

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS
E INOVAÇÕES NA ÁREA
DAS ENGENHARIAS**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os 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. 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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
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 Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
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
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
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. 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-21-8
 DOI 10.22533/at.ed.218200303

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

A constante transformação que a sociedade vem sofrendo é produto de um trabalho de desenvolvimento de pesquisas e tecnologia que aplicadas se tornam inovação.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre seu uso em estruturas e eventualmente podem determinar o aparecimento ou não de patologias.

As pesquisas sobre a utilização de ferramentas computacionais permitem o aprimoramento da gestão de diversas atividades e processos de produção.

São abordadas também nessa obra as pesquisas sobre a forma de ensinar, utilizando as tecnologias em favor do processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, esperamos que esta obra instigue o leitor a desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que o mundo vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade de vida na sociedade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS	
Daniel Nicolau Lima Alves Marcelo Cavalcanti Rodrigues José Gonçalves de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.2182003031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DE ÍONS DE CLORETO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ana Paula dos Santos Pereira Danielle Cristina dos Santos Lisboa Lucas Nadler Rocha Alberto Nunes Rangel Claudemir Gomes de Santana Renata Medeiros Lobo Müller	
DOI 10.22533/at.ed.2182003032	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS	
Marcos Bressan Guimarães Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá Diorges Carlos Lopes Rafael Aésio de Oliveira Zaltron Arthur Baggio Pietczak Bianca Milena Girardi Bruna Carolina Jachinski	
DOI 10.22533/at.ed.2182003033	
CAPÍTULO 4	38
UTILIZAÇÃO DE SIG NA GESTÃO DOS IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUAL DA ETE NO MUNICÍPIO DE CANDEIAS – BAHIA	
Gisa Maria Gomes de Barros Almeida. Helder Guimarães Aragão. Rodrigo Alves Santos.	
DOI 10.22533/at.ed.2182003034	
CAPÍTULO 5	47
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO COM INCLUSÃO DE NÚCLEOS RÍGIDOS	
Thadeu Ribas Lugarini Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti	
DOI 10.22533/at.ed.2182003035	

CAPÍTULO 6	58
APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM NO ORÇAMENTO DE OBRA - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DASOS	
Susan Pessini Sato	
Leonardo Padoan dos Santos	
Bruno Pscheidt Cenovicz	
DOI 10.22533/at.ed.2182003036	
CAPÍTULO 7	69
LOW-COST SUNLIGHT CONCENTRATORS TO IMPROVE HEAT TRANSFER DURING WATER SOLAR DISINFECTION	
Bruno Ramos Brum	
Rossean Golin	
Zoraidy Marques de Lima	
Danila Soares Caixeta	
Eduardo Beraldo de Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.2182003037	
CAPÍTULO 8	81
ESTUDOCOMPARATIVOUSANDODIFERENTESRESINASPARADETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO	
Mychelle Munyck Linhares Rosa	
Maria Helena Tirollo Taddei	
Luan Teixeira Vieira Cheberle	
Paulo Sergio Cardoso da Silva	
Vera Akiko Maihara	
DOI 10.22533/at.ed.2182003038	
CAPÍTULO 9	88
DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS	
Joilson Bentes da Silva filho	
Adalberto Gomes de Miranda	
José Costa de Macêdo Neto	
DOI 10.22533/at.ed.2182003039	
CAPÍTULO 10	96
PROPOSTADEDESIGNDOCOMPONENTETANQUEMODULARDECOMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO	
Abilio Augusto Corrêa	
Daniel Brogini de Assis	
DOI 10.22533/at.ed.21820030310	
CAPÍTULO 11	107
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA MICROEMPRESA DE DOCES ARTESANAIS DA AMAZÔNIA UTILIZANDO O PDCA	
Karla Josiane de Lima Baia	
Rita de Cássia Ferreira Xavier	
Maria Beatriz Costa de Souza	
David Barbosa de Alencar	
DOI 10.22533/at.ed.21820030311	

CAPÍTULO 12	118
AUDITORIA INTERNA COMO PROVIMENTO À GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Phelippe Moura da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030312	
CAPÍTULO 13	125
APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO	
Arthur M. Barbosa	
Paulo Fernandes da Silva Júnior	
Ewaldo Eder Carvalho Santana	
Marcos Erike Silva Santos	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	
Pedro Carlos de Assis Júnior	
Marcelo da Silva Vieira	
Rodrigo César Fonseca da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030313	
CAPÍTULO 14	145
A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FÉRREO “CAXIAS DO SUL – PORTO DO RIO GRANDE”: UM ESTUDO DE PERSPECTIVA ECONÔMICO-LOGÍSTICO NO ESCOAMENTO DE CARGAS	
Giovanni Luigi Ferreira Schiavon	
Helenton Carlos da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.21820030314	
CAPÍTULO 15	155
CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES BASEADOS EM LMIS	
Ana Flávia de Sousa Freitas	
Amanda Viera da Silva	
Wallysonn Alves de Souza	
Rafael Pimenta Alves	
DOI 10.22533/at.ed.21820030315	
CAPÍTULO 16	162
APOIO À DECISÃO ASSOCIANDO A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS AO MONTE CARLO AHP (CPP-MCAHP)	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant’Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
Sergio Kostin	
DOI 10.22533/at.ed.21820030316	
CAPÍTULO 17	178
EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS ACERCA DA APLICABILIDADE DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE NOS PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS	
Lucas Capita Quarto	
Sônia Maria da Fonseca Souza	
Cristina de Fátima de Oliveira Brum Augusto de Souza	

