

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de
Caráter Multidisciplinar

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

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. 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 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. 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 Dr. 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
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. 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. 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 Alborno – 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

Engenharias: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5706-560-0
DOI 10.22533/at.ed.600200511

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE DOBRA DE UM VERGALHÃO PARA A MELHORIA DE UM PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Efraim Ribas Linhares Bruno
Thiago Monteiro Maquiné
Perla Alves de Oliveira
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima
Suelem de Jesus Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.6002005111

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SUPERFICIAL NA MANUFATURA CNC DE MATERIAL LAMINADO EM PLACAS DE RENSHAPE 440

Walkiria Kohmoto Nishimurota
Marco Stipkovic Filho

DOI 10.22533/at.ed.6002005112

CAPÍTULO 3..... 23

A INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL NA ANÁLISE DE DUREZA E MICRODUREZA EM AÇO AO CARBONO FUNDIDO

Ronan Geraldo Moreira

DOI 10.22533/at.ed.6002005113

CAPÍTULO 4..... 29

CONCEITOS BÁSICOS DE MICROUSINAGEM: UMA REVISÃO

Ainá Winnie Carlos Riomar
Esther Samila Santana Barbosa
Lucas Winterfeld Benini

DOI 10.22533/at.ed.6002005114

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE DE FALHA POR CORROSÃO EM REVESTIMENTO DE PRODUÇÃO DE UM CAMPO MADURO DO ESTADO DE SERGIPE

André Vieira da Silva
Wilson Linhares dos Santos
Cochiran Pereira dos Santos
Soraia Simões Sandes

DOI 10.22533/at.ed.6002005115

CAPÍTULO 6..... 59

MICRODUREZA NO PROCESSO DE SOLDAGEM POR FRICÇÃO LINEAR DA LIGA DE LATÃO BINÁRIO C260

Lucas Freitas de Medeiros Pimentel
Monique Valentim da Silva Frees
Ariane Rebelato Silva dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.6002005116

CAPÍTULO 7..... 67

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ALÍVIO DE TENSÃO EM COMPONENTES DE AÇO AAR M201 GRAU E RECUPERADOS POR SOLDAGEM

Natanael Pinho da Silva Alves

Ronan Geraldo Moreira

DOI 10.22533/at.ed.6002005117

CAPÍTULO 8..... 79

ESTUDO DA GERAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS COMPÓSITOS A PARTIR DO GESSO E DO RESÍDUO DE GESSO COM ADITIVOS DESINCORPORADORES DE AR E SUPERPLASTIFICANTES

Tássila Saionara Gomes Galdino

Pâmela Bento Cipriano

Andréa de Vasconcelos Ferraz

DOI 10.22533/at.ed.6002005118

CAPÍTULO 9..... 93

DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE CELERON

Karla Hikari Akutagawa

Caroline da Silva Neves

Celia Kimie Matsuda

Nabi Assad Filho

DOI 10.22533/at.ed.6002005119

CAPÍTULO 10..... 99

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES METÁLICOS SUPORTADOS EM ALUMINA PARA OBTENÇÃO DE BODIESEL

Normanda Lino de Freitas

Talita Kênya Oliveira Costa

Joelda Dantas

Elvia Leal

Julyanne Rodrigues de Medeiros Pontes

Pollyana Caetano Ribeiro Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.60020051110

CAPÍTULO 11 113

SIMULAÇÃO DE ESPECTROMETRIA DE MASSA DE ÍONS SECUNDÁRIOS

Gabriel dos Santos Onzi

Igor Alencar Vellame

DOI 10.22533/at.ed.60020051111

CAPÍTULO 12..... 117

ANÁLISE DE UM MOTOR 3 CILINDROS SOBREALIMENTADO

Bruno Barreto Irmão

Alexsander Velasco Cardoso

Gustavo Simão Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.60020051112

CAPÍTULO 13..... 131

PROTÓTIPO DE UMA ESTEIRA AUTOMATIZADA PARA ÂMBITO INDUSTRIAL

Mateus dos Santos Correia
Déborah da Costa Sousa Carvalho
Luiz Eduardo Borges de Lima
Elton Santos Dias Sales

DOI 10.22533/at.ed.60020051113

CAPÍTULO 14..... 134

DETERMINAÇÃO DE RITMO CARDÍACO A PARTIR DE SINAIS DE FOTOPLETISMOGRAFIA

Lucas Fernandes Alves dos Anjos
Sergio Okida

DOI 10.22533/at.ed.60020051114

CAPÍTULO 15..... 140

MODELAGEM E SIMULAÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE LTNLG (COAXIAL E DE FITA) PARA GERAÇÃO DE RF UTILIZANDO O CST STUDIO

André Ferreira Teixeira
Ana Flávia Guedes Greco
José Osvaldo Rossi
Joaquim José Barroso
Fernanda Sayuri Yamasaki
Elizete Gonçalves Lopes Rangel

DOI 10.22533/at.ed.60020051115

CAPÍTULO 16..... 150

SIMULAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NÃO LINEARES GIROMAGNÉTICAS UTILIZANDO MODELAGEM NUMÉRICA UNIDIMENSIONAL

