Categoria: Descarbonização e Eficiência Energética
Eixo temático: Eletrificação e Descarbonização

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

# Validação Operacional de Carregadeira Elétrica (BEV) em Mina Subterrânea

AngloGold Ashanti

Renan Talles Ribeiro Soares
Matheus Chaves Faria Carvalho

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO | BRAZILIAN MINING | MINERÍA DE BRASIL

PRÊMIO
BOAS PRÁTICAS
NA MINERAÇÃO
DO BRASIL 2026

# Abertura

## AngloGold Ashanti e a Mina Cuiabá

Uma das maiores produtoras globais de ouro, com operações em diferentes continentes e foco em práticas sustentáveis e inovação operacional.

Em Minas Gerais, opera a Mina Cuiabá: lavra subterrânea profunda, com uso intensivo de equipamentos móveis e elevada complexidade operacional.

**Setor: extração de minério de metais preciosos (ouro)**

**>1.600 m**

de profundidade: a mina subterrânea mais profunda do Brasil

**≈ 6.300**

colaboradores na unidade

**0724-3/01**

CNAE: extração de minério de metais preciosos

**Grau 4**

de risco, com rigoroso controle de segurança

# Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## O desafio: na mina profunda, o diesel pesa em energia, calor e emissões

**Diesel nas frentes**

Carregadeiras e caminhões a combustão

**Calor, gases e particulado**

Pior qualidade do ar no subsolo

**Mais ventilação**

Maior vazão para diluir e resfriar

**Mais energia e emissões**

Custo e pegada de carbono maiores

**92%**

das emissões de escopo 1 da AngloGold Ashanti Brasil vêm do diesel

**20–33%**

da energia da Mina Cuiabá vai para a ventilação, o maior consumidor individual

**2ª**

maior frota consumidora de diesel da mina: as carregadeiras

# Abertura

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Objetivo do trabalho e por que ele importa

OBJETIVO

**Validar, em operação real, o desempenho operacional e energético de uma carregadeira elétrica a bateria (BEV) na mina subterrânea mais profunda do Brasil.**

### Para os trabalhadores

Ar mais limpo, menos calor e menos ruído nas frentes de lavra.

### Para o negócio

Menos diesel, menos emissões de escopo 1 e menos energia gasta com ventilação.

### Por que é boa prática

Mostra que eletrificar vai além de trocar o combustível: reduz a carga térmica e a demanda de ventilação da mina.

# Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Cenário: por que começar pela frota de carregadeiras

### Caminhões

Rampas longas e inclinadas exigiriam recarga ou troca de bateria a cada ciclo, comprometendo a produtividade.

**Inviável no curto prazo**

### Carregadeiras

2ª maior frota consumidora de diesel e alternativa mais viável para eletrificar no curto e médio prazo.

**Priorizada para validação**

EQUIPAMENTO AVALIADO

### Epiroc ST14B

Carregadeira elétrica a bateria (BEV), em substituição direta a uma carregadeira diesel de mesma capacidade.

**Desafios a superar**

- Investimento inicial
- Adaptação da infraestrutura
- Mudanças operacionais
- Capacitação das equipes

# Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Estratégia: implantação progressiva e comparação direta com o diesel

1

### Infraestrutura

Sistema de troca de baterias (battery swapping)

2

### Testes

Operação em stoping, desenvolvimento, rampa e rockfill

3

### Dados

Coleta e análise dos indicadores operacionais

4

### Ajustes

Logística de baterias ajustada à rotina da mina

5

### Integração

BEV incorporado ao ciclo produtivo

**2.942 h**

de operação contínua, de abr/2024 a abr/2025, comparadas ao histórico do diesel (baseline)

### Indicadores comparados

Produtividade · Disponibilidade · Consumo de energia · Emissões · Temperatura · Demanda de ventilação