Fabio Luiz Fully Teixeira
Fernanda Castro Manhães

DOI 10.22533/at.ed.21820030317

CAPÍTULO 18 192

PROJETO DE DESIGN DE MASCOTE PARA JOGO MOBILE

Cristina Trentini
Airam Teresa Zago Romcy Sausen
Paulo Sérgio Sausen
Maurício De Campos
Fabiane Volkmer Grossmann

DOI 10.22533/at.ed.21820030318

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 198

ÍNDICE REMISSIVO 199

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS

Data de aceite: 27/02/2020

Data de submissão: 27/01/2020

Daniel Nicolau Lima Alves

Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa - PB

<http://lattes.cnpq.br/7812972259384537>

Marcelo Cavalcanti Rodrigues

Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa – PB

<http://lattes.cnpq.br/2140285341359128>

José Gonçalves de Almeida

Universidade Federal da Paraíba.

João Pessoa - PB

<http://lattes.cnpq.br/2139056356754420>

RESUMO: Estudos realizados nos últimos anos têm buscado compreender as respostas dos materiais à presença de trincas em juntas soldadas dissimilares (JSDs), entretanto ainda não são suficientes para elucidar as respostas de tenacidade à fratura decorrente dessas juntas heterogêneas. Essas conexões de componentes mecânicos são largamente utilizadas na indústria mundial. Sendo assim, avaliações de tenacidade à fratura tornaram-se correntes em projetos e análises de integridade estrutural de sistemas mecânicos. Trabalhos experimentais apresentaram desvios de trinca de ensaio em relação ao plano da pré-

trinca de fadiga, na direção do material mais dúctil presente nas JSDs. Este trabalho busca analisar a influência das JSDs na propagação de trincas de modo que se permita correlacionar o desvio da trinca com os desvios dos campos de tensão e deformação. Observou-se que a penetração da trinca é precedida por um fluxo preferencial de deformações plásticas decorrente das dissimilaridades existentes devido às configurações das juntas soldadas analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: Desvios de trinca, juntas soldadas dissimilares, campo de tensão, campo de deformação.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DISSIMILAR WELDED JOINTS IN THE PROPAGATION OF CRACKS

ABSTRACT: Studies in recent years have sought to understand the responses of materials to the presence of cracks in dissimilar welded joints (DWJs), but they are still not enough to elucidate the toughness responses to fracture due to these heterogeneous joints. These components of mechanical connections are widely used in the global industry. Thus, fracture toughness assessments have become currents in the design and structural integrity analysis of mechanical systems. Experimental studies showed test crack deviations compared to pre-

crack plan of fatigue toward the more ductile material present in DWJs. This work aims to analyze the influence of DWJs on the crack propagation so that allows correlating the deviation of the crack with the deviation of the stress fields and deformation. It was observed that the penetration of the crack is preceded by a preferential flow of plastic deformations deriving from existing dissimilarities due to the configurations of welded joints examined.

KEYWORDS: Crack deviations, dissimilar welded joints, stress field, strain field.

1 | INTRODUÇÃO

Estudos realizados nos últimos anos têm buscado compreender a resposta dos materiais a presença de trincas em juntas soldadas dissimilares, porém ainda não suficientes para desvendar o fenômeno dos efeitos de uma junta soldada heterogênea. No trabalho realizado por Kim *et al.* (2004), análise numéricas do efeito de forças atuantes de uma junta soldada dissimilar nas tensões locais para materiais perfeitamente plástico, foram identificados alguns parâmetros que afetam as tensões locais: grau de dissimilaridade, M , esbeltez da solda, $(W - a) / H$, e localização da trinca dentro da solda. O estudo realizado por Donato (2008), avaliou o efeito mecânico da presença de dissimilaridade mecânica da solda (DMS), sobre os campos de tensões e forças motrizes de trinca, incorporando tais fenômenos aos procedimentos utilizados na determinação experimental de tenacidade à fratura (Integral J e CTOD). Em virtude, principalmente, do seu processo construtivo, as juntas soldadas apresentam grande complexidade mecânica e microestrutural tornando-as principais pontos suscetíveis a falhas no corpo da estrutura. Sendo assim, percebe-se a essencial importância de uma avaliação de integridade estrutural nessas juntas, a fim de garantir uma operacionalidade segura.