Ana Flávia Guedes Greco
André Ferreira Teixeira
José Osvaldo Rossi
Joaquim José Barroso

DOI 10.22533/at.ed.60020051116

CAPÍTULO 17..... 160

DESENVOLVIMENTO DE OBJETOS EDUCACIONAIS: ATIVIDADE PRÁTICA DE VAZÕES EM ORIFÍCIOS

Thais Esmério Pimentel
Henrique da Silva Pizzo

DOI 10.22533/at.ed.60020051117

CAPÍTULO 18..... 172

APLICAÇÃO TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO, GESTÃO E CONTROLE, BASEADOS NO CONCEITO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Joyce Dias da Costa

DOI 10.22533/at.ed.60020051118

CAPÍTULO 19..... 183

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E VOLUME DE ÁCIDOS NA LIXIVIAÇÃO DE CU E PB PRESENTES EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051119

CAPÍTULO 20..... 189

ANÁLISE DA SINTERIZAÇÃO E DENSIFICAÇÃO DE LIGA Nb-Ni-Fe-Si VIA SINTERIZAÇÃO POR PLASMA PULSADO (SPS)

Yara Daniel Ribeiro

Alexandre Candido Soares

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051120

CAPÍTULO 21..... 198

ESTUDO CINÉTICO DA LIXIVIAÇÃO DE COBRE UTILIZANDO ÁCIDO NITRÍCO

Alexandre Candido Soares

Yara Daniel Ribeiro

Sara Daniel Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.60020051121

SOBRE OS ORGANIZADORES 209

ÍNDICE REMISSIVO..... 210

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ALÍVIO DE TENSÃO EM COMPONENTES DE AÇO AAR M201 GRAU E RECUPERADOS POR SOLDAGEM

Data de aceite: 01/11/2020

Data de submissão: 04/09/2020

Natanael Pinho da Silva Alves

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão.
Departamento de Engenharia Mecânica
São Luís – MA.
<http://lattes.cnpq.br/1396412198516033>

Ronan Geraldo Moreira

IFMA – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Maranhão. Departamento de Engenharia de Materiais.
São Luís – MA.
<http://lattes.cnpq.br/4654253345929441>

RESUMO: O processo de recuperação de componentes metálicos através da soldagem gera tensões residuais que podem influenciar diretamente na vida útil do componente. Definir o tratamento térmico de alívio de tensões (TTAT) ideal para o componente evita uma redução na vida útil da peça. Nesse trabalho foi avaliado o efeito do tratamento térmico de alívio de tensões após a recuperação por soldagem de componentes ferroviários. Foram utilizados componentes ferroviários fabricados em aço AAR M201 grau E para o estudo e realizado a análise de tensões residuais através do método de difração de raio-X. Foram realizados processos de pré-aquecimentos e um tratamento térmico de alívio de tensão, e verificado a influência desses no alívio de tensão. Avaliou-se o efeito de cada tratamento térmico sobre as

propriedades mecânicas por meio de ensaio de dureza, tração, impacto Charpy. Verificado um aumento característico da dureza na região da ZTA devido a não homogeneidade das regiões. As observações experimentais mostraram que quando a peça apresenta as tensões residuais aliviadas, a mesma apresenta uma redução da dureza nas regiões da solda (ZTA e metal de solda). Os resultados de dureza e de difração de raio-X convergiram para um mesmo resultado.

PALAVRAS-CHAVE: Soldagem, tratamento térmico, aquecimento, propriedades.

EVALUATION OF THE VOLTAGE RELIEF PROCESS IN AAR M201 DEGREE STEEL COMPONENTS AND WELDED RECOVERY.

ABSTRACT: The process of recovering metal components through welding generates residual stresses that can directly influence component life. Setting the optimum stress relieving heat treatment (TTAT) for the component avoids a reduction in part life. In this work we evaluated the effect of stress relief heat treatment after welding recovery of rail components. Rail components made from AAR M201 grade E steel were used for the study and the analysis of residual stresses by the X-ray diffraction method. Preheating processes and a stress relief heat treatment were performed, and their influence on stress relief was verified. The effect of each heat treatment on mechanical properties was evaluated by hardness, tensile, Charpy impact test. There was a characteristic hardness increase in the ZTA region due to the inhomogeneity of the regions. Experimental observations showed that when the

workpiece has the relieved residual stresses, it exhibits a reduction in hardness in the weld regions (ZTA and weld metal). The hardness and X-ray diffraction results converged to the same result.

KEYWORDS: Welding, treatment thermal, heating, properties.

1 | INTRODUÇÃO

Durante a soldagem as juntas soldadas sofrem mudanças estruturais e metalúrgicas, devido a distribuição de temperatura não ocorrer de forma uniforme durante o ciclo térmico da soldagem. As mudanças causadas por essa distribuição não-uniforme podem comprometer a integridade dos componentes soldados, através das tensões residuais e distorções acarretando uma falha prematura no componente (OLIVEIRA, 2009).

Regiões que possuem tensões residuais estão suscetíveis a nucleação de trincas prematuras, podendo ser propagadas por baixas tensões aplicadas ao componente soldado durante o trabalho. As tensões residuais contribuem também para a falha por fadiga e por corrosão, conseqüentemente uma redução da vida útil das estruturas soldadas quando submetidas a esse fenômeno (OLIVEIRA, 2009).

