Categoria Normas Técnicas
Eixo temático: Inovação e Eficiência Laboratorial

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Otimização do Método ISO 15661:2020 para aumento da produtividade laboratorial com manutenção da confiabilidade metrológica

Vale S.A.

Suzilei Silva
Larisa Fortes
Luzia Chaves
Ailson Alves

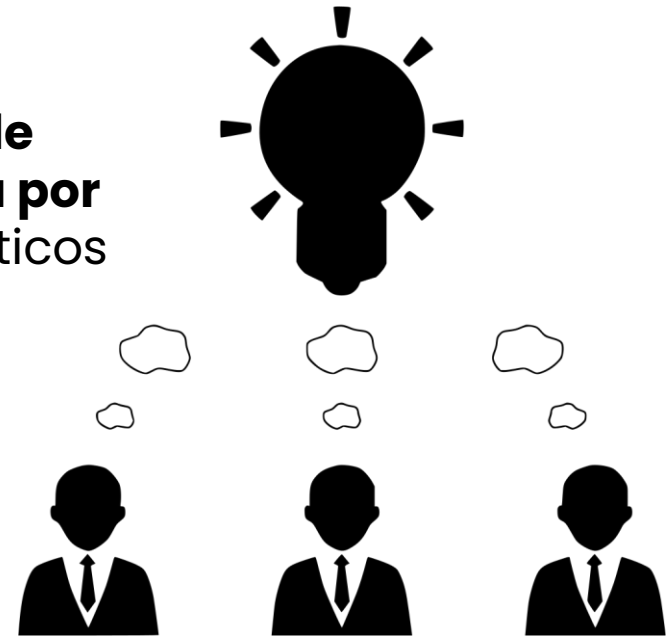
Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

A norma ISO 15661:2020* é um método internacionalmente reconhecido para determinação de cloreto em minérios e concentrados de cobre.
Sua aplicação assegura **comparabilidade** e **confiabilidade** dos resultados.

*Norma ISO 15661:2020 Minérios e concentrados de cobre e níquel sulfetados – Determinação do teor de cloro total – Fusão alcalina e método de titulação potenciométrica.

Na utilização em **rotina** laboratorial foi identificada **oportunidade de estudar alternativas operacionais capazes de aumentar a eficiência por otimização do processo analítico**, preservando os fundamentos analíticos estabelecidos pela norma.



Norma técnica → Conhecimento técnico → Inovação validada



Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Como a otimização foi conduzida?

- ✅ Avaliação detalhada de cada etapa da ISO 15661:2020
- ✅ Análise dos fundamentos químicos e estequiométricos
- ✅ Testes controlados com amostras de teores conhecidos
- ✅ Implementação gradual dos ajustes
- ✅ Preservação do princípio químico do método
- ✅ Participação de especialistas com experiência na aplicação e desenvolvimento normativo
- ✅ Avaliação estatística de dados
- ✅ Aprovação da modificação

Cada alteração somente foi incorporada após comprovação experimental de que não impactaria negativamente o desempenho analítico do método.

Parâmetros	ISO 15661	Método Otimizado
Massa de amostra	2,0 g	0,5 g
Fundentes	10 g	5 g
Tempo de fusão	30 min	10 min
Tempo de dissolução	120 min	15 min
H_2O_2	15 mL	5 mL

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Validação experimental da metodologia otimizada

Dados analíticos finais foram avaliados

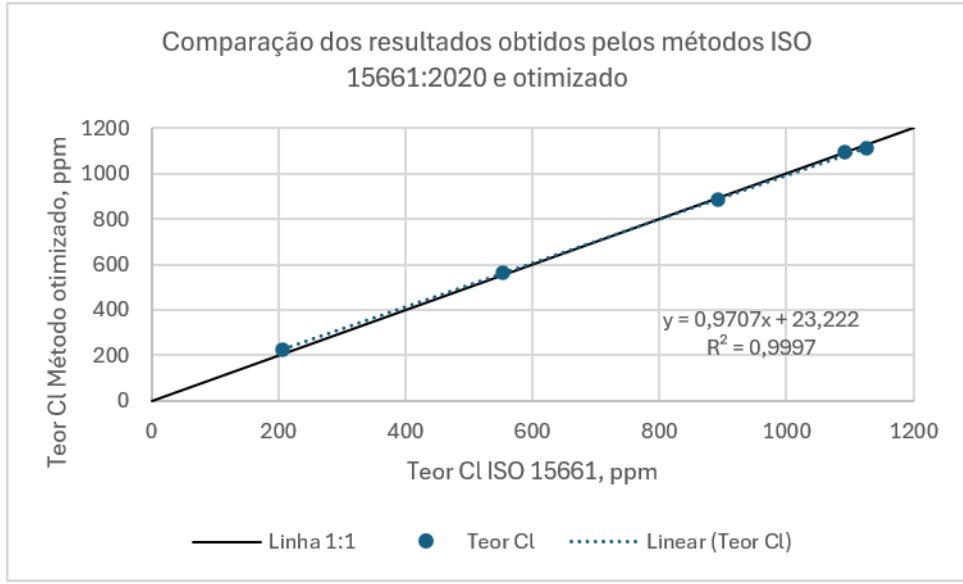
- ✅ Consistência dos resultados (Q-Dixon para identificação de valores discrepantes)
- ✅ Precisão em condições de repetibilidade (Atendimento aos critérios da ISO 15661:2020 - item 11)
- ✅ Equivalência de precisão (Comparação das variâncias entre os métodos)
- ✅ Equivalência de exatidão (Comparação estatística das médias obtidas)
- ✅ Avaliação de tendência (z-score)
- ✅ Estimativa da Incerteza da medição .

