

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PROCESSO NAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, MICROESTRUTURAIS E NA TENACIDADE AO IMPACTO DE AÇO INOXIDÁVEL 308 POR MANUFATURA ADITIVA POR DEPOSIÇÃO A ARCO PARA APLICAÇÕES EM GNL

Alex Alves dos Santos¹, Rigley Jorge Neri Corrêa Júnior², Antonio Nascimento Silva Alves³, Rubelmar Maia de Azevedo Cruz Neto⁴, Jaime Casanova⁵

¹ E-mail: alexalves@ufam.edu.br



Secretaria de
Desenvolvimento
Econômico, Ciência,
Tecnologia e Inovação



Introdução e Justificativa

○ Exploração de Gás Natural (GN) na Amazônia

Demanda a fabricação de componentes metálicos para:

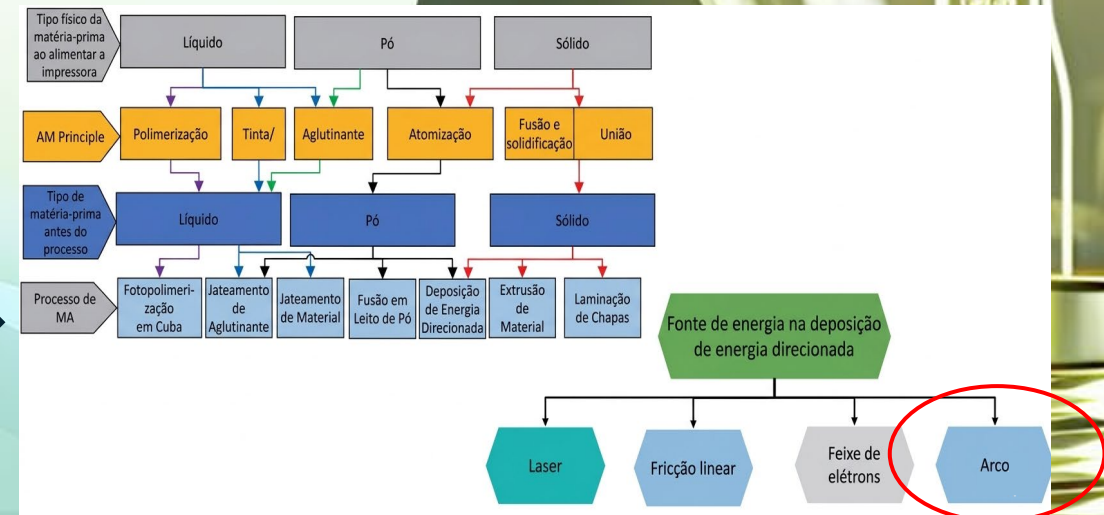
Liquefação, armazenamento de Gás Natural Liquefeito (GNL) e transporte.

Requer materiais com desempenho em faixas de temperaturas muito baixas.