Esse tipo de conexão de componentes mecânicos é largamente utilizado na indústria mundial, em especial no setor de petróleo e gás. Sua grande maioria é constituída por juntas soldadas heterogêneas, ou seja, que apresentam propriedades mecânicas, microestruturais e de fratura dos metais de base (MB) distintas dos metais de solda (MS). Tal particularidade é conhecida como dissimilaridade mecânica, a qual pode ser quantificada pelo fator M :

$$M = \frac{\sigma_{MS}}{\sigma_{MB}} \quad (\text{Eq.1})$$

onde σ_{MS} e σ_{MB} representam tensão de escoamento do metal de solda MS e tensão de escoamento do metal de base MB, respectivamente. Pode-se relacionar o valor de M com undermatching ($M < 1$), evenmatching ($M = 1$) ou overmatching ($M > 1$).

Essas juntas soldadas dissimilares (JSDs) estão, quase que, inevitavelmente presentes nas grandes estruturas mecânica da contemporaneidade industrial, como por exemplo, a industrias petrolífera que inerente ao segmento, tem suas estruturas

sujeitas às intempéries (altas solicitações mecânicas, baixas temperaturas, altas pressões, corrosão etc.) próprias das operações de exploração e produção desses combustíveis fósseis. Isso demonstra a real necessidade da utilização de avaliações da tenacidade à fratura como ferramenta imprescindível nas elaborações de projetos e análises de integridade estrutural dos componentes e sistemas mecânicos, de modo a evitar danos estruturais, econômicos, ambientais e perdas de vida, principalmente.

Este trabalho tem como objetivo estudar o fenômeno do crescimento de trincas presente em JSDs de modo que se permita correlacionar o desvio da trinca verificados (Kim e *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2013; Almeida, 2014) com o desvio dos campos de tensão e deformação nestes tipos de junta, conforme trabalhos já desenvolvidos (Hao *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2001; Donato, 2008; Fan *et al.*, 2015).

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mecânica da fratura

Em um passado recente, acidentes históricos com fraturas catastróficas de estruturas aconteceram (Navios LIBERTY – 1941/45, Aviões Comet – 1952/54, Plataforma Alexander Kielland – 1980 etc.), e como isso foi intensificada a busca pela compreensão das causas desses acidentes súbitos. Essas fraturas, de caráter frágil, ocorrem em função da combinação de variáveis que outrora não acontecera, são algumas delas: tensões trativas (devido às novas arquiteturas), transição dúctil-frágil, altos níveis pressões, formas geométricas etc. Até esse momento da história utilizava-se as teorias de falha e procedimentos de projeto convencionais, que tinham como base as teorias de elasticidade e plasticidade associadas às propriedades estática e dinâmica dos materiais. Todavia, o registro temporal mostrou que em determinadas situações a mecânica clássica não era suficiente para a realização de projetos seguros, uma vez que, alinhadas algumas das variáveis mencionadas acima, subitamente, a fratura era estabelecida. Sendo assim, uma nova ciência passou a ser desenvolvida, tendo como principal premissa a presença de falhas (vazios, intrusões, substitucionais etc.) nos materiais de engenharia. Efeitos da concentração de tensão de falhas foram evidenciados quantitativamente⁽⁹⁾, através de furos elípticos realizados em uma placa plana, de modo a simular falhas invariavelmente presentes nos materiais (microscopicamente ou macroscopicamente), seja em virtude do processo de fabricação, seja em virtude das situações ambientais e de carga inerentes às operações das estruturas. A nova ciência foi denominada Mecânica da Fratura (MF), que em sua essência busca quantificar as combinações das variáveis de tensão, tamanho da trinca e tenacidade⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾, ilustradas na Fig. Em um passado recente, acidentes históricos com fraturas catastróficas de estruturas aconteceram

(Navios LIBERTY – 1941/45, Aviões Comet – 1952/54, Plataforma Alexander Kielland – 1980 etc.), e como isso foi intensificada a busca pela compreensão das causas desses acidentes súbitos. Essas fraturas, de caráter frágil, ocorrem em função da combinação de variáveis que outrora não acontecera, são algumas delas: tensões trativas (devido às novas arquiteturas), transição dúctil-frágil, altos níveis pressões, formas geométricas etc. Até esse momento da história utilizava-se as teorias de falha e procedimentos de projeto convencionais, que tinham como base as teorias de elasticidade e plasticidade associadas às propriedades estática e dinâmica dos materiais. Todavia, o registro temporal mostrou que em determinadas situações a mecânica clássica não era suficiente para a realização de projetos seguros, uma vez que, alinhadas algumas das variáveis mencionadas acima, subitamente, a fratura era estabelecida. Sendo assim, uma nova ciência passou a ser desenvolvida, tendo como principal premissa a presença de falhas (vazios, intrusões, substitucionais etc.) nos materiais de engenharia. Efeitos da concentração de tensão de falhas foram evidenciados quantitativamente por Inglis (1913), através de furos elípticos realizados em uma placa plana, de modo a simular falhas invariavelmente presentes nos materiais (microscopicamente ou macroscopicamente), seja em virtude do processo de fabricação, seja em virtude das situações ambientais e de carga inerentes às operações das estruturas. A nova ciência foi denominada Mecânica da Fratura (MF), que em sua essência busca quantificar as combinações das variáveis de tensão, tamanho da trinca e tenacidade (Anderson, 2005; Arana e González, 2002), ilustradas na Fig.1:

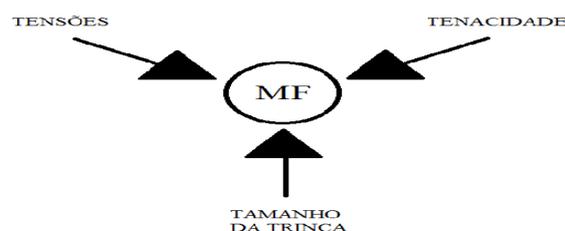


Figura 1. Parâmetros básicos da mecânica da fratura e sua interdependência.

