Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

Modelagem computacional do processo de fundição de válvulas globo aplicada à Indústria de Óleo e Gás

Bolsista: Ellen Gomes Silva
Orientador: Bismarck Luiz Silva

PRH 32.1
Tipo de bolsa: Graduação,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Gestão:

PONTOS DE DISCUSSÃO

01 MOTIVAÇÃO

02 APLICAÇÃO

03 OBJETIVO

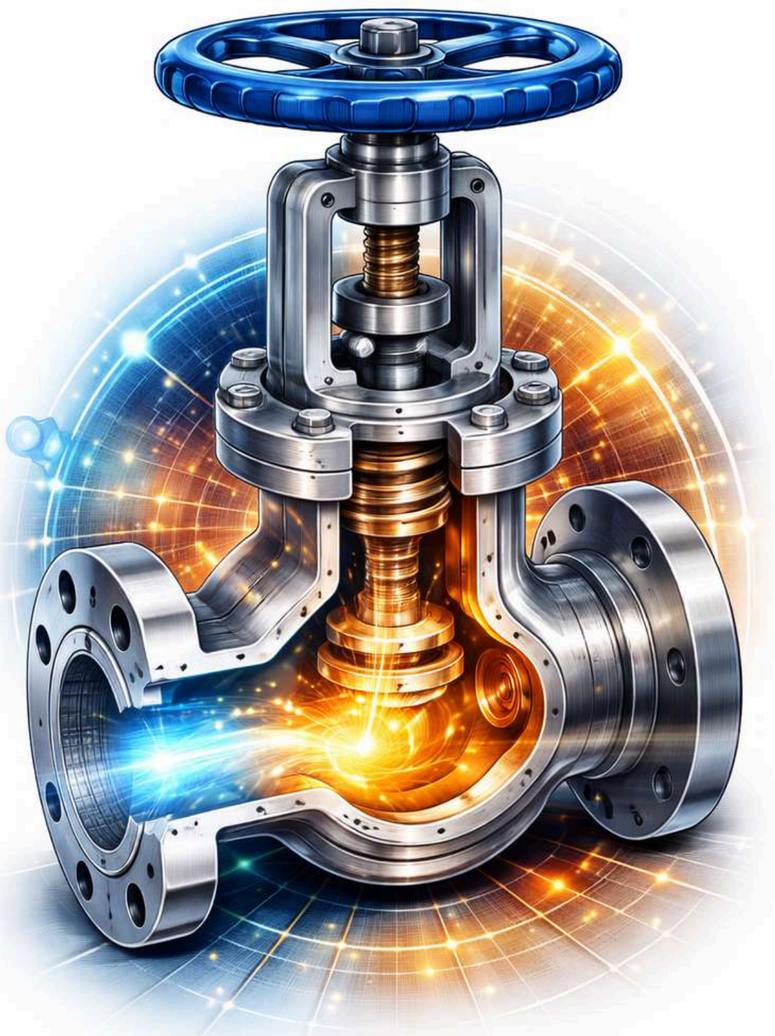
04 METODOLOGIA

05 RESULTADOS

06 CONCLUSÕES

07 REFERÊNCIAS

MOTIVAÇÃO



Controle preciso e a **regulação gradual** da vazão e da pressão de fluidos (como óleo, gás natural e vapor) nas tubulações