Na oficina de manutenção e recuperação, é utilizado o processo de soldagem para recuperação de componentes fundidos em aço AAR M-201 grau E (AAR, 2010). Desse modo, visando sempre a qualidade da recuperação das peças, é necessário avaliar o processo de alívio de tensão utilizado na oficina.

O presente trabalho pretende avaliar o processo de alívio de tensão utilizado atualmente pela oficina, assim comparando com o processo indicado pela AAR, e com a influência do pré-aquecimento para o alívio das tensões residuais. Dessa forma foi realizado todos os testes conforme o padrão utilizado na oficina. Para avaliar o efeito do tratamento térmico sobre as propriedades mecânicas foram realizados ensaios de dureza, tração e impacto Charpy-V. A caracterização microestrutural foi por microscopia óptica.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para esse trabalho foram utilizados engates/ braçadeiras e partes desses componentes ferroviários, que utilizam o aço AAR M201 grau E. O aço grau E possui teores de carbono na faixa de 0,32%, e os teores de manganês mais elevados, com a possibilidade de chegar até 1,85%, mas respeitando a equação do carbono equivalente supracitada. As propriedades químicas e mecânicas do material devem estar conforme a AAR. Testes foram realizados para caracterização mecânica e química do metal de base, conforme os resultados discutidos nesse trabalho.

Inicialmente foram utilizados três engates e três braçadeiras para o trabalho (dispositivos novos), e simuladas as recuperações em regiões onde se tem a maior probabilidade de aparecimento de trincas. No segundo momento foram criados quatro

corpos de prova do mesmo componente para simular diferentes condições para a mesma peça e para ter uma superfície plana para uma maior assertividade no ensaio de difração por raio-X.

Para essa simulação foram feitos quatro corpos de prova de 150 x 200 mm para realização de um cordão de solda no mesmo. A Figura 1 mostra a região dos 4 corpos de prova. O corte foi realizado a frio por um dispositivo mecânico, do tipo serra fita para não ocorrer um aquecimento no material.

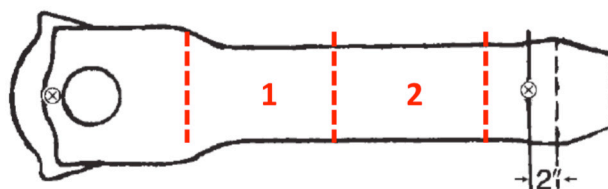


Figura 1 - Região dos corpos de prova na peça (Autor).

Os equipamentos utilizados para goivagem e soldagem foram os mesmos para todos os testes, seguindo o mesmo padrão e velocidade de soldagem que foi de aproximadamente 4,55 mm/seg. (milímetros por segundos). A máquina utilizada para realizar a goivagem foi o plasma da AIR JET 162 do fabricante Eutectic Castolin com os parâmetros conforme a Figura 2 (a). A máquina de solda utilizada foi a ArcWeld 400S fabricante Eutectic Castolin com os parâmetros de 120 amperes, conforme a Figura 4.3 (b). Os valores de tensão e corrente foram medidos como forma de redundância por um multímetro tipo alicate da fabricante Fluke modelo 376 FC, com os valores 25 V e 208 amperes, conforme a Figura 4.3 (c). Cada par de peça (engate e braçadeira) passou por um tratamento diferenciado para se ter parâmetro para comparação.

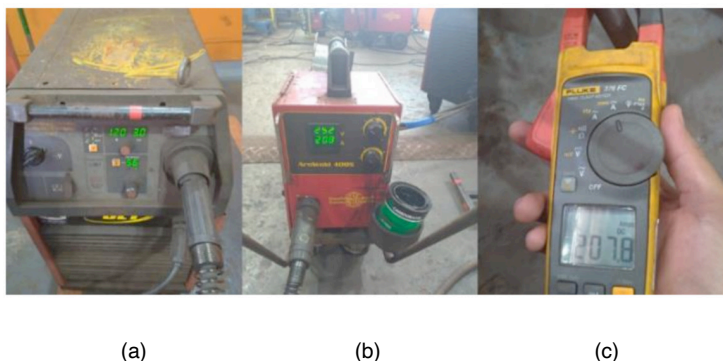


Figura 2 – Parâmetros de soldagem e goivagem utilizados (Autor).

Os componentes utilizados são engates e braçadeiras do sistema de choque e tração de vagões ferroviários. Para o trabalho foram utilizados três engates e três braçadeiras para se obter a condição real dos componentes e de recuperação. Para uma avaliação da condição inicial foi realizado a verificação de presença de trinca através de inspeção pelo método de partícula magnética.

Após a verificação de ausência de trincas, foi realizada preparação da superfície para medição da dureza nas regiões indicadas pela AAR, assim obtendo os valores reais para comparar com os padrões. Para a medição da dureza foi utilizado um durômetro portátil Hardmatic HH-411 810-298-10 - Leeb 1HL - 999HL.

