Projeto Modelagem Bifocal: Buscando Melhorias no Processo de Soldagem Utilizando Arame Tubular

Maria V.M.L.Galm (UNIVALI) veronicamgalm@hotmail.com.
Peter J.R. Hachmann (UNIVALI) peter_hachmann@hotmail.com
Victor de Souza Ribeiro (UNIVALI) victorsouza53@hotmail.com
Simone Cavenati (UNIVALI) cavenati.simone3@gmail.com

Resumo:
A região das cidades de Itajaí e Navegantes, Santa Catarina (SC), destaca-se no segmento da construção naval, sendo referência no cenário nacional. Ao longo das últimas décadas, vários estaleiros e empresas especializadas na construção de navios de apoio às atividades *off shore* instalaram-se nos municípios, produzindo embarcações que demandam de uma grande quantidade de processos de fusão, sendo responsável pela união de peças metálicas, conforme estudos realizados por Santiago (2012) cerca de 4% do peso de um navio é oriundo de material depositado por vários tipos de processo de soldagem. Mundialmente um dos maiores processos utilizados pela grande deposição de material é a soldagem a Arco com Eletrodo Tubular (Gas Metal Arc Welding - GMAW). Dessa forma, quem trabalha no processo de soldagem tem conhecimento do quanto é importante ter uma boa solda para garantir um bom funcionamento técnico e econômico do produto. O objetivo da pesquisa é criar um modelo computacional que consiga avaliar o processo de soldagem, na deposição do arame tubular em chapas de aço, através do programa NetLogo. De modo a desenvolver este trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa com o objetivo exploratório e descritivo, tendo dados coletados em um estaleiro de Itajaí (corpo de prova). A partir dos dados obtidos com o programa NetLogo gerou-se um resultado que foi então comparado aos resultados obtidos no estaleiro, de modo que essa análise se mostrou compatível com o modelo real, apresentando ao usuário as alterações encontradas na soldagem com variações na tensão do equipamento de solda.
Palavras chave: Soldagem, GMAW, NetLogo, Modelagem.

Bifocal Modeling Project: Looking for Improvements in the Welding Process Using Tubular Wire

Abstract
The region of the cities of Itajaí and Navegantes, Santa Catarina (SC), stands out in the shipbuilding segment, being a reference in the national scenario. Over the last decades, several shipyards and companies specialized in the construction of vessels to support the offshore activities have settled in the municipalities, producing vessels that demand a great amount of fusion processes, being responsible for the union of metallic pieces, according to with studies conducted by Santiago (2012) about 4% of the weight of a ship comes from material deposited by various types of welding process. Worldwide, one of the largest processes used for large material deposition is GMAW (Arc Welding with Gas Metal Arc Welding). In this way, those who work in the welding process are aware of how important it is to have a good weld to ensure a good technical and economic operation of the product. The objective of the research is to create a computational model that can evaluate the welding process

in the deposition of the tubular wire in sheets of steel through the program NetLogo. In order to develop this work, a qualitative and quantitative bibliographic review was carried out, with an exploratory and descriptive objective, with data collected in a Itajaí shipyard (test specimen). From the data obtained with the NetLogo program, a result was generated that was then compared to the results obtained in the yard, so that this analysis was compatible with the real model, presenting to the user the alterations found in the welding with variations in the voltage of the Welding equipment.
Key-words: Welding, GMAW, NetLogo, Modeling.

1. Introdução

A simulação consiste em efetuar uma projeção de um modelo real, podendo realizar estudos virtuais com o intuito de melhorar a qualidade e eficiência do sistema real (PEGDEN,1979). Os integrantes que participam do estudo obtêm uma vasta experiência em cada simulação realizada, podendo utilizar informações de um modelo computacional em outro.

Sendo utilizada como uma técnica ou ferramenta, a simulação opera com a criação de modelos computacionais a partir de um modelo real, que tem como objetivo obter conhecimento do problema abordado, realizando analises do caso estudado e buscando resultados para a melhoria do projeto.

Hodiernamente a simulação computacional é essencial para qualquer empresa que tem como intuito a minimização de falhas, tanto na área operacional, que envolve os processos de um produto ou serviço, quanto na parte orçamentária, que visa obter uma alta receita mensal para a empresa e a economia de custos.