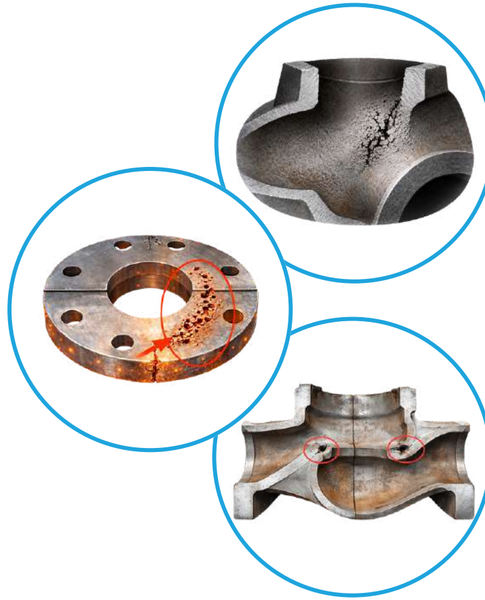
Cabeças de poço

Injeção química

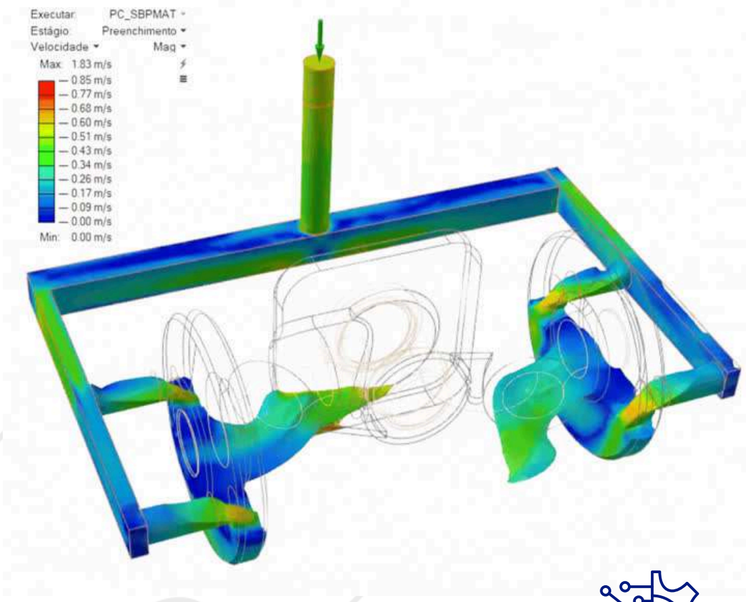
Produção e processamento

Defeitos de fabricação

- Contração
- Porosidade
- Trincas a quente
- Tensões residuais



APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS



- Defeitos potenciais
- Análise de tensões residuais
- Otimização do projeto e parâmetros do processo

Rotas de fabricação **mais previsíveis** e para o aprimoramento do **projeto de fundição**

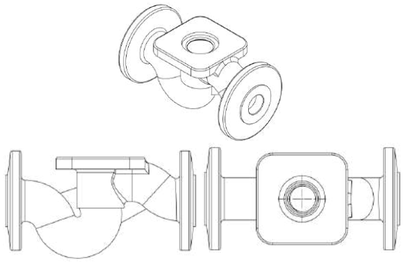
Redução da ocorrência de **defeitos**, **retrabalhos** e **rejeições**

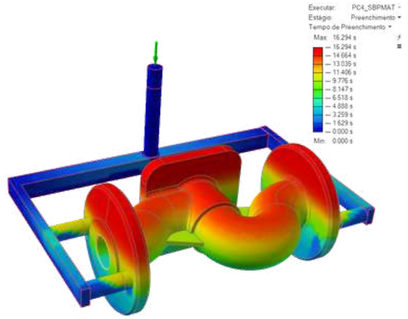
Diminuir a necessidade de **testes físicos**, a **taxa de refugo**, o **tempo de desenvolvimento** e os **custos de falhas**

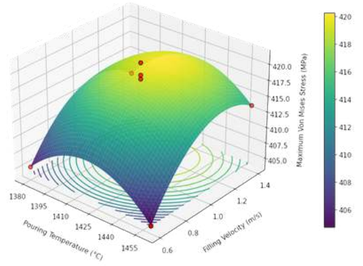
OBJETIVO

- Avaliar e otimizar numericamente o processo de fundição de uma válvula globo em Inconel 625 para aplicações na indústria de óleo e gás.
- Investigar a influência da temperatura de vazamento, velocidade inicial e altura do sprue.
- Analisar as respostas: tempo de solidificação e critério de Niyama.
- Aplicar Planejamento de Experimentos (DOE) e à Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) para identificar efeitos, interações e comportamentos não lineares.
- Determinar uma condição otimizada de processamento para reduzir a suscetibilidade a defeitos de fundição.

