

ANÁLISE NUMÉRICA APLICADA À TREFILAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE AÇOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Lygia Sandy Diógenes Nobre¹; João Gabriel Moraes Rodrigues¹; Guilherme Farias de
Oliveira¹; Jardel de Souza Belo²

¹Discente do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Unicatólica Quixadá.
E-mail: lygianobre@hotmail.com

²Docente do Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Unicatólica Quixadá.
E-mail: jardelsouza@unicatolicaquixada.edu.br

RESUMO

A trefilação é um processo de trabalho multi-passes, geralmente a frio em metais, que consiste na tração de arames e barras finas, fazendo com que haja uma redução da seção transversal do material e por consequência, o alongamento do mesmo, pois não há perda de massa e o volume permanece inalterado. O material passa por uma matriz, também conhecida por fieira, fazendo com que ocorra a redução do diâmetro, isso faz com que o material tenha incrementos em algumas propriedades mecânicas, tais como limites de escoamento, limite de resistência e dureza; no entanto, a capacidade do material deformar é decrementada. A trefilação é um processo amplamente utilizado na indústria metal-mecânica para a produção de CA-60, material destinado a armaduras para estruturas de concreto armado, um dos materiais chave da construção civil. Algumas das principais variáveis do processo são a matéria-prima e a fieira. O presente trabalho tem por objetivo tornar mais dinâmico o processo de seleção de matéria-prima e fieira através de formulação de um modelo matemático que implique em uma previsão dos limites de escoamento e de resistência do produto final. Para isso, utilizou-se de análise numérica para a formulação de um modelo para que através do diâmetro do produto final fossem previstos os limites de escoamento e de resistência do CA-60. O método apresentou erro médio de 4,2%. Dessa forma, foi possível dinamizar a organização da matéria-prima e da utilização das fieiras conforme o fabricante e a propriedade desejada, zerando o tempo de parada para ajuste de parâmetros.

Palavras-chave: Trefilação. CA-60. Métodos numéricos.

INTRODUÇÃO

Uma peça de aço com seção especial pode ser produzida por extrusão a quente, laminação com forma definida e por trefilação. Destas três formas, a trefilação pode ser considerada como a mais utilizada [1].

A trefilação consiste em tracionar um material por meio de uma matriz com dimensões conhecidas e controladas [2]. Este processo também é caracterizado por ser um trabalho multi-passes a frio em metais, sendo amplamente utilizado pela indústria metal-mecânica para reduzir a seção de um fio máquina para a produção de CA-60.

Durante a trefilação, o material terá suas propriedades mecânicas alteradas, devido à deformação plástica imposta no processo, sofrendo encruamento, levando ao aumento dos limites de resistência e escoamento [3]. O processo de trefilação possui uma sequência de redução conhecida como passes de trefilação. Cada passe corresponde a uma redução ao qual o material será submetido, até que no último o diâmetro final seja alcançado [4].

Para que tais reduções sejam obtidas, é necessária a utilização de fieiras, ferramentas que ajustam a forma final do material. A boa utilização das mesmas é essencial para o bom

rendimento do processo. Uma possível solução para a organização de quais feiras sejam utilizadas para uma determinada matéria-prima seria uma correlação entre as propriedades mecânicas da matéria prima, já estabelecidas pelo fornecedor, e as propriedades desejadas, estabelecidas por norma.

Baseado nisso, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de uma tabela dinâmica, para que seja realiza a correlação entre as propriedades mecânicas da matéria-prima e as propriedades do produto final através de métodos numéricos (sistemas lineares).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a construção do trabalho foram utilizados fios-máquina com diâmetros de 5,5mm e 8,0mm para que fossem realizadas suas respectivas reduções. A tabela abaixo exhibe a relação entre o diâmetro inicial e o diâmetro do produto final (CA-60).

Tabela 1. Relação entre o diâmetro do fio-máquina e o diâmetro do produto final (CA-60).

Fio-máquina	CA-60
5,5 mm	4,2 mm
8,0 mm	6,0 mm

Para a criação da tabela de correlação das propriedades mecânicas e a composição química da matéria-prima, foram levadas em consideração as propriedades mecânicas: resultados de limites de escoamento e de resistência do fio-máquina (matéria-prima). Para isso, utilizou-se o software Excel[®] do pacote Office[®].

Para a criação da tabela de correlação entre propriedades mecânicas finais e iniciais, foram realizados 50 ensaios de tração para cada redução, onde foram verificados os limites de escoamento e de resistência do produto final. A média destes resultados com a média dos resultados do fio-máquina gerou as equações da tabela 2, onde o valor de x é igual ao do diâmetro real do produto final.

Tabela 2. Equações de LE e LR para o respectivo diâmetro final.

Diâmetro final	Equação
4,2 mm	1) $LE2 = -465x + 2667$
	2) $LR2 = -430x + 2625$
6,0 mm	3) $LE3 = -175x + 1741$
	4) $LR3 = -155x + 1728$

Para a comparação dos resultados simulados com os reais, foram utilizados 20 resultados provindos de diâmetros e fornecedores diferentes de matérias-primas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O gráfico 1 exhibe a relação entre o limite de escoamento real e o obtido por meio de simulação para o CA-60 com diâmetro de 4,2mm.

