



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

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 Cremo

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 4.0 Internacional (CC BY 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 Internazionele 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 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. 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
Prof^ª Dr^ª 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
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. Adaylson 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. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
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. 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-388-0

DOI 10.22533/at.ed.880202209

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

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)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MUDANÇA NA CULTURA DE PREVENÇÃO A INCÊNDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

Myrna da Cunha

Alexandre Martinez dos Santos

João Terêncio Dias

Maryêva Paulino Vieira

Bernardo Manhães Cantuarria Moura

DOI 10.22533/at.ed.8802022091

CAPÍTULO 2..... 15

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE RECEPTORES GNSS DE CÓDIGO C/A PARA LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS

Marco Ivan Rodrigues Sampaio

Fernando Luis Hillebrand

Alan Diniz Bernardi

Aldemir Eduardo Martins Ulrich

João Fernando Zamberlan

Cristiano Niederauer da Rosa

Janisson Batista de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.8802022092

CAPÍTULO 3..... 24

ESTUDO DOS PARÂMETROS NA SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE COMPÓSITO PEI/FIBRA DE VIDRO POR PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Ana Beatriz Ramos Moreira Abrahão

Edson Cocchieri Botelho

Michelle Leali Costa

Jonas Frank Reis

Luis Felipe Barbosa Marques

Tuane Stefania Reis dos Santos

Rafael Rezende Lucas

Marcos Paulo Souza Ribeiro

Isabela Luiza Rodrigues Cintra

Rodolfo de Oliveira Rodrigues

Joana Toledo Guimarães

Natali Oliveira Martins da Silva

Vinícius David Franco Barboza

DOI 10.22533/at.ed.8802022093

CAPÍTULO 4..... 38

REDESENHO/MELHORIA DE PROCESSOS: ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS

João Francisco da Fontoura Vieira

Danhuri Ritter Jelinek

DOI 10.22533/at.ed.8802022094

CAPÍTULO 5.....	44
ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE COM ÁGUA EM BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Miriam Ribeiro Cabreira	
Durval João de Barba Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8802022095	
CAPÍTULO 6.....	59
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA UTILIZANDO CO₂ SUPERCRÍTICO E MODELO DE SOVOVÁ	
Wesley de Souza Rodrigues	
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka	
Ana Beatriz Neves Brito	
DOI 10.22533/at.ed.8802022096	
CAPÍTULO 7.....	70
COMPARTILHANDO CONHECIMENTOS: A BIOCLIMATOLOGIA E A PRODUÇÃO ANIMAL	
Diego Gomes de Sousa	
Tiago Gonçalves Pereira Araújo	
Levi Wallace Sousa de Lima	
José Walber Farias Gouveia	
Marthynna Diniz Arruda	
Brendo Júnior Pereira Farias	
Agenor Correia de Lima Junior	
Rômulo Augusto Ventura da Silva	
Ely Félix de Sá Carneiro	
João Victor Inácio dos Santos	
Ana Cristina Chacon Lisboa	
José Lucas Jácome de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.8802022097	
CAPÍTULO 8.....	80
TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA, PINUS E EUCALIPTO	
Roberto Luiz de Azevedo	
Edson Rubens da Silva Leite	
Rafael Sidney Orfão	
Rafael Farinassi Mendes	
Renato Alexandre Oliveira Cândido	
DOI 10.22533/at.ed.8802022098	
CAPÍTULO 9.....	87
FLUIDOS DE PERFURAÇÃO A BASE DE RESÍDUO DE AÇÁI E GOMA XANTANA	
Alex da Silva Sirqueira	
Mônica Cristina Celestino dos Santos	
Aline Muniz Lima	

Patricia Reis Pinto
Hugo Cavalcante Peixoto
DOI 10.22533/at.ed.8802022099

CAPÍTULO 10..... 94

LICOR PIROLENHOSO DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Diana de Oliveira Simionato
Josi Carla Martins Fernandes
Ana Luisa Granado Potinatti Alves
Marcelo Rodrigo Alves
Janardelly Gomes De Souza

DOI 10.22533/at.ed.88020220910

CAPÍTULO 11 105

CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS INDIRETOS ECOLÓGICOS E POPULARES PARA REDUÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM ORDENHADEIRAS PARA HUMANOS E ANIMAIS

Alexandre Fernandes Santos
Marcelo Luiz Hoffmann
Heraldo José Lopes de Souza
Pedro Dinis Gaspar

DOI 10.22533/at.ed.88020220911

CAPÍTULO 12..... 118

UM ESTUDO DOS EFEITOS DA GEOMETRIA SOBRE OS PARÂMETROS TERMO-FÍSICOS EM PROCESSOS DE SECAGEM DE GENGIBRE

André Macedo Costa
Aluizio Freire da Silva Júnior
Thamires Mabel Queiroz de Oliveira
Geovane Tavares Nogueira
Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de lima
Isaac Ferreira de Lima
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Helymarckson Batista de Azevedo
Marcos Sérgio Florêncio Júnior
Marcos Wagner da Silva Araújo
Raquel Alves de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.88020220912

CAPÍTULO 13..... 131

COMPORTAMENTO DA SECAGEM DE CENOURA (*Daucus carota L.*) EM CAMADA FINA: MODELOS EMPÍRICOS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Geovane Tavares Nogueira
Raquel Alves de Medeiros
Francisco Carlos de Medeiros Filho
Maria Tereza Lucena Pereira
Amélia Ruth Nascimento Lima

Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de Lima
Célia Maria Rufino Franco
Aluizio Freire da Silva Júnior
André Macedo Costa
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Ivo Dantas de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88020220913

CAPÍTULO 14..... 145

**ANÁLISE DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DA MADEIRA EMPREGADA NO SISTEMA
WOOD FRAME**

Vinício da Cunha Dóro
Luiz Carlos Souza Guimarães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.88020220914

CAPÍTULO 15..... 155

**ENSAIO DE COAGULAÇÃO À pH NATURAL: SEMENTES DE MORINGA OLEÍFERA LAM
E CLORETO FÉRRICO**

Luís Gustavo Marcolan
Mirely Ferreira dos Santos
Bárbara Dani Marques Machado Caetano

DOI 10.22533/at.ed.88020220915

CAPÍTULO 16..... 160

**UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Caroline Tombini
Janayne Sander Godoy
Aline Patrícia Ullmann
Gabriel Fante
Josiane Maria Muneron de Mello
Francieli Dalcanton

DOI 10.22533/at.ed.88020220916

CAPÍTULO 17..... 173

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS

Carolina Lipparelli Morelli
Yanka dos Reis Soares de Moura
Bárbara Carolini Oliveira Ferreira
Francielle Crispim Araújo
Kevinny Chaves Florencio
Lucas Lima Batista
Lizandra Lopes Carrara
Tércio José Lage Ferreira
Kelvin Willie de Carvalho
Aislan Lúcio Valério

DOI 10.22533/at.ed.88020220917

SOBRE OS ORGANIZADORES	189
ÍNDICE REMISSIVO.....	190

CAPÍTULO 3

ESTUDO DOS PARÂMETROS NA SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE COMPÓSITO PEI/FIBRA DE VIDRO POR PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Data de aceite: 01/09/2020

Data de Submissão: 08/06/2020

Ana Beatriz Ramos Moreira Abrahão

Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba-FATEC
Pindamonhangaba-SP
<http://lattes.cnpq.br/1352527728658742>

Edson Cocchieri Botelho

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/4378078337343660>

Michelle Leali Costa

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/1078989729628550>

Jonas Frank Reis

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/7132339740843576>

Luis Felipe Barbosa Marques

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/6513029654496572>

Tuane Stefania Reis dos Santos

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/0488791939746292>

Rafael Rezende Lucas

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/9728832316225233>

Marcos Paulo Souza Ribeiro

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/3328650766338820>

Isabela Luiza Rodrigues Cintra

Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"
Guaratinguetá-SP
<http://lattes.cnpq.br/8846085800335637>

Rodolfo de Oliveira Rodrigues

Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba-FATEC
Pindamonhangaba-SP
<http://lattes.cnpq.br/4099283587088186>

Joana Toledo Guimarães

Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba-FATEC
Pindamonhangaba-SP
<http://lattes.cnpq.br/0796143958387011>

Natali Oliveira Martins da Silva

Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba-FATEC
Pindamonhangaba-SP
<http://lattes.cnpq.br/9099824706024958>

Vinícius David Franco Barboza

Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba-FATEC
Pindamonhangaba-SP
<http://lattes.cnpq.br/8860820842846075>

RESUMO: Um dos problemas principais de utilização de compósitos poliméricos em aplicações estruturais consiste em sua união efetiva para a integração de componentes. Recentemente novas descobertas mostraram que técnicas de soldagem oferecem grandes vantagens com a eliminação de concentrações de tensões provocadas por orifícios na estrutura quando rebitadas ou na demora do processo de cura de sistemas adesivos constituídos de resinas termorrígidas. Neste sentido, entre os diversos métodos disponíveis destinados a soldagem de compósitos, a utilização de resistência elétrica vem sendo considerado como um dos mais promissores para união de compósitos. Isto porque, trata-se de um processo rápido (aproximadamente de 1 a 5 minutos), que necessita de pouca preparação da superfície a ser unida e pode ser utilizado em reparos devido à sua simplicidade e ao seu baixo custo. O objetivo deste trabalho foi realizar uma otimização do processo de soldagem por resistência elétrica do compósito polimérico de PEI/fibra de vidro, utilizando um planejamento experimental fatorial completo 2^3 onde foram avaliadas as melhores condições para a soldagem, analisando-se os parâmetros: pressão, corrente e tensão. As amostras foram soldadas em um total de 20 experimentos variando-se os parâmetros de operação do processo de soldagem, sendo que as melhores condições foram analisadas como resposta ao ensaio de *Lap Shear*, seguindo-se a norma ASTM D1002.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos Poliméricos, Soldagem por resistência elétrica, planejamento experimental.

STUDY OF PARAMETERS IN WELDING BY ELECTRIC RESISTANCE OF PEI/ FIBER GLASS COMPOSITE BY EXPERIMENTAL PLANNING

ABSTRACT: One of the main problems of using polymeric composites in structural applications is their effective union for the integration of components. Recently new discoveries have shown that welding techniques offer great advantages with the elimination of stress concentrations caused by holes in the structure when riveted or in the delay in the curing process of adhesive systems made of thermosetting resins. In this sense, among the various methods available for welding composites, the use of electrical resistance has been considered as one of the most promising for joining composites. This is because it is a quick process (approximately 1 to 5 minutes), which requires little preparation of the surface to be joined and can be used in repairs due to its simplicity and low cost. The objective of this work was to optimize the welding process by electrical resistance of the polymeric composite of PEI / fiberglass, using a complete factorial experimental design 2^3 where the best conditions for welding were evaluated, analyzing whether the parameters: pressure, current and tension. The samples were welded in a total of 20 experiments, varying the operating parameters of the welding process, and the best conditions were analyzed in response to the Lap Shear test, following the ASTM D1002 standard.