- Destaque para o uso de: **Aços inoxidáveis austeníticos.**

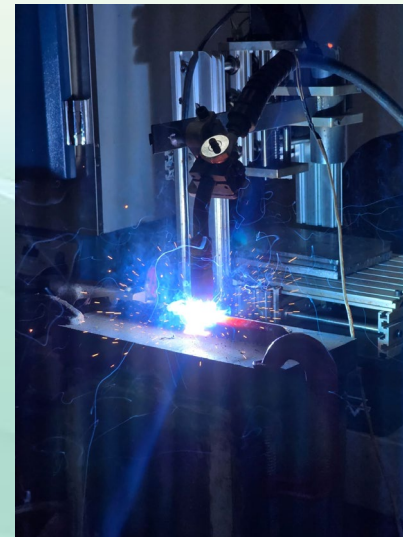
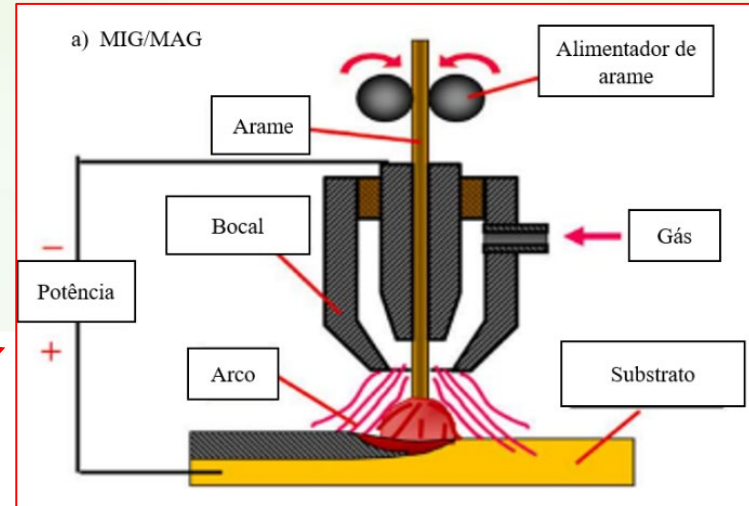
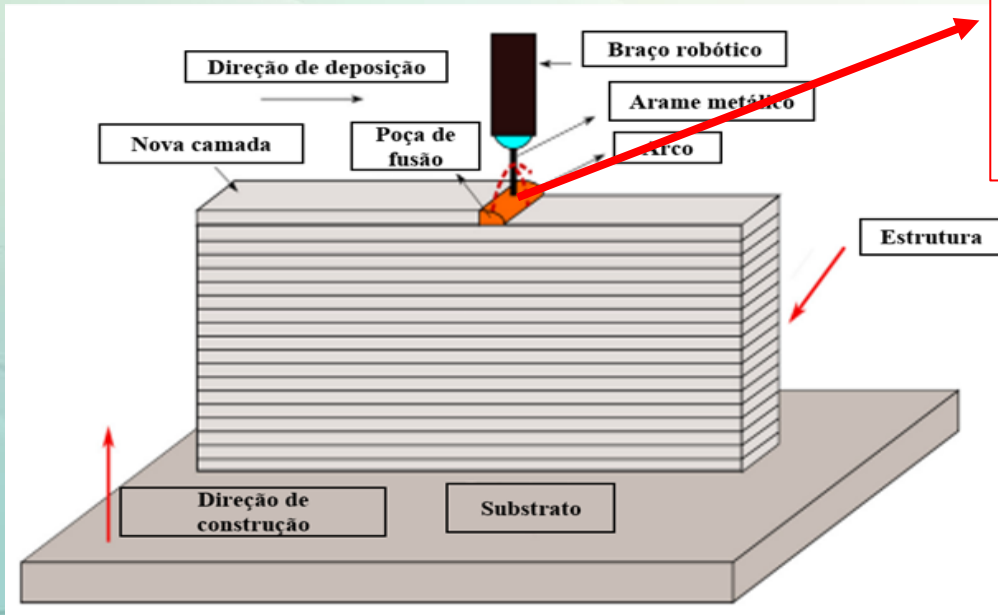


○ Manufatura aditiva



○ Manufatura Aditiva por Deposição a Arco Elétrico (MADA)

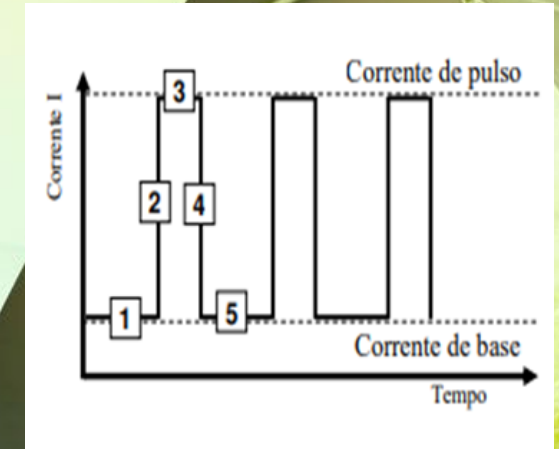
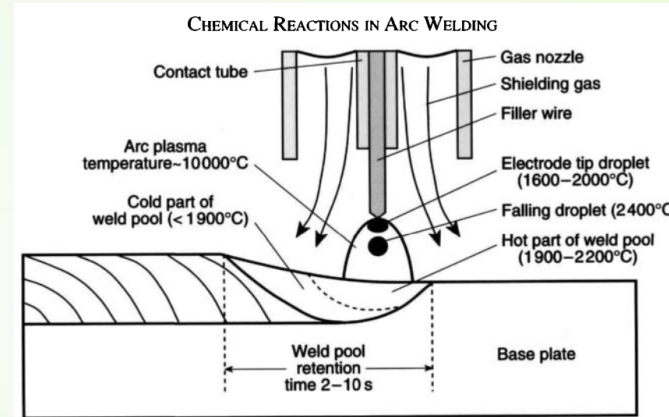
Figura 1: Representação esquemática do processo MADA.



