

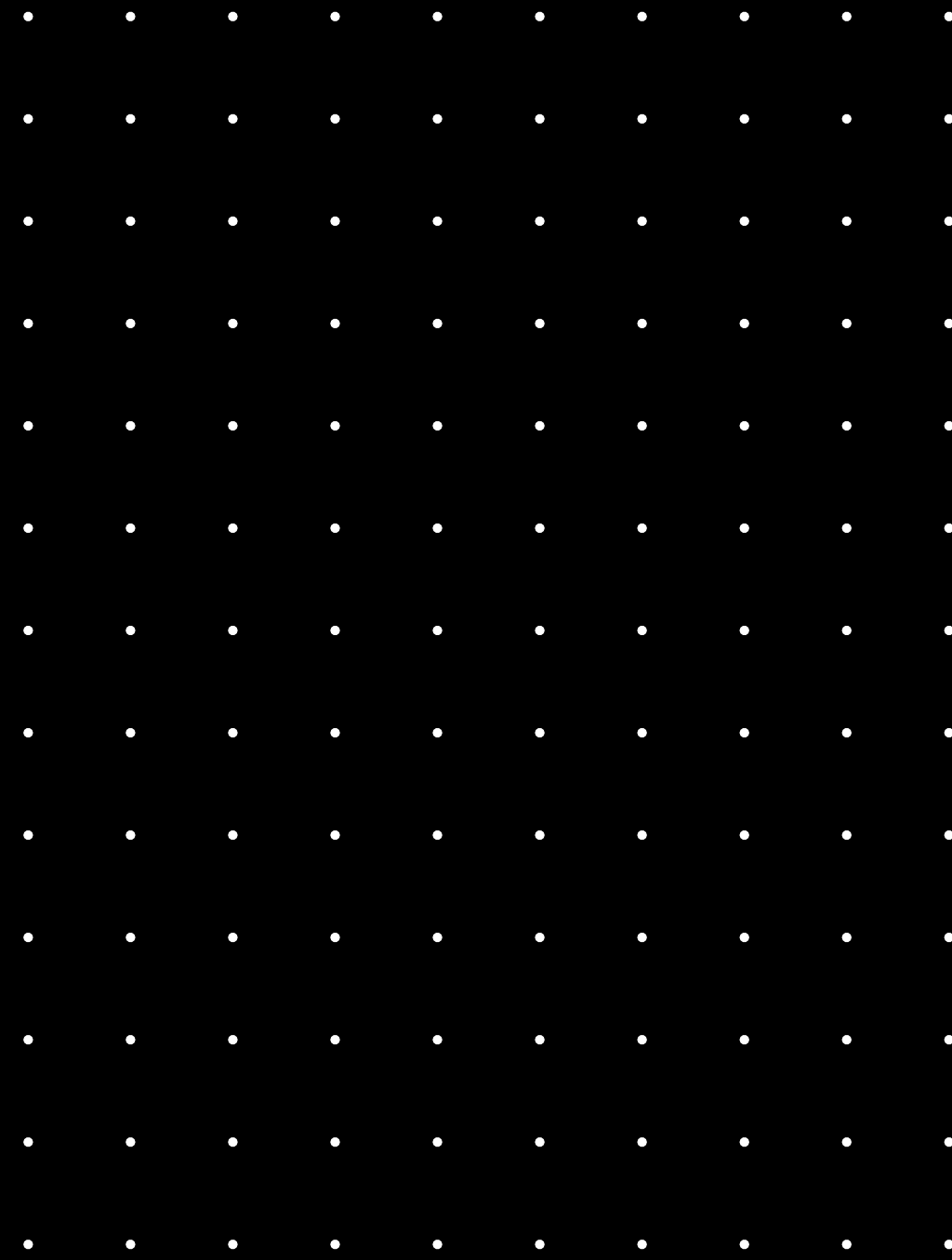
Metso

RESTRICTED

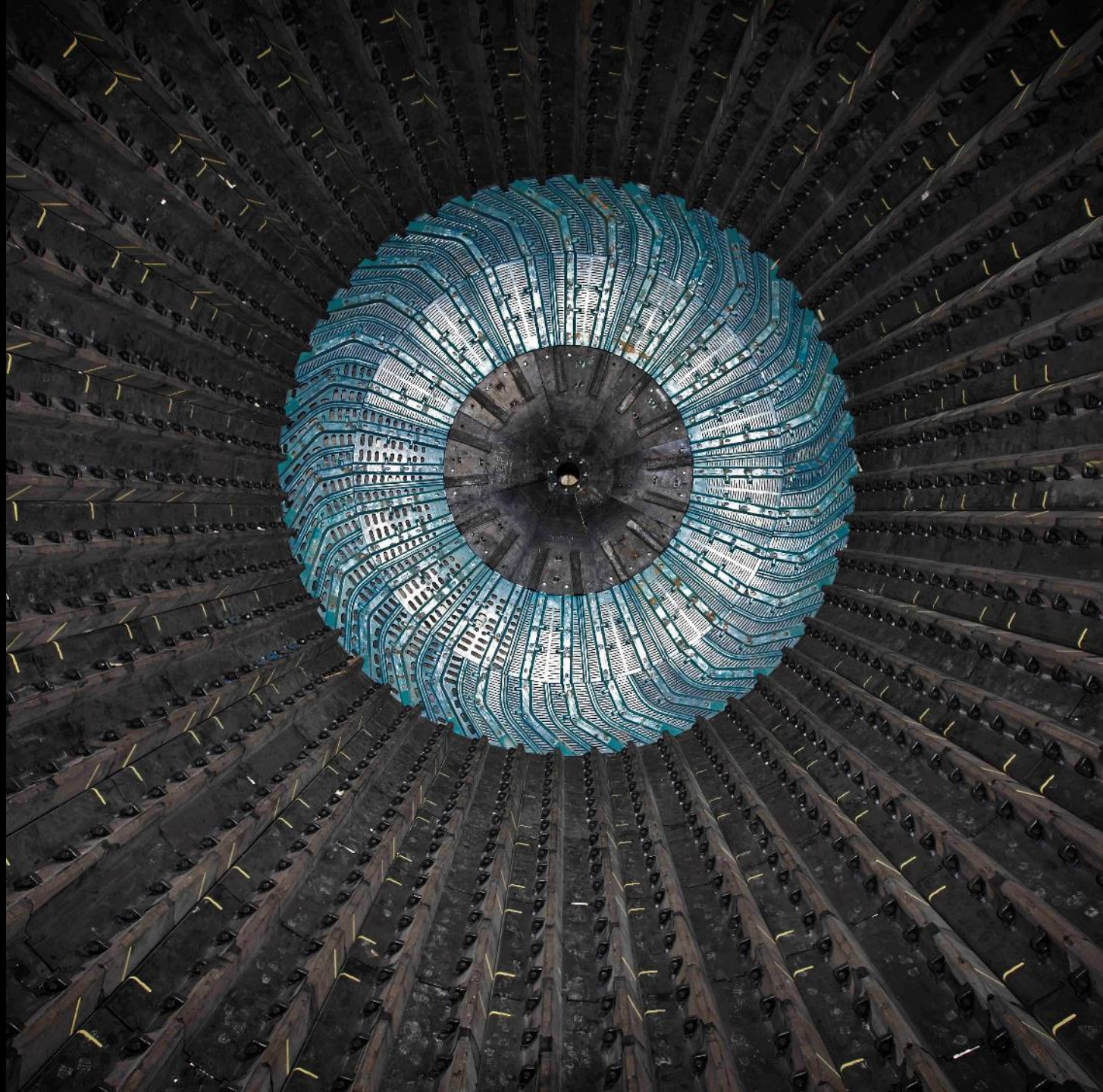
September 27, 2024

Revestimentos Moinhos

História, critérios de seleção,
aplicações e ferramentas de
desenvolvimento.