Aragão (2011) cita que para alguns autores importantes na área de modelagem computacional, Saliby (1989), Banks et al.(1996), Banks (2000), Pegden et al.(1979), Law & Kelton (2000), este tipo de técnica possui algumas vantagens e desvantagens, sendo algumas delas:

Vantagens:

- Modelos mais realistas;
- Facilidade de comunicação;
- Soluções rápidas;
- Grande flexibilidade.

Desvantagens:

- Treinamento especial;
- Dificuldade na interpretação de alguns resultados;
- Pode ser oneroso financeiramente e em relação a tempo.

A fim de garantir uma maior competitividade, buscando uma solução para a deposição de impurezas da atmosfera no processo de soldagem, e consequentemente, reduzir seus custos, as empresas viram a necessidade de criar um método de soldagem, chamado de arame tubular, parecido com o MIG/MAG, mas com a diferença que o arame utilizado possui no seu interior um fluxo, dando características que o diferem dos outros processos.

Esse fluxo acompanhado de uma proteção gasosa externa produz soldas com uma qualidade que não se encontra facilmente. O processo de soldagem com arame tubular possibilita a

deposição de material na junção de peças metálicas, por aquecimento com o arco elétrico, entre o arame e a peça trabalhada.

Deste modo, a simulação computacional se mostra eficiente para demonstrar o funcionamento do sistema antes de ser implementado, podendo assim o usuário fazer ajustes, buscando a melhoria do processo estudado. Por outro lado, a simulação precisa ser o mais real possível para se tornar viável, caso isso não ocorra, pode trazer prejuízos financeiros e de recursos.

Diante dessa proposta, o presente artigo tem por objetivo criar um projeto de modelagem bifocal utilizando o software de programação NetLogo, com o propósito de descrever o processo de soldagem com arco elétrico mostrando a sua deposição em uma chapa de metal, mudando a cor da solda de acordo com a tensão que passa pelo sistema, para representar se a tensão está baixa, acima ou dentro do padrão estabelecido.

2. Materiais e Métodos

A pesquisa realizada nesse presente trabalho fundamenta-se em análises de artigos e TCC's publicados em anais de Engenharia de Produção, como mostrado abaixo. Palavras chaves foram usadas a fim de buscar trabalhos mais relevantes de pesquisa, como por exemplo, Modelagem de sistema, Simulação computacional, Processo de soldagem e Programação NetLogo*:*

- SIMPEP
- AEBEPRO
- SCIENCEDIRECT
- IEEE XPLORE
- ACM DIGITAL LIBRARY
- GOOGLE ACADEMICO

A partir da pesquisa realizada, a simulação do modelo no NetLogo resultou ao usuário em uma experiência interessante, principalmente para os que trabalham na área, e de acordo com a tensão que passa pelo sistema, a solda se apresenta com cores diferentes, e para isso foi apresentado ao sistema três faixas de tensão.

As cores determinadas são: amarelo, quando a tensão está abaixo do padrão estabelecido pela empresa; preto, quando a tensão varia pelo padrão estabelecido; e alaranjado, quando a tensão está acima do permitido pela empresa.

Após avaliações na qualidade das soldas com arco elétrico, em um estaleiro localizado em Itajaí, verificou-se que o funcionamento do modelo real se dá a partir do momento em que o operador liga a máquina em uma fonte de energia capaz de gerar uma grande intensidade de corrente elétrica.

A corrente gerada passará por um controlador de tensão que levará a corrente até um controle de alimentação (cabeçote: regulando a bobina de arame e a saída de gás de proteção), que é conectado a um controle de pistola, e por fim saindo na pistola (FBTS, 2012). Devido a importância desse processo para o setor, notou-se a necessidade de elaboração da pesquisa para ajudar a trazer uma maior qualidade de solda, desligando a máquina se a corrente de tensão estiver fora dos padrões exigidos.

Para validar o projeto, foi criado um modelo computacional que representasse o mais próximo a soldagem real. Para que a simulação fosse realizada de acordo com o esperado, foram utilizados alguns parâmetros do mundo real para a execução de um aperfeiçoamento no processo de soldagem, diminuindo o retrabalho, e melhorando a qualidade das peças para que não possam se tornar problemas no futuro.

