Categoria III: NORMAS TÉCNICAS
Eixo temático: AMOSTRAGEM

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Determinação de umidade para controle de processo de embarque de minério de ferro utilizando analisador termogravimétrico

CSN Mineração - Tecar

Alyne da Silva Escobar – Engenheira I
Sebastião Eleutério da Silva Filho – Coordenador de Laboratório

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO | BRAZILIAN MINING | MINERÍA DE BRASIL

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Grupo CSN

Siderurgia



USINA PRESIDENTE VARGAS
Volta Redonda-RJ
AÇOS LONGOS
Volta Redonda-RJ
CSN PORTO REAL
Porto Real-RJ
CSN PARANÁ
Araucária-PR
CSN LLC
EUA
LUSOSIDER
Portugal
PRADA EMBALAGEM
São Paulo-SP
PRADA DISTRIBUIÇÃO
SP, RJ, PR, RS, PE, MG
STAHLWERK THÜRINGEN (SWT)
Alemanha

Mineração



CASA DE PEDRA
Congonhas-MG
ERSA
Itapuã do Oeste e Ariquemes-RO
MINERAÇÃO ARCOS
Arcos-MG
TECAR
Porto de Itaguaí – RJ
MRS LOGÍSTICA

Cimento



CSN CIMENTOS
Volta Redonda-RJ
CSN ARCOS
Arcos-MG

Logística



TECON
Porto de Itaguai-RJ
TRANSNORDESTINA LOGÍSTICA

Energia



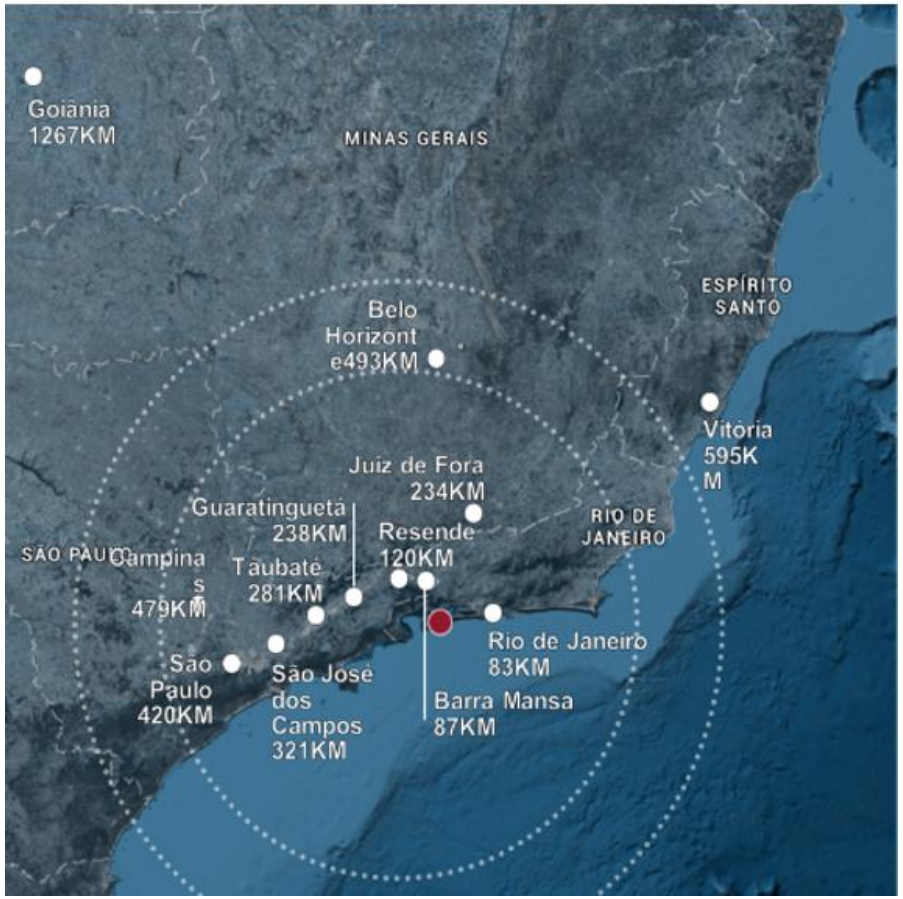
CENTRAL TERMOELÉTRICA
Volta Redonda-RJ
HIDRELÉTRICA IGARAPAVA
SP-MG
HIDRELÉTRICA ITÁ
SC



Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

CSN Mineração - Tecar



- Ramo de atuação: Mineração
- Porte: Grande
- Número de funcionários: 905
- CNAE:
- 52.31-1-02 – Atividades do operador portuário (Tecar)
  09.90-4-01 – Atividades de apoio à extração de minério de ferro (Laboratório)
- Grau de risco: 3

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Situação antes do trabalho: Controle de umidade durante o embarque com ações tardias
Equipe envolvida: Equipe de desenvolvimento analítico do laboratório e PCP



Método ABNT NBR 16214:2013
Secagem em estufa a 160°C
Tempo 1h30min
Massa aproximadamente 1 kg

Assumindo uma taxa 6.000 t/h:

9.000 t de minério embarcado sem resultado de umidade

Equivale aproximadamente a 45% do porão

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Relevância Operacional

- Agilidade de tomada de decisão pelo PCP
- Redução nas paradas de embarque
- Redução na espera de navios



ANALISADOR DE UMIDADE
OHAUS MB120

Relevância para o Negócio

- Aderência ao planejamento anual
- Aumento da confiabilidade do processo
- Maior segurança da embarcação

Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

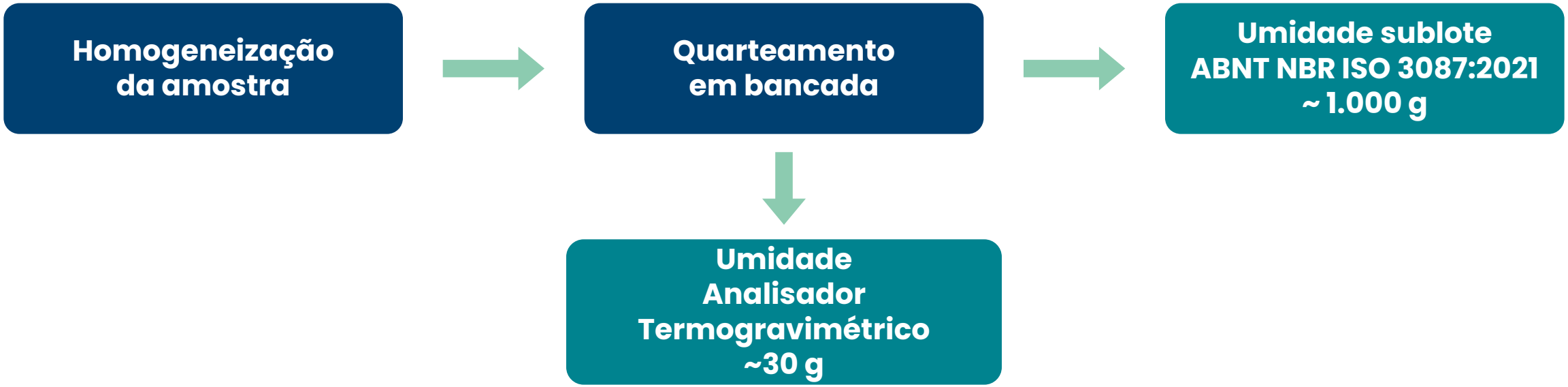
Objetivo:

Apresentar um método alternativo que reduza o tempo de análise de determinação de umidade, proporcionando maior agilidade na tomada de decisão pelo setor de PCP durante o processo de embarque, além de contribuir significativamente para a segurança das operações marítimas.

