI, K., MOREIRA, L.E. “**Double-layer bamboo space structures**”: Space Structures 4, ed: Thomas Telford Ltd, vol.1, p. 573-581. 1993.

HIBBELER, R. C. “**Resistência dos materiais**”. Pearson-Prentice Hall, 5a ed. 670 p., New York, 2010.

HILL, J.O. “**Professional Dome Plans**”, 3a ed. 2002.

LENGEN, J.V. “**Arquitetura dos índios da Amazônia**” B4 Editores, 119p, São Paulo, 2013.

LIBRELLOTO, L.I., OSTAPIV, F. (org) “**Bambu – Caminhos para o desenvolvimento sustentável no Brasil**” 1ª ed. Virtuhab, 204p. Florianópolis, 2019.

OSTAPIV, F., SALAMON, C., STAHLSCHMIDT, J., BETT, C. F. “**Estudos iniciais para ensaios e construção de cúpulas geodésicas usando colmos de bambu**”. MIX Sustentável, v.4, n.1, p. 108-116. UFSC, Florianópolis, 2018.

OSTAPIV, F., OSTAPIV, G., CASTRO, G.C., STAHLSCHMIDT, J., “**Computational simulation and vertical loading tests in bamboo geodesic domes**”. In: 25th International Congress of Mechanical Engineering - ABCM, Uberlândia, MG, out. 2019.

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

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

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agência Nacional de Águas 233, 234, 242
Agentes de desenvolvimento 9, 103, 104
Agroecossistemas 42, 50, 51, 109, 122
Agroquímicos 50, 120, 128, 129
Alimentos orgânicos 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137
Ancestrais germânicos 57, 61
Antropologia 11, 12, 14, 17, 19, 34, 37, 40, 41, 55, 57, 59, 61, 65, 66, 68, 69, 70
Ativo territorial 42, 44, 52

B

Baixo custo 247, 272, 273

C

Capacidades instaladas 257, 265
Ciclovias 9, 167, 171, 174
Consumo desenfreado 86
Consumo Ecológico 153, 155, 156, 159, 160, 162
Contribuição Nacionalmente Determinada 257
Culturas e identidades 29
Cúpulas geodésicas 213, 230, 231

D

Desigualdade social 103, 113, 115
Dispositivos fotovoltaicos 273, 280

E

Economia ambiental 1, 2, 3, 4, 6, 9
Eficiência atômica 189
Empregos e geração de renda 177
Espaço geográfico 13, 35
Estratégia de negócios 154

F

Fotossensibilidade 272, 274

G

Globalização 9, 11, 12, 17, 19, 41, 107, 109, 112

H

Hortifrutigranjeiros 138, 143

I

Indústria alcoolquímica 189, 195

Instrumentos de controle ambiental 75

Internautas 86, 99

L

Lei da termodinâmica 2, 3

M

Marcos legais 138, 150

Megalópole 167

P

Pandemia 9, 11, 11, 12, 13, 17, 18, 19

Pensamento renascentista 4, 9

Planyc 9, 167, 168, 169, 171, 173, 174, 175

Política Nacional de Ater 125

Políticas Públicas 9, 13, 55, 84, 85, 86, 93, 94, 95, 96, 99, 101, 102, 106, 111, 113, 115, 116, 122, 123, 125, 132, 138, 142, 151, 167, 175, 215, 281

R

Revolução Francesa 31, 37, 38

S

Satisfação do consumidor 176, 177, 187

Saúde 1, 101, 102

Setor sucroalcooleiro 199, 201

Simulação numérica 213, 230

T

Tecnologias 9, 10, 13, 14, 21, 26, 42, 43, 44, 45, 47, 50, 51, 53, 105, 121, 122, 154, 189, 191, 196, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 244, 246, 247, 272, 273, 281





Transporte de cargas 154, 155, 156

U





Urbanização 77, 94, 115, 245, 246, 247, 248, 258

V

Velocidade de aplicação de revestimento 198

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

SUSTENTABILIDADE: A SUPERAÇÃO DE DESAFIOS PARA A MANUTENÇÃO DO SISTEMA

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

SUSTENTABILIDADE: A SUPERAÇÃO DE DESAFIOS PARA A MANUTENÇÃO DO SISTEMA