cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

EFEITO DO NIÓBIO E DA TEMPERATURA DE AUSTÊMPERA, NA MICROETRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO FERRO FUNDIDO NODULAR

Wilson Sckudlarek[1]; Cesar E. da Costa[1]; Julio C. G. Milan[1]; Kassim Al Rubaie [2]; Orlando Preti [3]; Manar Nazar [2]
1. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), PGCEM, Joinville, SC.
2. Sultan Qaboos University (SQU) Muscat, Oman
3. UNISOCIESC, Joinville, SC

Introdução

O ferro fundido nodular austemperado (ADI) apresenta excelente combinação de propriedades mecânicas e resistência ao desgaste, além de baixo peso e custo de fabricação. A aplicação do ADI vem crescendo tornando-o substituto de alguns aços nos setores automotivo, de mineração e ferroviário, em razão da adição de elementos de liga e da otimização dos processos de austêmpera. Este trabalho investiga os efeitos da adição de nióbio e da temperatura de austêmpera sobre a microestrutura e propriedades mecânicas do ADI.

Objetivos

Analisar o efeito do Nb (0,9% e 1,9%) e da temperatura de austêmpera (280°C e 360°C), na microestrutura e propriedades mecânicas do ferro fundido nodular austemperado (ADI)

Metodologia

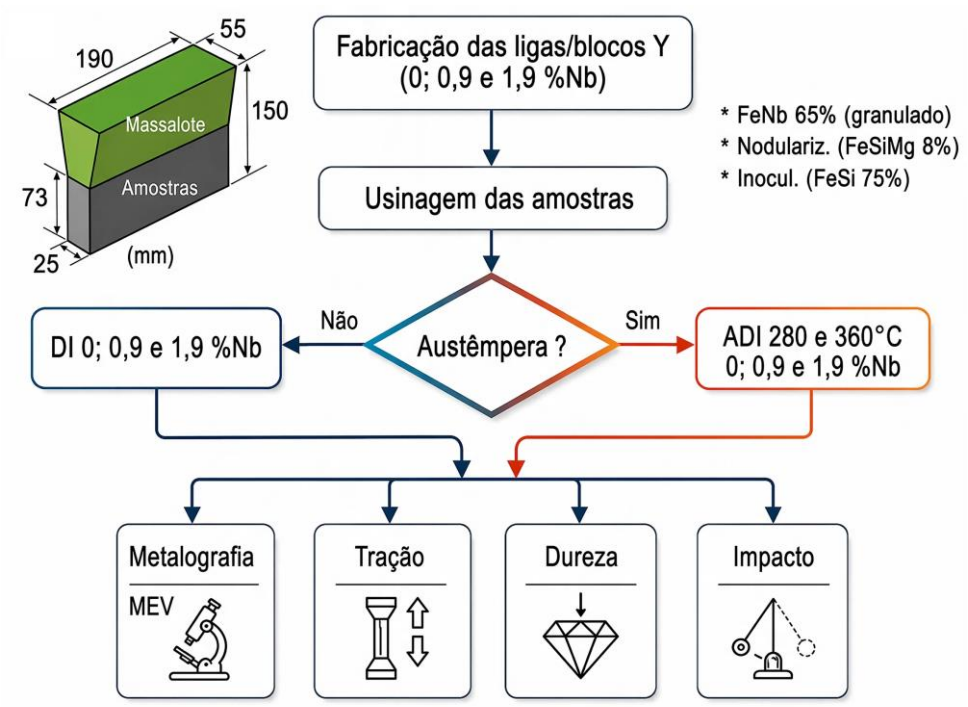


Figura 1. Fluxograma

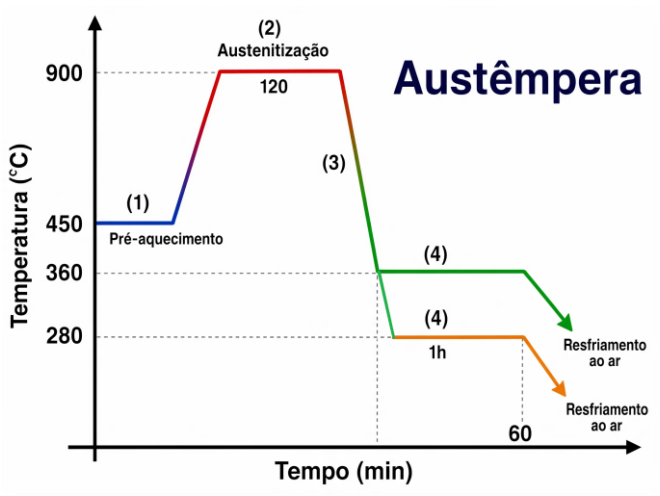


Figura 2. Ciclo de austêmpera

Resultados e Discussão

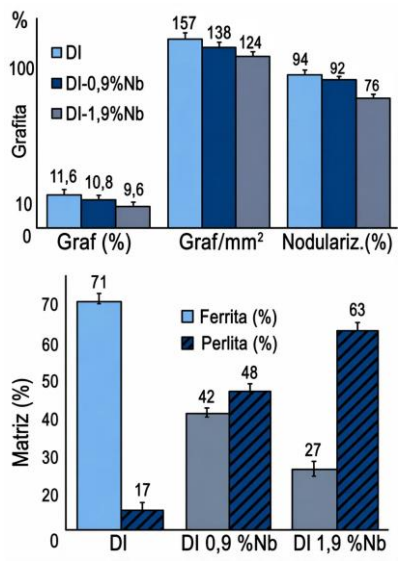


Figura 3. Grafita e Matriz

Liga	Composição Química (%)								
	C	Si	Mn	P/S	Cu	Mg	Mo	Nb	CE
DI	3,55	2,78	0,22	0,09	0,35	0,06	0,18	0	4,51
DI-0,9%	3,54	2,84	0,22	/	0,35	0,05	0,18	0,90	4,52
DI-1,9%	3,64	2,64	0,23	0,01	0,36	0,07	0,17	1,90	4,55