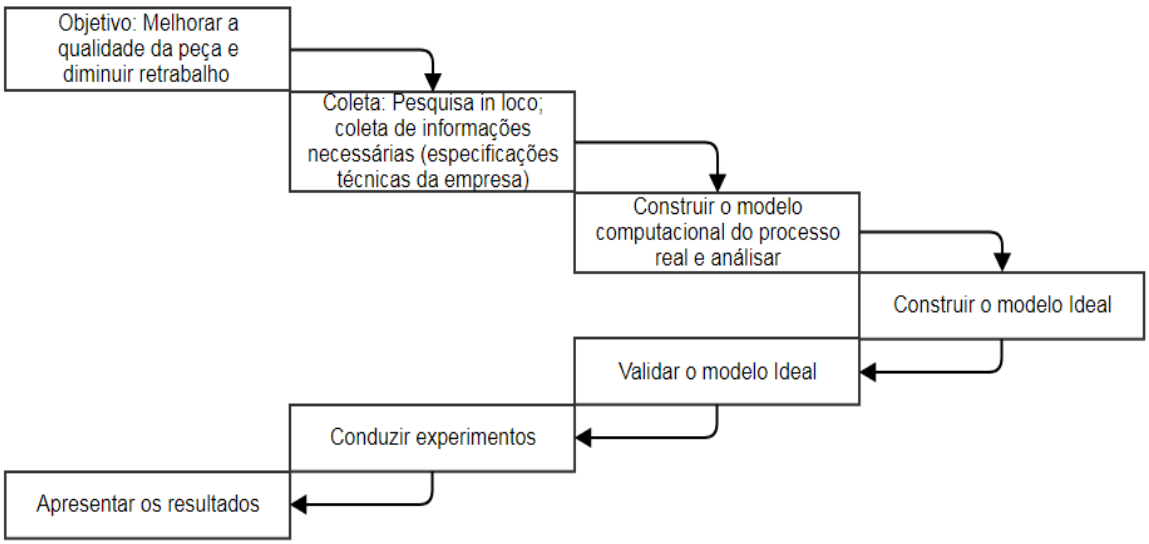


Figura 1 – Metodologia para a criação do modelo

A Figura 1 ilustra as etapas do projeto realizado, sendo que cada uma delas foi analisada com o intuito de realizar um processo de melhoria da soldagem com arco elétrico, visando à diminuição do retrabalho por peças soldadas errada e o aumento da qualidade da peça.

3. Resultados obtidos

Analisando os resultados obtidos com a simulação do sistema no programa NetLogo, no laboratório, e comparando com os resultados obtidos no modelo real no estaleiro estudado na região do Vale do Itajaí, é possível observar que o modelo simulado permite representar o comportamento de processos de soldagem, que usualmente são aplicados na indústria do segmento metalúrgico.

Atualmente, as máquinas utilizadas no processo de soldagem com arco elétrico não possuem um dispositivo capaz de desligar automaticamente o equipamento, ao detectar variação na tensão, acima ou abaixo, dos limites especificados pela empresa.

Durante o processo da modelagem computacional, foi desenvolvido, como primeira etapa, um procedimento real de soldagem por arco elétrico, onde durante a execução pode ocorrer falhas na peça devido à alteração da tensão, conforme descrito na Figura 2, onde as cores amarelo, preto e alaranjado significam, respectivamente: abaixo da tensão padrão; tensão dentro do padrão; acima da tensão padrão.

Os padrões definidos para o valor da tensão seguem as normas técnicas da ASTM (American Society for Testing and Materials, 2017), em que no projeto simulado, a tensão permitida varia entre 31 e 50 volts.

Conforme descrito já anteriormente, as cores simuladas no projeto representam se a tensão está abaixo (menor que 30 volts), no padrão (entre 31 e 50 volts), ou acima (maior que 51 volts) do valor estabelecido pela empresa. A Figura 2 representa essa mudança de cores durante a simulação.