METODOLOGIA







Modelagem geométrica → **Planejamento de experimento (DOE)** → **Simulações numéricas** → **Extração das respostas** → **RSM E otimização**

CENTRAL COMPOSITE DESIGN (CCD)

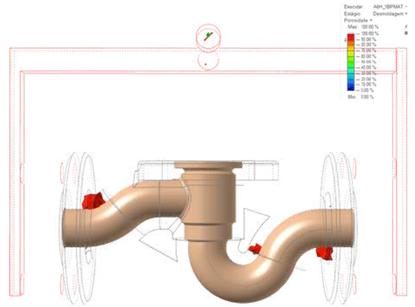
Fator	Variável	CCD
A	Temperatura	5 níveis
B	Velocidade	5 níveis
C	Altura Sprue	5 níveis

$\alpha = (2^k)^{1/4} = 1.6818$

Tempo de solidificação

Critério de Niyama

$$Ny = \frac{G}{\sqrt{R}}$$



RESULTADOS OBTIDOS

CCD + SIMULAÇÕES

Tabela 1 - Fatores e níveis do delineamento composto central utilizados nas simulações.

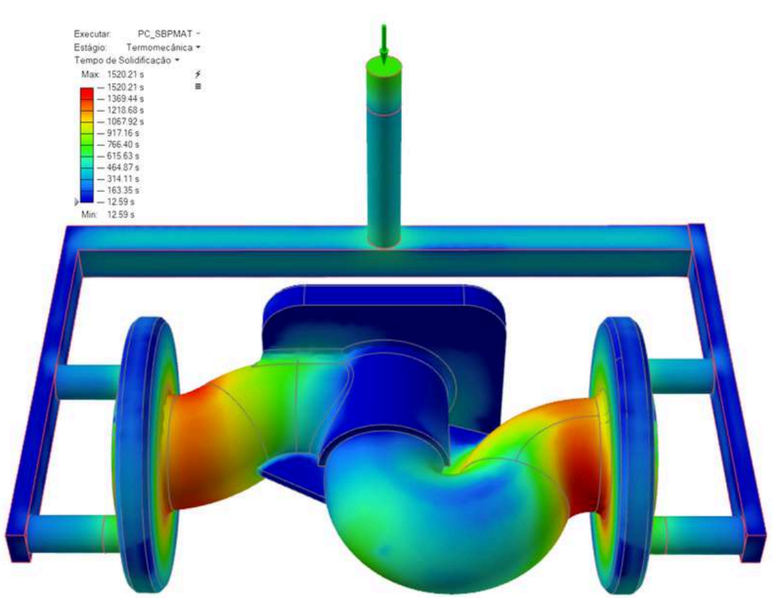
Fator	Parâmetro	Unidade	Níveis				
			−α	−1	0	1	+α
A	Temperatura de vazamento	°C	1365,91	1400	1450	1500	1534,09
B	Velocidade inicial de vazamento	m/s	0,3296	0,50	0,75	1,00	1,1704
C	Altura do Sprue	mm	115,91	150	200	250	284,09