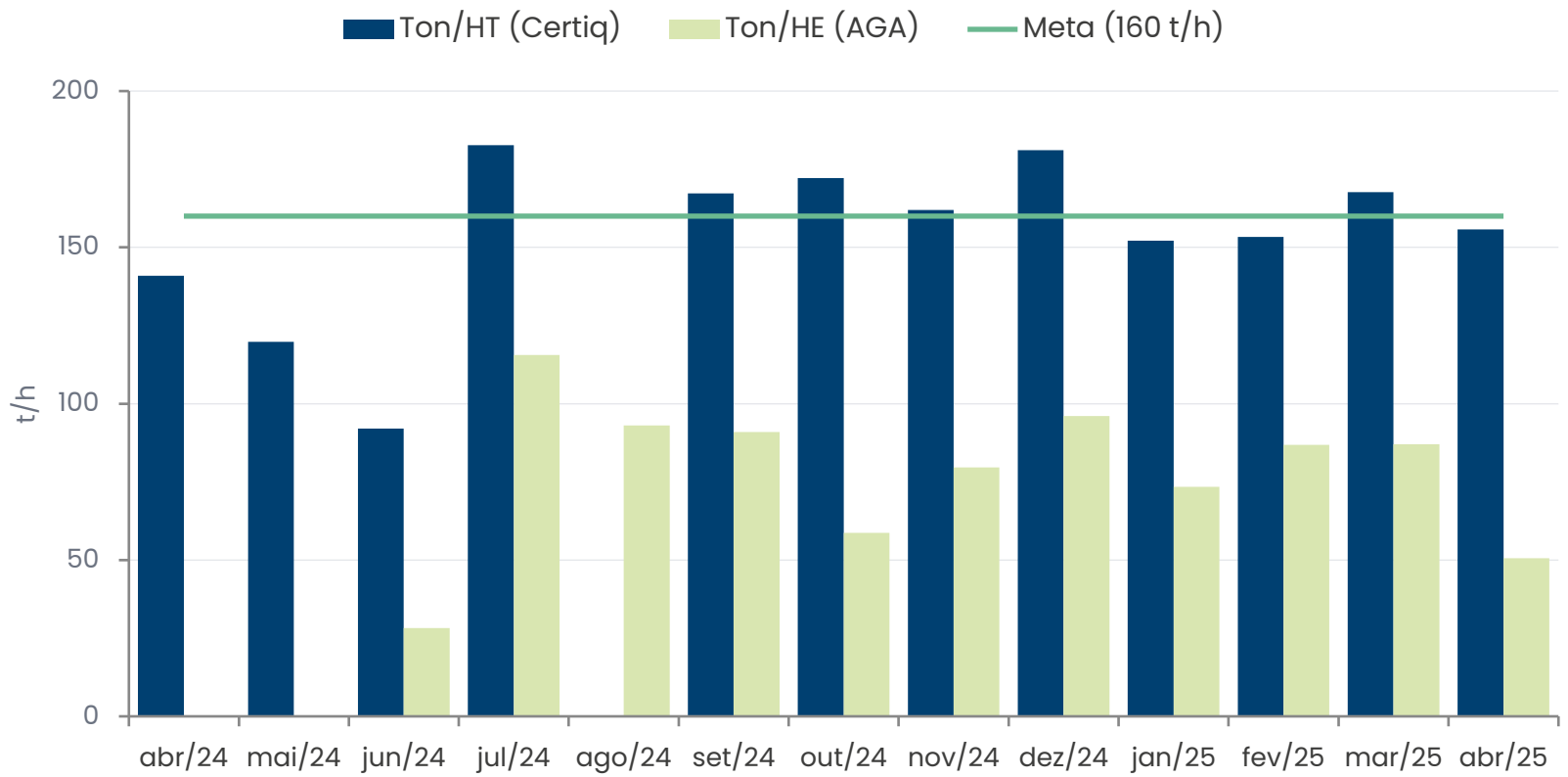
### Públicos envolvidos

Operação de lavra · Manutenção · Engenharia de ventilação · Fornecedor do equipamento (Epiroc)

# Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Evidência: produtividade acima da meta