De longe a mais completa linha
do mercado



De longe a mais completa linha de revestimento de moinho do mercado

Todas as partes do moinho

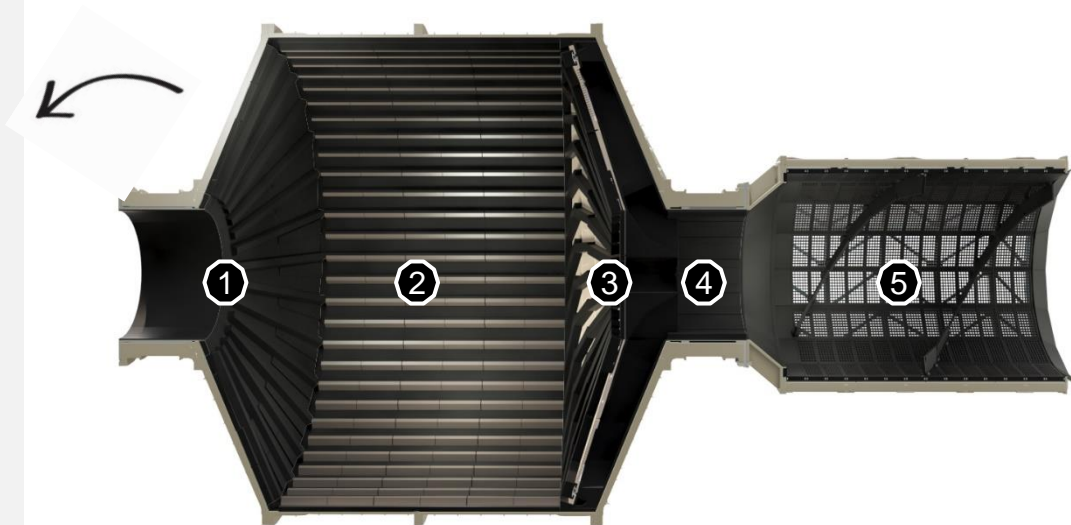
1 | Tampa de Alimentação

2 | Cilindro

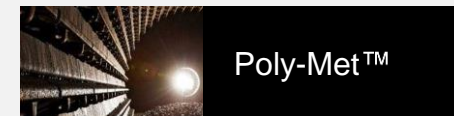
3 | Sistema de descarga

4 | Trunnion

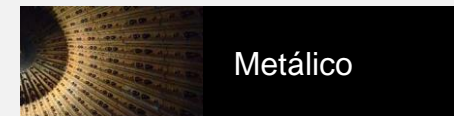
5 | Trommel



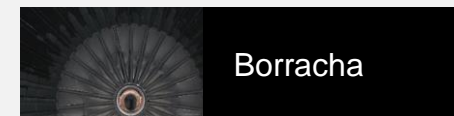
Todos os tipos de materiais



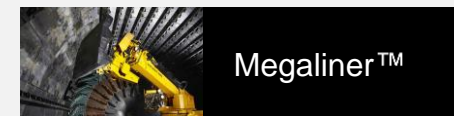
Poly-Met™



Metálico



Borracha



Megaliner™

Combine para melhores resultados



Combine diferentes materiais para utilizar totalmente os benefícios de cada um