23 simulações

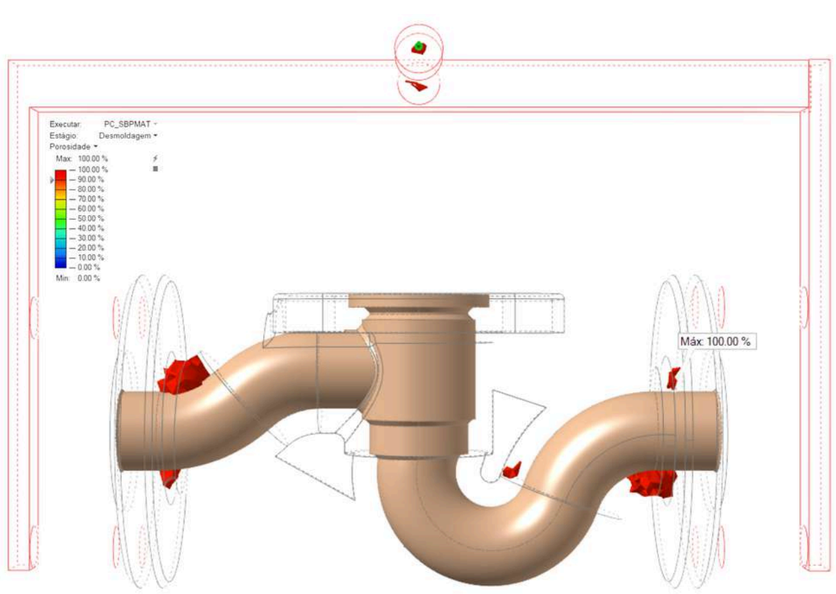
RESULTADOS OBTIDOS

CCD + SIMULAÇÕES

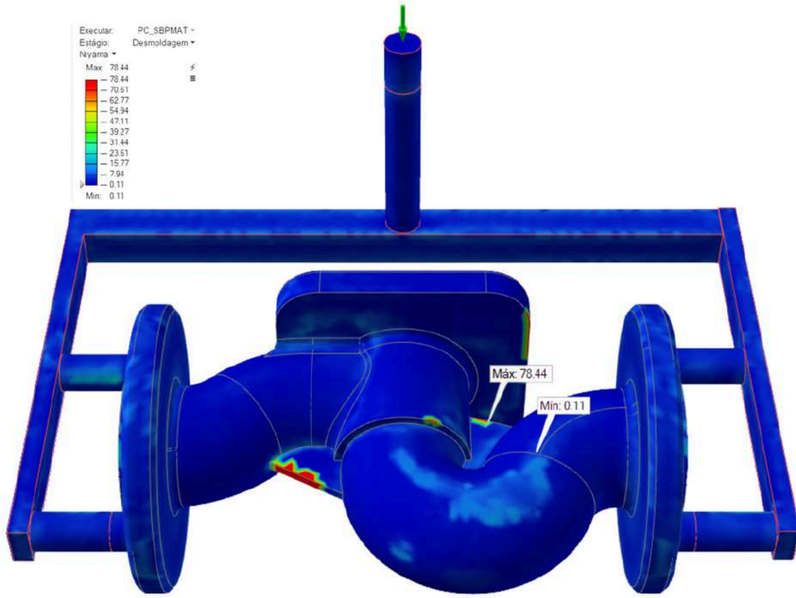
Figura 1 - Resultados representativos do Inspire Cast para (a) tempo de solidificação; (b) porosidade; (c) critério de niyama do ponto central.



(a)



(b)

