



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 3

---

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 3

Atena Editora  
2019



2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 3 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-432-0 DOI 10.22533/at.ed.320192506  1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS CERÂMICOS DE ALUMINA-ZIRCÔNIA PARA APLICAÇÃO COMO FERRAMENTAS DE CORTE	
Miguel Adriano Inácio Maria do Carmo de Andrade Nono José Vitor Cândido de Souza Sergio Luiz Mineiro Daniel Alessandro Nono	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE MODELO ELASTOPLÁSTICO EM ROCHA CARBONÁTICA CARSTIFICADA	
Rayane Conceição Ribeiro da Silveira Mattos Daniel Araújo Farias de Melo Marinésio Pinheiro de Lima Tiago de Freitas Viana Igor Fernandes Gomes Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
A INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS COM APLICAÇÃO EM PRÓTESES ORTOPÉDICAS	
Glauber Rodrigues Cerqueira de Cerqueira Pedro Eliézer de Araújo Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
MICROPOROUS ACTIVATED CARBON FIBER FELT FROM BRAZILIAN TEXTILE PAN FIBER: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND APPLICATION AS SUPERCAPACITOR ELECTRODE	
Jossano Saldanha Marcuzzo Aline Castilho Rodrigues Andres Cuña Nestor Tancredi Eduardo Mendez Heide Heloise Bernardi Mauricio Ribeiro Baldan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
ANÁLISE COMPARADA DE UM AGREGADO DE ESCÓRIA DE ACIARIA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LASTRO DE VIAS FÉRREAS DO TIPO <i>HEAVY HAUL</i> POR MEIO DE ENSAIOS TRIAXIAIS	
Bruno Guimarães Delgado Antônio Viana da Fonseca Eduardo Fortunato Daniela Raquel Ferreira Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925065</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>71</b>
CARACTERIZAÇÃO EM FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA DE FIOS DE ARAME DE SOLDA	
Ingrid Ariani Belineli Barbosa	
Heide Heloise Bernardi	
William Marcos Muniz Menezes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM	
Luís Henrique Pires da Silva	
Alex Sander Chaves da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>92</b>
ESTUDO DA USINAGEM DA SUPERLIGA A BASE DE FERRO-NÍQUEL UTILIZANDO FERRAMENTA CERÂMICA	
Eduardo Pires Bonhin	
Sarah David Müzel	
Marcel Yuzo Kondo	
Lúcia de Almeida Ribeiro	
José Vitor Candido de Souza	
Marcos Valério Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>100</b>
CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE NÉVOA SALINA ATENDENDO AOS REQUISITOS MÍNIMOS CONTIDOS NAS NORMAS ISO 9227 e ASTM B-117	
Leonardo de Souza Coutinho	
Alexandre Alvarenga Palmeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3201925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>111</b>
MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA: COLHEITADEIRAS AXIAIS X RADIAIS	
Filipi José Arantes Lemos	
João Mario Mendes de Freitas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>127</b>
MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA PARA O PROJETO DE MODELOS DE BIELAS E TIRANTES	
Jamile Maria Araujo Tavares	
Rejane Martins Fernandes Canha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250611</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>142</b>
ESTUDO NUMÉRICO DE UM EQUIPAMENTO DE SECAGEM	
Eduardo Dal Piva Schuch	
Magaiver Gabriel Lamp	
Conrado Mendes Morais	
Ângela Beatrice Dewes Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250612</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>153</b>
SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A COMBUSTÃO DE GASOLINA	
Felipe Michael Grein	
Jean Lucas Pereira	
Luiz Felipe Weck	
Olaf Graupmann	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250613</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>156</b>
MODELAGEM DE PID PARA SISTEMA DE CONTROLE DE RAMPAS DE TEMPERATURA EM BRASSAGEM	
Gabriel Queiroz	
Marcelo Barros de Almeida	
Márcio Jose da Cunha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>168</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA DE SISTEMAS DINÂMICOS: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	
Lucas Divino Alves	
Neylor Makalister Ribeiro Vieira	
Emerson Paulino dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>183</b>
APLICAÇÃO E ANÁLISE VIA MEC EM PROBLEMAS DE TERMOELASTICIDADE 2D	
Luis Vinicius Pereira Silva	
Gilberto Gomes	
João Carlos Barleta Uchôa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>198</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE PETRÓLEO HETEROGÊNEO	
Raquel Oliveira Lima	
José Arthur Oliveira Santos	
Antônio Jorge Vasconcellos Garcia	
Felipe Barreiros Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>207</b>
TANQUES FLASH: DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CUSTOS NO SOFTWARE DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO EMSO	
Erich Potrich	
Sérgio Correia da Silva	
Larissa Souza Amaral	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250618</b>	