Fonte: Adaptado de Misha *et al*, 2023

Resumo dos Pilares

- A frequência de pulsação da fonte de energia influencia as características geométricas e a tenacidade ao impacto de produtos em aço inoxidável ER308L fabricados por MADA?
- A energia de deposição exerce influência nas características geométricas, na microestrutura e na tenacidade ao impacto do material?



Experimental

○ Processo de produção

- **Substrato** : AISI 304 (300 x 150 e 31,75 mm).
- **Material de adição**: AISI 308L.
- 15 camadas.

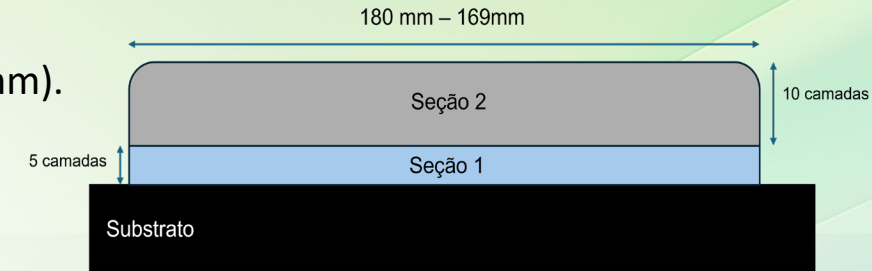


Figura 2: Esquema da deposição do material.

Parâmetro	Valores
Velocidade de alimentação de arame (m/min.)	5,5
Corrente de base (A) e corrente de pico (A)	125 e 250
Tempo de base (ms) e tempo de pico (ms)	0,5 e 5
Distância do bico de contato a peça DBCP (mm)	11
Vazão do gás - 100 % Argônio (L/min)	15
Velocidade de deposição baixa (mm/s)	600
Velocidade de deposição alta (mm/s)	300

Tabela 1: Parâmetros de fabricação das amostras.

Fator	Símbolo	1º nível	2º nível
Energia de deposição (J/mm)	A	Alta (+1)	Baixa (-1)
Frequência de pulsação (Hz)	B	Alta (+1)	Baixa (-1)

Tabela 2: Delineamento experimental.

Amostras	Energia de deposição (J/mm)	Frequência de pulsação (Hz)
1	1011,26	1000
2	511,38	1000
3	519,36	100
4	1043,10	100

Tabela 3: Delineamento experimental do projeto.

Experimental

○ Analise dimensional e ensaio mecânico.

✓ Ensaio de impacto de Charpy

- Ensaio Charpy a $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Corpos de prova tipo V-notch, dimensões $10 \times 2,5 \times 55\text{ mm}^2$.
- Procedimentos conforme **ASTM E23** e **ASTM A370**.
- 12 ensaios (4 sets \times 3 corpos de prova).

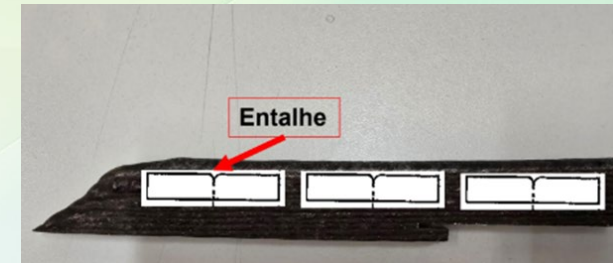
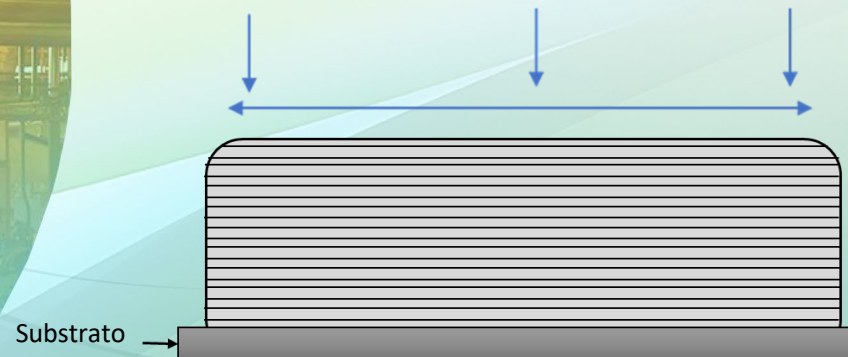


Figura 3: Esquema da retirada dos corpos de prova Charpy V dos CPs.