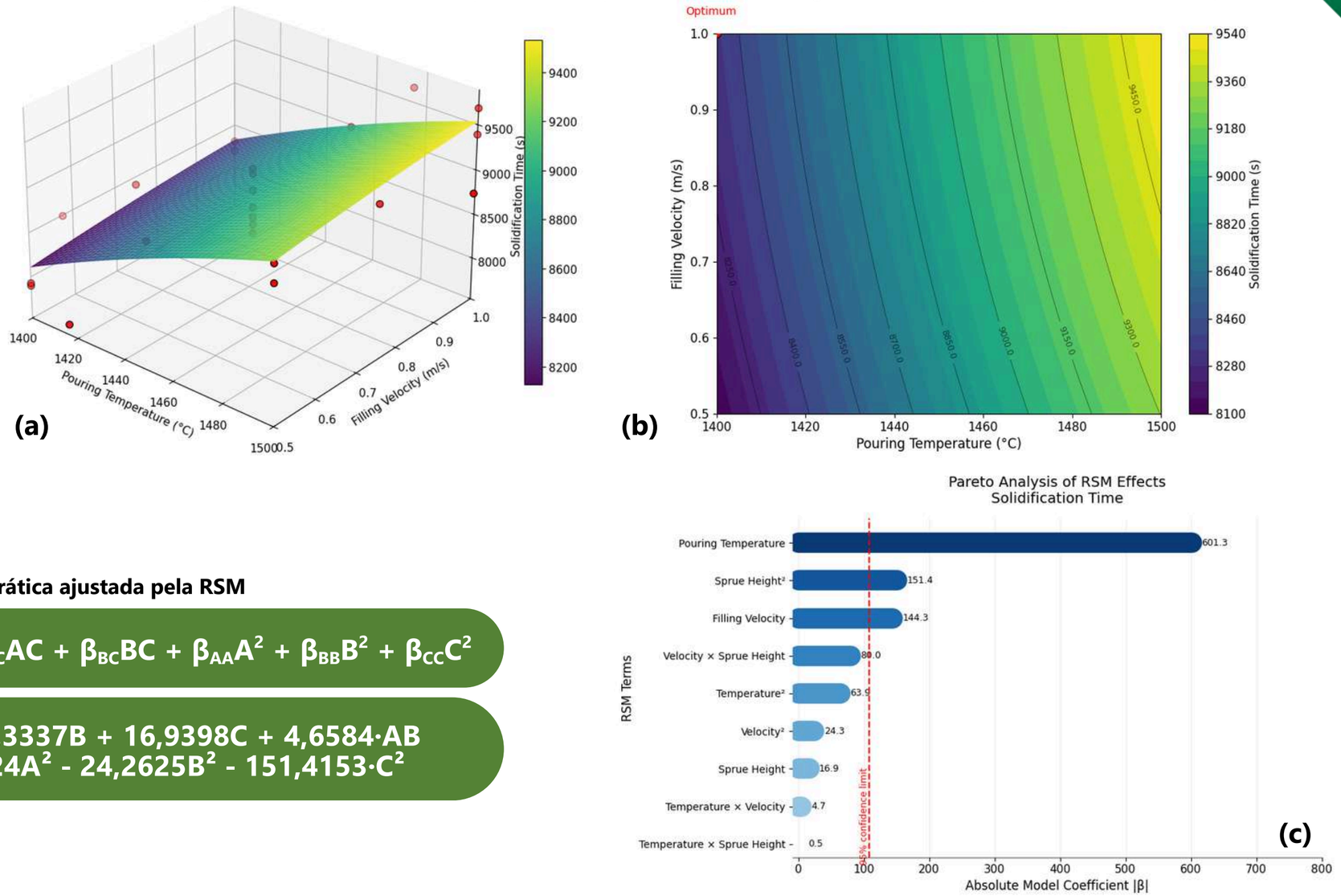


(c)

RESULTADOS OBTIDOS

Tempo de solidificação

Figure 2 - (a) Superfície de resposta; (b) mapa de contorno e; (c) gráfico de Pareto para tempo de solidificação.



Equação de regressão quadrática ajustada pela RSM

$$Y = \beta_0 + \beta_A A + \beta_B B + \beta_C C + \beta_{AB} AB + \beta_{AC} AC + \beta_{BC} BC + \beta_{AA} A^2 + \beta_{BB} B^2 + \beta_{CC} C^2$$

$$\hat{Y} = 8923{,}2605 + 601{,}3411A + 144{,}3337B + 16{,}9398C + 4{,}6584 \cdot AB + 0{,}5395AC - 80{,}0449BC - 63{,}8624A^2 - 24{,}2625B^2 - 151{,}4153 \cdot C^2$$

