



A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2019

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)

A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-244-9

DOI 10.22533/at.ed.449190404

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O conhecimento científico é extremamente importante na vida do ser humano e da sociedade, pois possibilita entender como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Mediante o conhecimento científico é possível provar muitas coisas, já que busca a veracidade através da comprovação.

Sendo produzido pela investigação científica através de seus procedimentos, surge da necessidade de encontrar soluções para problemas de ordem prática da vida diária e para fornecer explicações sistemáticas que possam ser testadas e criticadas através de provas. Por meio dessa investigação, obtêm-se enunciados, leis, teorias que explicam a ocorrência de fatos e fenômenos associados a um determinado problema, sendo possível assim encontrar soluções ou, até mesmo, construir novas leis e teorias.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de suma importância para a evolução da sociedade e do ser humano em si, pois através dele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando o avanço na construção do saber em uma área do conhecimento.

Na engenharia evidencia-se a relevância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e disseminação deste conhecimento.

Neste sentido, este E-book, composto por dois volumes, possibilita o acesso as mais recentes pesquisas desenvolvidas na área de Engenharia, demonstrando a importância do conhecimento científico para a transformação social e tecnológica da sociedade.

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE ARCABOUÇOS DE PLGA E PLDLA COM POROS INTERCONECTADOS DIRECIONADOS PARA ENSAIOS DE CULTURA DE CÉLULAS ÓSSEAS	
Joelen Osmari Silva Anna Maria Gouvea Melero Juliana Almeida Domingues Adriana Motta de Menezes Moema de Alencar Hausen Daniel Komatsu Vagner Roberto Botaro Eliana Aparecida de Rezende Duek	
DOI 10.22533/at.ed.4491904041	
CAPÍTULO 2	12
ENSAIOS IN VITRO E IN VIVO DE <i>SCAFFOLDS</i> DE PLGA INCORPORADOS COM ÓLEO-RESINA DO GÊNERO COPAIFERA SSP. PARA REPARAÇÃO DE TECIDOS	
Ana Luiza Garcia Massaguer Millás João Vinícios Wirbitzki da Silveira Rodrigo Barbosa de Souza Maria Beatriz Puzzi Edison Bittencourt Ivan Hong Jun Koh	
DOI 10.22533/at.ed.4491904042	
CAPÍTULO 3	26
MEMBRANAS MICROFIBROSAS DE POLI (L-ÁCIDO LÁCTICO) (PLLA) PARA REPARO ÓSSEO	
Bárbara Etruri Ciocca	
DOI 10.22533/at.ed.4491904043	
CAPÍTULO 4	32
ESTUDO DO POTENCIAL MICROBIOLÓGICO DE NANOCRISTAIS HÍBRIDOS DE ZnO DOPADOS COM AgO	
Ellen Quirino de Sousa Lucas do Nascimento Tavares Caio César Dias Resende Lorraine Braga Ferreira Carlos José Soares Anielle Christine Almeida Silva Luís Ricardo Goulart Filho Letícia de Souza Castro Filice	
DOI 10.22533/at.ed.4491904044	
CAPÍTULO 5	42
PROCESSAMENTO DE LIGAS Mg-Zn-Ca PARA USO EM IMPLANTES CIRÚRGICOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE METALURGIA DO PÓ	
Jorge Alberto de Medeiros Carvalho José Adilson Castro Alexandre Antunes Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.4491904045	

CAPÍTULO 6 54

“VIABILIDADE DO USO DE CASCAS DE OVOS NA SÍNTESE DA HIDROXIAPATITA UTILIZANDO O MÉTODO SOL-GEL

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904046

CAPÍTULO 7 63

ESTUDO DA VELOCIDADE DE ADIÇÃO DOS REAGENTES NA SÍNTESE DE HIDROXIAPATITA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCAS DE OVOS DE GALINHA COMO PRECURSORES

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904047

CAPÍTULO 8 70

MEDIDAS DE MICRODUREZA VICKERS EM HIDROXIAPATITA SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO A CASCA DO OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marilza Sampaio Aguilar
José Brant de Campos
Marcelo Vitor Ferreira Machado
Francisco José Moura
Suzana Bottega Peripolli
Vitor Santos Ramos
Adilson Claudio Quizunda
Marla Karolyne dos Santos Horta

DOI 10.22533/at.ed.4491904048

CAPÍTULO 9 86

ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DE CORROSÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS ÀS AÇÕES DE CLORETOS E DE CARBONATAÇÃO

Wanessa Souza de Lima
Marcelo Lima Silva
Fuad Carlos Zarzar Júnior
Romilde Almeida de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.4491904049

CAPÍTULO 10 105

ANÁLISE DA CORROSÃO DE BARRAS NO CONCRETO ARMADO E PREVISÃO DE VIDA ÚTIL POR MEIO DE MODELO COMPUTACIONAL

Wanessa Souza de Lima
Romilde Almeida de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.44919040410