✓ Medidas geométrica das amostras

Três medidas de altura e largura para cada camada



- Paquímetro: Res: 0,02 mm

RESULTADOS E DISCUSSÕES

○ Resultado geométrico – Altura

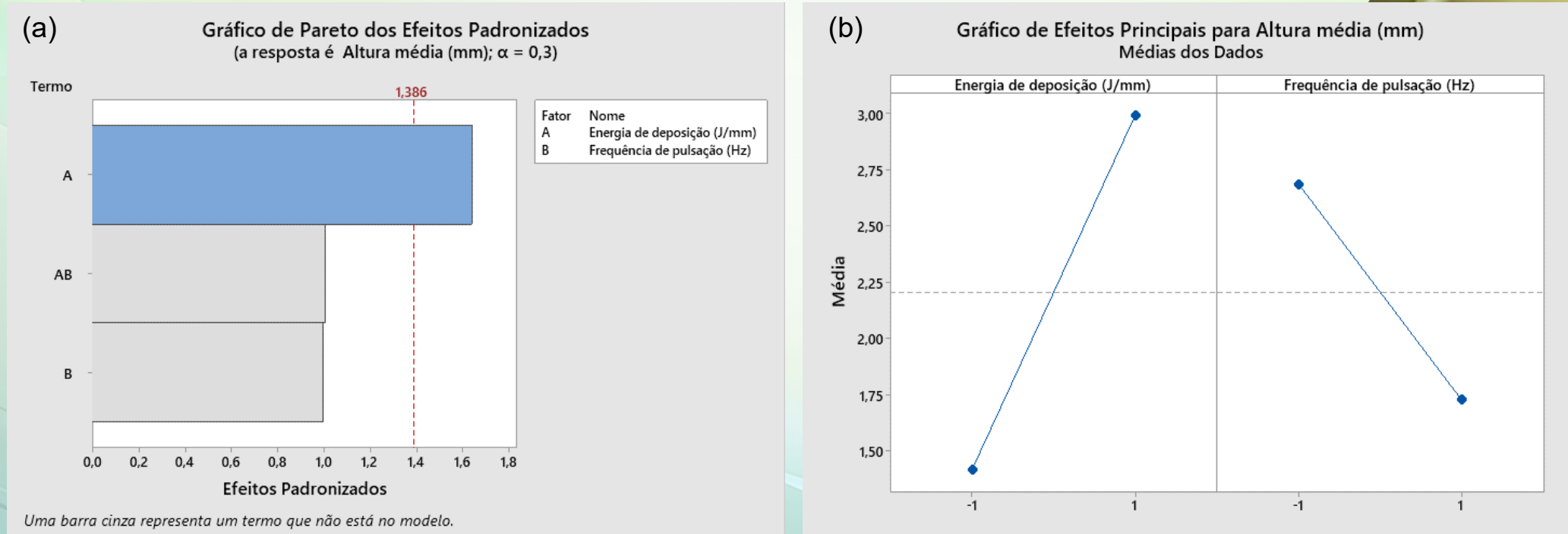


Figura 3:(a) Gráfico de Pareto para a altura média, (b) Gráfico dos efeitos principais para a altura média.