RESULTADOS OBTIDOS

Critério de Niyama

Figure 3 - Mapa de porosidade e Niyama do ponto central

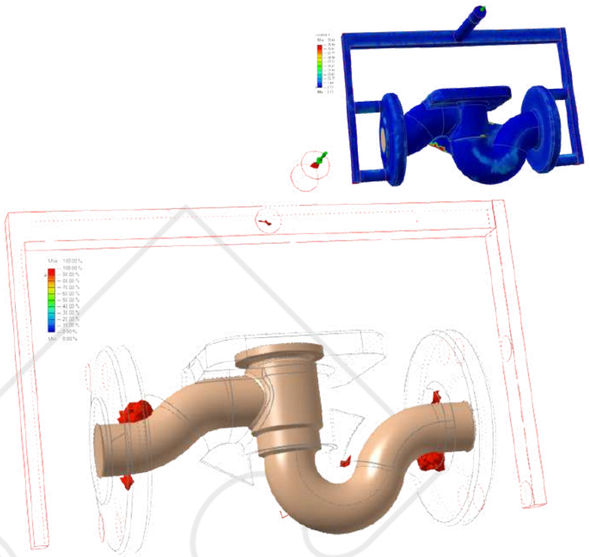
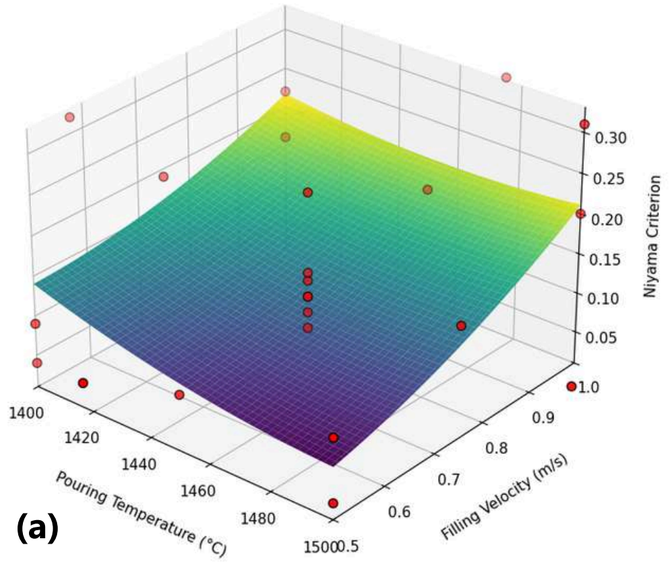
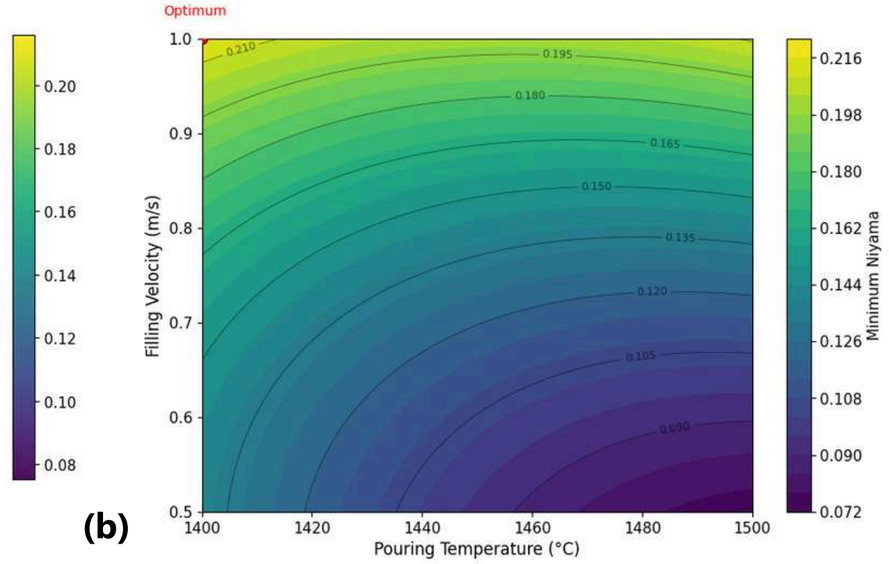
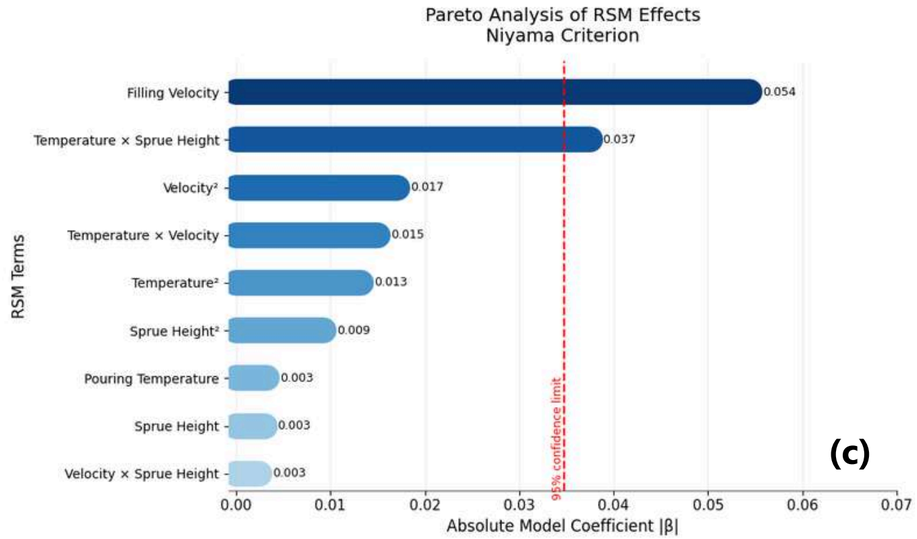