CAPÍTULO 11	124
ARGAMASSAS DE REJUNTE EXPOSTAS AOS CICLOS DE MOLHAGEM E SECAGEM	
Valéria Costa de Oliveira Emílio Gabriel Freire dos Santos Rafael Alves de Oliveira Júlia Silva Maia	
DOI 10.22533/at.ed.44919040411	
CAPÍTULO 12	136
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD) QUANDO SUBMETIDO A TEMPERATURAS ELEVADAS	
Klayne Kattiley dos Santos Silva Amâncio da Cruz Filgueira Filho Emerson Fernandes da Silva Alves Fernando Artur Nogueira Silva	
DOI 10.22533/at.ed.44919040413	
CAPÍTULO 13	151
COMPORTAMENTO DO CONCRETO EM RELAÇÃO AO ATAQUE QUÍMICO POR SULFATOS	
Amanda Gabriela Dias Maranhão Fuad Carlos Zarzar Júnior Romilde Almeida de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040414	
CAPÍTULO 14	162
DURABILIDADE DE ESTRUTURAS CIMENTÍCIAS SUBMETIDAS A ATAQUES DE ÍONS SULFATOS	
Artur Buarque Luna Silva Fuad Carlos Zarzar Júnior Romilde Almeida de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040415	
CAPÍTULO 15	170
SUGARCANE BAGASSE ASH INTO SILICON PRODUCTS	
Angel Fidel Vilche Pena Agda Eunice de Souza Silvio Rainho Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.44919040416	
CAPÍTULO 16	177
ENSAIO NÃO DESTRUTIVO BASEADO NA INTERAÇÃO DE LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO PARA O ACOMPANHAMENTO DA PERDA DE MASSA EM MATERIAIS METÁLICOS	
David Domingos Soares da Silva Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior Alysson Domingos Silvestre	
DOI 10.22533/at.ed.44919040417	
CAPÍTULO 17	183
ANÁLISE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL OFF-GRID NA ZONA URBANA DE FORTALEZA-CE	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva Cauli Guray Melo Freitas Fellipe Souto Soares Douglas Aurélio Carvalho Costa	

Obed Leite Vieira

DOI 10.22533/at.ed.44919040418

CAPÍTULO 18 197

RECREIAÇÃO DO EXPERIMENTO DE HERTZ

Camila Alice Silva Santos

Cláudia Timóteo de Oliveira Rufino

Denikson Figueiredo de Vasconcelos

Ericveiber Lima Dias Clemente

Gustavo Henrique Mathias de Lima

DOI 10.22533/at.ed.44919040419

CAPÍTULO 19 205

UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM PARA CONTROLE DO NÍVEL DE PLANICIDADE DE UM ITEM SOLDADO UTILIZADO EM UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA

Alex Sandro Fausto dos Santos

Eduardo Carlos Mota

DOI 10.22533/at.ed.44919040420

SOBRE A ORGANIZADORA..... 219

UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE SOLDAGEM PARA CONTROLE DO NÍVEL DE PLANICIDADE DE UM ITEM SOLDADO UTILIZADO EM UM EQUIPAMENTO AGRÍCOLA

Alex Sandro Fausto dos Santos

Faculdades Senai Nadir Dias de Figueiredo, São Paulo.

Eduardo Carlos Mota

Faculdades Senai Nadir Dias de Figueiredo, São Paulo.

RESUMO: Com a competitividade cada vez mais acirrada entre as indústrias é constante a busca das empresas pela redução de custos de fabricação e pelo aumento de produtividade buscando a redução dos tempos de fabricação de seus produtos, redução do índice de não conformidades, otimização em seus processos internos de fabricação, entrega dos produtos na data programada e conseqüentemente a satisfação do seu cliente final. Além de manter a produção atual é comum que as empresas busquem novos produtos para aumentar o seu portfólio de fabricação, o estudo de caso deste trabalho mostra um desenvolvimento feito para atender a demanda de fabricação de um novo item no qual foi proposta desenvolver uma seqüência de soldagem que seja possível controlar o nível de planicidade para os níveis aceitáveis e que não tenham interferência durante a montagem do produto na linha de produção.

PALAVRAS CHAVE: Produtividade, Seqüência de soldagem, Processo de soldagem MAG.

INTRODUÇÃO

É constante a busca das empresas pelo ganho de produtividade, isto para atender a demanda de mercado é exigido cada vez mais que seus fornecedores sejam capazes de fornecer produtos com qualidades que atendam às exigências dos projetos, gerando assim uma melhoria constante nos processos de fabricação e conseqüentemente em toda a cadeia de fornecedores e clientes, que estão envolvidos em um processo produtivo.

Esta exigência se dá devido a necessidade de mercado pois a competitividade é cada vez mais acirrada no qual os clientes finais buscam além da qualidade do produto, preço competitivo e prazo de entrega, este que só será possível se todos os envolvidos no processo cumprirem os seus prazos determinados com eficiência e eficácia necessária para que sejam possíveis alcançar um resultado satisfatório.

Tendo em vista esta necessidade de mercado o presente trabalho visa mostrar o desenvolvimento que foi realizado em uma empresa fabricante de um item para montagem de tratores que passou a fornecer um novo item para o seu principal cliente porém é preciso atentar que entre os critérios exigidos de qualidade, o produto tem que manter um limite de planicidade que após a soldagem não

interfira na montagem final do produto na linha de produção, para isto foi desenvolvido um novo sistema de soldagem do item que garantisse o limite especificado no desenho do produto, após o desenvolvimento deste trabalho foi proposto um desvio para fornecimento do item com o nível de planicidade acima do especificado no projeto de fabricação porém dentro dos limites aceitáveis para montagem no produto final.

PROBLEMA

Uma empresa fabricante de itens soldados no qual tem o seu fornecimento para o segmento agrícola passou a fornecer um novo item que é utilizado para montagem de cabines de tratores para um cliente multinacional do segmento agrícola. Este mesmo item também era fabricado em uma empresa concorrente.