Após todas as informações iniciais dos componentes levantadas, iniciou-se a goivagem nas regiões de maior probabilidade do aparecimento de trincas conforme o histórico, denominadas de regiões 19 e 22 para braçadeiras e no engate a região do furo (figura 3), para em seguida ser realizada a recuperação. A temperatura da peça antes e após a soldagem foi medida com um termômetro digital (pirômetro).

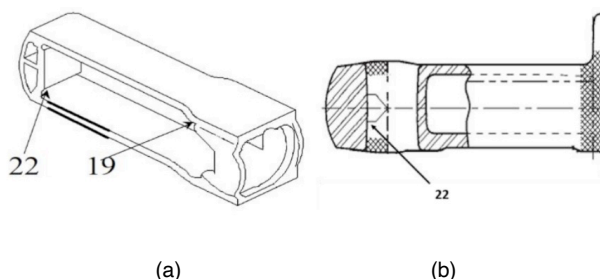


Figura 3 – Região com maior probabilidade de trincas (Autor).

O primeiro par dos componentes ferroviários não foi realizado um pré-aquecimento, mas foi utilizado o processo de alívio de tensão conforme utilizado na oficina de recuperação (oficina de manutenção), assim tem-se o real cenário dos componentes. Foram utilizados fornos elétricos presente na oficina de manutenção de truque e tração na Vale em São Luís. Como são dois fornos diferentes as temperaturas do tratamento de alívio de tensão foram diferentes para cada componente, conforme a tabela abaixo, seguindo o procedimento utilizado atualmente pela oficina.

| | Temperatura inicial | Temperatura final |
|------------|---------------------|-------------------|
| Engate | 166°C | 295°C |
| Braçadeira | 164°C | 350°C |

Tabela 1 - Temperatura do alívio de tensão (Autor)

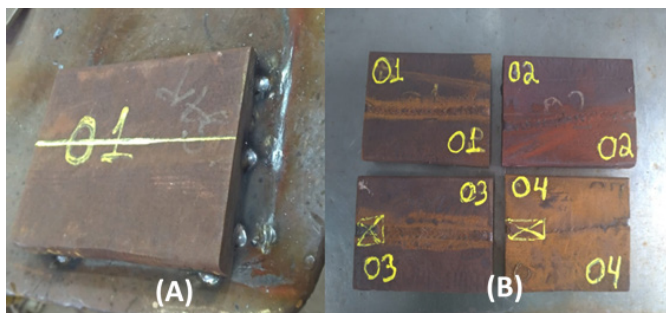
O segundo par não foi realizado pré-aquecimento, e não foi realizado o processo de alívio de tensão – em forno, para se obter um parâmetro de comparação (componente sem alívio de tensão).

No terceiro par foi realizado o pré-aquecimento com um maçarico na região a ser soldada, chegando a uma temperatura média de 276 para braçadeira e de 273 para o engate. Não foi realizado pós-aquecimento nas peças. Para avaliar o desempenho fez se apenas um pré-aquecimento antes da recuperação.

Após isso foi utilizado 4 corpos de prova, conforma a tabela/imagem abaixo.

| CP | Tratamento térmico |
|------|-------------------------------------|
| CP01 | Nenhum |
| CP02 | 560°C por duas horas (conforme AAR) |
| CP03 | 300°C |
| CP04 | Pré aquecimento 273°C |

Tabela 2 - Tratamentos térmicos nos corpos de provas (Autor)



(a)

(b)

Figura 4 – Corpos de prova (Autor).

O teste da composição química foi realizado seguindo a técnica de espectrometria ótica por centelhamento. Esta técnica permitiu caracterizar o metal de base e a solda quanto à sua composição química utilizando emissão de fótons sobre o material.

O ensaio de microdureza foi realizado nos CPs previamente preparados para o exame macrográfico. O método usado foi o Método Vickers, com carga de 50 N (HV5). O ensaio foi conduzido conforme ASTM E384-17. Foi avaliada a dureza do metal de base (MB), da zona termicamente afetada (ZTA) e do metal de solda (MS), sendo todas as medidas realizadas em triplicata.

Em cada amostra do material foi realizado o ensaio de tração seguindo os procedimentos prescritos pela norma ASTM E8/E8M-16a. Foram utilizados três corpos de

prova da região próxima a solda, para estabelecer uma média das propriedades mecânicas presentes no aço.

Para a medição das tensões residuais, foi utilizado um difratômetro de raio X modelo X'Pert³ MRD. Foi utilizado o método $\text{sen}^2\Psi$ (0.0 a 0.9), a fonte de radiação de Mo-K alpha. O intervalo utilizado foi o de 64.9° a 69.9° - 0.05° por passo 30 seg/passos e a varredura foi em modo $\Theta/2 \Theta$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelas Tabelas 3 e 4 pode-se fazer uma comparação entre a composição química do metal de base e da região da solda. Os valores de composição química do metal de base estão de acordo com AAR.

| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | V | Ti | Cu | Al | CE | Fe |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|
| Braçadeira 01 | 0,11 | 0,46 | 1,5 | 0,006 | 0,015 | 0,34 | 1 | 0,25 | 0,051 | 0,002 | 0,02 | 0,01 | 0,63 | Bal |
| Braçadeira 02 | 0,2 | 0,43 | 1,51 | 0,009 | 0,022 | 0,36 | 0,92 | 0,28 | 0,047 | 0,003 | 0,02 | 0,01 | 0,72 | Bal |
| Braçadeira 03 | 0,1 | 0,41 | 1,37 | 0,015 | 0,013 | 0,34 | 1,09 | 0,26 | 0,054 | 0,002 | 0,01 | ND | 0,60 | Bal |
| Engate 01 | 0,09 | 0,35 | 1,29 | 0,007 | 0,012 | 0,31 | 0,99 | 0,23 | 0,047 | 0,003 | 0,01 | ND | 0,55 | Bal |
| Engate 02 | 0,09 | 0,3 | 1,18 | 0,01 | 0,014 | 0,31 | 1,07 | 0,25 | 0,048 | 0,002 | 0,03 | ND | 0,53 | Bal |
| Engate 03 | 0,11 | 0,29 | 1,2 | 0,016 | 0,014 | 0,34 | 0,86 | 0,25 | 0,039 | 0,003 | 0,04 | 0,01 | 0,54 | Bal |

Tabela 3 - Composição química da região da solda (Autor)

| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | V | Ti | Cu | AAI | CCE | FFe |
|--------------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-----|
| Braçadeira 01 | 0,23 | 0,4 | 1,72 | 0,018 | 0,026 | 0,24 | 0,05 | 0,24 | 0,006 | 0,011 | 0,03 | 0,02 | 0,69 | Bal |
| Braçadeira 02 | 0,26 | 0,43 | 1,82 | 0,017 | 0,016 | 0,42 | 0,04 | 0,25 | 0,006 | 0,012 | 0,04 | 0,05 | 0,78 | Bal |
| Braçadeira 03 | 0,24 | 0,44 | 1,55 | 0,016 | 0,019 | 0,39 | 0,06 | 0,26 | 0,007 | 0,008 | 0,03 | 0,04 | 0,71 | Bal |
| Engate 01 | 0,24 | 0,53 | 1,48 | 0,011 | 0,018 | 0,37 | 0,02 | 0,22 | 0,008 | 0,018 | 0,02 | 0,05 | 0,70 | Bal |
| Engate 02 | 0,21 | 0,5 | 1,58 | 0,019 | 0,028 | 0,36 | 0,07 | 0,27 | 0,006 | 0,016 | 0,09 | 0,06 | 0,69 | Bal |
| Engate 03 | 0,22 | 0,5 | 1,48 | 0,018 | 0,022 | 0,35 | 0,07 | 0,26 | 0,005 | 0,016 | 0,1 | 0,06 | 0,68 | Bal |
| Corpo de prova 01 | 0,25 | 0,57 | 1,51 | 0,017 | 0,021 | 0,38 | 0,03 | 0,27 | 0,006 | 0,024 | 0,02 | 0,04 | 0,73 | Bal |
| Corpo de prova 02 | 0,23 | 0,58 | 1,51 | 0,018 | 0,021 | 0,38 | 0,02 | 0,27 | 0,006 | 0,023 | 0,02 | 0,04 | 0,71 | Bal |
| Corpo de prova 03 | 0,25 | 0,59 | 1,55 | 0,02 | 0,024 | 0,35 | 0,02 | 0,28 | 0,007 | 0,026 | 0,02 | 0,03 | 0,74 | Bal |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|------|------|------|-------|-------|------|------|----------|-----|
| Corpo de prova 04 | 0,26 | 0,57 | 1,52 | 0,019 | 0,02 | 0,38 | 0,02 | 0,27 | 0,006 | 0,024 | 0,02 | 0,04 | 0,74 | Bal |
| Especificado AAR M201 - E | 0,32 max | 1,50 max | 1,85 max | 0,04 max | 0,04 max | E | E | E | E | E | E | E | 0,88 max | Bal |

Tabela 4 - Composição química do material de base (Autor)

Os valores de composição química obtidos neste ensaio estão de acordo com a norma AAR M-201 Grau E. Observou-se que a microestrutura é constituída por martensita e bainita revenidas. A região da solda possui microestrutura constituída por ferrita acicular, bainita granular e martensita. Na região da ZTA (na região de grãos grosseiros) a microestrutura característica é martensita.

O material de base das braçadeiras 01 e 03 está com os valores de alongamento, redução de área, resistência a tração e limite de escoamento conforme a norma. A braçadeira 02 não apresenta as propriedades mecânicas conforme a norma, isso ocorreu devido a peça ter um maior percentual de manganês, consequentemente aumentando o carbono equivalente da peça, assim tendo uma tendência de ser um material mais duro, menores valores de alongamento, redução de área, resistência a tração e limite de escoamento.

Na região soldada apenas a braçadeira ficou conforme a norma, isso ocorreu devido a quantidade de defeitos na região de solda podendo verificar a presença de vazios, possíveis sulfetos ou inclusões não metálicas. Com um elevado índice de defeitos na solda, o material sofreu uma redução em suas propriedades mecânicas em geral.

Para a região soldada é valido ressaltar que no ensaio de tração é tensionado simultaneamente no mínimo três regiões propriedades diferentes (metal de base, ZTA e metal de solda) (MATHERS, 2004). Os valores obtidos no ensaio não representam, particularmente e especificamente, as propriedades de nenhuma das regiões, mas sim da junta como um todo.