- ✓ **Altura média:** CP4 (alta energia de deposição) aproximadamente 178,9 % maior do que CP2 (baixa energia de deposição).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

○ Resultado geométrico – Largura

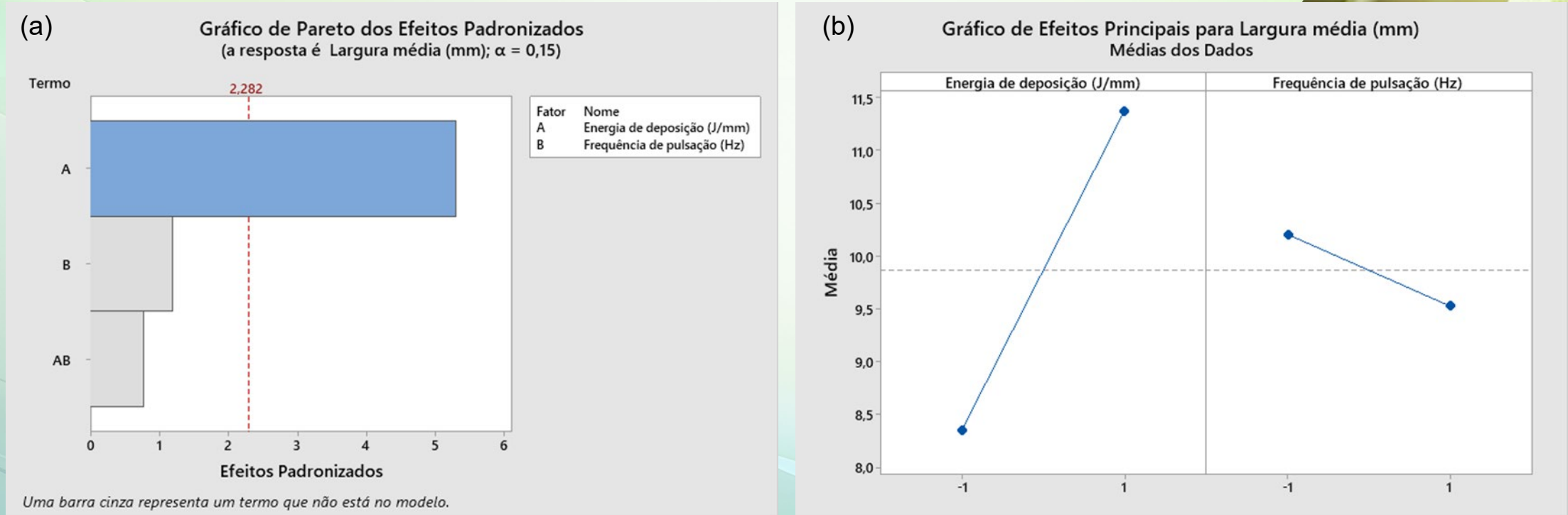


Figura 4:(a) Gráfico de Pareto para a largura média, (b) Gráfico dos efeitos principais para a largura média.

✓ **Largura média:** CP4 é cerca de 47,6% maior do que na CP2.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

○ Análise microestrutural (fração volumétrica de ferrita)