No início o item foi fornecido também em paralelo por um determinado período por uma empresa concorrente, e que gradativamente perdeu a produção do item no qual após a fase experimental a empresa atual passou a fornecer 100% do item. Durante a fase de desenvolvimento foram levantadas informalmente informações sobre o processo de fabricação do produto feito no concorrente, um dos pontos críticos do item era o sistema de desempenho que era utilizado pelo concorrente no qual se dava através da calibração do item feita em uma prensa após o processo de soldagem, visando garantir que o empenamento final não interferisse na montagem do trator na linha de produção, este que era um dos principais problemas de qualidade.

Analisando a peça em toda a sua estrutura foi desenvolvido um sistema de controle de planicidade através da sequência de soldagem, para que fosse possível chegar a uma conclusão foram feitos vários experimentos internos e várias visitas na linha de produção do cliente e as variáveis que afetavam a montagem final do produto, tendo em vista que são vários fornecedores de peças soldadas que são montadas no conjunto final na linha de produção do cliente.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo principal garantir a montagem do item soldado na linha de produção evitando parada de linha no cliente final e custos de retrabalho, atender o limite especificado de planicidade do item solicitado em desenho de 3mm e caso não seja possível atender à exigência do projeto propor ao cliente um desvio ou alteração do limite de empenamento isto baseado em teste realizados durante a soldagem do item produção, isto através do desenvolvimento de uma sequência de soldagem e padronização da soldagem e propor um limite de aceitação de planicidade no qual possa ser solicitado ao cliente que conceda um desvio para

fornecimento do item soldado, isto sem comprometer o desenvolvimento do produto em campo, garantindo assim que todas as variáveis de soldagem possam atender as especificações do projeto.

O metal base utilizado é o ASTM A 572 GR – 50 com espessura de 12,7mm e ASTM A 516 GR 70 com espessura de 75mm, o processo de soldagem é o processo *GAWW*.

ESTUDO DE CASO

Visando o aumento em seu portfólio uma empresa fabricante de equipamentos para a indústria agrícola passou a fornecer um novo item soldado que é utilizado na montagem de cabines para tratores de uma multinacional fabricante de equipamentos agrícolas.

Todas as etapas de fabricação são feitas internamente sendo terceirizada apenas a operação de pintura, o item é fabricado com a utilização do aço ASTM A 572 GR em toda a sua estrutura e o aço ASTM A516 nos blocos, a soldagem é feita praticamente em todo o contorno da peça tendo em comprimento total de 8.500 mm de solda sendo praticamente 7.960mm de solda com a dimensão da perna de solda de 8 mm e 540 mm com a dimensão da perna de soldagem de 5mm.

DISPOSITIVO DE SOLDAGEM

Para montagem do item foi fabricado juntamente com um fornecedor externo um dispositivo de montagem e soldagem, os pontos principais que foram estudados foram os travamentos das peças, tendo em vista que por se tratar de uma operação manual o dispositivo deveria garantir a qualidade e atender a demanda de produção, possibilitando o menor nível possível de movimentação do soldador através de uma quantidade menor possível de grampos de fixação ou travas para montagem do item.

SEQUÊNCIA DE MONTAGEM

Após vários experimentos e levantamentos de tempos foi desenvolvida uma folha de métodos para padronizar a sequência de montagem do item, isto para evitar que a metodologia de montagem ficasse apenas por conta da experiência do soldador e também para padronizar a seqüência de montagem, para definição desta seqüência foram levadas em considerações aspectos como movimentação do soldador e do operador, layout do box de trabalho, abastecimento de materiais e travamento do item isto que para alguns componentes é feito a operação de ponteamento antes do início da soldagem visando minimizar o nível de empenamento.

Visando garantir a qualidade da soldagem, bem como padronizar os parâmetros

utilizados foi feita a qualificação do procedimento de soldagem e dos soldadores envolvidos na soldagem do produto, o objetivo era garantir a eficácia da solda além de manter arquivado dados sobre a soldagem do piso grade, isto devido ao fato de que as visitas de acompanhamento do cliente durante a fase inicial do projeto eram constantes e sempre eram solicitadas dados documentos e relatórios de ensaios relacionados a soldagem do produto, todas os itens analisados eram baseados nas normas de fabricação que foram enviadas pelo cliente.

O procedimento de soldagem foi qualificado conforme a norma AWS D1.1 / M2010, o ensaio de qualificação foi o de macrografia isto pelo fato das juntas soldadas do item serem juntas em ângulo T e Sobreposta e estarem de acordo com a norma do cliente.