KEYWORDS: Polymeric Composites, Electrical resistance welding, experimental planning.

1 | INTRODUÇÃO

Os compósitos avançados são materiais de engenharia constituídos de fibras de reforço dispersas em uma matriz metálica, cerâmica ou polimérica. A combinação de

propriedades que os compósitos avançados apresentam é resultado da união da matriz e de reforços de fibras que os tornam atrativos para a aplicação na área aeroespacial. Sendo que, os compósitos termoplásticos reforçados com fibras contínuas vêm sendo estudados em uma ampla variedade de aplicações desde as comerciais, com baixo custo envolvido, até as de engenharia, com maior valor agregado (DECARLI, 2018).

Entre os polímeros termoplásticos utilizados como matriz para compósitos destaca-se o poli (éter imida) (PEI) pois apresenta características de elevados valores de resistência e rigidez em elevadas temperaturas, boas propriedades elétricas e resistência química. Este polímero ainda apresenta características como elevada resistência a ácidos e boa tolerância a bases, absorve pouca água e apresenta resistência a radiação ultravioleta e gama (REZENDE, COSTA, BOTELHO, 2011; FELTRAN, 2008; OLIVEIRA, GUIMARÃES, BOTELHO, 2009).

Especificamente para os compósitos termoplásticos, várias técnicas estão sendo estudadas e utilizadas para a união dos componentes como aplicação de adesivos ou uso de rebites. Dentre as técnicas disponíveis para a integração de compósitos, a união por fusão ou soldagem é o método que apresenta maior potencial para aplicação em montagem, união e reparo dos componentes destes materiais. As principais vantagens associadas ao processo por fusão ou soldagem em comparação às outras técnicas citadas anteriormente incluem o reduzido tempo de processamento, reduzida preparação de amostra e baixa irregularidade na interface do material. Adicionalmente, recentemente novas descobertas mostraram que técnicas de soldagem oferecem grandes vantagens como a eliminação de concentrações de tensões provocadas por orifícios na estrutura quando rebitadas ou na demora do processo de cura de sistemas adesivos constituídos de resinas termorrígidas (AGEORGES, YE E HOU, 2001; PANNEERSELVAM, 2012; AMANAT, JAMIES, MCKENZIE, 2010).

Entre os diversos métodos disponíveis destinados a soldagem de compósitos termoplásticos, algumas técnicas já se destacam, porém ainda faltam estudos mais profundos principalmente de viabilidade para aplicação industrial (AGEORGES; YE; HOU, 2000; BATES, 2005; DUBÉ et al., 2007; PANNEERSELVAM et al, 2012).

Todas as técnicas disponíveis para a soldagem de compósitos termoplásticos são adaptáveis para automação para inspeção online. Além disso, estas técnicas fornecem reprodutibilidade e necessitam de um mínimo de preparo de superfície diminuindo, desta forma, o custo do processo. Portanto, a soldagem é um processo muito atrativo para união de compósitos de matriz termoplástica, por ser um processo rápido e simples, em que a união das peças é adquirida pela fusão e consolidação na região interfacial das partes a serem soldadas (AGEORGES; YE; HOU, 2000; BATES; COUZENS; KEDAL, 2001; WISE, 1999).

A soldagem por resistência elétrica aplicada a compósitos termoplásticos tem um grande potencial para a integração de compósitos termoplásticos de alto desempenho,

especialmente quando se trata de aplicações aeroespaciais. Entretanto, parâmetros como isolamento térmico, entrada de energia, tempo de soldagem, orientação da fibra, e o tipo de elemento resistivo a ser utilizado vêm sendo estudados para melhoria da qualidade e desempenho das juntas soldadas (DA COSTA, 2012; DUBÉ et al, 2007, STAVROV; BERSEE, 2005).

Há diversos caminhos para se atingir o objetivo da otimização de um processo com a utilização da estatística, mais precisamente a resolução de um problema por meio de um planejamento estatístico, conhecido como o planejamento experimental fatorial que é utilizado para solução de um projeto experimental, usando de um número menor de medidas, mas que ao mesmo tempo consegue-se explorar todo o espaço experimental de interesse (DECARLI, 2018)

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo fazer um estudo para determinação de valores otimizados das variáveis do processo de soldagem por resistência elétrica para compósito termoplástico constituído de PEI (poli(éter imida)) e fibra de vidro.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Laminados Termoplásticos

Os laminados termoplásticos avaliados neste trabalho foram os compósitos PEI/ fibras de vidro fornecidos pela empresa holandesa TENCATE *Advanced Composites*. Os laminados de PEI/fibras de vidro foram confeccionados com tecidos na configuração 8 HS com espessuras nominais entre 2 a 3,5 mm e com configuração $(0/90)_{5s}$ contendo, aproximadamente, 50% em volume de matriz. Todos estes laminados termoplásticos foram processados a partir de sistemas semipregs moldados em autoclave.