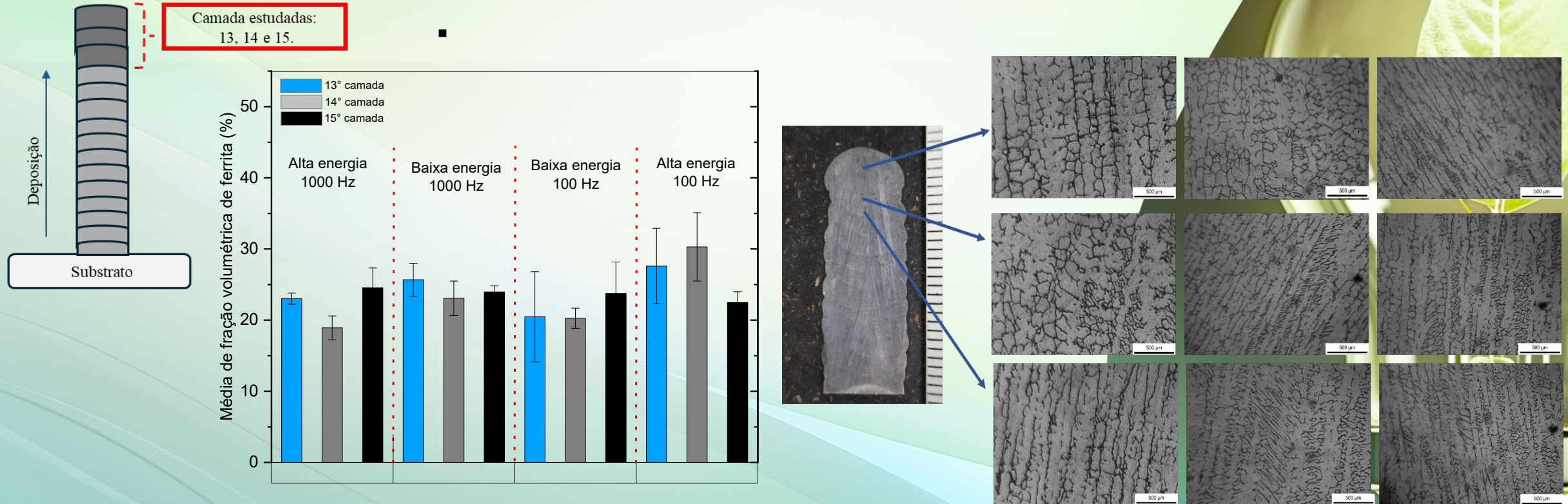


Figura 4: (a) Gráfico de fração volumétrica com a variação dos fatores estudados, (b) Microestrutura da **amostra 1** de alta energia de deposição e com frequência de pulsação de 1000 Hz. à esquerda dos locais de análise da microestrutura com 40X.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **Análise microestrutural (fração volumétrica) – média total da fração volumétrica de ferrita por camadas estudadas.**

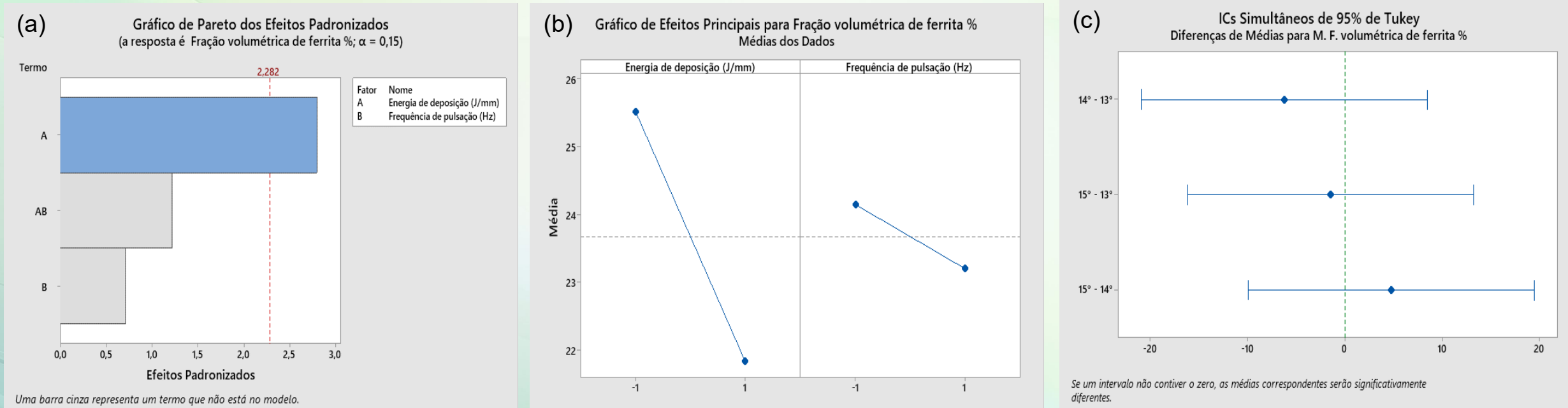


Figura 5:(a) Gráfico de Pareto para a fração volumétrica de ferrita, b) Gráfico dos efeitos principais para a altura média e (c) Diferença de médias para usando Teste Tukey para a fração volumétrica de ferrita para as camadas 13, 14 e 15.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **Análise microestrutural (fração volumétrica) - média total da fração volumétrica de ferrita entre todas as camadas de cada amostra.**