**180 t/h**

produtividade efetiva, acima da meta de 160 t/h

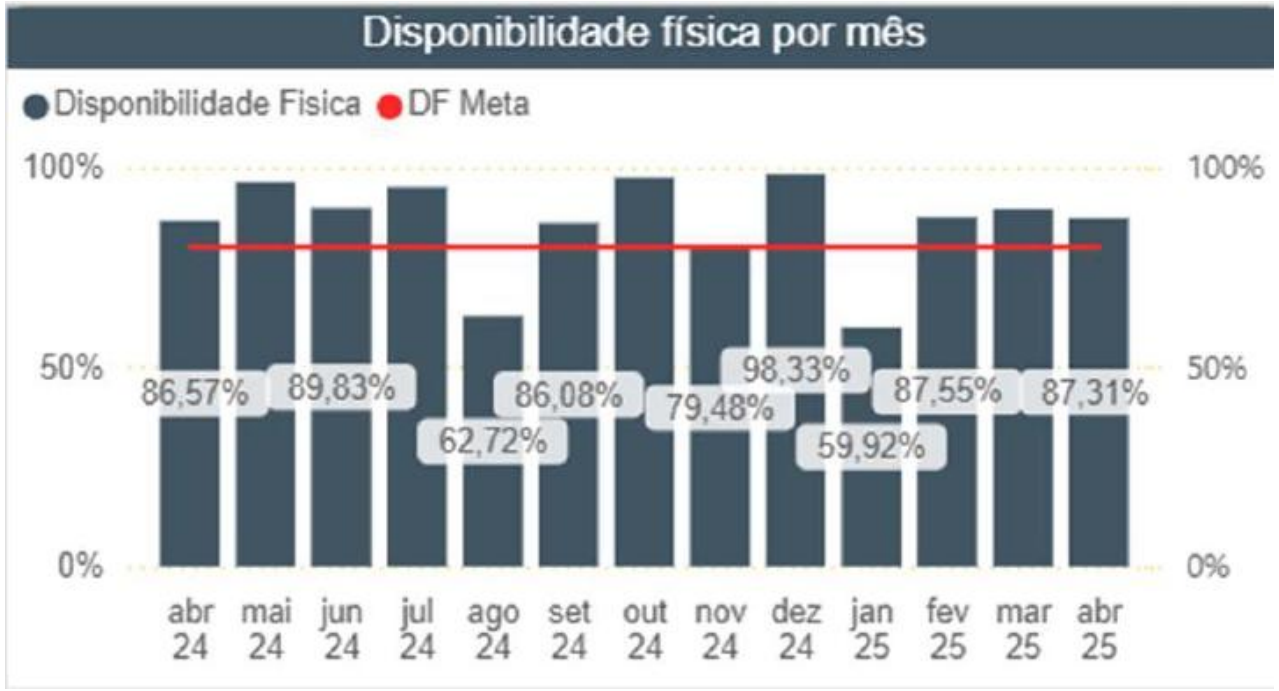
**≈ 83 t/h**

produtividade operacional média, em linha com os equipamentos diesel

# Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Evidência: disponibilidade acima da meta e alta confiabilidade




Disponibilidade física mensal × meta de 80%. Quedas em ago/24 e jan/25: duas falhas com espera de peças.