As Figuras de 1 e 2 apresentam os laminados com os códigos correspondentes de identificação como fornecidos pela empresa TENCATE *Advanced Composites*, assim como, as amostras dimensionadas para o ensaio de *Lap Shear*.



Figura 1- Laminado PEI/ Fibra de vidro com código de identificação do fornecedor.



Figura 2- Amostras dos laminados PEI/fibra de vidro dimensionadas para o ensaio *Lap Shear*.

2.2 Malhas metálicas

Como elementos resistivos utilizados para os testes preliminares de soldagem com os compósitos foram utilizadas malhas metálicas de aço inox AI 304 de 400 e 500 mesh. As malhas, em forma de telas, foram produzidas pela empresa SOLOTEST, e adquiridas comercialmente da empresa TEGAPE. Para utilização destes elementos resistivos na soldagem dos laminados termoplásticos, as malhas foram cortadas nas dimensões de 40 cm de comprimento por 2,5 cm de largura, como ilustrado na Figura 3.



Figura 3- Malha metálica nas dimensões de corte para utilização como elemento resistivo para a soldagem dos laminados.

As características técnicas do fornecedor para as malhas de aço inox AI 304 são apresentadas na Tabela 1 e a composição química do material das malhas metálicas são apresentadas pela Tabela 2.

Material	Mesh	Diâmetro do fio (mm)	Abertura (mm)
AI 304	200	0,06	0,07
AI 304	400	0,06	0,07
AI 304	500	0,04	0,04

Tabela 1 - Dimensões da malha metálica fornecidas.

Fonte: (TEGAPE, 2013).

Composição química (%)	Carbono	Manganês	Silício	Fósforo	Enxofre	Cromo	Níquel
Aço AI 304	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00	8,00

Tabela 2 - Composição química das malhas de aço **inox AI 304** utilizadas.

Fonte: (ABINOX, 2013).

2.3 Sistema de soldagem

2.3.1 Preparo das amostras dos laminados

Antes do início do processo de soldagem a superfície dos laminados foi limpa com álcool etílico e posteriormente as amostras foram cortadas nas dimensões de 100 mm de comprimento por 25 mm de largura, em seguida, as amostras soldadas foram submetidas ao ensaio de *Lap Shear*.

Para o estudo da soldagem dos materiais foi utilizada uma máquina de soldagem por resistência elétrica para compósitos confeccionada pela empresa AUMEK com base de dados obtidos por ABRAHÃO (2015), que consiste basicamente em uma máquina de prensagem com conectores elétricos integrados resistivos na forma de aproximadamente 0,05 mm de espessura, para garantir aquecimento e pressão local durante o processo de soldagem (Figura 4). As condições máximas e mínimas das variáveis da máquina são apresentadas pela Tabela 3.

Condições operacionais	Largura corpos de prova (cm)	Pressão (MPa)	Corrente (A)
	2 a 4	0,7 a 3	5 a 70

Tabela 3- Condições máximas e mínimas operacionais da máquina de soldagem utilizada.



Figura 4- Imagem do desenho da vista expandida da cabine de soldagem da máquina.

2.4 Planejamento experimental

Para determinação dos melhores parâmetros para o processo de soldagem envolvendo a malha de 400 *mesh* pelo processo de resistência elétrica foi utilizado o planejamento experimental: *Central Composite Design* (CCD) para k fatores ($k = 3 =$ pressão de consolidação, intensidade de corrente, tempo de soldagem) sendo uma matriz formada por três grupos distintos de elementos experimentais: um fatorial completo 2^3 (Tabela 4). Como foi verificado que a pressão não foi um parâmetro significativo influenciando nos processos, para o estudo da malha de 500 *mesh* foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^2 (Tabela 5) sendo a pressão não considerada.

Variáveis		Níveis				
Reais	Cod. *	-a	-1	0	+1	+a
Tempo (s)	X ₁	10	20	35	50	60
Corrente (A)	X ₂	16,6	20	25	30	33
Pressão (MPa)	X ₃	0,7	0,7	1,85	3	3

*Codificado

Tabela 4 - Níveis reais e codificados para as variáveis tempo, corrente e pressão avaliados segundo planejamento experimental estrela rotacional para o laminado de PEI/fibra de vidro com malha de 400 mesh.

Variáveis		Níveis				
Reais	Cod. *	-a	-1	0	+1	+a
Tempo (s)	X ₁	13,79	20	35	50	56,21
Corrente (A)	X ₂	17,93	20	25	30	32,07

*Codificado

Tabela 5 - Níveis reais e codificados para as variáveis tempo, corrente e pressão avaliados segundo planejamento experimental estrela rotacional para o laminado de PEI/fibra de vidro com malha de 500 mesh.