Os resultados de dureza da segunda análise foram apresentados em forma gráfica para facilitar a visualização de cada região. As imagens 5, 6, 7, 8 representam a durezas do corpo de prova 01, 02, 03 e 04, respectivamente.

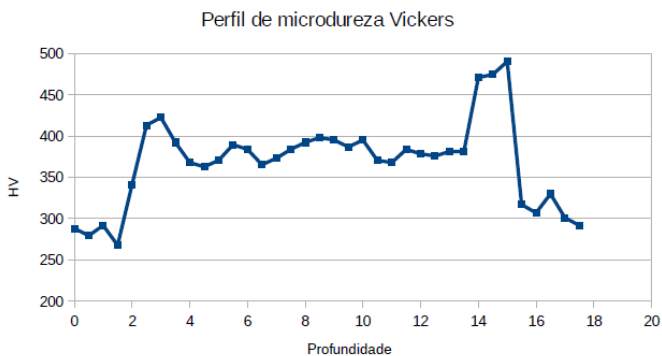


Figura 5 - Perfil de microdureza no CP01 – Sem tratamento térmico (Autor)

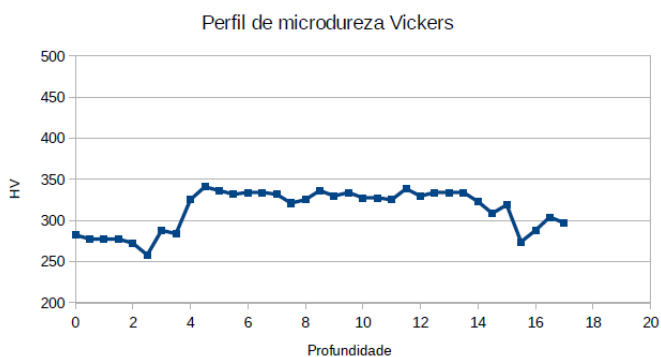


Figura 6 - Perfil de microdureza no CP02 – Tratamento de 560°C por 2 h (Autor)

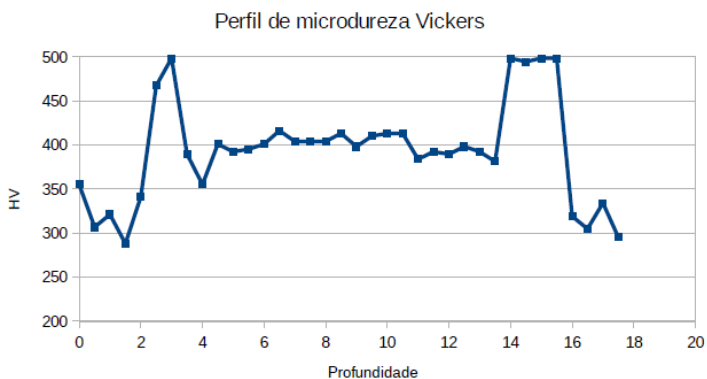


Figura 7 - Perfil de microdureza no CP03 – Tratamento utilizado na oficina 300°C (Autor)

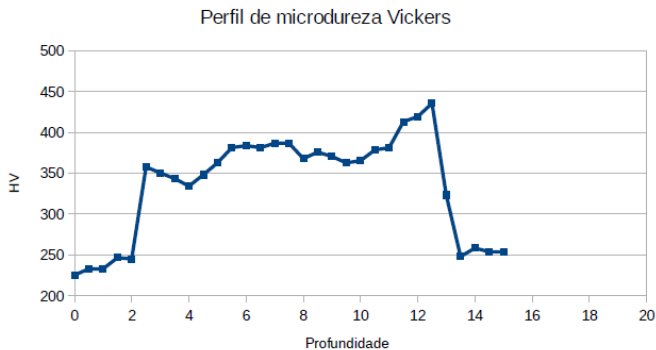


Figura 8 - Perfil de microdureza no CP04 – Com pré-aquecimento de 273°C (Autor)

Todos os componentes estão com a dureza conforme especificado pela norma (AAR), ficando na faixa de 241 a 311 HB. A partir dos resultados acima é possível observar que a dureza do corpo de prova que não passou por nenhum tratamento está na mesma faixa do CP que passou pelo tratamento térmico realizado atualmente na oficina de manutenção, chegando a uma dureza de 500 HB na região da ZTA, e em média 370 a 400 HB na região do metal de solda, caracterizando a formação de microestruturas frágeis devido a possível elevação da taxa de resfriamento durante a soldagem da peça. A maioria das normas de soldagem, como por exemplo a AWS D1.1, recomendam, em média, uma dureza máxima de 350 HB (A.W.S., 2000).

No CP 02, submetido ao alívio de tensão conforme a norma, foi perceptível a queda na dureza do material, em ambas regiões, ZTA e metal de solda. Entretanto os valores das durezas ficaram conforme os padrões que normalizam a soldagem desse tipo de componente. Essa queda da dureza está coerente com o observado por diversos autores, como (COSTA, 1993) e (EVANS, 1993).