<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>215</b>
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DEPOSIÇÃO ORGÂNICA EM OPERAÇÕES DE MISTURA DE PETRÓLEOS NO TANQUE DE ESTOCAGEM EM REFINARIAS DE PETRÓLEO	
Rosberguer de Almeida Camargo	
Mauren Costa da Silva	
Rafael Beltrame	
Darci Alberto Gatto	
Antônio Carlos da Silva Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>223</b>
AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA EMBARCADO PARA MENSURAR A ILUMINÂNCIA EM UM AVIÁRIO EXPERIMENTAL	
Giovanni Polette Dalla Libera	
Victor Moreira Leão	
Vitor Augusto de Sousa	
Matheus Fernando Lima Zuccherelli de Souza	
Renata Lima Zuccherelli de Oliveira	
Marcelo Eduardo de Oliveira	
Adriano Rogério Bruno Tech	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250620</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>230</b>
CONTROLADOR FUZZY SINTONIZADO POR ALGORITMO GENÉTICO EM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	
Lenon Diniz Seixas	
Diego Solak Castanho	
Hugo Valadares Siqueira	
Fernanda Cristina Corrêa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250621</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>243</b>
CONTROLADORES ROBUSTO APLICADO A CONVERSORES CC-CC	
Luiz Otávio Limurci dos Santos	
Luiz Antonio Maccari Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250622</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>261</b>
PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA ESTUDO DE MOTOR A RELUTÂNCIA VARIÁVEL 8/6	
Marcos José de Moraes Filho	
Luciano Coutinho Gomes	
Darizon Alves de Andrade	
Josemar Alves dos Santos Junior	
Wanberton Gabriel de Souza	
Cássio Alves de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250623</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>275</b>
ESTUDO COMPARATIVO DE MODELAGENS DE ENROLAMENTOS DE UM TRANSFORMADOR UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS PARA ANÁLISES DE ESFORÇOS ELETROME CÂNICOS	
Pedro Henrique Aquino Barra Arnaldo José Pereira Rosentino Junior Antônio Carlos Delaiba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>287</b>
PROCEDIMENTO PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DO LAÇO DE HISTERESE MAGNÉTICA	
Vitor Hörbe Pereira Da Costa Antônio Flavio Licarião Nogueira Leonardo José Amador Salas Maldonado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>294</b>
SIMULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPO E CORRENTE ELÉTRICA EM TECIDOS BIOLÓGICOS	
Guilherme Brasil Pintarelli Afrânio de Castro Antonio Jr. Raul Guedert Sandra Cossul Daniela Ota Hisayasu Suzuki	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>307</b>
SISTEMA DE PRESENÇA UTILIZANDO IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA	
Giovani Formaggio Mateus Ricardo Barroso Leite	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>322</b>
SISTEMAS DEFASADORES EM ALTA FREQUÊNCIA UTILIZANDO MICROFITA EM SUBSTRATO FR4	
Jobson De Araújo Nascimento José Moraes Gurgel Neto Alexsandro Aleixo Pereira da Silva Regina Maria de Lima Neta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>333</b>
ANÁLISES DA RUPTURA EM TRECHO DA BR-060 NO MUNICÍPIO DE ALEXÂNIA, GOIÁS, E CONDIÇÕES APÓS SEIS ANOS DA RECUPERAÇÃO	
Rideci Farias Tiago Matias Lino Haroldo da Silva Paranhos Itamar de Souza Bezerra Ranieri Araújo Farias Dias Alexsandra Maiberg Hausser	
<b>DOI 10.22533/at.ed.32019250629</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>346</b>

## ESTUDO DA MICROESTRUTURA NA ZONA TERMICAMENTE AFETADA COM A VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM

**Luís Henrique Pires da Silva**

Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Engenharia Mecânica

São João del-Rei – Minas Gerais

**Alex Sander Chaves da Silva**

Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)

Departamento de Engenharia Mecânica

São João del-Rei – Minas Gerais

**RESUMO:** Este trabalho apresenta o comportamento, da zona termicamente afetada, de um aço SAE 1045, no âmbito microestrutural, quando este foi submetido ao processo de soldagem MIG/MAG com variação de alguns parâmetros essenciais no procedimento de solda. Algumas amostras foram soldadas com diferentes valores de corrente, tensão e gás de proteção e posteriormente foram analisadas e comparadas suas microestruturas e microdurezas, com a do aço base recebido do fabricante. Foi possível concluir que o processo de solda em questão, contribuiu para uma significativa variação da microestrutura, comparado com o aço base, porém não houve grandes variações de amostras para amostras que foram soldadas com diferentes parâmetros.

**PALAVRAS CHAVE:** Zona termicamente afetada, microestrutura, microdureza, parâmetros.

### STUDY OF THE MICROSTRUCTURE IN THE AREA THERMICALLY AFFECTED WITH THE VARIATION OF THE WELDING PARAMETERS

**ABSTRACT:** This work presents the behavior of a SAE 1045 steel in the microstructural environment, when it was submitted to the MIG / MAG welding process with variation of some essential parameters in the welding procedure. Some samples were welded with different values of current, voltage and protection gas and later their microstructures and microhardness were analyzed and compared with that of the base steel received from the manufacturer. It was possible to conclude that the soldering process in question contributed to a significant variation of the microstructure compared to the base steel, but there were no large variations of samples for welded samples with different parameters.

**KEYWORDS:** Thermally affected zone, microstructure, microhardness, parameters.

### 1 | INTRODUÇÃO

Reduzir custos, seja talvez, o grande desafio da engenharia. Tornar processos e produtos os mais eficazes o possível com o mínimo de perdas e orçamentos reduzidos, fomenta os engenheiros a otimizar o seu objeto

de trabalho, afim de torná-lo competitivo no mercado consumidor. A zona termicamente afetada (ZTA), em um processo de soldagem, pode influenciar muito a qualidade do produto ou serviço feitos. Estudá-la e analisar o seu comportamento quanto a microestrutura do material soldado, gerará uma série de respostas convenientes no sentido de aprimorar os parâmetros de soldagem evitando perdas e proporcionando um serviço ou produto com um maior grau de qualidade.