2.5 Teste Lap Shear

Os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaios da SHIMADZU, modelo AG-X, com uma célula de carga de 50 kN, baseando-se na norma ASTM D1002-10. As amostras foram posicionadas nas garras da máquina de ensaio universal e tracionadas a 1,5 mm/min (0,05 in/min) até a falha ocorrer. A tensão de ruptura da junta é calculada pela fórmula representada pela Equação 1 (STAVROV; BERSEE, 2005).

$$T = \frac{F_{\text{máx.}}}{L \cdot b} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \quad (1)$$

Onde T = Tensão de ruptura (N/mm²), L = comprimento da sobreposição da solda (mm), b = largura da sobreposição (mm) e $F_{\text{máx}}$ = força máxima de tração (N).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo preliminar das condições e faixas de parâmetros de soldagem

Para este trabalho, inicialmente, foi realizado um estudo preliminar da soldagem dos laminados para a determinação das faixas mais apropriadas de corrente elétrica aplicada com o intuito de elevar a temperatura na região interfacial por efeito Joule, utilizando para isso as condições mínimas de pressão e do tempo de soldagem da máquina soldadora. A

temperatura é o fator referente ao aquecimento suficiente para que as peças formem juntas sem degradação do material e com valor máximo de resistência de união. Esta temperatura não deve exceder valores muito acima da temperatura de transição vítrea do polímero na superfície diretamente em contato com o eletrodo, caso contrário poderá ocorrer à degradação do material. O tempo de soldagem é o tempo necessário para a corrente fluir e desenvolver a junção das peças. O critério adotado para a obtenção do valor de corrente elétrica máxima foi a observação visual sobre se houve a degradação polimérica na junta soldada. A corrente elétrica, a pressão e o tempo de soldagem iniciais utilizados para estes testes preliminares foram: 20A, 0,7MPa e 50s, respectivamente.

3.2 Aplicação do Planejamento Experimental

A matriz experimental e os resultados obtidos dos experimentos realizados com os compósitos PEI/fibra de vidro, com as malhas de 400 e 500 mesh são apresentados pela Tabela 6. Os resultados foram avaliados utilizando-se o programa *Design-Expert 6.0* (*Stat-Ease Corporation, USA*). Os valores obtidos de *Lap Shear* na soldagem do compósito de PEI/fibra de vidro utilizando a malha de 400 *mesh*, situaram-se na faixa entre 1,01 e 14,6 MPa. Ainda, a partir dos resultados encontrados, foi observado que o maior valor de resistência *Lap Shear* foi encontrado para a combinação proveniente do teste 14 (Tabela 6).

	Tempo (s)	Corrente (A)	Pressão (MPa)	<i>Lap Shear</i> (MPa)
1	20,00	20,00	0,70	1,01
2	20,00	30,00	0,70	12,96
3	50,00	20,00	0,70	4,71
4	50,00	30,00	0,70	1,85
5	20,00	20,00	3,00	0,75
6	20,00	30,00	3,00	12,00
7	50,00	20,00	3,00	5,59
8	50,00	30,00	3,00	12,98
9	35,00	16,59	1,85	0,50
10	35,00	33,41	1,85	14,17
11	9,77	25,00	1,85	2,88
12	60,23	25,00	1,85	11,80
13	35,00	25,00	0,70	13,47
14	35,00	25,00	3,78	14,60
15	35,00	25,00	1,85	13,82
16	35,00	25,00	1,85	13,01

17	35,00	25,00	1,85	13,22
18	35,00	25,00	1,85	14,14
19	35,00	25,00	1,85	13,15

Tabela 6 - Matriz experimental e resultados de tensão de ruptura (*Lap Shear*) correspondentes aos experimentos conduzidos de acordo com o planejamento estatístico para o compósito PEI/ vidro (400 mesh).

Para o compósito PEI/fibra de vidro os parâmetros estudados utilizando-se malha de 500 mesh foram de 30s, 50A, sendo neste caso, obtido como valor de resistência ao Lap Shear 13,94MPa (experimento 7), conforme apresentado na Tabela 7.

Testes	Corrente (A)	Tempo (s)	Lap Shear (MPa)
1	25	13,79	0,25
2	25	35	9,47
3	25	35	11,89
4	20	20	1,92
5	30	20	3,21
6	25	56	13,85
7	30	50	13,94
8	25	35	12,46
9	17,93	35	1,99
10	25	35	11,30
11	32,07	35	11,97
12	20	50	11,67
13	25	35	13,80

Tabela 7- Matriz experimentais e resultados de tensão de ruptura (*Lap Shear*) correspondentes aos experimentos conduzidos de acordo com o planejamento estatístico para o compósito PEI/ vidro (500 mesh).

3.3 Análise de Variância ANOVA

Com o intuito de assegurar a confiabilidade na análise estatística realizada anteriormente, neste trabalho optou-se também pela realização da análise de variância.

Os modelos foram ajustados por meio do coeficiente de determinação (R^2), que representa o percentual de variação na resposta explicada pelo modelo construído. Os resultados da ANOVA para os estudos dos efeitos das variáveis de tempo, pressão e temperatura para a soldagem dos compósitos de PEI/fibra de vidro são apresentados na Tabela 8.

Fator	Soma Quadrática	F	p
Modelo	496,37	32,60	< 0,0001*
X ₁	288,05	170,25	< 0,0001*
X ₂	47,28	27,95	< 0,0004*
X ₃	0,19	0,060	0,8108
X ₁ ²	83,90	49,59	< 0,0001*
X ₂ ²	83,77	49,52	< 0,0001*
X ₃ ²	0,12	0,069	0,7981
X ₁ X ₂	5,56	3,29	0,0999
X ₁ X ₃	0,75	0,44	0,5205
X ₂ X ₃	0,19	0,11	0,7450
Falta de ajuste	15,47	10,65	0,0107
Erro residual	16,92	Erro Puro	1,45
R²	0,9670		

*p: Valores significativos para $p < 0,05$, X₁: corrente codificada; X₂: tempo codificado; X₃: pressão codificada.