No CP 04 é possível perceber uma queda na dureza na região da ZTA e uma leve queda na dureza da região de solda podendo ser relacionada com a redução da taxa de resfriamento causado pelo pré-aquecimento. Com a redução da taxa de resfriamento há uma redução na formação de microestruturas frágeis (ZEEMANN, 2003).

Quando comparado CP 04 com o CP02, percebe-se uma ineficiência no pré-aquecimento, o que, devido a diferentes inércias térmicas, tende a provocar temperaturas e taxas de resfriamento distintas em tais regiões de espessuras não similares, consequentemente transformando microestruturas variadas e frágeis.

Segundo (SOUSA, 2012), a tensão residual presente na peça está relacionada com a maior ou menor dureza da junta soldada se comparado com a dureza do material de base. Conforme apresentado, todos os materiais de base estão com a dureza conforme a norma, ou seja, entre 241 – 311 HB e os materiais que não sofreram alívio de tensão

apresentam uma dureza na faixa de 500 HB na ZTA, caracterizando a presença de tensão residual na peça inserida pelo processo de recuperação da mesma por soldagem.

Os resultados dos testes de tensão residual com difração de raio-x nos componentes estão representados na Figura 9 e dos corpos de prova estão na Figura 10.

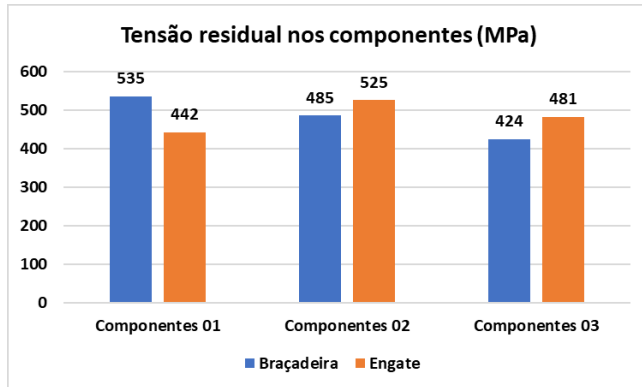


Figura 9 - Tensão residual nos componentes (MPa)

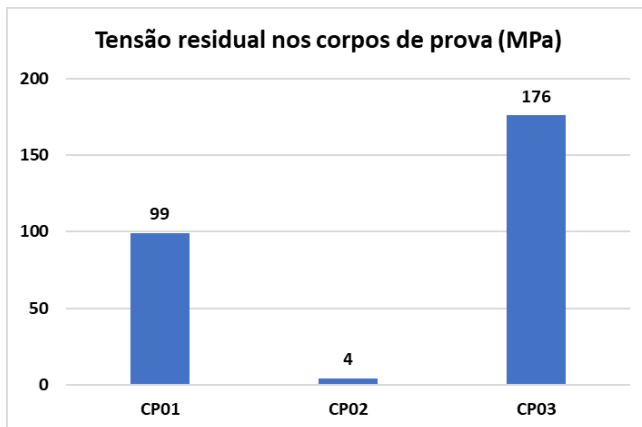


Figura 10 - Tensão residual nos corpos de prova (MPa)

Em uma análise geral, os resultados da difração de raio-X convergem com os resultados obtidos pelo resultado da dureza do material (metal de base, metal de solda e ZTA). É possível identificar uma relação direta entre a dureza da peça e a tensão residual. Os componentes 01, 02, 03 apresentaram uma tensão residual muito próxima, tendo apenas uma pequena queda devido ao tipo de tratamento. Os componentes 01 (braçadeira e engate) onde não foram realizados tratamentos, apresentaram as maiores tensões residuais, seguidos pelos componentes 02 (engate e braçadeira) onde foi realizado o processo de alívio de tensão utilizado pela oficina. Já nos componentes 03 (engate e

braçadeira) onde foi realizado um pré-aquecimento antes da soldagem, houve queda na tensão residual quando comparado com os demais avaliados.

Nos corpos de prova é possível notar uma queda brusca da tensão residual quando comparado com o componente completo (físico – peça inteira). Este fato tende a estar relacionado com a restrição criada na hora da recuperação, algo inerente à própria geometria da peça (a peça inteira tem espessuras variadas e heterogêneas, provocando maior formação de tensões residuais devido a diferença de espessuras e a baixa homogeneidade nos tratamentos, seja TTAT ou Pré-aquecimento). No CP 02 é identificado um alívio de tensão expressivo, confirmando a relação com a dureza encontrada nas peças.

4 | CONCLUSÃO

Com o presente trabalho, foi possível uma análise química, mecânica e metalúrgica dos componentes ferroviários recuperados em uma oficina de recuperação. O tratamento térmico de alívio de tensão utilizado na oficina após recuperação por soldagem se mostrou ineficiente. Assim, quando comparadas as tensões residuais dos componentes que não passaram por tratamento térmico e dos componentes que passaram pelo TTAT utilizado atualmente na oficina.

A utilização do pré-aquecimento com o intuito de reduzir as tensões residuais geradas nas peças, não apresentou um resultado satisfatório. Houve pequena redução das tensões residuais. Esse fato ocorreu devido não haver uma homogeneidade da peça, correspondente às espessuras da mesma.