Figure 4 - (a) Superfície de resposta; (b) mapa de contorno e; (c) gráfico de Pareto para critério de niyama.







Equação de regressão quadrática ajustada pela RSM

$$Y = \beta_0 + \beta_A A + \beta_B B + \beta_C C + \beta_{AB} AB + \beta_{AC} AC + \beta_{BC} BC + \beta_{AA} A^2 + \beta_{BB} B^2 + \beta_{CC} C^2$$

$$\hat{Y} = 0{,}1331 - 0{,}0033A + 0{,}0544B - 0{,}0030C + 0{,}0150AB - 0{,}0375AC - 0{,}0025BC + 0{,}0132A^2 + 0{,}0171B^2 - 0{,}0093C^2$$

RESULTADOS OBTIDOS

Maturidade da Tecnologia (Status TRL 3)



Temperatura de vazamento = 1400 ºC

Velocidade inicial de vazamento = 1 m/s

Altura do sprue = 219 mm

! Forte subsídio de engenharia gerado. A pesquisa reduz a incerteza e apoia decisões estratégicas de fabricação de componentes críticos para O&G.

CONCLUSÕES



A integração entre simulação computacional, CCD e RSM permitiu avaliar de forma conjunta a influência da temperatura de vazamento, velocidade inicial e altura do sprue no processo de fundição da válvula globo em Inconel 625.



A temperatura de vazamento apresentou maior influência sobre o tempo de solidificação, enquanto a velocidade inicial de vazamento apresentou maior influência sobre o critério de Niyama.



A otimização conjunta indicou como condição prevista 1400 °C, 1,00 m/s e altura de sprue de aproximadamente 219 mm, conciliando menor tempo de solidificação e maior critério de Niyama.



Para a indústria de petróleo e gás, a abordagem demonstra potencial para apoiar rotas de fabricação mais previsíveis, reduzir a suscetibilidade a defeitos e contribuir para o aumento da confiabilidade de válvulas destinadas a condições severas

REFERÊNCIAS



prh anp 32/UFRN

Ellen Gomes Silva

gomes.ellen.017@ufrn.edu.br



prh anp

anp | Gestão: FAPESP

prh anp 32/UFRN | anp | Gestão: FAPESP | UFRN Universidade Federal do Rio Grande do Norte | GESMEL | LEAM Laboratório de Ensino Ativo em Materiais