Soldagem é a operação que visa a união de duas ou mais peças, assegurando na junta, a continuidade das propriedades mecânicas, químicas e físicas. O arco elétrico consiste de uma descarga elétrica, sustentada através de um gás ionizado, a alta temperatura, conhecido como o plasma, podendo produzir energia térmica suficiente para ser usado em soldagem pela fusão localizadas das peças a serem soldados (MODENESI, 2008). Nesta pesquisa será utilizado o processo MIG/MAG pela sua grande utilização, tanto em grandes empresas nos processos automatizados, quanto em oficinas de pequenos trabalhos. É fundamental para o sucesso de uma boa qualidade do cordão de solda MIG ou MAG, a correta seleção dos parâmetros de soldagem, tais como intensidade de corrente, tensão do arco, velocidade de soldagem, tipos de gases de proteção, entre outros (MOREIRA,2008).

O arco elétrico tem um grande poder calorífico e consegue atingir altas temperaturas, causando a fusão de metais com atos pontos de fusão. O calor produzido não fica somente no cordão de solda, por radiação e condução, ele vai se afastando para as extremidades da peça a ser soldada. Essa área do material não se funde, mas dependendo da temperatura obtida no processo, pode-se acontecer uma mudança na microestrutura ou alterações nas propriedades do material. A essa área dá-se o nome de zona termicamente afetada (ZTA). O cordão de solda tem a característica de manter as propriedades físicas, químicas e mecânicas do material, a ZTA, por sua vez, tende a ser uma região que pode apresentar algum tipo de defeito indesejado. Dependendo do processo, do operador e/ou do tipo de material, podem ocorrer mudanças bruscas na microestrutura e nas propriedades mecânicas, gerando complicações no trabalho que estes componentes realizarão.

Segundo Serna (2001), a intensidade da corrente e a tensão de soldagem, parâmetros que sofrerão alterações nesse experimento, exercem papel importante no ciclo térmico e na distribuição de calor nos processos de soldagem, o que influencia a ZTA e a microestrutura do metal de base. A difusão de calor para o metal de base é fortemente influenciada pela temperatura da poça de fusão e pela velocidade de soldagem. Soldagens com alta potência e alta velocidade reduzem esse gradiente térmico (PERINI, 2008).

Saber como a microestrutura e suas propriedades mecânicas, se comportam perante as mudanças de parâmetros de soldagem, irá otimizar a produção e a manutenção, no âmbito de facilitar a operação, evitar perdas de eletrodos e gás protetor, gastos desnecessários com energia elétrica e um produto resultante mais confiável. A microestrutura da zona termicamente afetada, resulta das transformações



estruturais do metal base associada com os ciclos térmicos e deformações durante a soldagem. Para fins de estudo, pode-se considerar a ZTA dos aços transformáveis como sendo formada por diferentes regiões, à medida que se afasta do cordão de solda: região de granulação grosseira, região de granulação fina, região intercrítica, região subcrítica (PERINI, 2008). Onde cada uma dessas regiões apresentam suas devidas características mecânicas e microestruturais.

## 2 | MICROESTRUTURA

A compreensão dos diagramas de fases para sistemas de ligas é extremamente importante, pois existe uma forte correlação entre microestrutura e as propriedades mecânicas, e o desenvolvimento da microestrutura de uma liga está relacionado às características de seu diagramas de fases. (CALLISTER, 2000). O diagrama de fases mais utilizados é o Ferro-Carbono ou Ferro-Carbeto de ferro. Esse diagrama de fases mostra o comportamento de ligas formadas por ferro e carbono, tanto na variação da temperatura quanto a variação das composições. Com ele consegue-se analisar as variações da microestrutura dos aços e ferros fundidos, dois dos matérias mais usados nas indústrias.

Ferrita, austenita, cementita são fases que se apresentam nos aços. A ferrita possui uma estrutura cristalina ccc (cúbica de corpo centrada) e é relativamente dúctil. A austenita apresenta estrutura cristalina cfc (cúbica de face centrada). A cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) tem características de maior dureza e fragilidade e se forma à uma concentração de 6,7% de carbono no ferro, se apresenta nos aços e ferros fundidos em menores concentrações, que a de formação, e coexiste junto com a ferrita e austenita. Perlita é uma microestrutura em que seus grãos são formados por lamelas de ferrita e cementita, e tem características mecânicas intermediárias as que a compõe. A bainita também é composta de ferrita e cementita porém, esta tem uma estrutura de agulhas ou placas devido a sua temperatura de transformação e pode ser dura ou dúctil. Geralmente é conseguida em transformações a temperaturas mais baixas. Uma outra microestrutura é a martensita, ela é obtida através do resfriamento extremamente rápido da austenita, sem deixar que ocorra a difusão do carbono. Esta tem características de dureza e fragilidade e os grãos tem uma disposição alongada, lembrando formato de agulhas.