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

- Tipo de amostra: sinter feed com diversas faixas de concentração
- Porções de ensaio: as porções foram retiradas no momento da análise de determinação de umidade sublote (ABNT NBR ISO 3087:2021)



Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

- Equipamentos e método de ensaio:

ABNT NBR ISO 3087:2021

- **Estufa ventilação mecânica:** marca FANEM modelo 320E
- **Balança analítica 8200 g:** marca Mettler Toledo, resolução 0,1 g
- **Secagem:** 105 °C por 4 h + 1 h
- Calibração por laboratório acreditado RBC e verificação periódica
- Ensaio em processo de reconhecimento pela RMMG na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025

Analisador Termogravimétrico

- **Analisador:** Marca OHAUS modelo MB120
- **Critério de desativação A60:** automático, perda de massa inferior a 1 mg em 60 segundos
- Calibração por laboratório acreditado RBC e verificação periódica

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

- Equipamentos e método de ensaio:



Analisador Termogravimétrico

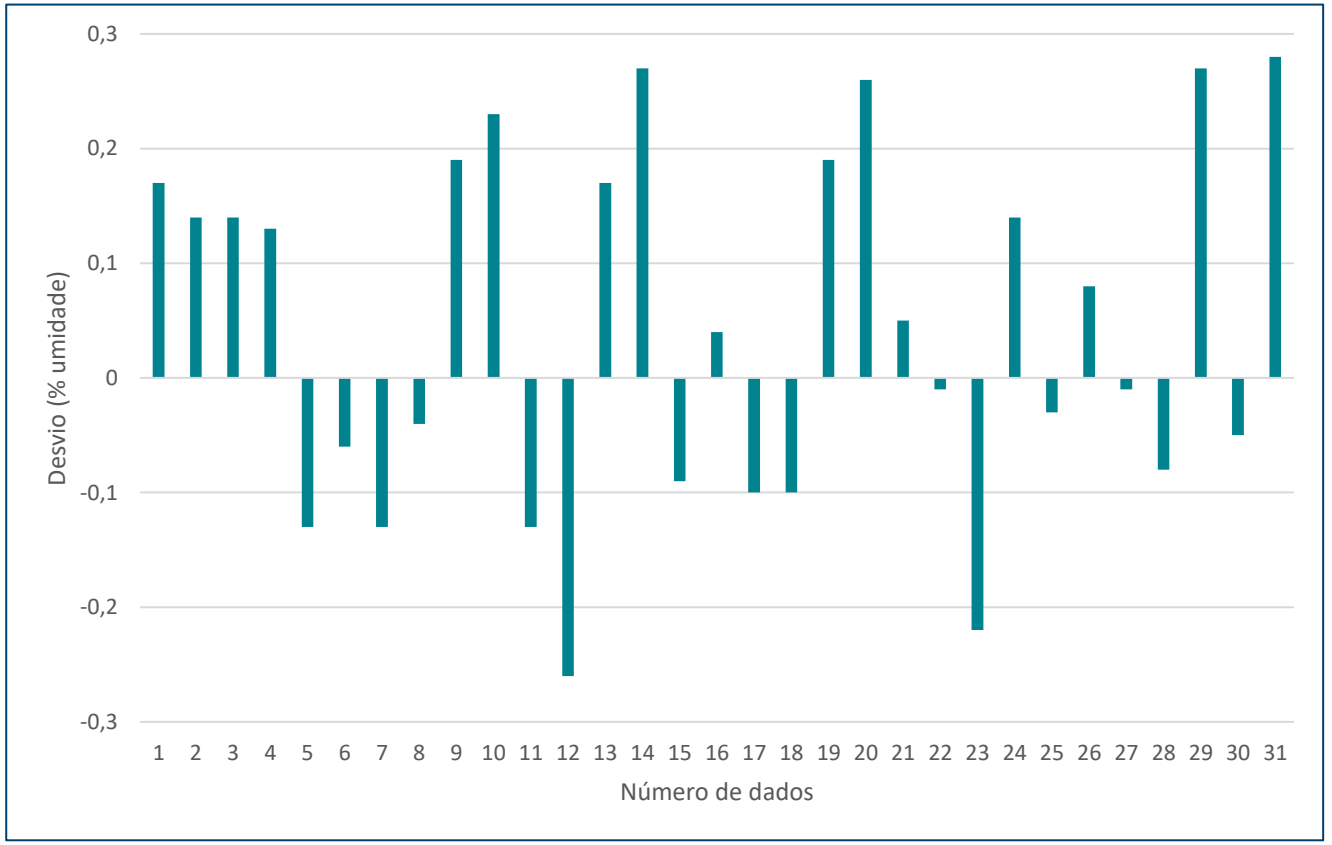
- **Analisador:** Marca OHAUS modelo MB120
- **Critério de desativação A60:** automático, perda de massa inferior a 1 mg em 60 segundos
- Calibração por laboratório acreditado RBC e verificação periódica