Relação LE simulado e real - 4,2mm

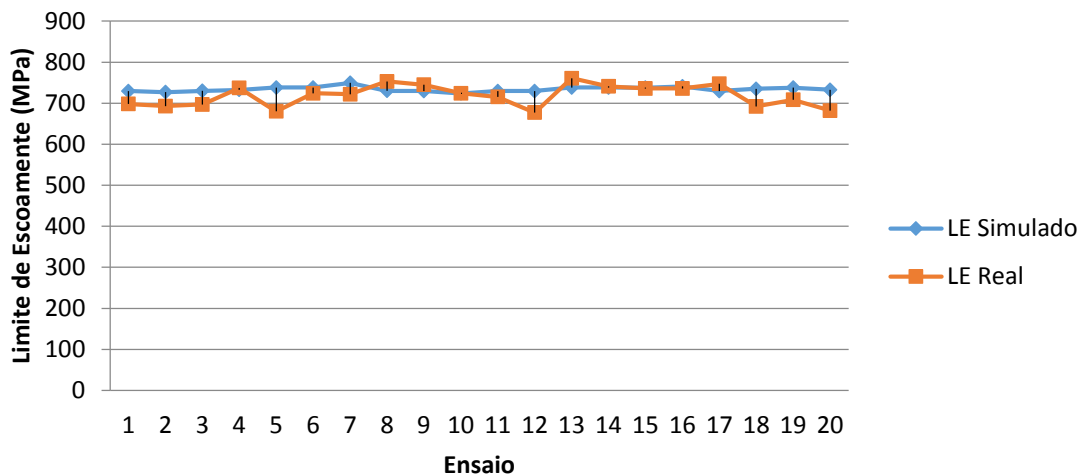


Gráfico 1. Relação entre LE simulado e real para CA-60 4,2mm.

O gráfico 2 exibe a relação entre o limite de resistência real e o obtido por meio de simulação para o CA-60 com diâmetro de 4,2mm.

Relação LR simulado e real - 4,2mm

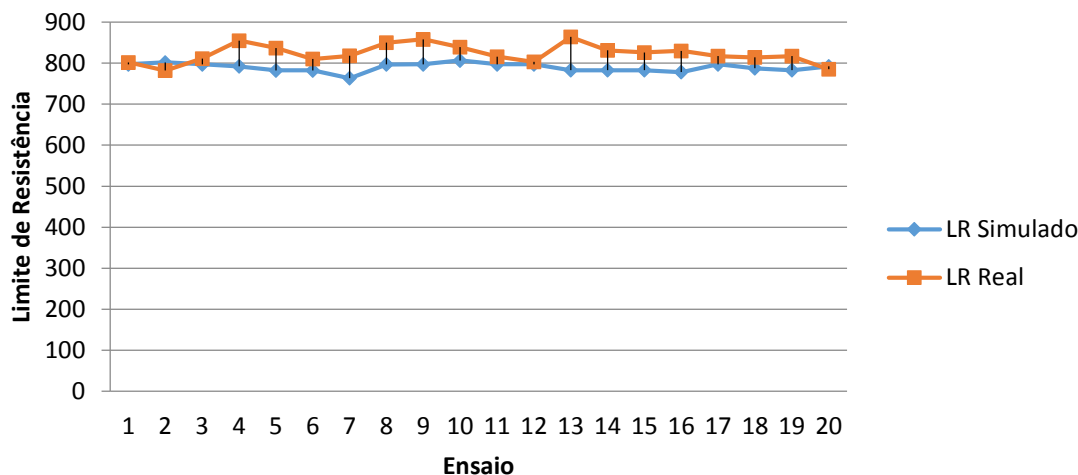


Gráfico 2. Relação entre LR simulado e real para CA-60 4,2mm.

O gráfico 3 exibe a relação entre o limite de escoamento real e o obtido por meio de simulação para o CA-60 com diâmetro de 6,0mm.