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Evidência de Robustez

Avaliação	Critério atendido
Valores discrepantes	Nenhum detectado
Repetitividade	Conforme ISO 15661
Precisão	Fcalc < Fcrit (5/5 amostras)
Exatidão	tcalc < tcrit (5/5 amostras)
Tendência	Z-score entre ±2
Incerteza	3,42% a 5,12%



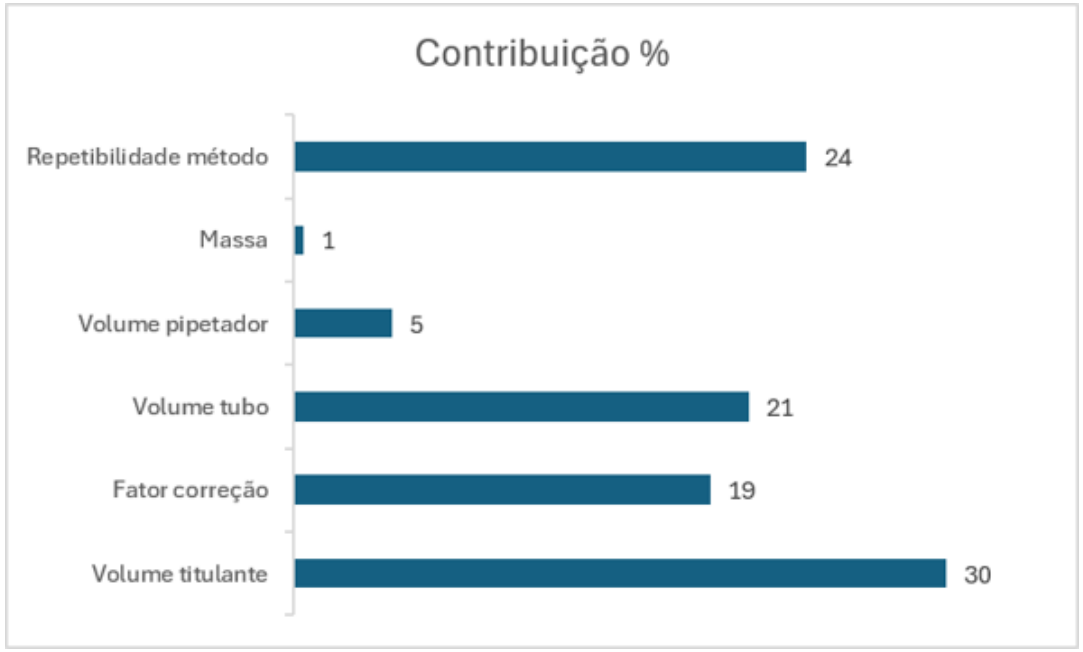
- ✅ Precisão equivalente ao método normalizado
- ✅ Exatidão equivalente ao método normalizado
- ✅ Ausência de tendência significativa

Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Evidência de Robustez

✅ Incerteza expandida calculada variou entre 3,42% e 5,12% relativa ao teor nominal.



As principais contribuições permaneceram associadas à repetitividade e à titulação potenciométrica, sem evidências de variabilidade adicional decorrente da otimização.

Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

Principais ganhos obtidos com a otimização do método

88%	Tempo de dissolução
75%	Massa de amostra
67%	Tempo de fusão
67%	H_2O_2
50%	Fundentes

Produtividade

Maior capacidade analítica

Redução do tempo de preparação

Maior agilidade na liberação de resultados

Melhor aproveitamento dos recursos

Sustentabilidade e Eficiência

Menor consumo de reagentes e fundentes

Menor geração de resíduos químicos

Redução de custos operacionais

Alinhamento com a Química Verde

Análise crítica da ISO 15661:2020 permitiu simplificar o método sem alterar seu princípio químico, mantendo a confiabilidade metrológica e gerando ganhos de produtividade, eficiência operacional e sustentabilidade.

Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

O trabalho demonstra como o conhecimento adquirido a partir das normas técnicas pode gerar inovação, produtividade e melhoria contínua nos laboratórios da mineração.

Norma internacional → entendimento técnico → desenvolvimento interno → validação metrológica → ganho para a mineração brasileira.



IBRAM | 50 ANOS
MINERAÇÃO DO BRASIL

OBRIGADA!

Suzilei.silva@vale.com

Larisa.fortes@vale.com

Luzia.chaves@vale.com

Ailson.alves@vale.com