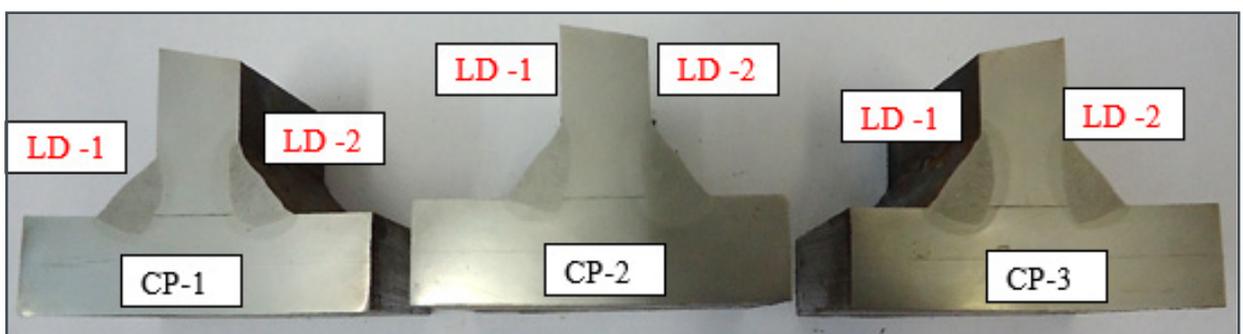


Figura: Corpo de prova após preparação

QUALIFICAÇÃO DO SOLDADOR

As qualificações de todos os soldadores são feitas pelo ensaio de fratura conforme a norma AWS D1. 1/M2010, o escopo do corpo de prova do soldador é mostrado na figura abaixo, para isto foi criado um procedimento de qualificação e de contratação de soldadores.

A validade da qualificação dos soldadores é feita semestralmente, e para os soldadores iniciantes a empresa se reserva ao direito de qualificar os seus soldadores com período de até 90 dias que é quando passa o período de experiência do soldador, durante este período os soldadores só podem soldar itens considerados de baixa complexidade, para isto foi relacionado em lista técnica e fornecido para os líderes de produção.

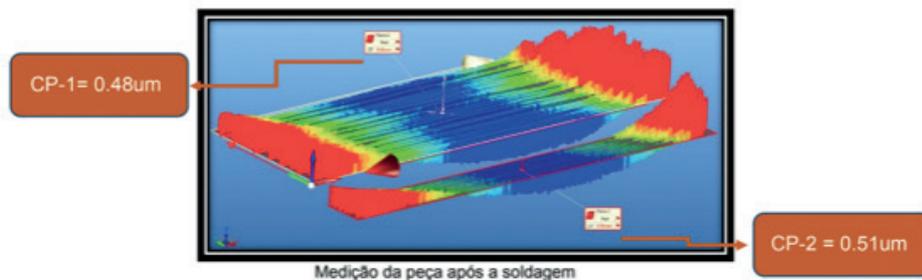
SOLDAGEM DO ITEM

Durante o processo de desenvolvimento da seqüência de soldagem do item alguns pontos foram levados em consideração isto para conciliar o tempo de produção e a qualidade do produto, pontos como o tempo de soldagem, movimentação do soldador para deposição do cordão de soldagem, abastecimento de materiais próximos a

região do dispositivo, são pontos importantes que causam impacto direto na produção diária tendo em vista que a demanda de produção mensal do item gira em torno de 160 peças uma média mensal de 8 peças diárias que são fabricadas em três turnos. Durante a soldagem do item era anotado a sequência de soldagem e em seguida feito as medições, com o resultado do relatório de medição era feito um novo estudo traçado uma nova sequência e feito a medição novamente, um agravante era que este desenvolvimento foi feito juntamente com a produção do item, pois era preciso garantir a entrega dos produtos e evitar a parada de linha do cliente e conseqüentemente muitas por atraso, por se tratar de novo item e considerando o critério de qualidade exigido pelo cliente foi acertado um período experimental entre cliente e fornecedor. Após vários experimentos realizados percebeu-se uma melhora no nível de empenamento e uma estabilização dos resultados isto depois de ser adotado a seqüência de soldagem com a deposição de cordões do centro da junta para fora e sempre com cordões cruzados e intercalados próximos uns dos outros, isto para evitar a soldagem em regiões a temperatura ambiente e consideradas frias, pelo fato que devido à dimensão da peça não era feito um pré-aquecimento antes da operação de soldagem. Com a exploração do equipamento conhecido como braço, foram soldados alguns corpos de prova e anotados todos os parâmetros utilizados, o objetivo era visualizar o item antes e depois da soldagem, percebeu-se após algumas peças que foram medidas estavam côncavas e que após a soldagem as peças sofriam um abaulamento conforme mostrado nas ilustrações abaixo. A seguir são mostrados nas figuras 40, 41 corpos de prova que foram medidos antes da soldagem e após a soldagem e a variação encontrada após a deposição do calor. Abaixo mostra um modelo do corpo de prova soldado nas mesmas condições do item, com as dimensões de 12,7 x 150 x 320 mm, na mesma posição de soldagem e com os mesmos parâmetros, o objetivo é simular a situação real de soldagem, para ter uma visão do empenamento causado após a soldagem.



Figura: Corpo de prova para medição
Medição da peça apenas ponteadada



Fonte: Braço de medição tridimensional

	Na medida nominal
	Acima da tolerância
	Fora da nominal mas dentro da tolerância (+)
	Fora da tolerância
	Fora da nominal mas dentro da tolerância (-)

Figura: Guia auxiliar para análise dos resultados de medição

Com algumas medições feitas antes da soldagem foi constatado que a peça estava convexa região demonstrada através da cor vermelha e após a soldagem acontecia um efeito de abaulamento causando uma contração angular.

Os resultados encontrados durante os experimentos serviram para se ter uma base de como o item ficaria após soldado isto com os parâmetros de soldagem já pré definidos, foram levados em consideração todas as variáveis entre soldar o corpo de prova e soldar o item no dispositivo. Um dos pontos importantes destes experimentos que foram feitos é que em todos os corpos de provas que foram medidos apresentaram um abaulamento após a soldagem o que conforme mencionado na literatura é comum para juntas em ângulo. Através dos resultados encontrados com a soldagem dos corpos de prova conseguiu-se entender algumas variações que aconteciam na peça soldada, o mesmo efeito de abaulamento do centro da peça e conseqüentemente um aumento das cotas relacionadas a planicidade das pontas e o centro.