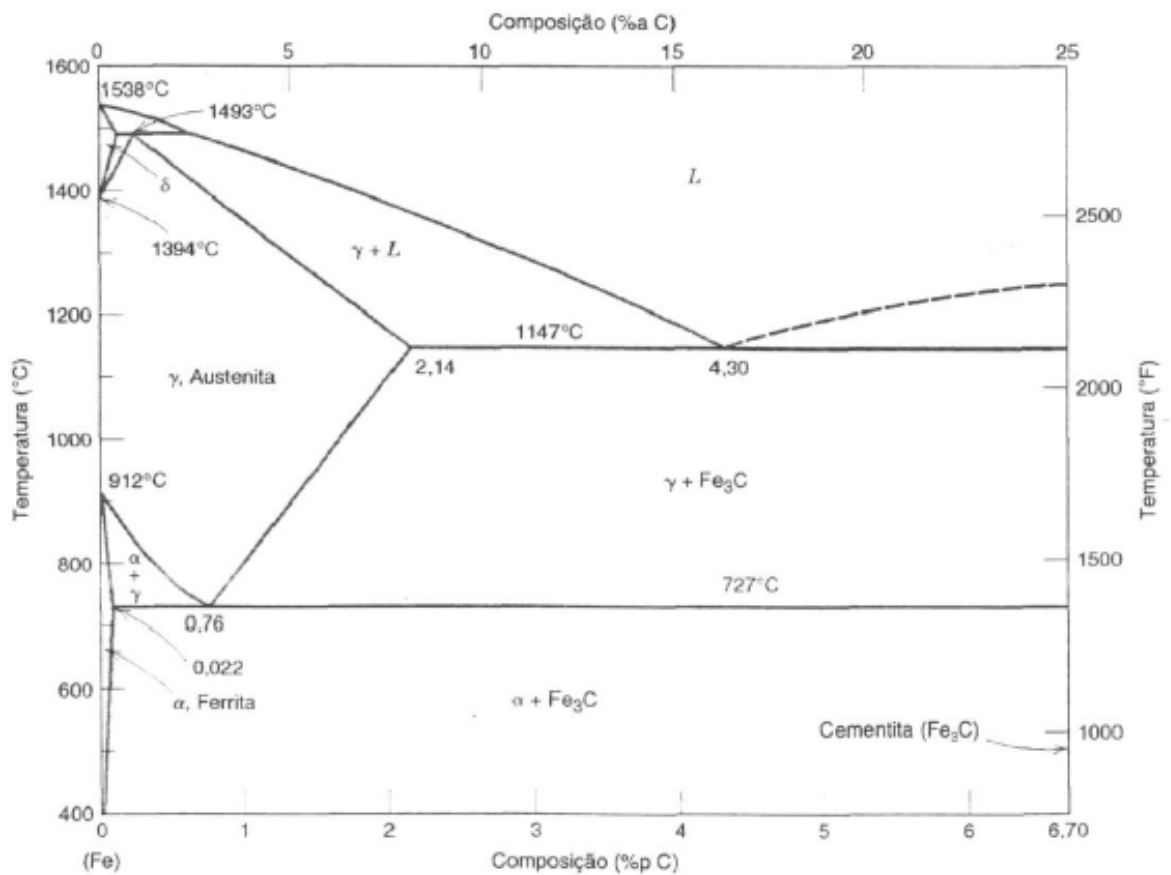


Figura 1. Diagrama de fases Ferro-Carbono.

Fonte: CALLISTER, 2000.

Através da metalografia podemos perceber a concentração de carbono, ferrita e perlita da peça e fazer algumas relações quanto a resistência mecânica, ductilidade, entre outros. O exame metalografico de uma amostra envolve três estágios fundamentais de preparação do corpo de prova: preparação da superfície, ataque químico e observação no microscópio.

Outro fator importante a ser analisado é a microdureza. Podemos definir a dureza do material como sendo a capacidade que este tem de resistir à penetração de outro material. Assim podemos definir a dureza Vickers como sendo a capacidade de um material resistir à penetração de uma ponta de diamante com forma piramidal (PONTES, 2013). A microdureza vickers é encontrada realizando o cálculo a partir das diagonais da geometria do trapézio, deixado na superfície do material pelo penetrador, e da carga aplicada. Muitos microduremetros já disponibilizam o valor da dureza, em seus displays no momento do ensaio.

### 3 | METODOLOGIA

Neste trabalho foram analisados a microestrutura da zona termicamente afetada (ZTA), com variação dos parâmetros do processo de soldagem MIG/MAG. Todos os experimentos foram realizados nos laboratórios de fabricação e de metalografia da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). Para a realização da solda, foi

utilizada a máquina de solda White Martins modelo VL250, um arame eletrodo de 0,8 mm e uma mistura de gás Argônio + oxigênio, que caracteriza o processo MIG. Afim de tornar o processo de solda melhor e mais eficaz, foi utilizado um dispositivo que permite a mecanização do procedimento. O funcionamento do equipamento, se dá através de um motor elétrico, de baixa rotação, que gira um eixo acoplado em um sistema de transmissão que movimenta uma pequena mesa, onde são colocadas as amostras a serem soldadas. A tocha e fixada em um pedestal de modo a ficar com as corretas altura e angulação. O operador só precisa posicionar as amostras, de modo a centralizar com o eletrodo, e iniciar o processo apertando o gatilho da tocha e o botão de avanço da mesa. O dispositivo pode ser visto na figura 2.