A região da ZTA teve um aumento considerável da microdureza, mas com o tratamento térmico conforme indicado pela AAR, a peça sofre uma homogeneização das microdurezas ficando com os valores próximos aos recomendados pela AWS.

Quando utilizado o tratamento térmico conforme os padrões da AAR (condição ideal), as peças sofreram o alívio de tensão esperado, e as propriedades mecânicas melhoradas.

REFERÊNCIAS

AAR. "Castings, Steels", AAR MSRP Casting Details, M-201. **Association of American Railroads**, 2010.

A.W.S. **Certification Manual for Welding Inspectors**. 4ª. ed. Miami: American Welding Society, 2000.

COSTA, H. R. M. Avaliação do Efeito de Múltiplos Tratamentos Térmicos de Alívio de Tensão (TTAT) sobre as Propriedades Mecânicas e Microestruturas de um Metal de Solda Ferrítico, Rio de Janeiro, 1993.

EVANS, G. M. The Effect of Vanadium on the Manganese Containing MMA Weld Deposits. **Welding International**, v. 7, n. 6, p. 438 - 448, 1993.

MATHERS, G. Mechanical testing. **Tensile testing Part II: Welding procedure approval for**, 2004. Disponível em: <http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/jk70.html>. Acesso em: 10 outubro 2019.

OLIVEIRA, G. L. G. D. Avaliação de tensões residuais de soldagem em chapas planas de aço estrutural ASTM A516 G70. **Avaliação de tensões residuais de soldagem em chapas planas de aço estrutural ASTM A516 G70**, Fortaleza, 1 Janeiro 2009. 140.

SOUSA, D. A. D. Determinação de Tensões Residuais em Materiais Metálicos por meio de Ensaio de Dureza, São Joao Del-Rei, 13 abril 2012.

ZEEMANN, A. Info solda. **Infosolda**, 2003. Disponível em: <<https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/metal/diluio.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aços 23, 24, 51

Alumina 24, 81, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 109, 110, 111, 112

Aquecimento 40, 62, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 77, 81, 100, 103

B

Biodiesel 99, 100, 101, 102, 105, 109, 110, 111, 112

C

C260 59, 60, 61, 62, 65, 66

CAD 1, 2, 3, 15, 126

Catálise 99, 103

Celeron 93, 94, 95, 96, 97, 98

Chapas 2, 11, 61, 66, 78, 93, 96, 97, 98

CNC 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 31, 40, 45, 62

Combustão Interna 101, 117, 118, 119, 130

Comportamento Superficial 13, 14, 20, 22

Compósito 13, 196

Controle 4, 5, 9, 40, 41, 48, 49, 58, 66, 118, 131, 133, 135, 136, 137, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182

Corrosão 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 68, 94, 101, 209

D

Desincorporador 79, 80, 82, 86

Dureza 7, 8, 23, 24, 25, 26, 27, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 85, 90, 91, 190

Duto 46

E

Enxuta 172, 173, 174, 176, 178, 181, 182

Estampagem 1, 2, 12, 62

F

Fluidodinâmica 117, 120, 130

Fotopletismografia 134, 135

Fricção 59, 60, 66

FSW 59, 60, 61, 62, 63, 66

G

Gesso 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Gestão 11, 50, 172, 174, 177, 182, 209

I

Impregnação de Metal 99

Ishikawa 1, 2, 3, 6

L

Linha de Transmissão 140, 143

M

Manufatura 13, 20, 35, 41, 45, 174

Medição 19, 22, 23, 24, 43, 47, 70, 72, 116, 135, 137, 164, 193

Microusinagem 29, 30, 31, 34, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Modelagem 22, 130, 140, 143, 147, 150, 151

Motor 101, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 174

O

Orifício 36, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169

P

Parâmetros de Corte 13, 14, 16, 17, 19, 22, 30, 31, 34

PDCA 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Petróleo 46, 47, 48, 49, 51, 52, 55, 57, 58, 95, 100, 101, 110

Planejamento 3, 58, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 209

Prática 50, 66, 160, 161, 164, 165, 170, 172, 179

Processamento de Sinais 134, 135

Propriedades 13, 14, 22, 29, 30, 37, 40, 43, 59, 61, 63, 65, 67, 68, 72, 73, 77, 87, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 103, 104, 111, 119, 190, 191

R

Radiofrequência 140

Renshape 13, 14, 15, 22

Reservatório 160, 162, 164, 165, 166, 168

Resíduo 46, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 184, 199

Resina Fenólica 93, 94, 96

Resistencia 191

Revestimento 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57

Ritmo Cardíaco 134, 135, 136, 137, 138

Rugosidade 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38

S

Simulações 38, 114, 140, 141, 142, 143, 147, 151

Soldagem 59, 60, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 197, 209

T

Termofixo 93, 94

Transesterificação 99, 101, 102, 103, 105, 109, 111

Tratamento Térmico 67, 68, 71, 74, 75, 77

Turbocompressor 117, 118, 120, 121, 129, 130

V

Vazão 160, 163, 164, 168, 169, 171

Vergalhão 1, 2, 3, 8

Vibração 84, 94, 117, 119, 126, 127, 128

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de Caráter Multidisciplinar

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 