Metso mais de 60 anos de desenvolvimento



1959
Revestimento de
borracha



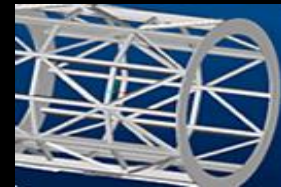
1964
Primeira
instalação em
AG



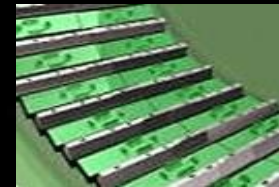
1970's
Desenvolvimento
Orebed™



1987
Poly-Met™ em
Borracha e
Metálico



2002
Telas de
Trommel
modular



2003
Placas
Poly-Met™ e
lifters em Aço



2005
Wide-spaced
Poly-Met™ 400
Sistema



2012
Megaliner™
Conceito
inicial aplicado



2014
Megaliner™
BM 25'x37.5'
Andina



2017
Megaliner™
BM 26'x43' e



2018
Poly-Met™
Taboca



2020
TPL Maracá



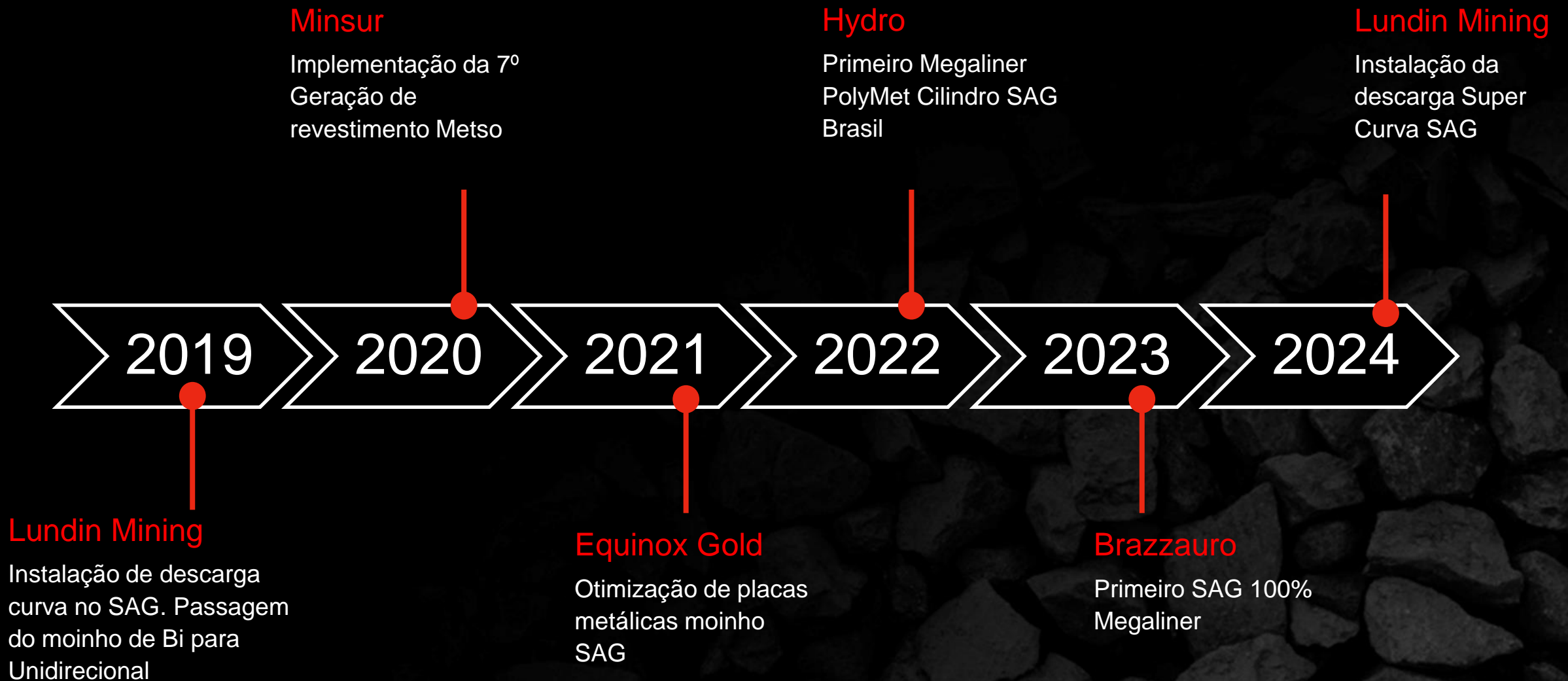
2021
Megaliner™
Teste Maracá,
Paragominas, AA