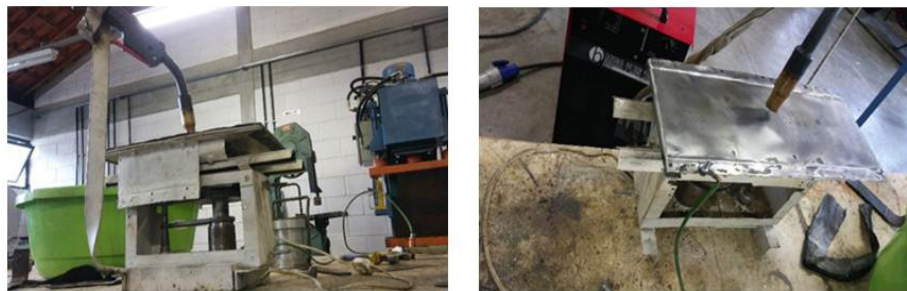


Figura 2. Dispositivo de mecanização do processo de soldagem.

### 3.1 Preparação das amostras para soldagem

A princípio foram cortadas 12 chapas de 100 X 100 X 2,5 mm, de um aço SAE1045, disponível no laboratório de fabricação. Todos os procedimentos de corte foram realizados em uma máquina serra de fita com fluido de corte/refrigerante, disponível no laboratório, afim de não alterar a estrutura da amostra. A etapa seguinte ao corte foi a realização da remoção de todo o óxido presente na superfície da peça. Este trabalho foi realizado com o auxílio de uma lixadeira manual com uma escova de aço rotativa.

### 3.2 Soldagem

Em cada par de chapas foi realizado uma solda com junta de topo sem fresta, com variação em alguns parâmetros e manutenção de outros. Como discutido anteriormente existem vários parâmetros que modificados aumentam ou diminuem a intensidade da solda. Essas variações de intensidades, tendem a modificar a transferência de calor para a ZTA, e conseqüentemente influenciar na microestrutura. Os parâmetros definidos a serem variados foram a corrente, voltagem e vazão do gás de trabalho. Corrente e tensão são medidas chaves para qualquer operação de solda. Para a máquina utilizada no experimento, os valores de corrente e tensão, são variados juntos, de acordo com uma tabela, disponibilizada na carcaça do próprio equipamento.

Uma das principais funções do gás de proteção é criar uma atmosfera ionizável

para a abertura do arco elétrico. Quanto maior a vazão do gás, maior a ionização e consequentemente uma maior propagação de calor sobre a peça. A vazão do gás pode ser facilmente regulada pelos manômetros presentes nos cilindros. Os outros parâmetros como velocidade de alimentação do arame, velocidade de soldagem e altura da tocha, por exemplo, foram mantidos constantes. A apostila de soldagem MIG/MAG da ESAB (2005), fornece uma série de tabelas com faixas de valores ideais para cada condição de soldagem. Os valores dos parâmetros dessa pesquisa foram retirados coerentemente desta apostila. Na figura 3, é possível ver como ficou o cordão de solda de uma das amostras.



Figura 3. Cordão de solda da amostra 6.

A tabela 1 apresenta a intensidade e a variação dos parâmetros em questão.

Amostra	Parâmetro		
	Corrente (A)	Tensão (V)	Vazão do gás (l/min)
1	80	18	16
2	80	18	18
3	95	19	16
4	95	19	17
5	120	20	16.5
6	130	22	18.5

Tabela 1. Variação dos valores para cada amostra

### 3.3 Preparação das amostras para a metalografia e ensaio de microdureza

Após a soldagem foram retirados 6 corpos de prova de 5 X 5 mm, a uma distância de 5 mm da extremidade do cordão de solda e no meio da chapa. Isto, para que



seja possível abranger a ZTA, objeto de estudo, visto que como houve variação nos parâmetros, o tamanho da ZTA poderá não ser o mesmo para todas as amostras. Um sétimo corpo de prova, de dimensões semelhantes, foi retirado da chapa de aço inicial, onde não sofreu nenhum processo de soldagem, para servir de base de comparação para as análises.

Os corpos de prova seguiram para o laboratório de metalografia onde foram submetidos ao embutimento, lixamento e atacados quimicamente. O primeiro passo, embutimento, tem a função de facilitar e dar segurança no manuseio durante as atividades, as amostras foram embutidas com material termoplástico, neste caso utilizado Baquelite. É realizado por meio de uma prensa, utilizando pressão e aquecimento. A pressão de trabalho foi de 120 bar e a temperatura máxima atingida de 180 °C. O tempo é controlado automaticamente pelo equipamento. Este procedimento, foi realizado na máquina embutidora metalográfica da TECLAGO, modelo EM30D.

O segundo passo, lixamento, é necessário para obter uma imagem nítida no microscópio. A técnica de lixamento consiste em lixar a amostra com lixa de granulometria sucessivamente menor, até conseguir uma superfície com poucos riscos e espelhada. Para isso, faz-se uso de uma máquina politriz com fluxo de água. A granulometria das lixas utilizadas neste processo foram de, respectivamente: 80, 200, 240, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500 mesh. Quanto maior o valor da granulometria da lixa, menor o tamanho do grão abrasivo, que neste caso era o carvão de silício. A finalidade do polimento é obter uma superfície plana, livre de riscos e com alta refletividade. Este é realizado através de um pano de polimento, fixado sobre uma base rotativa, com a adição de um agente polidor, neste caso a alumina. As amostras foram então, polidas até a obtenção de uma superfície ideal, lavadas em água corrente e secadas com secador a fim de evitar a oxidação.

Por fim os corpos de provas foram submetidos ao ataque químico com Nital 3%, durante 15 segundos, para revelar a microestrutura existente. Em seguida, é necessário que a amostra seja limpa em água e álcool, para que o processo de corrosão termine e foi completamente secada com secador. A figura 4, apresenta uma imagem da amostra depois de passar por todos estes processos.