Tabela 8 - Análise de variância (ANOVA) para o modelo quadrático da soldagem do compósito PEI/fibra de vidro nos experimentos conduzidos de acordo com o planejamento estatístico utilizando malha de 400 *mesh*.

Verificou-se que, na soldagem do compósito PEI/fibra de vidro utilizando a malha de 400 *mesh* as variáveis significativas foram a corrente elétrica e o tempo. Isto é constatado na Tabela 8 que mostra o teste de significância dos efeitos das variáveis independentes (tempo, corrente e pressão) sobre a variável resposta tensão de ruptura avaliada a partir do teste de *Lap Shear*.

Com esta análise verificou-se que a tensão de ruptura (variável resposta) das amostras soldadas foi dependente das variáveis independentes tempo e corrente elétrica, sendo que a corrente também foi significativa considerando o efeito quadrático. Entretanto, a pressão e as interações desta variável não foram significativas para variável resposta considerada.

Verifica-se, ainda, a partir do valor de R² que todas as equações ajustadas foram capazes de explicar mais de 96% da variabilidade dos valores experimentais. Desta forma, considerou-se que os modelos estatísticos obtidos foram adequados para descrever o processo de soldagem dos laminados em função do tempo, da corrente elétrica e pressão aplicada.

Verificou-se que na soldagem do compósito PEI/fibra de vidro utilizando a malha de 500 *mesh* as variáveis significativas foram a corrente elétrica e o tempo. Isto é constatado na Tabela 9, que mostra o teste de significância dos efeitos das variáveis independentes (tempo e corrente sobre a variável resposta a tensão de ruptura avaliada a partir do teste de *Lap Shear*. Verificou-se, ainda, a partir do valor de R² que todas as equações ajustadas foram capazes de explicar mais de 86% da variabilidade dos valores experimentais.

Fator	Soma Quadrática	F	P
Modelo	496,37	15,64	0,0009*
X ₁	288,05	54,90	0,0001*
X ₂	47,28	10,87	0,0132*
X ₁ ²	83,90	9,37	0,0183*
X ₂ ²	83,77	9,67	0,0171*
X ₁ X ₂	5,56	0,067	0,8034
Falta de ajuste	15,02	1,98	0,2595
Erro Residual	25,14		
Erro Puro	10,12		
R²	0,8662		

*p: Valores significativos para $p < 0,05$, X₁: tempo codificado; X₂: corrente codificada.

Tabela 9 - Análise de variância (ANOVA) para o modelo quadrático da soldagem do compósito PEI/fibra de vidro nos experimentos conduzidos de acordo com o planejamento estatístico.

3.4 Modelos empíricos para as respostas na soldagem dos compósitos

Os valores residuais de um experimento fatorial desempenham papel importante na garantia de adequação de modelo. Do ponto de vista matemático eles são a diferença entre as observações e as médias dos valores reais correspondentes (MONTGOMERY, 2004). Os gráficos de probabilidade normal podem auxiliar na análise do grau de ajuste do modelo relacionado ao planejamento fatorial.

A partir dos resultados das tabelas de ANOVA foi possível compor os modelos estatísticos incluindo os coeficientes correspondentes aos efeitos significativos para o processo de soldagem dos laminados estudados utilizando-se do elemento resistivo malha de aço inox de 400 e 500 *mesh*. Os coeficientes relativos aos efeitos não significativos foram excluídos dos modelos. Os modelos obtidos são apresentados pelas equações 1 a 2, correspondendo aos modelos da soldagem dos laminados PEI/fibra de vidro soldados utilizando as malhas metálicas de 400 e 500 *mesh*, respectivamente. Os modelos para os laminados estudados foram validados como sendo do tipo quadrático não apresentando falta de ajuste na ordem de 95%.

$$\text{Lap Shear (MPa)} = -99,10024 + 6,21157 \cdot X_1 + 1,1344 \cdot X_2 - 0,096109 \cdot X_1^2 - 0,010671 \cdot X_2^2 \quad (1)$$

$$\text{Lap Shear (MPa)} = + 11,83 + 2,59 \cdot X_1 - 1,48 \cdot X_2 - 1,83 \cdot X_1^2 + 0,62 \cdot X_1 \cdot X_2 \quad (2)$$

Em que: X₁ = Tempo de soldagem em segundos; X₂ = corrente aplicada em Amperes e X₃ = pressão aplicada nas peças na soldagem em MPa.

Desta forma, construiu-se uma função aproximada relacionando as respostas de interesse com as variáveis de processo. Empregando-se, ainda, o programa *Design-Expert*, para este trabalho procedeu-se à busca dos valores máximos de resistência obtidos por *Lap Shear* dentro dos valores para as variáveis estudadas. A partir das condições otimizadas foram construídos, utilizando-se o mesmo programa, gráficos de superfície de resposta referentes aos valores de variáveis buscando-se os maiores valores preditos

peelo modelo dos ensaios de *Lap Shear*. As superfícies de resposta com as regiões de otimização para o processo, utilizando a malha de 400 e 500 *mesh*, respectivamente, são apresentadas nas Figuras 5 (a) e (b) e 6 (a) e (b).