**86%**

**Disponibilidade física**

Meta contratual: 80%

**86 h**

**MTBF (tempo médio entre falhas)**

Referência: 20 h

**18 h**

**MTTR (tempo médio de reparo)**

Referência: 7 h

**573 h**

**Manutenção corretiva**

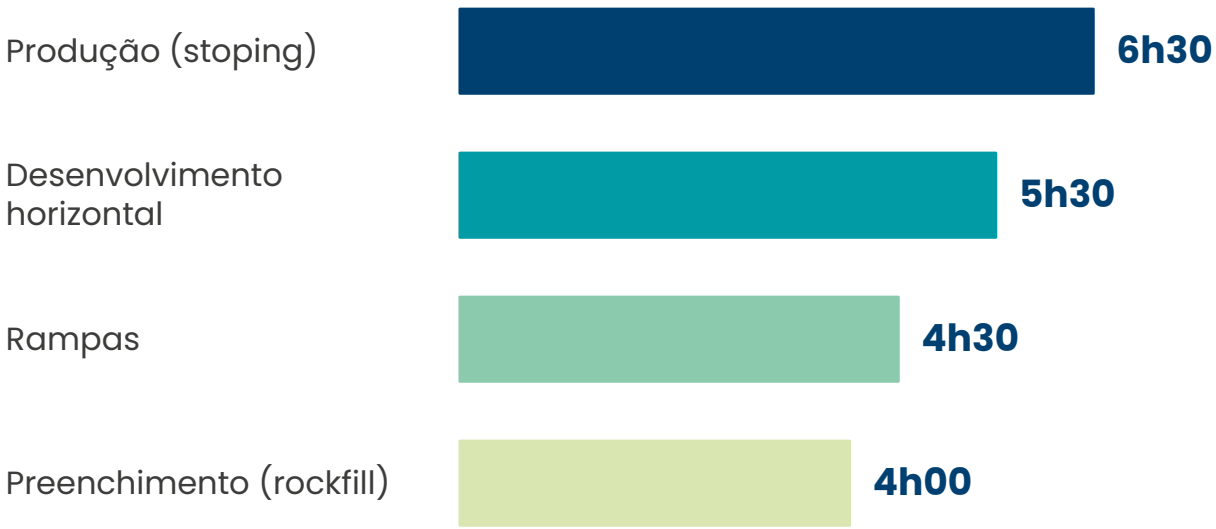
Preventiva: 469 h

# Desenvolvimento

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Operação: a autonomia depende da aplicação e da estratégia operacional

### Autonomia por tipo de aplicação




Battery swapping manteve a disponibilidade, apesar do impacto logístico das trocas.

**55%**
utilização média global

**47%**
utilização efetiva em produção

### O desempenho do BEV depende de:

- Distância até a estação de troca de baterias
- Perfil de esforço mecânico da aplicação
- Organização do ciclo produtivo

# Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Resultados: desempenho equivalente ao diesel, sem queimar diesel

**94.144 L**

de diesel evitados no período

**252 t**

de $CO_2$ equivalente evitadas

**US$ 103,6 mil**

de economia direta em combustível

**13%**

de redução potencial do escopo 1 da mina com toda a frota de carregadeiras elétrica

**Desempenho operacional equivalente:** produtividade efetiva de 180 t/h, disponibilidade de 86% e MTBF de 86 h, em 2.942 h de operação. Base: consumo médio de 32 L/h do diesel equivalente.

# Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## O diferencial: efeito sistêmico no calor e na ventilação da mina

**−5 a −7 °C**

nas frentes operacionais (medição direta)

≈ −10 °C nas linhas de retorno de ventilação (simulação)

**16,1 m³/s**

a menos de demanda de ventilação por equipamento eletrificado

**1.231 MWh/ano**

de energia de ventilação evitada por equipamento

### Melhores condições de trabalho nas frentes

- Ar de melhor qualidade
- Menos material particulado
- Menos ruído
- Menor temperatura
- Ganhos em frentes adjacentes

# Conclusão

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

## Aprendizados: o que descobrimos e o que faríamos diferente

### Logística de peças é crítica

As duas falhas mais longas foram por espera de peças (MTTR de 18 h). Faríamos diferente: garantir sobressalentes críticos disponíveis desde o início.

### Autonomia é planejamento

Varia de 4h00 a 6h30 conforme a aplicação. A posição das estações de troca e a organização do ciclo definem o desempenho.

### Battery swapping funciona

A troca de baterias sustentou a disponibilidade acima da meta, mesmo com o impacto logístico das trocas.

### Caminhões são o próximo desafio

Com as rampas e distâncias de Cuiabá, eletrificar caminhões ainda depende de maior maturidade tecnológica.

# Conclusão

Legado e próximos passos

PRÊMIO BOAS PRÁTICAS NA MINERAÇÃO DO BRASIL 2026

LEGADO

**A eletrificação de carregadeiras é tecnicamente viável em mina subterrânea profunda e transforma a eficiência energética da mina, não apenas substitui o diesel.**

## Por que inspira outras empresas

- Validação em escala real, com 2.942 h de dados na mina mais profunda do Brasil
- Método replicável: baseline diesel × BEV, somando o efeito na ventilação

## Próximos passos

- Avaliar a conversão da frota de carregadeiras: potencial de −13% no escopo 1
- Acompanhar a evolução tecnológica para eletrificar caminhões

IBRAM | 50
MINERAÇÃO DO BRASIL | ANOS

# OBRIGADO!

Renan Talles Ribeiro Soares
Matheus Chaves Faria Carvalho
AngloGold Ashanti | Mina Cuiabá