Essas combinações são estudadas de maneira a evitar a combinação crítica desses parâmetros, fornecendo leis e normas de relacionamento entre eles. A região estudada pela mecânica da fratura trata-se de uma localidade crítica caracterizada por possuir uma distribuição triaxial de tensão bem elevada, denominada ponta da trinca.

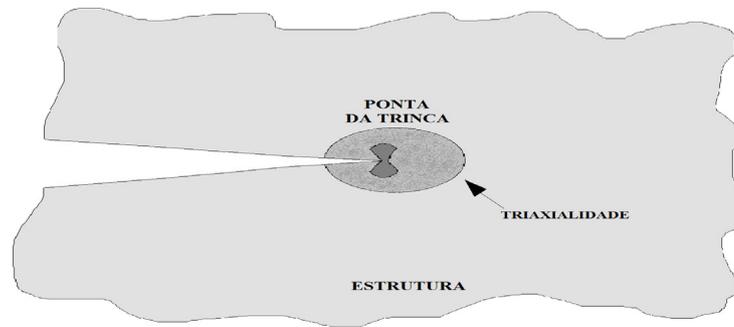


Figura 2. Região da ponta da trinca.

De acordo com a literatura, o comportamento dessa região determinará qual metodologia será utilizada durante a análise: Mecânica da Fratura Linear Elástica (MFLE) e Mecânica da Fratura Elasto-Plástica (MFEP). A primeira metodologia é limitada a materiais que apresentam deformações plásticas desprezíveis antes de fratura. O MFLE adota o fator de intensidade de tensão K como parâmetro para quantificar a capacidade de resistência à fratura. Quando a deformação plástica que precede a fratura ocorre de modo significativo, a MFEP vigorará, possibilitando determinar a tenacidade do material através de dois métodos: CTOD (Crack Tip Opening Displacement) e Integral J . Esses métodos, apesar de independentes, tem uma relação de paralelismo e unicidade.

2.2 Defeitos

Mesmo nas mais otimistas das expectativas, a presença de defeitos em estruturas metálicas é quase que inevitável, sobretudo, nas estruturas contendo uniões soldadas. Segundo Callister (2008), os materiais em sua totalidade possuem numerosa variedade de defeitos ou imperfeições. As discontinuidades, como também são conhecidos os defeitos, podem se apresentar sob várias formas: pontuais, lineares, interfaciais e volumétricos. Dentre essas, destaca-se os pontuais, mais especificamente as lacunas (vazios ou microcavidades), embora as mais simples, nenhum material possui isenção desse tipo de defeito (Callister, 2008) além de também decorrer de outras formas defeitos. Essas microcavidades (ou qualquer defeito) quando presentes no material atuam como concentradores locais de tensões, provocando níveis maiores de tensão em relação ao todo da estrutura, ou seja, potenciais geradores de falhas.

Sob a ótica microscópica, a falha do material ocorre devido aos mecanismos de nucleação de vazios, coalescimento e propagação de trincas. O núcleo da falha pode ser proveniente do processo de fabricação do material (inclusões, vazios etc.) e/ou em virtude das solicitações mecânicas inerentes ao ambiente e operação do equipamento (intrusões, extrusões, corrosões etc.), resultando no escorregamento

de planos atômicos. Uma vez existindo, o núcleo de falha (microcavidades) passa a ser um concentrador de tensão, fazendo com que naquele local as tensões sejam bastante superiores que nas demais localidades do componente as quais não apresentem concentradores de tensões. Essas tensões presentes, em especial as tensões hidrostáticas, provocam o aumento de volume das microcavidades, ocasionando a coalescência dos núcleos vizinhos naquela região, dando origem a uma microtrinca. Tensões concentradas na vizinhança da ponta da trinca pode causar evolução da fissura do material naquela região, mesmo com níveis de tensão abaixo do limite de escoamento, e assim, conforme Fig. 3 aumentar o tamanho da trinca.

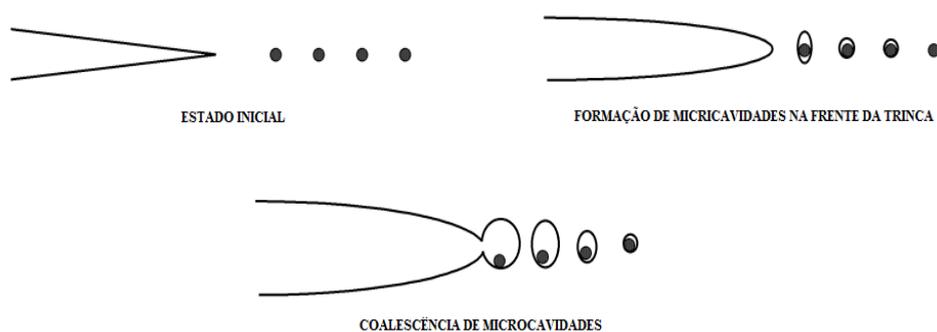


Figura 3. Mecanismos de nucleação, coalescência e propagação da trinca. (Arana e González, 2002).