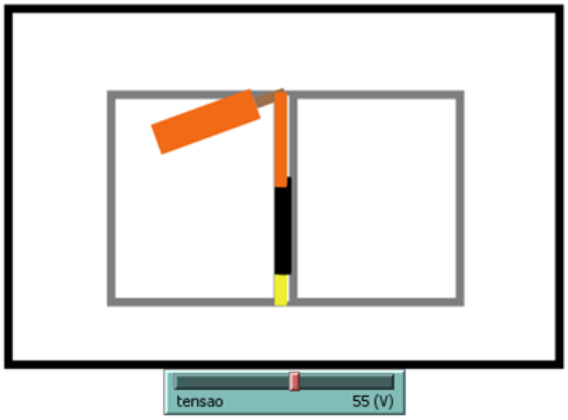


Figura 2 – Exemplo de simulação com o modelo criado e soldagem real

Para a melhoria do processo de soldagem, foi desenvolvido uma simulação anti falhas, onde o soldador não precisará ficar prestando atenção no equipamento que realiza a passagem de energia para a tocha de soldagem. O anti falhas é programado com os parâmetros adequados nas normas técnicas específicas para cada processo de soldagem, e assim, se a tensão variar fora dos padrões, o equipamento irá parar de funcionar.

A Figura 3 ilustra o processo de soldagem ideal, onde caso a tensão varie fora das especificações da ASTM, o equipamento para de funcionar e a peça não danifique, mantendo a qualidade e integridade da mesma sem precisar do retrabalho.

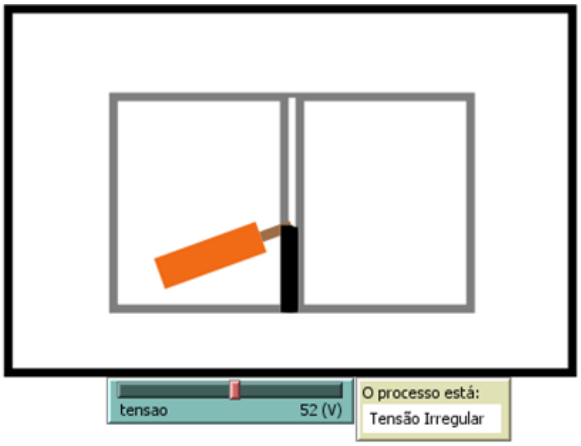


Figura 3 – Simulação do sistema ideal de soldagem, apresentando o processo de parada da máquina com a tensão irregular.

Conforme ilustrado no desenho acima, este simula uma tensão de 52(v), onde o processo está com a tensão irregular, em união de duas chapas de aço.

4. Análise dos Resultados

A partir dos resultados obtidos nos dois modelos, o real e computacional, observa-se que no modelo real existe uma dificuldade em se obter uma solda de qualidade, visto que ao ocorrer troca de tensão na corrente que passa pela máquina, a mesma continuará funcionando da mesma maneira.

Deste modo, caso a máquina continue com seu processo normal, o material que será depositado na chapa sofrerá alterações.

Com tudo, ao analisar os resultados obtidos através do modelo computacional NetLogo, nota-se que ao passar uma corrente elétrica diferente da estipulada pelo operador da máquina, o equipamento então irá se desligar para que haja uma correção da tensão.

Este procedimento de desligar a máquina automaticamente melhora consideravelmente a qualidade da peça trabalhada, evitando assim o retrabalho com peças defeituosas, e consequentemente, aumentando a produtividade do setor. Dessa forma, mesmo que ocorram alterações na rede externa de energia da empresa, não afetará diretamente a produção (AWS, 1997).

O soldador que for utilizar o equipamento, ao ligar, já irá atribuir as informações da norma técnica da empresa para iniciar o processo de soldagem, sem se preocupar com os parâmetros da máquina, já que a mesma possui um bloqueio no sistema interno, caso ocorra queda de tensão na rede, e o equipamento será automaticamente desligado.

Os profissionais têm outros equipamentos para analisarem antes de começar o processo de soldagem, como ilustra a Figura 4.

O processo de soldagem requer não só habilidade e agilidade do soldador, mas também requer conhecimento dos equipamentos básicos, conforme a Fundação Brasileira de Tecnologia da soldagem (FBTS, 2012):

Os equipamentos básicos do processo conforme FBTS (2012):

- Fonte de energia elétrica;
- Sistema de alimentação do eletrodo em forma de bobina de arame;
- Tocha de soldagem;
- Arame para a abertura do arco;
- Fonte de gás protetor;
- Cabeçote (internamente roldanas).