Após algumas análises feitas determinou-se uma pré-deformação na peça que deveria ser feita em um ponto determinado, a medida da pré-deformação foi conseguida através de vários experimentos feitos durante o processo de acompanhamento do item, o ponto correto em que a deformação deveria acontecer e a seqüência de soldagem utilizada foram disponibilizadas através da elaboração de um mapa de soldagem, que foi disponibilizado aos soldadores bem como juntamente com treinamentos.

Após a deformação feita no item foi melhorado significativamente o nível de empenamento conforme medições realizadas.

É difícil prever o quanto um item pode sofrer distorções durante a soldagem, principalmente quando passa por várias etapas anteriores como corte do metal base no processo laser, transporte feito por empilhadeiras e armazenamento das chapas em um cavalete até a operação e transporte final feito por uma talha para montagem no

dispositivo. Foram feitas algumas medições com a peça apenas pontuada, isto para ter como base o nível que se encontrava a planicidade, a figura abaixo ilustra o nível de empenamento antes da soldagem, através dos relatórios apresentados é possível verificar a variação que já existe no item mesmo antes da operação de soldagem, conforme mencionado anteriormente esta é uma deformação prevista devido as várias etapas do processo de fabricação que antecede a etapa de soldagem e, até mesmo outras etapas com o transporte feito para a pintura e a entrega do cliente final que é feita por vias terrestre, apesar do item possuir uma embalagem especial para o seu armazenamento durante o transporte.

Plano 16 - PLANICIDADE							Leituras:30.
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol	
Planicidade	7,39mm		7,39mm	0,00mm	3,00mm	4,39mm	

Plano 16 - PLANICIDADE							Leituras:30.
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol	
Planicidade	5,11mm		5,11mm	0,00mm	3,00mm	2,11mm	

Plano 16 - PLANICIDADE							Leituras:30.
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol	
Planicidade	2,81mm		2,81mm	0,00mm	3,00mm	0,00mm	

Dados da medição tridimensional da peça pontuada

Conforme mostrado tabela acima já existe a variação no empenamento do item, pelas medições que foram feitas as peças estavam sempre com variação na planicidade e sempre convexa, baseado nesta análise foi feita a pré-deformação do item, isto devido ao efeito do abaulamento causado pela soldagem. As mesmas peças foram medidas antes e depois da soldagem, este experimento serviu também como análise para uma avaliação de seqüência de soldagem que estava sendo utilizada, conforma mostrado na tabela abaixo os resultados encontrados.

Plano 16 - PLANICIDADE							Leituras:30.
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol	
Planicidade	7,39mm		7,39mm	0,00mm	3,00mm	4,39mm	

Cota 06							Leituras:30.
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol	
Planicidade	4,34mm		4,34mm	0,00mm	3,00mm	1,34mm	

Figura: Dados da medição comparativa após a soldagem

A figura mostra a variação de empenamento após a peça soldada utilizando a seqüência que estava sendo testado, o resultado final foi diferença de 3,05mm na

redução do nível de empenamento.

Na figura abaixo mais um exemplo de medição após a soldagem da peça.

Plano 16 - PLANICIDADE		Leituras:30.				
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol
Planicidade	2.81mm		2.81mm	0,00mm	3,00mm	0,00mm

Cota 06		Leituras:30.				
	Encontrado	Especificado	Desvio	Tol mín	Tol máx	Fora Tol
Planicidade	3.77mm		3.77mm	0,00mm	3,00mm	0,77mm

Figura: Medição comparativa após a soldagem

Conforme mostrado na tabela acima, o item em sua forma original estava dentro da tolerância máxima exigida do limite de planicidade e após a soldagem não conseguiu manter o limite de aprovação, porém não houve muita variação no limite de empenamento do item.

Com uma seqüência de soldagem padronizada, e com a medição diária dos produtos foi possível observar o quanto havia de variação no nível de planicidade do item, outro ponto que ficou claro com as medições diárias foram que algumas peças do dispositivo precisavam ser trocadas pois não estavam suportando o calor gerado na soldagem e a contração que a peça causava no dispositivo, chegou-se a esta conclusão devido a algumas variações observadas após as medições diárias.

As tabelas abaixo mostram os resultados das medições feitas nos últimos sete meses e que serão mostrados na seqüência no gráfico -1.

Data	Planicidade (mm)	Data	Planicidade (mm)	Data	Planicidade (mm)		
04/fev	3,85	05/mar	7,96	01/abr	5,49		
05/fev	5,78	06/mar	3,74	02/abr	6,78		
06/fev	4,88	07/mar	4,15	03/abr	5,48		
07/fev	4,62	08/mar	7,02	04/abr	10,02		
08/fev	4	10/mar	4,83	05/abr	4,58		
10/fev	9,36	11/mar	3	11/abr	4,65		
11/fev	5,48	12/mar	4,73	13/abr	6,33		
12/fev	5,25	13/mar	5,65	15/abr	3,38		
13/fev	4,95	14/mar	5,35	16/abr	5,02		
14/fev	5,64	15/mar	4,67	22/abr	5,8		
15/fev	3,86	17/mar	3,36	Média das medições= 5,7			
17/fev	6,62	18/mar	7,25				
18/fev	7,32	19/mar	8,38				
19/fev	5,12	20/mar	6,05				
20/fev	7,59	21/mar	2,97				
21/fev	5,59	22/mar	4,18				
22/fev	8,84	Média das medições = 5,2				Desvio Padrão das medições = 1,77	
24/fev	6,01						
25/fev	5,35						
26/fev	4,62						
27/fev	6,19	Desvio Padrão das medições = 1,71					
28/fev	4,27						
Média das medições= 5,6							
Desvio Padrão das medições = 1,49							