O fenômeno acima descrito refere-se ao mecanismo de propagação de trinca. Nesta etapa, ocorre o crescimento da trinca, de maneira estável até que se atinja um tamanho crítico, tornando o crescimento instável e assim inevitavelmente a fratura súbita da estrutura (clivagem), podendo causar acidentes fatais.

Modelos foram idealizados a partir de premissa de defeitos como elemento intrínseco da composição estrutural, a exemplo de Gurson (1977), que propôs um modelo de dano considerando a presença de microcavidades, através de uma fração volumétrica de vazio, que definia a porosidade inicial do material. Posteriormente o modelo de Gurson foi modificado por Tvergaard e Needleman (1984) que incluíram a formação de núcleos de cavidades mesmo a partir de um material sem porosidade, como condição inicial, passando ser conhecido modelo GTN. Sendo assim, o modelo é capaz de prever a deformação plástica, seguida de encruamento do material, nucleação de cavidades e coalescimento, por conseguinte propagação da trinca e fratura do material.

2.3 Ensaio flexão de 3 pontos (SE(B))

O ensaio de flexão é uma maneira de verificar defeitos metalúrgicos e de compacidade, os quais podem afetar a operacionalidade dos materiais. Esse tipo

de ensaio consiste em submeter, por flexão, o corpo de prova a uma deformação plástica, tendo como escopo detectar defeitos de compacidade, heterogeneidade do material, como também avaliar a ductilidade dos materiais de forma comparativa. Existem várias normas de realização de ensaio de flexão. A modalidade mais comum do ensaio de flexão é a flexão de 3 pontos. Em ensaios de mecânica da fratura estabelecidos por normas BS EM ISO 15653:2010, ASTM E1820, entre outras, tem a flexão de três pontos em barra com trinca simples (SE(B)), mostrado na Fig.4, como uma das possíveis modalidades para avaliação de fratura nos materiais.

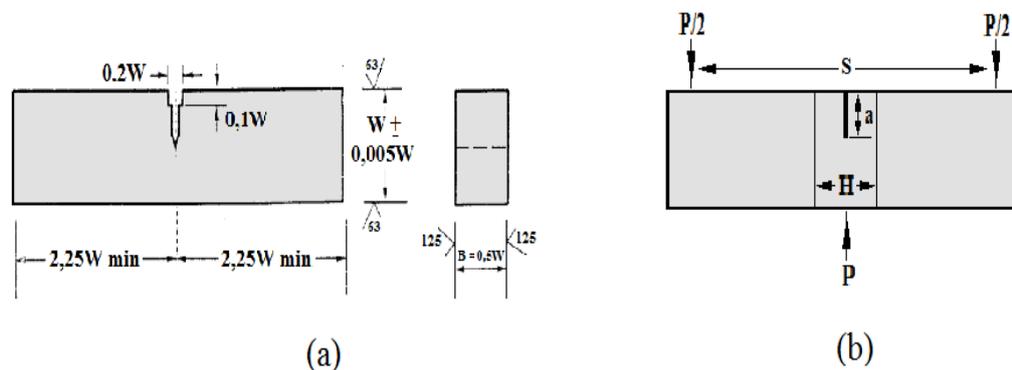


Figura 4. (a)Espécime SE(B) (Adaptada da ASTM E1820-11); (b) configuração do ensaio de flexão de 3 pontos SE(B).

Sob essa modalidade serão realizadas as análises de comportamento da trinca presente nas JSDs, na tentativa de correlacioná-lo com os desvios dos campos de tensão e deformação evidenciados pelos trabalhos que serão comentados mais adiante.

3 | ESTADO DA ARTE

Ao conduzir os estudos sobre juntas soldadas portadoras de dissimilaridades mecânicas, com amostras SE(B), baseados na teoria *slip-line* e na análise numérica em 3D, Hao *et al.* (2000) notaram a ocorrência de restrições na ponta da trinca no lado do material mais resistente, evidenciando um caminho preferencial, ou seja, uma diretriz de deformação plástica no sentido do material de menor resistência.

Durante sua pesquisa, verificado em ensaios de mecânica da fratura em espécimes SE(B) homogêneos e com juntas dissimilares em flexão de três pontos em diferentes temperaturas, Donato (2008) constatou que a presença de dissimilaridade mecânica da solda é responsável pela alteração dos campos de tensão e deformação nas proximidades dos defeitos e faz com que a resposta mecânica de regiões de solda seja bastante distinta em relação às regiões de metal de base, tornando insuficiente, a simples aplicação de procedimentos convencionais de avaliação de

integridade estrutural em componentes com tais características.