Figura 4. Amostra pronta para os ensaios.

## 4 | RESULTADOS

Para a caracterização microestrutural, foi utilizado o microscópio óptico Olympus BX51, com captura de imagens. Foram registradas imagens com aumento de 50, 100, 200, 500, 1000 vezes, respectivamente para todas as amostras. Para o ensaio de microdureza fez-se uso do microdurometro MITUTOYO, modelo MVK – G1, com marcador de ponta de diamante e aplicada uma carga de 300 gramas durante 15 segundos.

### 4.1 Micrografia

Abaixo estão apresentadas as imagens obtidas, da microestrutura, de cada amostra, sequencialmente da amostra 0, aço base que não sofreu nenhum processo de soldagem, até amostra 6, que foi soldada com parâmetros específicos.

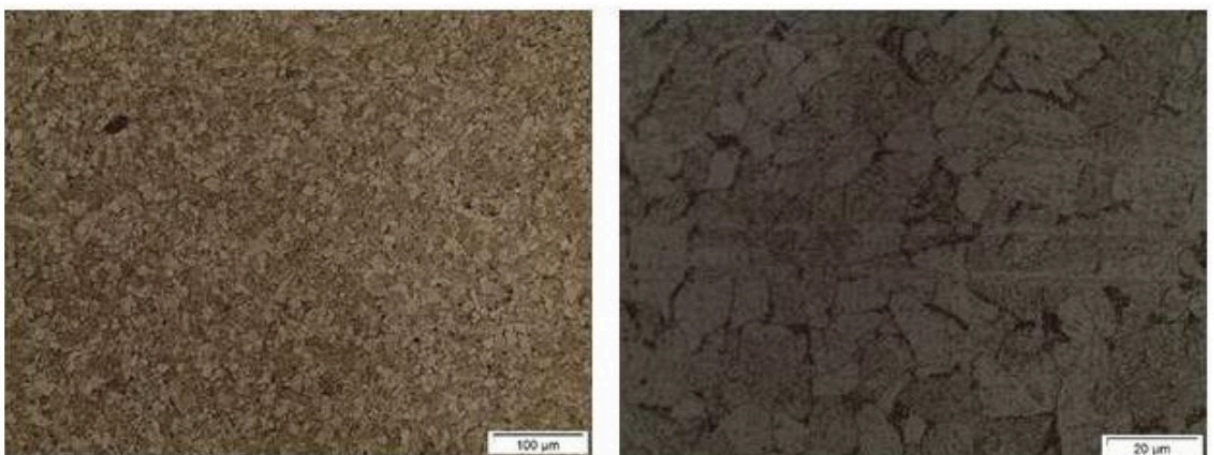


Figura 5. Amostra 0. (a) aumento200X. (b) aumento 1000X.



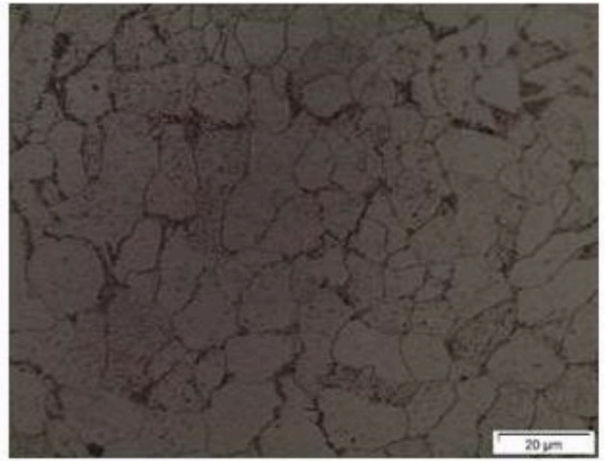
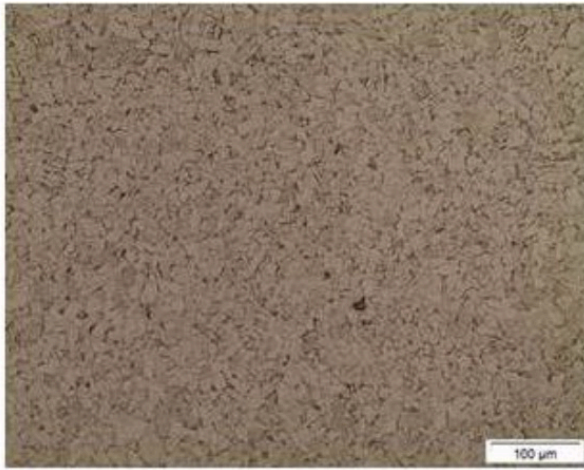


Figura 6. Amostra 1. (a) aumento 200X (b) aumento 1000X.