Figura: Dados da planicidade de fevereiro a abril

Data	Planicidade (mm)	Data	Planicidade (mm)	Data	Planicidade (mm)	Data	Planicidade (mm)
06/mai	6,21	05/jun	6,63	02/jul	5,37	01/ago	5,78
12/mai	7,96	06/jun	6,04	07/jul	5,33	05/ago	5,59
22/mai	4,17	09/jun	6,56	11/jul	5,84	06/ago	6,1
26/mai	5,97	10/jun	6,33	22/jul	5,3	07/ago	5,97
Média das medições = 6,0		11/jun	5,03	22/jul	4,09	08/ago	5,82
		13/jun	4,42	23/jul	4,34	Média das medições = 5,8	
		18/jun	3,29	24/jul	3,77		
		23/jun	3,8	29/jul	5,91		
		25/jun	4,48	31/jul	5,17		
Desvio padrão das medições = 1,55		26/jun	4,62	Média as medições = 5,0		Desvio padrão das medições = 0,19	
		27/jun	3,74	Desvio padrão das medições = 0,76			
		30/jun	5,25				
		Média das medições= 5,0					
	Desvio padrão das medições = 1,15						

Figura: Dados da planicidade de maio a agosto

O gráfico resume os resultados de planicidade nos últimos meses.

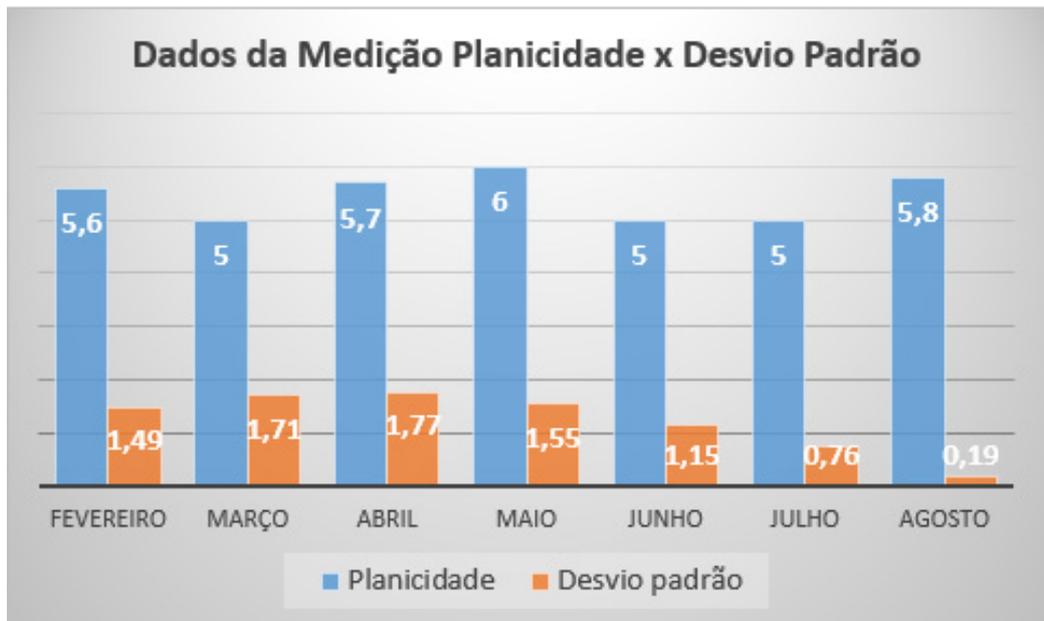


Figura: Dados da planicidade

De acordo com os resultados dos relatórios a média de empenamento do item estava abaixo dos 6mm ou seja 3mm acima do especificado no desenho de fabricação do item, quando era detectado um limite de empenamento acima dos 6 mm geralmente era a causa por problemas ocasionados no dispositivo de soldagem como vazamento das mangueiras de ar, sistema de pistão não estava garantindo o travamento das peças outro ponto observado também era que por se tratar de um novo item o soldador algumas vezes esquecia a sequência de soldagem ou não fazia o travamento de todos os grampos.

VISITA AO CLIENTE

Com a mudança de gestão no setor da qualidade de produto do cliente ficou definido dentre algumas exigências a medição diária dos pisos feita pela fabricante e envio mensal dos relatórios de medição, no qual foram constatados um limite médio de empenamento de 6mm, dentre os acompanhamentos feitos pelos inspetores de qualidade da fabricante e pelos setores de engenharia de produto e processo verificou-se que o maior nível de empenamento estava na contra peça no qual o produto é montado e que é, fornecido por um fornecedor concorrente, percebeu-se que produtos com até 8 mm de empenamento eram montados mesmo que com uma certa dificuldade, com base nos resultados dos relatórios em mãos foi proposto para o cliente um desvio no qual o limite máximo de empenamento passaria de 3 mm para 6 mm, pois por todas as dificuldades encontradas e as variáveis durante o processo de fabricação foi sugerido ao cliente a reavaliação da solicitação de um limite máximo de 3 mm tendo em vista que não causava um impacto significativo na linha de produção durante a montagem do piso conforme constatado na linha de produção do cliente.