Wang *et al.* (2011), utilizaram o método dos elementos finitos (MEF) com base no modelo Gurson–Tvergaard–Needleman (GTN) para investigar o comportamento de crescimento de trincas dúcteis única em um espécime SE(B de uma junta soldada dissimilar (JSD) composto por quatro materiais no sistema primário de usinas nucleares. Os autores observaram que as trincas iniciais em diferentes locais na JSD obtiveram valores de tenacidade e caminhos de crescimento diferentes. Deste modo, quando a trinca inicial foi localizada no centro de solda Liga de Níquel-base 182 e amanteigamento em Liga Níquel-base 82, as deformações plásticas e danos na região da ponta da trinca são simétricos, e o crescimento da trinca é quase em linha reta ao longo do plano inicial da trinca. Mas para as trincas na interface entre os materiais e na vizinhança da interface da trinca, as deformações plásticas e danos na região da ponta da trinca são assimétricos, e a trajetória de crescimento da trinca obteve um desvio significativo para dentro do material com menor limite de escoamento dentre os dois materiais da interface.

Nos ensaios de mecânica da fratura utilizando uma junta soldada dissimilar, constituída do metal de base aço AISI 8630M amanteigado e soldado ao metal de base aço ASTM - A36 via metal de adição INCONEL 625, Almeida (2014) observou um desvio acentuado da trinca de ensaio na direção do material menos resistente, no caso metal de solda. Nesta pesquisa a pré trinca de fadiga foi gerada na ZTA do aço AISI 8630M a 1mm da linha de fusão do amanteigamento.

Fan *et al.* (2015) ao realizarem testes para investigação do comportamento da resistência à fratura em uma junta dissimilares, A508-Liga 52M (amanteigamento) e liga 52M (solda)-316L, demonstraram os desvios dos campos de tensão e deformação em juntas dissimilares. Os autores utilizaram o método de elementos finitos baseado em na modelagem de danos mecânicos (GTN), que possibilitou uma variância da localização da trinca inicial. Evidenciaram a permanência da triaxialidade de tensão na ponta da trinca e o desvio do campo de deformação favorável ao material menos resistente.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme exposto, vários trabalhos foram realizados em materiais e por metodologias distintas, todavia foi observada certa padronização de comportamento da trinca quando presentes em junta soldadas dissimilares. A Figura 5 indica os casos que serão analisados no presente trabalho.

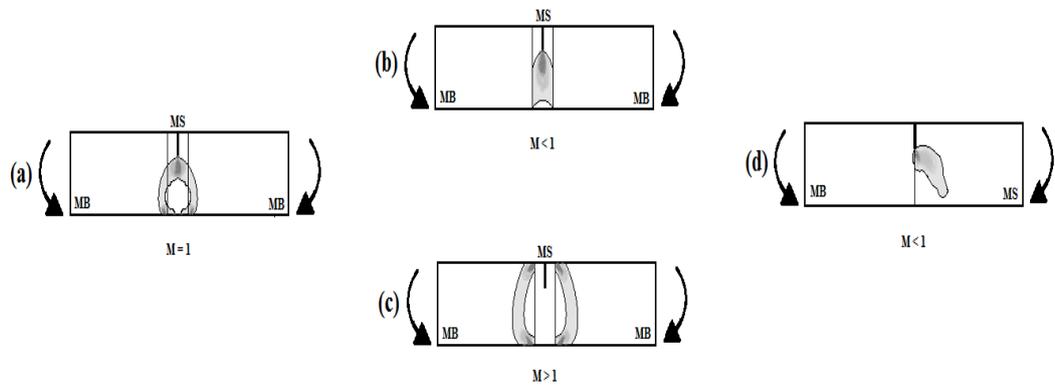


Figura 5. Variação do campo de deformação: (a) Espécime homogêneo; (b) e (c) espécimes dissimilares com trinca na solda; (d) espécime dissimilar com trinca na interface.

A ilustração acima representa a variação dos campos de deformação de acordo com a configuração de dissimilaridade e localização, conforme os trabalhos citados na seção anterior. Na figura 3(a) está representado o comportamento plástico de um espécime homogêneo ($M=1$) contendo uma trinca simples submetido ao ensaio de flexão de 3 pontos. De maneira análoga as Fig. 3(b) e Fig. 3(c) representam corpos de prova heterogêneos undermatching e overmatching, respectivamente, com trinca centralizada no metal de solda M . Por último, o espécime da Fig. 3(d) mostra o comportamento do campo de deformação para a trinca localizada na interface de uma junta soldada dissimilar ao ser carregado durante o teste de flexão de 3 pontos.

Para Zebrst *et al.* (2014), quando a tensão excede o material de menor resistência de uma JSDs, o padrão de deformação plástica será assimétrico. Ao ser estabelecida a combinação crítica dos parâmetros da MF a deformação plástica se concentrará entre a ponta da trinca e superfície livre. Com isso, localizada na vizinhança da zona plástica, a força motriz da trinca será afetada e pode ser maior que em estruturas não-soldadas ou evenmatching. Os mesmos autores também declaram, que benefícios ou prejuízos à integridade da estrutura advindos uma junta undermatching ou overmatching dependerão de uma análise quantitativa da configuração das variáveis presentes em determinadas situações.

