

# TRATAMENTO NUMÉRICO DA ENERGIA AO IMPACTO DE AÇO ESTRUTURAL

**Aluno: Tiago Sampaio Leonardos**  
**Orientador: Marcos Venicius Soares Pereira**

## Introdução

A exploração de petróleo no mar é responsável por porcentagens cada vez maiores e crescentes da produção mundial desta riqueza. O grande potencial exploratório em águas profundas leva as empresas do setor do petróleo a buscarem o conhecimento tecnológico necessário para viabilizar a exploração e produção em alto mar. Paralelamente à busca de novas tecnologias de exploração e produção, a diminuição do risco de falha estrutural em unidades do tipo *offshore* é considerada tecnologia chave para países, como o Brasil, que se acham seriamente empenhados num processo de expansão industrial. A previsão da vida útil está intimamente associada à garantia da integridade estrutural do componente, sendo de fundamental importância a implantação de uma política economicamente viável que possa quantificar o dano presente em tais componentes, de maneira a prever de maneira segura a sua vida residual e programar ações de extensão de sua vida útil.

## Objetivos

Apresentar um modelo matemático que permita a determinação de parâmetros ótimos, em função da temperatura e tempo, de tratamentos térmicos de revenido após têmpera em aços estruturais.

## Metodologia

A Tabela 1 apresenta a composição química característica do material selecionado para esta pesquisa, um aço estrutural do tipo Grau 4 adotado na fabricação de amarras para sistemas de ancoragem de unidades flutuantes do tipo *offshore*. Barras circulares com diâmetro de 95 mm foram austenitizadas na temperatura de 900°C durante 90 minutos e resfriadas em água, sendo, posteriormente, submetidas ao tratamento de revenido em diferentes temperaturas e tempos de tratamento. Corpos de prova Charpy foram usinados a partir das barras e ensaiados ao impacto na temperatura de -20°C. A Tabela 2 apresenta o valor médio da energia ao impacto em função dos parâmetros (temperatura e tempo) de tratamento.

Tabela 1 - Composição Química do Material (%)

C	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Ti
0,22	1,0	1,1	0,6	0,3	0,07	0,01

A análise da Tabela 2 permite constatar que nem todas as combinações entre temperaturas e tempos de revenido foram suficientes para conferir uma boa resistência ao impacto no material. Nota-se que baixos valores de energia aparecem associados com menores temperaturas e tempos de tratamento. Este fato deve estar relacionado com condições termodinâmicas e cinéticas menos favoráveis à transformação da martensita em martensita revenida, não permitindo nenhuma ou pouca transformação microestrutural durante o revenido.

Tabela 2 – Valores Médios das Energias ao Impacto em Função dos Diferentes Tratamentos

	600° C	620° C	640° C	660° C	680° C	700° C	720° C
60'	2,0 J	1,7 J	2,6 J	2,8 J	3,3 J	16,7 J	16,4 J
75'	1,4 J	2,2 J	2,1 J	10,4 J	10,9 J	15,4 J	18,3 J
90'	2,7 J	2,4 J	5,2 J	15,0 J	12,5 J	16,7 J	18,8 J
105'	1,3 J	2,8 J	6,8 J	3,8 J	14,6 J	15,5 J	17,5 J
120'	1,8 J	2,5 J	5,9 J	13,4 J	15,6 J	18,3 J	18,0 J
135'	1,7 J	2,2 J	3,4 J	6,0 J	16,3 J	16,7 J	20,2 J
150'	2,0 J	3,8 J	7,6 J	8,0 J	16,4 J	18,3 J	20,3 J

Visando modelar a relação entre energia ao impacto (E), temperatura (T) e tempo (t), foram propostas as seguintes equações:

$$E = \varepsilon (\theta) + \eta (\tau, \theta) \quad (1)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 [1 + \tanh \{\theta\}] \quad (2)$$

$$\eta = \eta_0 [(1 - \tau^2) / (\theta_1 + \theta^2)] \quad (3)$$

$$\theta = (T - T_0) / \theta_f \quad (4)$$

$$\tau = (t - t_0) / \tau_f \quad (5)$$

A Figura 1 apresenta a variação da energia ao impacto com a temperatura de revenido.

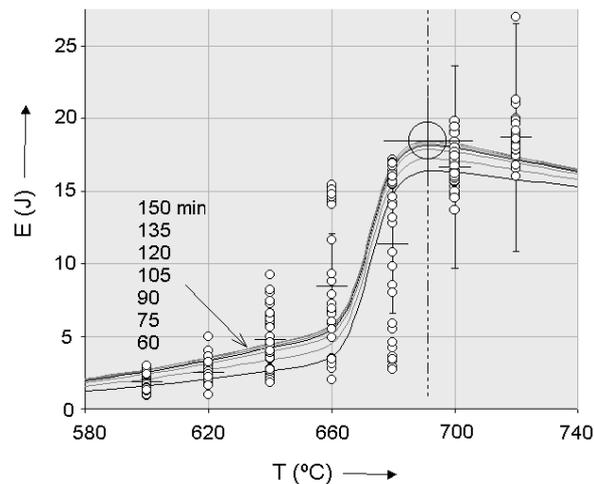


Figura 2 - Variação da energia ao impacto com a temperatura do revenido para diferentes tempos de tratamento.

### Conclusões

A pesquisa permitiu determinar a influência dos parâmetros de revenido na resistência ao impacto de um aço estrutural com aplicações em sistemas de ancoragem. Foi desenvolvida uma modelagem matemática simples que permitiu a determinação de parâmetros de revenido associados com a otimização da resistência ao impacto do material. Tal modelagem estabeleceu o valor máximo de energia ao impacto como sendo equivalente a 18,5 J, valor esse que corresponde a uma temperatura de 692°C e um tempo de 125 minutos.