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Resultados e validação:

Teste de Grubbs (Consistência)	**Zero outilers detectado**
Coeficiente de Correlação (R2)	**0,95**
p-valor (Teste t- Student)	**0,14**
Desvio máximo (limite de repetibilidade de Mfe – ABNT NBR ISO 3087:2021)	**0,31%**



Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Resultados e validação:

Teste de viés ABNT NBR ISO 3086:2008 – dados de validação			
LI = -0,01%	LS = 0,09%	Critério de aceitação = ±0,05%	σspm = ±0,11%

- Intervalo inclui o zero.
- LI excedeu o critério de aceitação de ±0,05%, indicando a necessidade de aumentar o número de dados.
- LI e LS dentro do intervalo do σspm = ±0,11%.

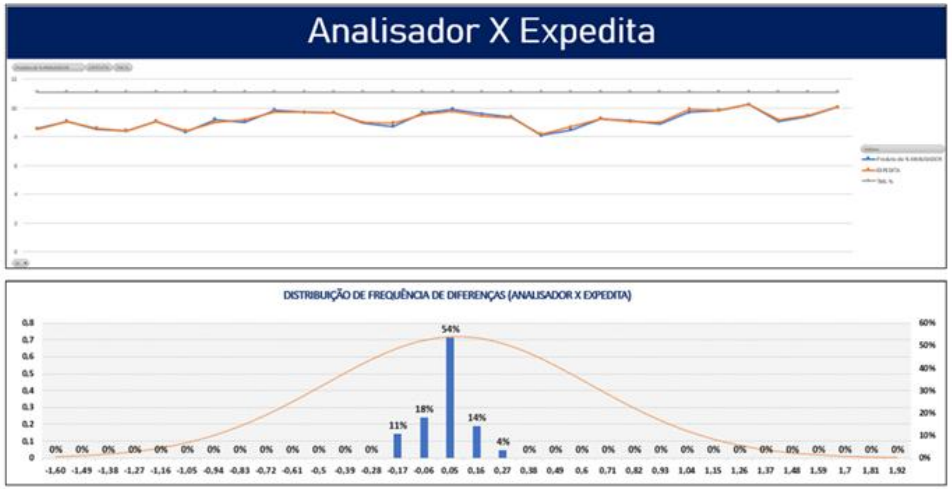
Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Resultados e validação - Analisador termogravimétrico x ABNT NBR 16214:2013:

Teste de viés ABNT NBR ISO 3086:2008 – dados de rotina			
LI = -0,02%	LS = 0,02%	Critério de aceitação = ±0,05%	σspm = ±0,11%

- Intervalo inclui o zero.
- LI e LS dentro do critério de aceitação de ±0,05%.
- LI e LS dentro do intervalo do σspm = ±0,11%.



Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Controle de umidade mais rápido para apoiar as decisões durante o embarque

GANHOS ALCANÇADOS

Maior controle da umidade durante o embarque de minério de ferro.

APRENDIZADO

Estudo de técnicas alternativas que permitem reduzir o tempo de resposta do controle de processo.

DIFERENCIAL

Baixo investimento **Fácil aplicação** **Resposta rápida**

Mais segurança para a operação e para a embarcação

VERIFICAÇÃO DO MÉTODO

A Marinha do Brasil verificou o método como alternativa à ABNT NBR 16214:2013 para determinação de umidade no embarque.

LEGADO E PRÓXIMOS PASSOS

Inovação e melhoria contínua nos processos de controle de umidade. Avaliar equipamentos que proporcionem resultados mais rápidos.

OBRIGADO!

alyne.escobar@csn.com.br
eleuterio@csn.com.br