O esboço da Fig.4 indica deformação plástica sofrida ocorrida no espécime definido pela a trinca situada na interface dos materiais assim como o trajeto realizado pela trinca mediante aos testes realizados nos trabalhos supracitados.

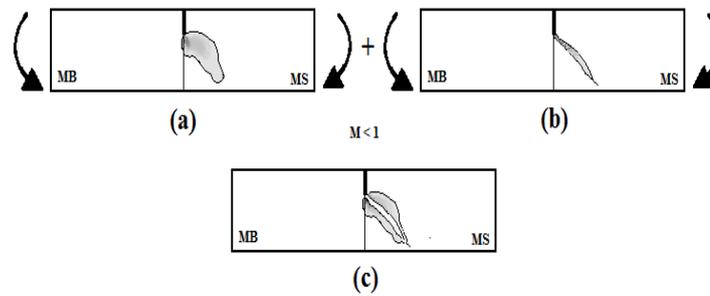


Figura 6. Variação do campo de deformação: (a) Campo de deformação plástica; (b) Trajetória da trinca; (c) Sobreposição da trajetória da trinca no campo de deformação plástica.

Notadamente, o caminho traçado pela trinca é sugerido por uma prévia deformação plástica preferencial do material de resistência mecânica inferior. De maneira análoga, o comportamento da trinca nos demais espécimes foi também observado pelos referidos autores.

Em consonância, Zebrst *et al.* (2014) afirmaram que além da carga aplicada, o volume da estrutura sobre o qual a zona plástica se estabelece antes da propagação da trinca é preponderante na força motriz da trinca. Assim, a propagação e o desvio de trajetória das trincas resultam de um embate entre a força motriz crack e tenacidade à fratura do material.

5 | CONCLUSÕES

Desta forma, apresentadas as performances comportamentais das trincas em virtude das configurações de cada espécime, pode-se extrair as seguintes conclusões:

1. Fica evidenciado a preferência do fluxo de deformação plástica, devido à presença de uma trinca em JSDs, no material de resistência mecânica inferior, ou seja, com menor tensão de escoamento.

2. As preferências de fluxo de deformação são decorrentes das restrições geradas por conta das dissimilaridades existentes nos espécimes, as quais dificultam o curso de deformação plástica no sentido do material mais resistente.

3. Os campos de tensão se movimentam de acordo com a ponta da trinca portadora de uma triaxialidade de tensões. O desvio dos campos de deformações depende da combinação do campo de tensão e das restrições que ocorrem inerentes de cada junta heterogênea.

4. A triaxialidade sempre presente na ponta da trinca é responsável pela penetração da trinca no corpo do material, seguindo pela trajetória que exerça menor resistência ao seu avanço.

5. Por fim, os resultados demonstrados sugerem um desenvolvimento da trinca

no sentido da deformação plástica precedente, ao passo que sua propagação é estabelecida ponto a ponto, sempre em direção da menor resistência encontrada na região adjacente à ponta da trinca.

As análises realizadas levaram em consideração o tipo de dissimilaridade e a localização da trinca, limitando-se a uma análise direcional da trinca. Outros fatores devem ser considerados para quantificar a propagação: largura do corpo de prova, profundidade da trinca, esbeltez da solda, grau de dissimilaridade e ligamento remanescente.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional de Petróleo, PRH-54/ANP da Universidade Federal da Paraíba pelo apoio financeiro.

Ao Laboratório de Ensaios Mecânicos (LEM/CT/UFPB) e ao Laboratório de Integridade e Inspeção do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. G. **Análise da influência do hidrogênio na tenacidade quase estática de uma junta soldada de aços ARBL**. 2014. Tese, p.230, Universidade Federal da Paraíba, Joao Pessoa.

ANDERSON, T. L. **Fracture Mechanics, Fundamentals and Applications**. 3ed. CRC Press. p. 610. 2005.

ARANA, J. L.; GONZÁLEZ J. J. **Mecânica de Fractura**. La Unniversidad del País Vasco. p. 242. 2002.

ASTM E1820 – 2011, **Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness**.

BRITISH STANDARD BS EN ISO 15653:2010, **Metallic materials - Method of test for the determination of quasistatic fracture toughness of welds**.

CALLISTER, W. D., **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução**. 5ed. São Paulo: LTC, p. 408. 2008.

DONATO, G. H. B. **Efeitos de heterogeneidades mecânicas sobre forças motrizes de trinca em juntas soldadas: determinação experimental de tenacidade e extensão de metodologias de avaliação de criticidade de defeitos**. 2008. Tese, p. 284, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FAN, K.. *et al.* **Local fracture resistance behavior of interface regions in a dissimilar metal welded joint**. v. 136, p. 279–291, 2015.

GURSON, A.L., **Continuum Theory of ductile rupture by void nucleation and growth - Part I**. Yield criteria and flow rules for porous ductile media in a Almeida Neto A. (2014). Uma análise comparativa entre modelos de dano contínuo dependentes do terceiro invariante e com Múltiplos pontos de calibração, Dissertação de Mestrado, p. 106, Universidade de Brasília, Brasília. J. Engineering Materials and Technology. 99:2-15, 1977.