Foi aceito então o pedido de desvio feito pela fabricante ao cliente e autorizado o fornecimento do item com 6mm máximo de empenamento, porém algumas exigências foram feitas pelo cliente para garantir esta planicidade, como medições diárias, manutenção trimenstral do dispositivo de soldagem, envio semanal dos relatórios de medição para o cliente.

Visando garantir a qualidade da soldagem são realizados ensaios constantes, tantos visuais quanto destrutivos, isto para garantir sempre a menor deposição de soldagem dentro especificado pois este causa impacto direto na deposição de calor e conseqüentemente o nível de calor depositado influenciadndo diretamente no controle do *Heat input*.



<i>Perna</i>	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
Lado 1	8,3 mm	9,2 mm
Lado 2	8,3 mm	8,9 mm

Profundidade de penetração conforme tabela abaixo:

<i>Lado</i>	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
Lado 1	1,3 mm	1,8 mm
Lado 2	1,7 mm	0,7 mm

Figura: Ensaio de macrografia

Analisando alguns dados encontrados nas dimensões das pernas de soldagem conclui-se a variação que existe das dimensões da perna horizontal é geralmente menor que a perna vertical e as duas pernas estão dentro do especificado em projeto que é de 8 mm isto considerando a tolerância exigida pela norma do cliente o objetivo é manter sempre perna de soldagem dentro do especificado. Outro ponto analisado com base nos resultados é a profundidade de penetração da solda na perna vertical geralmente é menor que a penetração na perna horizontal, apesar das pernas não terem as mesmas dimensões o soldador consegue controlar a velocidade de soldagem tendo apenas variação no ângulo de ataque da tocha de soldagem.

Todos os resultados dos ensaios são apresentados para os soldadores, tendo em vista que está variação nas pernas de soldagem são frequentes nos relatórios de macrografias que são realizados.

Foram realizados ensaios no metal base, os critérios de aceitação são conforme requisitos da norma do cliente, abaixo alguns resultados de ensaios de charpy, químico e de tração.

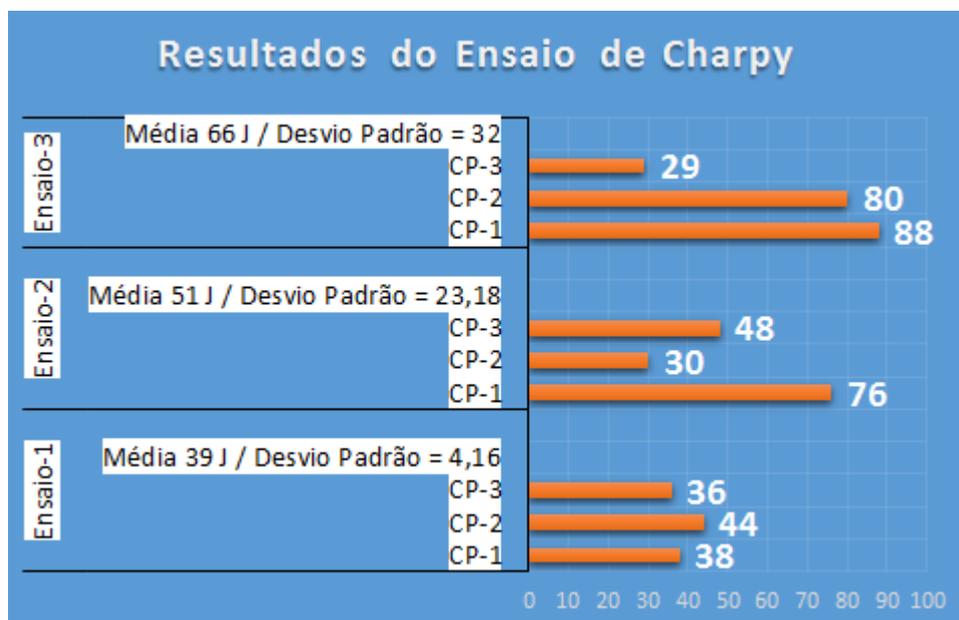


Figura: Resultados resumido dos ensaios de charpy

ANÁLISE QUÍMICA (% EM MASSA):

Elementos	C	Si	Mn	P	S	Cr
Obtido	0,15	0,25	1,17	0,016	0,011	0,02

Elementos	Ni	Mo	Al	Cu	B	Fe
Obtido	0,03	0,02	0,028	0,017	ND	BASE

Nota 3: A composição química atende ao especificado na norma ASTM A572/A572M-13a – Grau 50.

EQUIPAMENTO: ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO ÓPTICA ESPECTROMAXX	ND= NÃO DETECTADO / NA= NÃO ANALISADO
CONDIÇÕES AMBIENTAIS: TEMPERATURA: 22°C / UMIDADE: 50%	DATA DA REALIZAÇÃO DA(S) ANÁLISE(S)/ENSAIO(S): 22/10/2014

Figura: Resultado de análise química aço ASTM A 572 GR 50

ENSAIO DE TRACÃO:

PROPRIEDADES MECÂNICAS	RESULTADOS OBTIDOS	ESPECIFICADO
Limite de Resistência (LR)	540 MPa	450 Mpa min.
Limite de Escoamento (LE)	388 MPa	345 Mpa min.
Alongamento (AL) L ₀ =35	27,0%	21,0% min.