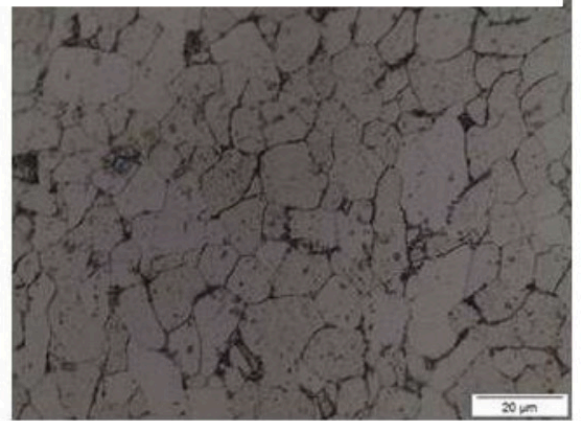


Figura 7. Amostra 2. (a) aumento 200X (b) aumento 1000X

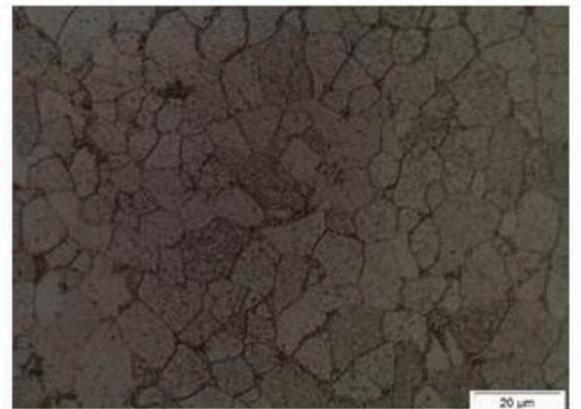


Figura 8. Amostra 3. (a) aumento 200X. (b) aumento 1000X.



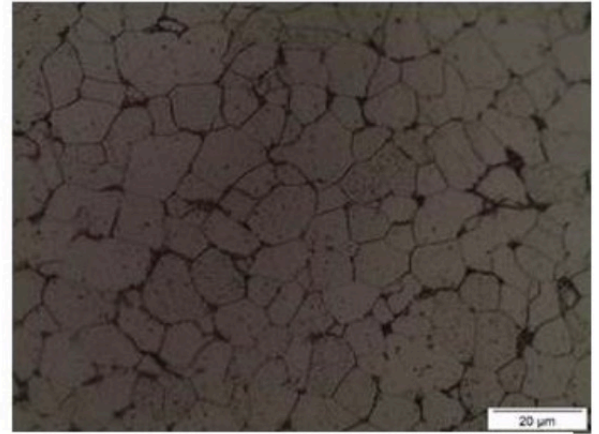
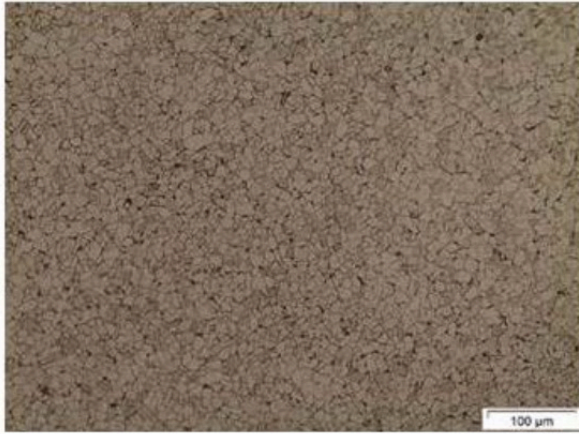


Figura 9. Amostra 4. (a) aumento 200X. (b) aumento 1000X.

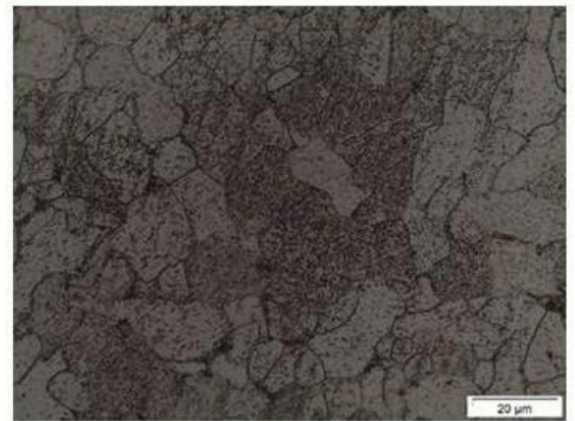


Figura 10. Amostra 5. (a) aumento 200X. (b) aumento 1000X.

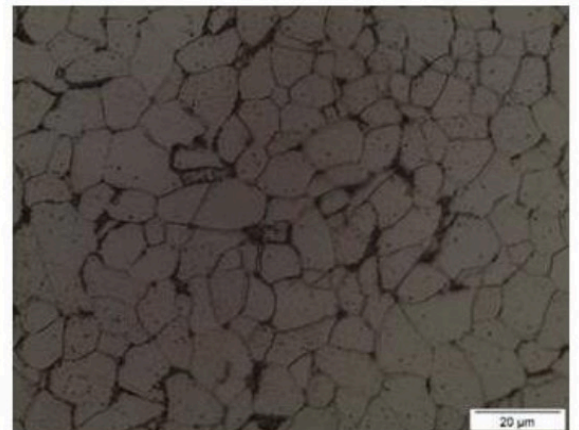
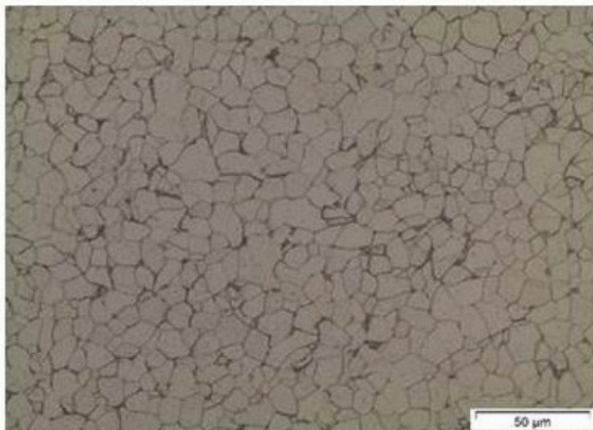


Figura 11. Amostra 6. (a) aumento 200X. (b) aumento 1000X.