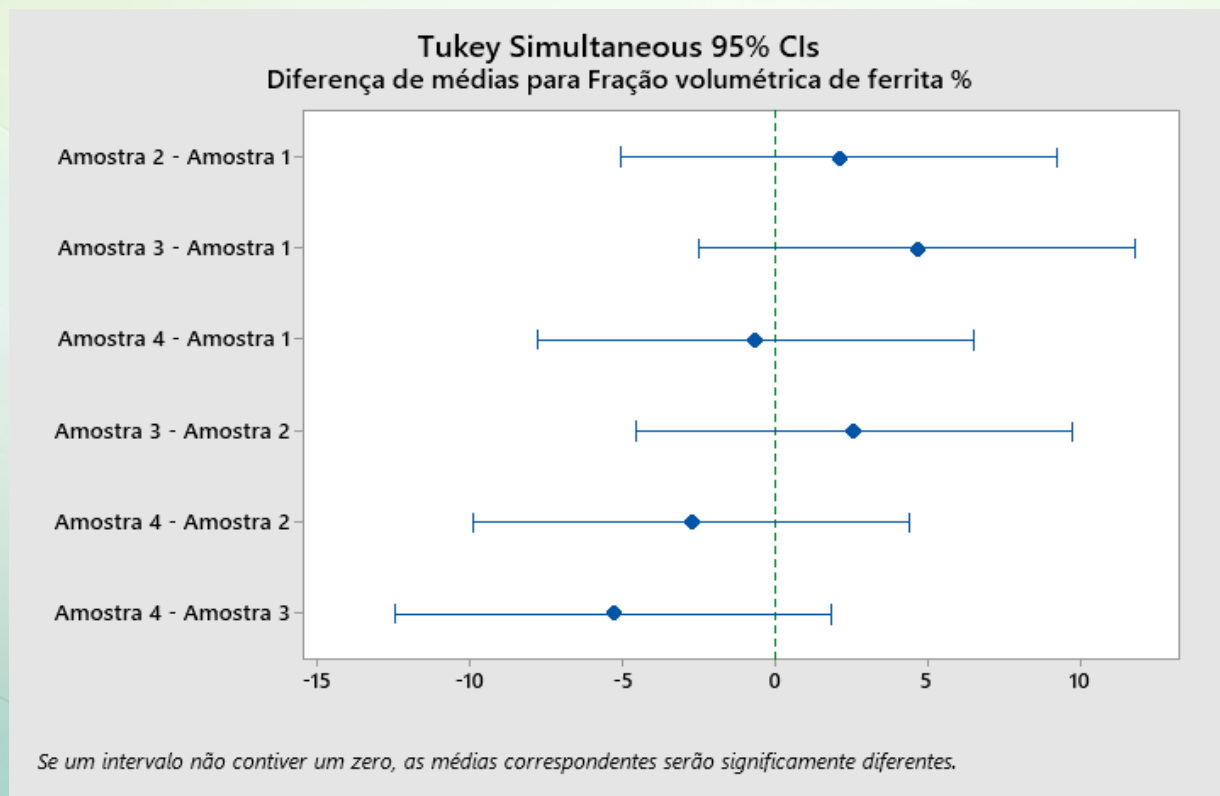


Figura 6: Diferença de médias para usando Teste Tukey para a fração volumétrica de ferrita.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