Nota 1: Ø do corpo de prova 8,69mm.

Figura: Resultado do ensaio de tração do aço ASTM A 572 GR 50

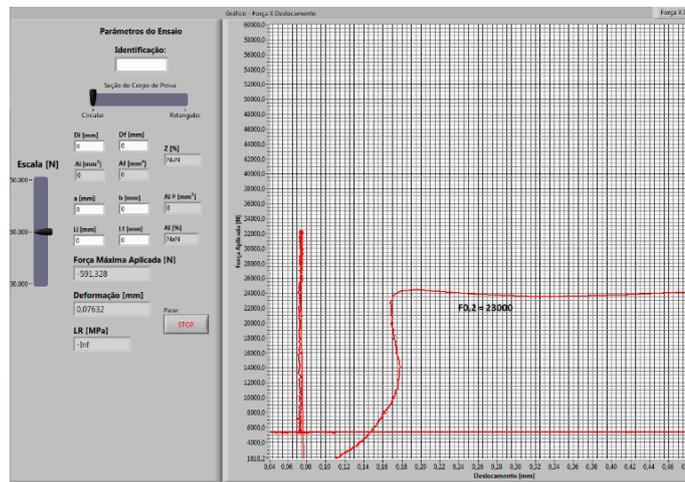


Figura: Tensão x deformação do aço ASTM A 572 GR 50

ANÁLISE QUÍMICA (% EM MASSA):

Elementos	C	Si	Mn	P	S	Cr
Obtido	0,14	0,29	1,20	0,018	0,017	0,03

Elementos	Ni	Mo	Al	Cu	B	Fe
Obtido	0,01	0,01	0,035	0,026	ND	BASE

Especificado ASTM A516/516M						
GRAU	Elementos					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
55	0,22 máx.	0,13-0,45	0,55-1,30	0,035 máx.	0,035 máx.	---
60	0,25 máx.		0,79-1,30			
65	0,28 máx.					
70	0,30 máx.					

Nota 1: Os elementos Ni, Mo, Al, Cu e B não são controlados pela norma ASTM A516/ A516M-10.

Nota 2: A composição química atende ao especificado na norma A516/ A516M-10 – Graus 55/60/65/70.

Figura: Resultado de análise química do aço ASTM A 516 GR 55

CONCLUSÃO

Através dos vários experimentos feitos no qual foram testadas e avaliadas várias sequências de soldagem utilizando os conceitos de intercalar os cordões de solda, balanceando assim o calor depositado na peça foi possível atingir o objetivo deste trabalho que se não fosse possível manter o nível de planicidade solicitado no projeto do item seria de propor com base nos experimentos realizados um nível de planicidade que não interferisse a montagem do piso no produto final na linha de produção. O projeto inicial solicitava um nível de empenamento de 3mm após a conclusão dos testes realizados foi solicitado junto ao cliente um desvio para aceitação com o nível de 6mm tendo em vista que o processo de fabricação das peças antes da soldagem já tinha variações com limite acima do aceitável no projeto além da variação da cabine de montagem conforme mostrado no trabalho.

Após o acompanhamento do processo de fabricação do piso e da montagem na

linha de produção do cliente ficou comprovado que a variação de 3mm na planicidade não seria crítica e não causaria problemas de qualidade do produto nas operações em campo. A seqüência de soldagem desenvolvida durante a fase inicial de fornecimento do item foi crucial para alcançar a proposta de fornecimento do item evitando assim problemas de fornecimento como qualidade do item, prazo de entrega e aumento no custo de fabricação do produto. Passou-se a se fazer diariamente a medição do item além do acompanhamento do inspetor de qualidade junto ao soldador para garantir que todas das variáveis para soldagem do piso sejam seguidas.

Um ponto importante de garantir o fornecimento do item com qualidade foi a confiabilidade que o cliente passou a ter, pois este item trata-se de um item considerado de alto nível de segurança e só podem ser fornecidos por fornecedores selecionados.

REFERÊNCIAS

AWS - American Welding Society: **Structural Welding Code-Steel**, D1.1 / D1.1 M:2010.

FORTES, C. **Soldagem MIG/MAG** – traduzido e adaptado, ESAB. Agosto,2004.

MODENESI, P. J. **Descontinuidades e Inspeção em Juntas Soldadas**. Soldagem, Belo Horizonte, novembro 2001.

MODENESI, P.J” **Efeitos mecânicos do ciclo térmico**”, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, UFMG,2001.

MARQUES, P. V.; MODENESI, J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MODENESI, P.J. **Introdução à Física do Arco Elétrico**: Belo Horizonte: UFMG, 2005.

MODENESI, P. J. **Fontes de Energia para a Soldagem a Arco**. UFMG. Belo Horizonte, p. 37. 2009.

QUITES, A. M. **Introdução à Soldagem a Arco Voltaico**. 1. ed. [S.l.]: SOLDASOFT, 2002.

SARAIVA, MANUEL,2007. “Apostila do curso de Inspetor de Soldagem”, Cetre do Brasil.

SENAI –SP. **Soldagem**.Org.Selma Ziedas e Ivaniza Tatini. São Paulo, 1997.

SOBRE A ORGANIZADORA

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-244-9