## 4.2 Microdureza

Foram medidos três pontos distintos de microdureza e calculado a média entre eles, para cada amostra. Na tabela 2, é possível ver o valor de dureza para cada ponto e suas respectivas medias calculadas.



Amostra	Ponto	Dureza (HV)	Média
Amostra 0	1	125	124,67
	2	120	
	3	129	
Amostra 1	1	130	129,33
	2	123	
	3	127	
Amostra 2	1	124	125
	2	124	
	3	127	
Amostra 3	1	131	127
	2	127	
	3	123	
Amostra 4	1	121	123
	2	123	
	3	125	
Amostra 5	1	126	127,3
	2	130	
	3	126	
Amostra 6	1	139	132
	2	129	
	3	128	

Tabela 2. Microdureza

## 5 | CONCLUSÃO

A microestrutura do aço 1045 bruto é composta de ferrita e perlita, a parte clara para ferrita e a parte escura para perlita, como é possível observar na figura 5. Foi possível verificar uma diminuição da fase escura de perlita e conseqüentemente um aumento da fase clara de ferrita. Houve também uma diminuição no tamanho dos grãos e os mesmos ficaram mais homogêneos, em algumas amostras. Esta conseqüência, fica nítida nas figuras 9 e 11, amostras 4 e 6 respectivamente. É provável, que isso se deu pelo fato de que houve um grande aumento da temperatura, por volta de 1200°C, e um resfriamento, razoavelmente lento, ao ar livre.

O fato de algumas amostras permanecerem com uma alta porcentagem de perlita e ferrita, após sofrem o procedimento de soldagem, como é possível perceber na amostra 5, figura 10, dá-se pois foram analisados pontos aleatórios e esses pontos deveriam estar mais longe do cordão de solda fugindo da zona termicamente afetada e se aproximando da microestrutura do aço base. Na tabela de microdurezas, nota-se que não houve uma discrepância entre as medidas, para as diferentes condições de

soldagem.

O processo de soldagem, abordado neste trabalho, gerou mudanças significativas na microestrutura das amostras. A diminuição e a homogeneização dos grãos fica aparente nas imagens e a diminuição da fase perlita sugere que houve uma possível decarbonetação durante o procedimento. A variação dos parâmetros de amostra para amostra, não influenciou significativamente no comportamento das microestruturas bem como das microdurezas. Para valores maiores dos parâmetros de soldagem, é provável que aconteçam outras mudanças significantes na microestrutura e microdureza, porém isso prejudicaria o cordão de solda e a peça submetida ao processo gerando danos na utilização deste componente.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN WELDING SOCIETY. (2001) AWS 3.0: **Standard Welding Terms and Definition**. Miami.
- CALLISTER, W. D, Jr. (2000). **Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução**. 5ª edição. Rio de Janeiro. LTC, 2000.
- CIRO K, T. O. (2009). **Simulação de Ciclos Térmicos a partir da Equação de Rosenthal e a Validação da mesma em Aços Cromo-Molibdênio**. Universidade Federal do Paraná Departamento de Engenharia Mecânica Laboratório Aplicado de Tecnologia da Soldagem, Curitiba, Paraná.
- FORTES, C. (2005). **Meturgia da soldagem. Engenheiro Metalúrgico, MSc. Assistência Técnica Consumíveis** – ESAB BR.
- LIMA, E. G; FERREIRA, F. J; SILVA REIS, K. P; COBAXO, R; ANDRADE, W. C; BARBOSA, R. P. **Estudo da influência dos parâmetros de soldagem do processo eletrodo tubular na dureza da ZTA de um aço CrMo**. Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – Unileste-MG.
- MODENESI, P. J.; MARQUES, P. V; BRACARENSE, A. Q. (2011). **Soldagem fundamentos e tecnologia**. 3ª edição. Belo Horizonte. Editora UFMG 2011.
- MOREIRA, H.S. (2008). **Estudo da influência dos parâmetros de soldagem MIG e da morfologia do cordão no comportamento à fadiga de juntas soldadas de um eixo traseiro veicular**. Escola politécnica da Universidade de São Paulo.
- PERINI, F.G. (2008). **Propriedades mecânicas e microestruturais de aços de alta resistência e baixa liga soldados**. Universidade de Caxias do Sul.
- PONTES, T.O. (2013). **Caracterização da microestrutura e microdureza de um aço sae 1010 laminado a quente em planta industrial**. Universidade federal do Ceará. Centro de tecnologia. Departamento de engenharia metalúrgica e de materiais curso de engenharia metalúrgica.
- SERNA GIRALDO, C. P.(2001). **Precipitação de fases intermetálicas na zona afetada pelo calor de temperatura baixa (ZACTB) na soldagem multipasse de aços inoxidáveis duplex**. Escola politécnica da Universidade de São Paulo.
- SILVA, R.A; NETO, A.F. (2012). **Estudo da microestrutura do aço sae 1045 para a melhoria da usinabilidade. Uma proposta para a gestão dos processos de usinagem**. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU).

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-432-0