Devido ao fato do arame tubular ser mais flexível do que o arame sólido, é aconselhável uma menor pressão no mecanismo de tracionamento, sendo então necessária a utilização das roldanas recartilhadas para uma alimentação precisa de arame, que conduz corrente elétrica, ocasionando desta maneira aumento da taxa de fusão por efeito joule, para uma mesma corrente de soldagem (ESAB, 2017).

Figura 3 – **Equipamentos analisados antes do processo de soldagem**

5. Conclusão

A partir do estudo realizado, e da análise dos resultados obtidos, percebe-se a relevância de um estudo mais aprofundado e o desenvolvimento de um equipamento, que seja capaz de realizar no mundo real, o que o modelo computacional produziu.

Constata-se então que o modelo computacional desenvolvido atende as expectativas de trazer o comportamento do processo de soldagem a Arco Elétrico para uma linguagem computacional, buscando encontrar melhorias.

Após o estudo realizado, verificou-se que o programa NetLogo gerado para o processo de soldagem, poderá ser implantado em empresas de produção, e com isto:

- Reduzirá o retrabalho nas peças produzidas;
- Diminuirá o desperdício da matéria prima jogada para reciclagem, trocando custo por lucro para empresa;
- Evitará danos diretos ao profissional, pois terá uma maior segurança ao realizar o trabalho.

Sugere-se a criação dos processos por setor, para maior aproveitamento dos mesmos, e que seja realizado um estudo da quantidade de peças sem retrabalho por motivo de tensão.

Por meio de medidas diárias de conscientização de todos os envolvidos, o volume de peças sem retrabalho pode ser maior. O negócio, assim como o forte conhecimento técnico, a busca por aprimoramento de tecnologia, e a melhoria contínua refletem as exigências do mercado onde hoje não existe máquina que faça esse processo de desligamento automático, conforme pesquisa desse estudo.

Referências

AMERICAN WELDING SOCIETY. *Welding Handbook*. Vol.5,7.ed., Miami, 1997.

ASTM - American Society for Testing and Materials. *ASTM International - Standards Worldwide.* Disponível em: < http:// www.astm.org>. Acesso em: 07 dez. 2017.

ARAGÃO, A. P. *Modelagem e Simulação Computacional de Processos Produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes, R.J*. Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 143 f. Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2011.

BANKS, J.; Carson, J.S.II & NELSON, B.L. *Discret-Event System Simulation*. 2. ed., Prentice Hall, Upper Saddle Rive,1996.

BANKS, J.; Carson, J.S. *Discret-Event System Simulation*. 3. ed., Prentice Hall, 2000.

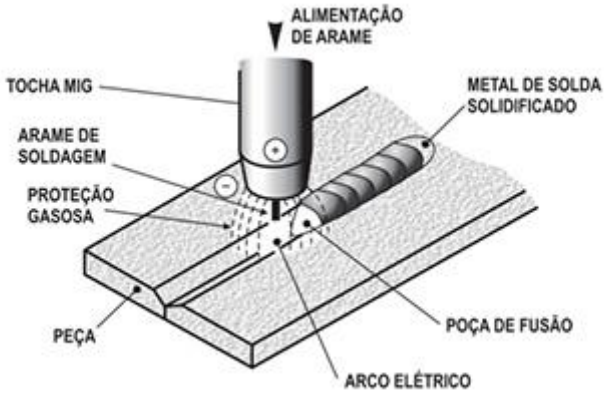
ESAB - PROCESSOS DE SOLDAGEM: ARAMES TUBULARES. Disponível em: < http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_arames_tubulares.cfm >. Acesso em: 07 dez. 2017.

FBTS - FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM (Org.). *Curso de Inspetor de Soldagem*. Vol. 1, 417 p., Rio de Janeiro: Publit Soluções, 2012.

LAW, A. M. & KELTON, W. D. *Simulation modeling and analysis*. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

PEDGEN, C.D.; PRITSKER, A. A. B. *Simulation Language for Alternatives Modeling.* Simulation. Vol. 33, n. 5, 1979.

SALIBY, R. *Repensando a simulação: a amostragem descritiva*. Rio de Janeiro: Atlas, 1989.

SANTIAGO, P. M. de C. *Automação da Colocaçãode Reforços numa Linha de Produção de Soldura.* 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144227003/Tese.pdf>. Acesso em: 04/12/17.

ANEXO – Soldagem a Arco com Eletrodo Tubular, GMAW (ESAB, 2017).