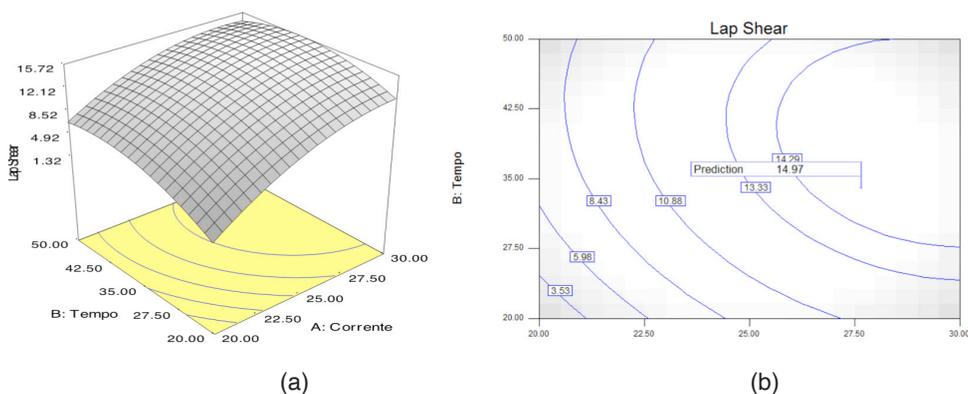


Figura 5- a) Superfície de resposta e b) curvas de nível para o laminado PEI/fibra de vidro soldado com malha de 400 *mesh* em função do tempo e da corrente elétrica aplicada.

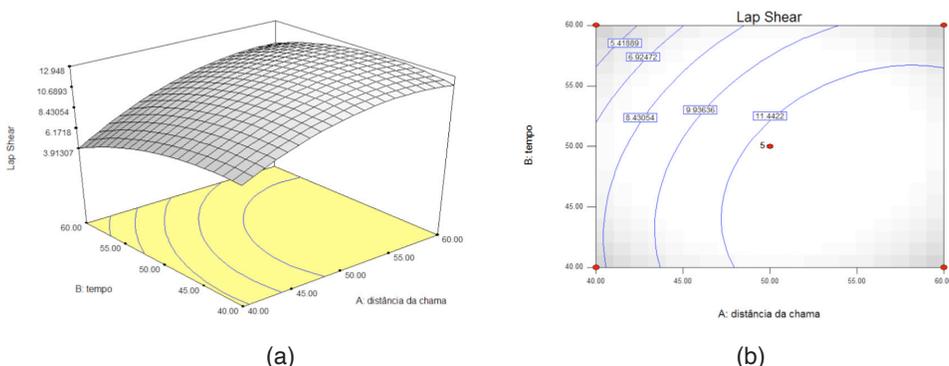


Figura 6- a) Superfície de resposta e b) curvas de nível para o laminado PEI/fibra de vidro soldado com malha de 500 *mesh* em função do tempo e da corrente elétrica aplicada.

Empregando-se, ainda, o programa estatístico *Design-Expert 6.0*, procedeu-se com a busca da validação do modelo nas condições de tempo, corrente e pressão de soldagem em que se obteve valores máximos de *Lap Shear*. De acordo com os valores adquiridos e preditos pelo programa estatístico, apresentados nas Tabelas 10 e 11, para a utilização da malha de 400 e 500, respectivamente, verificou-se que os valores preditos pelo programa foram bem similares aos obtidos experimentalmente.

Condições experimentais		Valor predito pelo modelo (Mpa)
Pressão (MPa)	2,6	
Corrente (A)	27,65	14,97
Tempo (s)	33,99	

Tabela 10- Condições experimentais e valores de *Lap Shear* preditos pelo modelo utilizando a malha de 400 *mesh*.

Condições experimentais		Valor predito pelo modelo (Mpa)
Corrente (A)	26,42	14,7
Tempo (s)	48,86	

Tabela 11- Condições experimentais e valores de *Lap Shear* preditos pelo modelo utilizando a malha de 500 *mesh*.

Comparando-se os resultados com os obtidos experimentalmente pode-se observar que com a utilização da malha de 500 *mesh* houve aumento de corrente elétrica e também de tempo para atingir o mesmo valor do ensaio de *Lap Shear* em relação aos parâmetros utilizando a malha de 400 *mesh*. Em relação aos estudos anteriores deste grupo, verificou-se uma redução muito grande do tempo de soldagem comparado com a utilização de 200 *mesh*. Entretanto, nestes estudos comprovou-se que a eficiência maior para o processo e material em questão foi a da utilização da malha de 400 *mesh*. Adicionalmente o valor máximo da variável resposta predita pelo programa de acordo com os resultados experimentais foi de 14,97MPa, que indicou o emprego das variáveis independentes estudadas em valores aprimorados dentro das faixas pré-determinadas, sendo estas: 2,6MPa, 27,65A e 33,99s.

4 | CONCLUSÕES

Foi possível com este trabalho identificar o elemento resistivo e também os melhores parâmetros para a soldagem por resistência elétrica do compósito PEI/Fibra de vidro. Os resultados apontaram que a malha de 400 *mesh* consegue valores maiores de resistência mecânica com a utilização de faixas de valores de corrente elétrica e tempo menores que as malha até então estudadas. Foi ainda possível neste estudo utilizar, com base nos resultados experimentais obtidos, modelos estatísticos característicos da soldagem do compósito estudado, com a indicação de valores otimizados fornecidos pelo programa estatístico *Designer-Expert*.

AGRACECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro recebido do CNPq (140852/2018-2 e 305492/2017-9) e da FAPESP. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, A.B.R.M. **Otimização do processo de soldagem por resistência elétrica em compósitos PEI/fibras contínuas para aplicações aeronáuticas**. 2015. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.
- AGEORGES, C.; YE, L. **Resistance Welding of Metal/Thermoplastic Composite Joints**. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, v. 14, n. 6, p. 449–475, 2001.
- AGEORGES, C.; YE, L.; HOU, M. **Experimental investigation of the resistance welding for thermoplastic-matrix composites. Part I: heating element and heat transfer**. *Composites Science and Technology*, v. 60, n. 7, p. 1027–1039, 2000.
- AMANAT, N. JAMIES, N. L. MCKENZIE, D.R. **Welding methods for joining thermoplastic polymers for the hermetic enclosure of medical devices**. *Medical engineering e physics devices*, v 32, p. 690-699, 2010.
- DA COSTA, A. P. et al. A review of welding technologies for thermoplastic composites in aerospace applications. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 4, n. 3, p. 255–265, 2012.
- DECARLI, N. O. **Síntese e caracterização de derivados acilados do polímero poli (éter imida) (ultem 1000)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2018.
- DUBÉ, M. **Static and Fatigue Behaviour Of Thermoplastic Composite Laminates Joined by Resistance Welding**. 2007. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - McGill University, Montréal, 2007.
- FELTRAN, M.B. **Compósitos de PVC reforçados com fibra de vidro: uso de técnicas de processamento convencionais da indústria brasileira**. São Paulo: Escola Politécnica do Estado de São Paulo, 2008.
- OLIVEIRA, G. H.; GUIMARÃES, V. A.; BOTELHO, E. C. **Influência da temperatura no desempenho mecânico de compósitos PEI/fibras de vidro**. *Polímeros*, v. 19, n. 4, p. 305–312, 2009.
- PANNEERSELVAM, K.; ARAVINDAN, S.; NOORUL HAQ, A. **Study on resistance welding of glass fiber reinforced thermoplastic composites**. *Materials & Design*, v. 41, p. 453–459, 2012.
- REZENDE, M. C.; COSTA, M. L.; BOTELHO, C.B.; **Compósitos Estruturais: Teoria e Prática**. Editora ArtLiber, São Paulo 2011.
- STAVROV, D.; BERSEE, H. E. N. Resistance welding of thermoplastic composites-an overview. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 36, n. 1, p. 39–54, 2005.
- WISE, R.J. **Thermal Welding of polymers**. Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 1999.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açaí 87, 90, 92

Aglomerados 80, 81, 86

Água 7, 8, 26, 44, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 69, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 124, 125, 127, 128, 134, 135, 141, 142, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 168, 169, 178

Alimentação 75, 133, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 179, 186

B

Bagaço 160

Bagaço de Cana 80, 81, 83, 84, 85, 86, 177, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 187

Bioclimatologia 70, 71, 72, 73, 74, 76, 79

C

Camada 8, 131, 136

Cenoura 120, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Citronela 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68

Climatizadores 105

CO₂ 7, 8, 59, 60, 65, 67, 69, 147, 154

Coagulação 155, 156, 157, 158, 159

Contaminação 44, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 112

E

Efeitos 18, 32, 33, 34, 74, 75, 78, 96, 118, 120, 164, 167, 168, 170

Empíricos 34, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Ensaio 25, 27, 29, 30, 36, 51, 52, 53, 82, 90, 155, 181

Eucalipto 80, 81, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96

Extração 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 147, 150, 152, 154, 167, 170, 182

F

Fibra de Vidro 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Fluído 59, 88, 89

G

Gengibre 118, 119, 120, 121, 124, 126, 129, 130

Geometria 90, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

GNSS 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Goma Xantana 87, 88, 89, 90, 92

I

Incêndio 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50

Instituições Públicas 1

L

Licor 94, 95, 96, 98

Lubrificante 44, 46, 47, 48, 49, 50

M

Madeira 8, 17, 81, 86, 94, 95, 96, 104, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 182, 188

Malte 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Melhoria 27, 38, 39, 40, 42, 159, 166, 182

Mudança 1, 108, 120

O

Ordenhadeiras 105

P

pH 88, 97, 103, 104, 135, 140, 142, 155, 156, 157, 158, 178

Processos 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 69, 74, 118, 125, 130, 132, 133, 136, 146, 161, 165, 166, 171, 175, 176, 179

Produção 43, 44, 45, 52, 56, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 94, 95, 96, 104, 105, 106, 108, 117, 143, 147, 150, 154, 156, 166, 167, 170, 174, 188, 189

R

Resistência Elétrica 24, 25, 26, 27, 29, 36, 37

S

Secagem 89, 97, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 170

Sementes 96, 143, 155, 156, 157, 158, 159, 168

Soldagem 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 189

Sustentável 76, 94, 104, 145, 146, 149, 150, 154

T

Térmico 27, 74, 75, 81, 82, 86, 105, 106, 114, 117, 148

Transferência de Calor 7, 80, 81, 84, 119

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020