Relação LE simulado e real - 6,0mm

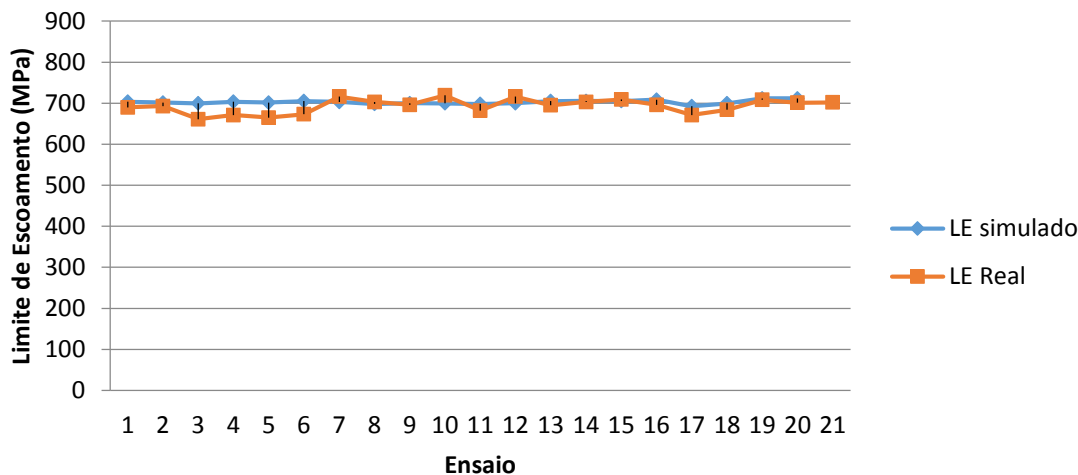


Gráfico 3. Relação entre LE simulado e real para CA-60 6,0mm.

O gráfico 4 exibe a relação entre o limite de resistência real e o obtido por meio de simulação para o CA-60 com diâmetro de 6,0mm.

Relação LR simulado e real - 6,0mm

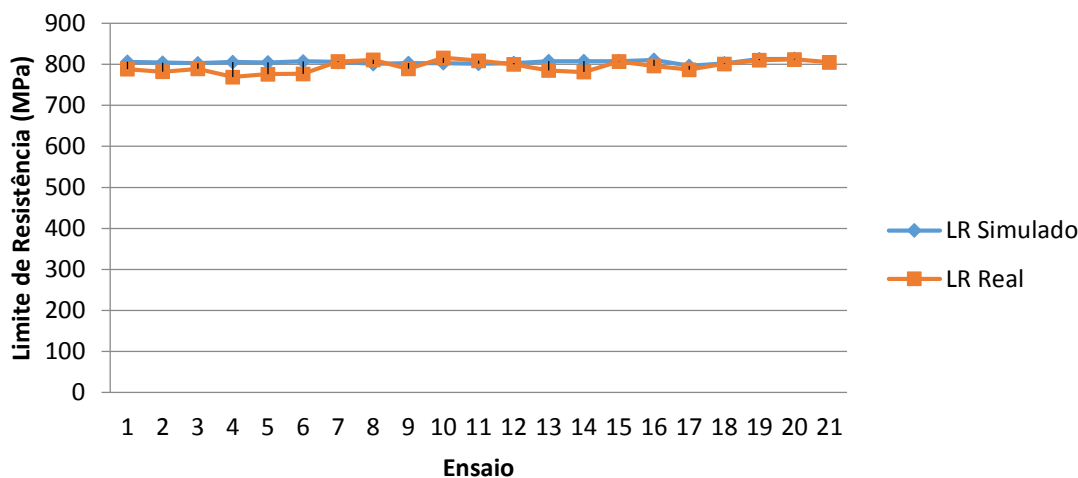


Gráfico 4. Relação entre LR simulado e real para CA-60 6,0mm.

Os gráficos 1, 2, 3 e 4 mostram a relação entre os valores obtidos através da simulação, ou seja, antes dos ensaios de tração realizados conforme a norma NBR 7480 exige [5], e os resultados após a realização dos ensaios. É possível observar certos desvios nos resultados, esse fato deve-se a fatores externos, como o operador ou até mesmo a condição de resfriamento do fio-máquina durante o processo siderúrgico.

Para o CA-60 com diâmetro de 4,2mm, a diferença entre as médias dos limites de escoamento e resistência do real para o simulado foi 16 MPa e 33 MPa, respectivamente. Para o CA-60 com diâmetro de 6,0mm, a diferença entre as médias dos limites de escoamento e de resistência do real para o simulado foi de 10 MPa para os dois casos.

CONCLUSÕES

- Os custos financeiros para a aplicação da técnica foram nulos;
- Após a utilização na técnica no processo, o tempo de parada para ajustes de parâmetros foi nulo;
- Fatores externos tais como: tratamentos térmicos e a não parametrização de operação, influenciam diretamente no erro dos resultados;
- O erro médio da técnica foi de no máximo 4,2% (Limite de resistência CA-60 com diâmetro de 4,2 mm).

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Aço Cearense Industrial LTDA pela realização dos experimentos, material e espaço cedido.

REFERÊNCIAS

BUTTON, S. T. Trefilação: Programa de educação continuada. São Paulo: ABM, 2001.

EDER, A. E. “Influência do teor de nitrogênio na trefilação de aço equivalente ao ABNT 1013.” Dissertação de mestrado, UFRGS, 2006.

MACKENZIE, B. A. Drawn Sections Approach Net Shape. **American Machinist**, p.109 – p.110, 1980.

NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA – **Aços destinados a armaduras de concreto armado**. 7480, Brasil, 2008.

WRIGHT, R. Tips from Wiredrawing 101SM. **Wire and Cable Technology International**, p. 128 Março de 2002.