HAO, S.; SCHWABE, K.-H.; CORNEC, A. **The effect of yield strength mis-match on the fracture analysis of welded joints: slip-line field solutions for pure bending.** International Journal of Solids and Structures, v. 37, n. 39, p. 5385–5411, 2000.

INGLIS, C.E., **Stresses in a Plate Due to the Presence of Cracks and Sharp Corners.** Transactions of the Institute of Naval Architects, Vol. 55, pp. 219–241, 1913.

KIM, Y. J.; SCHWALBE, K. H. **Numerical analyses of strength mis-match effect on local stresses for ideally plastic materials.** Engineering Fracture Mechanics, v. 71, n. 7-8, p. 1197–1219, 2004.

KIM, Y. J. Y.-J.; SCHWALBE, K.-H. **Mismatch effect on plastic yield loads in idealised weldments: I. Weld centre cracks.** Engineering Fracture Mechanics, v. 68, n. 2, p. 163–182, 2001.

KIM, Y. J.; SCHWALBE, K. H. **Mismatch effect on plastic yield loads in idealized weldments. II. Heat affected zone cracks.** Engineering Fracture Mechanics, v. 68, n. 2, p. 183–199, 2001.

TVERGAARD, V. AND NEEDLEMAN, A. **Analysis of the cup-cone fracture in a round tensile bar.** Acta metallurgica. v.32, p.157-169, 1984. Wang, H. T. et al. “Numerical investigation of ductile crack growth behavior in a dissimilar metal welded joint.” Nuclear Engineering and Design, v. 241, n. 8, p. 3234–3243, 2011.

WANG, H. T. et al. **Numerical investigation of ductile crack growth behavior in a dissimilar metal welded joint.** Nuclear Engineering and Design, v. 241, n. 8, p. 3234–3243, 2011.

WANG, Z.-X. et al. **Effect of Mechanical Property Mismatch on Failure Assessment Curve for Welded Joint With a Semi-Elliptical Crack.** International Journal of Applied Mechanics, v. 05, n. 03, p. 1350029, 2013.

ZERBST, U. *et al.* **Review on fracture and crack propagation in weldments - A fracture mechanics perspective.** Engineering Fracture Mechanics, v. 132, p. 200–276, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AHP estocástico 162

Aluminized tetra pak package 69

Análise 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 56, 57, 64, 81, 102, 109, 110, 113, 118, 122, 123, 134, 155, 156, 160, 162, 163, 173, 177, 178, 181, 182, 183, 185, 189, 190, 191, 193

Auditoria 118, 119, 121, 122, 123, 124

Auditoria interna da qualidade 118, 119, 121

B

Bim 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Bipartição do tanque 96

C

Campo de deformação 1, 8, 9, 10

Campo de tensão 1, 10

Carro de competição 126, 134, 141

Colunas manométricas 88, 93, 94

Comparação 49, 55, 58, 61, 64, 65, 105, 132, 148, 149, 164, 171, 174, 193

Concreto 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 37, 47, 48, 49, 52, 56, 57, 62

Contaminação de combustível 96, 97

Controle de sistemas lineares 155, 160

Corrosão 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 101

Cpp-mcahp 162, 163, 165, 166, 168, 174

D

Dados geoespaciais 38, 40

Desigualdades matriciais lineares 155, 156

Desvios de trinca 1

Drinking water 69, 70, 78, 79, 80, 86

Durabilidade 13, 14, 15, 18, 19, 22, 23

E

Edifícios de concreto armado 47, 57

Efluente 38, 39, 43, 44

Eletrodeposição 81

Envelhecimento 13, 14, 19, 22, 24

Equação de bernoulli 88, 90, 93, 95

Escherichia coli 69, 70, 71, 72, 79

Estruturas metálicas 5, 26, 32, 33, 37

Ete 38, 39, 40, 43, 44, 45

F

Fabricação artesanal 107

Foil from beverage can 69

G

Gerenciamento da produção 107

I

Instabilidade global 47, 56

Isótopos de tório 81

J

Juntas soldadas dissimilares 1, 2

L

Lmis 155

M

Microprecipitação 81

Mirror 69, 71, 72, 74, 77, 78

Monte carlo 162, 163, 164, 168, 175, 176, 177

N

Núcleos rígidos 47, 49, 51, 55, 56

O

Orçamento 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 198

Otimização de processos 107

P

Pseudomonas aeruginosa 69, 70, 71, 72, 79, 101

Q

Qgis 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45

Qualidade 16, 23, 39, 40, 41, 45, 67, 108, 111, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 146, 181, 182, 186

Qualidade ambiental urbana 125, 126

Quantitativos 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 184

R

Redes de sensores sem fio 125, 126, 127, 143

Reforço estrutural 25, 26, 27, 29, 32, 37, 99

S

Sig 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 197

Sistema bola-viga 155, 156, 158, 160

Sodis 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Subabastecimento 96, 97

T

Tubo de venturi 88, 92, 93, 95

 **Atena**
Editora

2 0 2 0