○ Resultados – Energia absorvida no ensaio de Charpy V

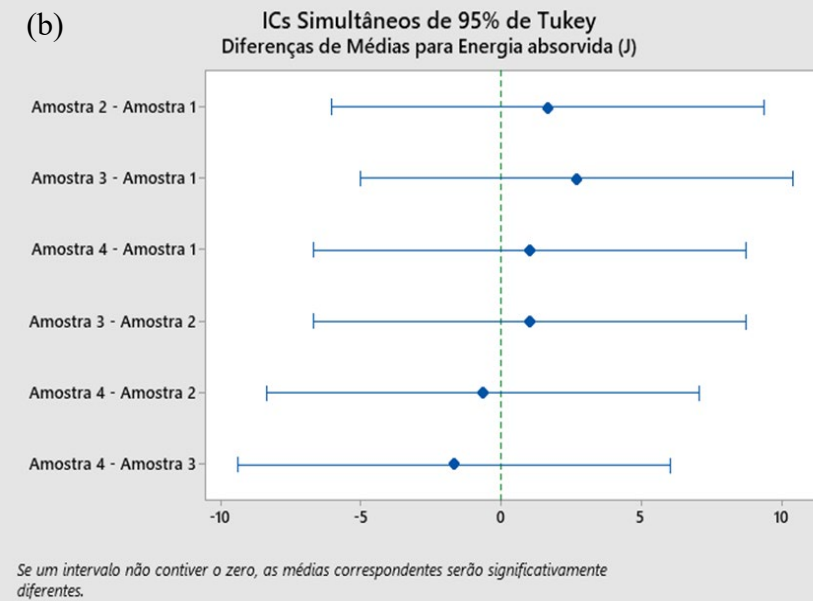
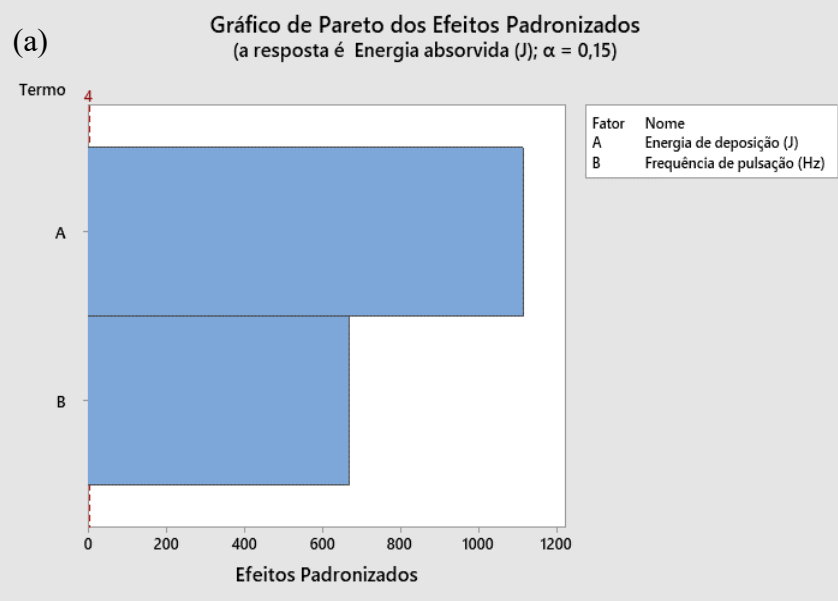
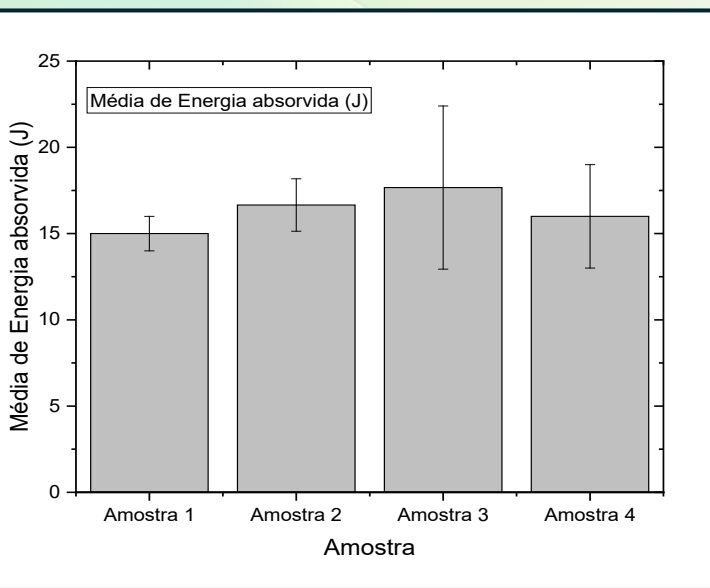


Fig 5: (a) Média de Energia absorvida (J), (b) Gráfico de Pareto e (c) Gráfico dos efeitos principais para a energia absorvida (ensaio de Charpy).

CONCLUSÕES

- Amostras com alta energia de deposição resulta em camadas mais espessas e largas.
- Nota-se que em algumas amostras apresenta-se um equilíbrio entre a concentração de ferrita nas camadas 13°, 14° e 15°,
- Amostras fabricadas com baixa energia de deposição apresentaram maiores concentração de fração volumétrica de ferrita.
- Embora a energia de deposição se apresentou como um dos fatores de maior influência no processo, no entanto não foi capaz ter uma diferença significativa na energia absorvida, uma vez que as médias obtidas não apresentaram variações relevantes entre as amostras



rigleycorrea@ufam.edu.br



rigleycorrea



Grupo de Pesquisa

Obrigado!