2023
1º Megaliner™
SAG Mill 26'x 16'
Paragominas



Principais marcos recentes



Colaboração próxima significa melhores resultados em todo o Brasil

1000h
Aumento de vida-útil

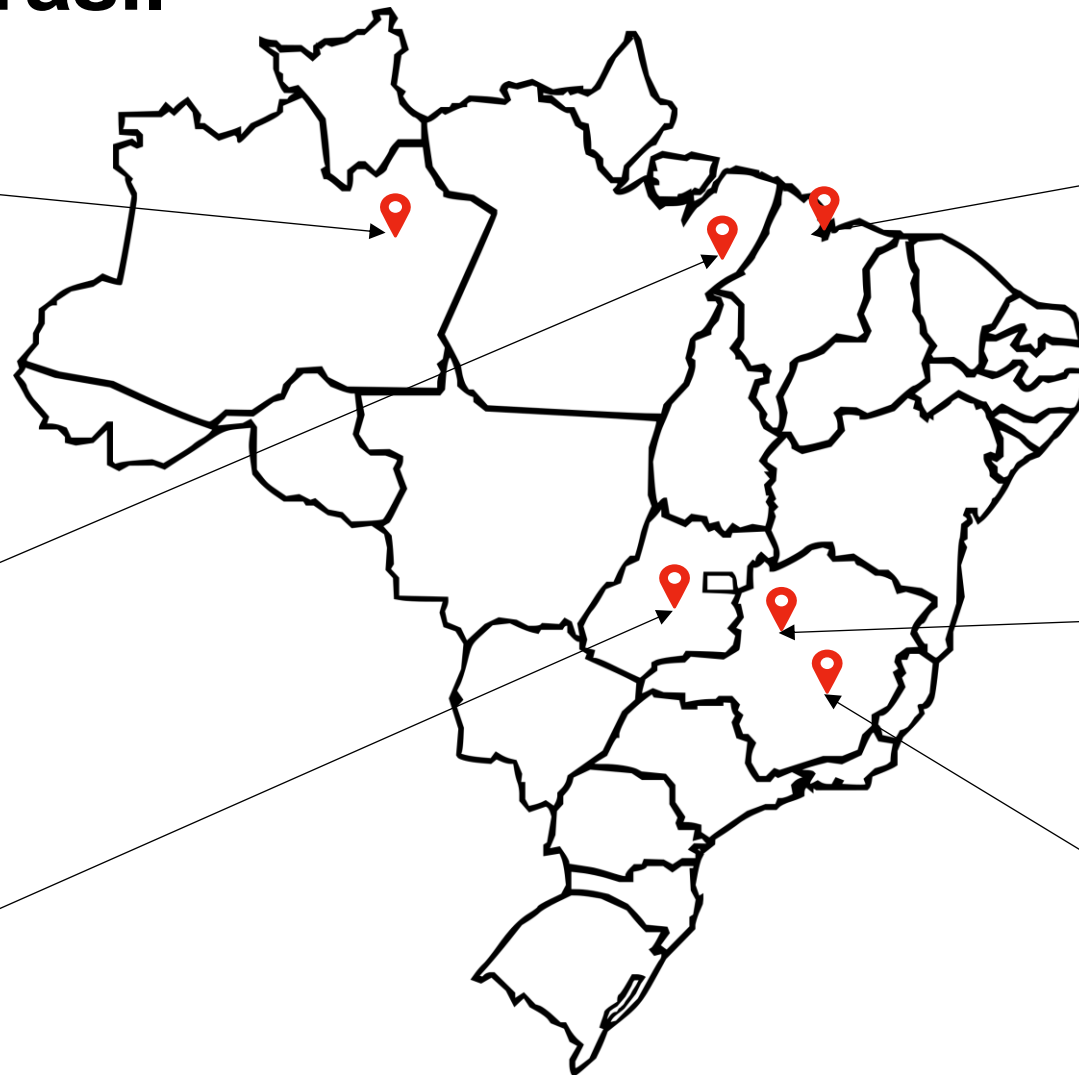
Cliente: Taboca
Estado: AM
Moinho: 3x BM 15'x20'
Liner: PolyMet
Area: TA, Corpo, TD

2 dias
De redução na troca

Cliente: Hydro Paragominas
Estado: Pará
Moinho: SAG
Liner: Megaliner
Area: Corpo

7,5%
Mais taxa

Cliente: MMIC
Estado: Goiás
Moinho: SAG 34'x19'
Liner: Metallic
Area: Discharge



+ 3.470.000 BRL
Em economia

Cliente: Aurizona
Estado: MA
Moinho: SAG 28'x14,5'
Liner: Metálico
Area: Cilindro