Tabela 1– Composição química

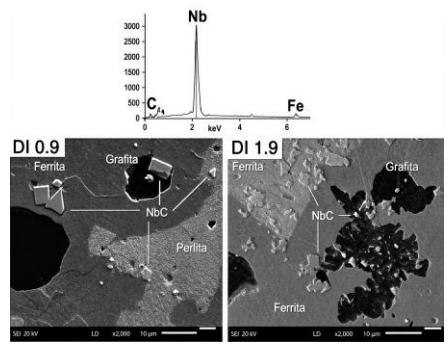


Figura 4. NbC e *"clusters"* de NbC

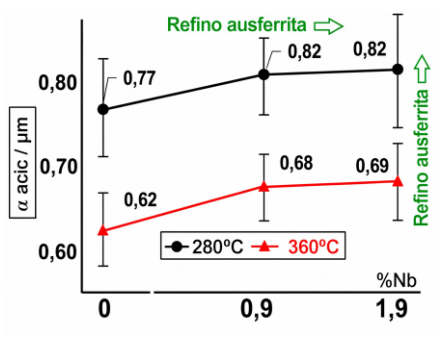


Figura 5. Refino de ausferrita

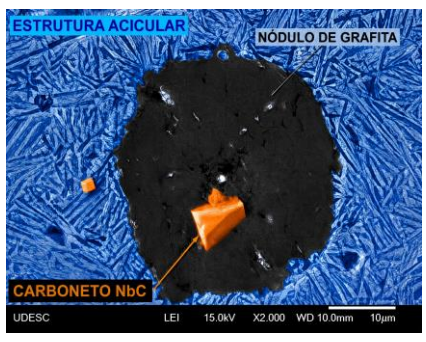


Figura 6. ADI 09360

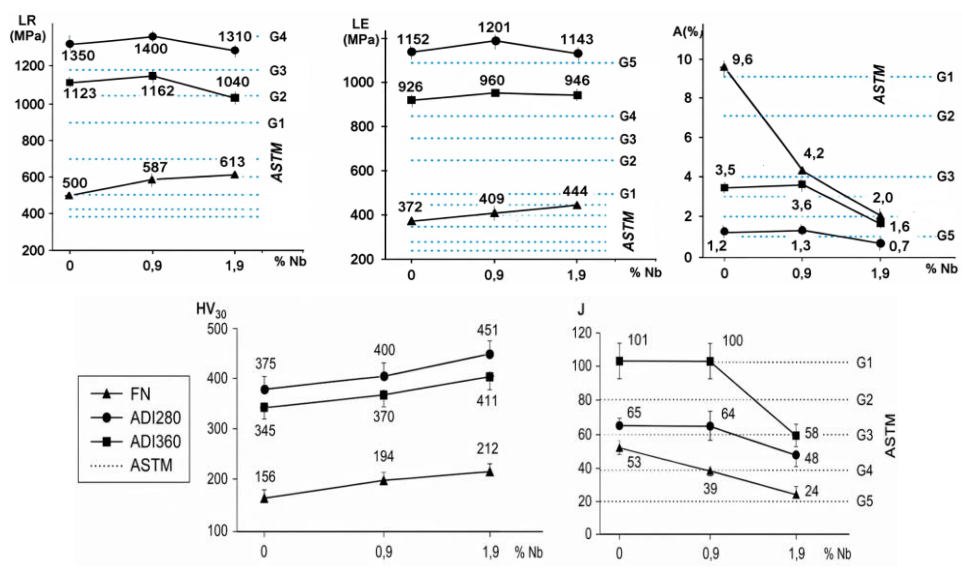


Figura 7. Resultados dos ensaios mecânicos

Conclusões

Adição de Nb:

- **Grafita:** Reduziu a fração volumétrica, quantidade e nodularização, aumentou o diâmetro (DI/ADI).
- **Matriz:** Refino e maior fração de perlita (DI) e ausferrita (ADI).
- **0,9% Nb:** NbC, melhores propriedades (ADI/DI) mas queda expressiva de alongamento (DI).
- **1,9% Nb:** Grafita degenerada, *clusters* de NbC e perda de tenacidade/ductilidade (DI/ADI).

Temperatura de Austêmpera:

Melhor combinação de propriedades mecânicas, para ADI com 0,9% Nb, tratada a 360°C.

Referências e Agradecimentos

1. BECERRA MAYORGA, C. Y. *et al.* Effect of austempering time and temperature on the mechanical and microstructural properties of a niobium-alloyed austempered ductile iron. Metals, v. 15, n. 11, 1168, 2025; 2. WANG, H. *et al.* Effect of niobium on microstructure and mechanical properties of ductile iron with high strength and ductility. J. Mater. Eng. Perform., v. 33, n. 2, p. 896-905, 2024; 3. LIU, C. *et al.* Comparison of the tribological behavior of quench-tempered ductile iron and austempered ductile iron with similar hardness. Wear, v. 520-521, 204668, 2023

Os autores agradecem à FAPESC pelo apoio e concessão de bolsa de Pós-Doutorado ao autor (Edital 25/2025) e à CAPES pelo aporte financeiro e infraestrutura do CMU/CCT/UDESC.