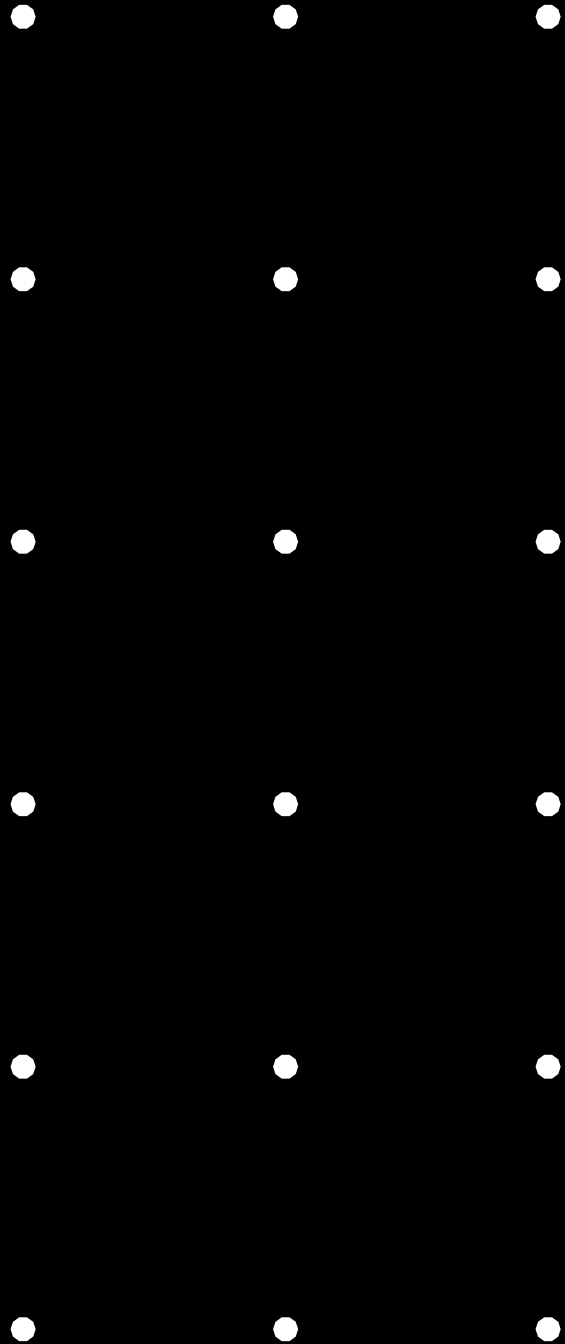
+45% tons
em vida útil

Cliente: Kinross
Estado: Paracatu
Moinho: SAG 38'x24'
Liner: Metallic
Area: Shell

+33% tons
em vida útil

Cliente: AngloAmerican
Estado: Minas Gerais
Moinho: Bolas 26'x42'
Liner: Metallic
Area: Shell, feed, discharge

01



Critérios de seleção

RESTRICTED

Mill Lining

Critérios de seleção

impacto



- Quebra
- Alta eficiencia energética
- Moinhos primários

atrição



- Esmagamento e dilaceração
- Média eficiencia energética
- Moinhos secundários

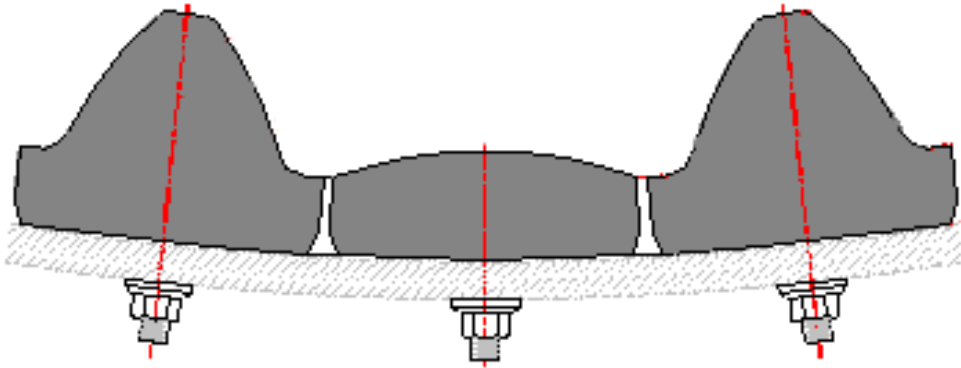
abrasão



- Esfolamento
- Baixa eficiencia energetica
- Moagem fina

Mill Lining

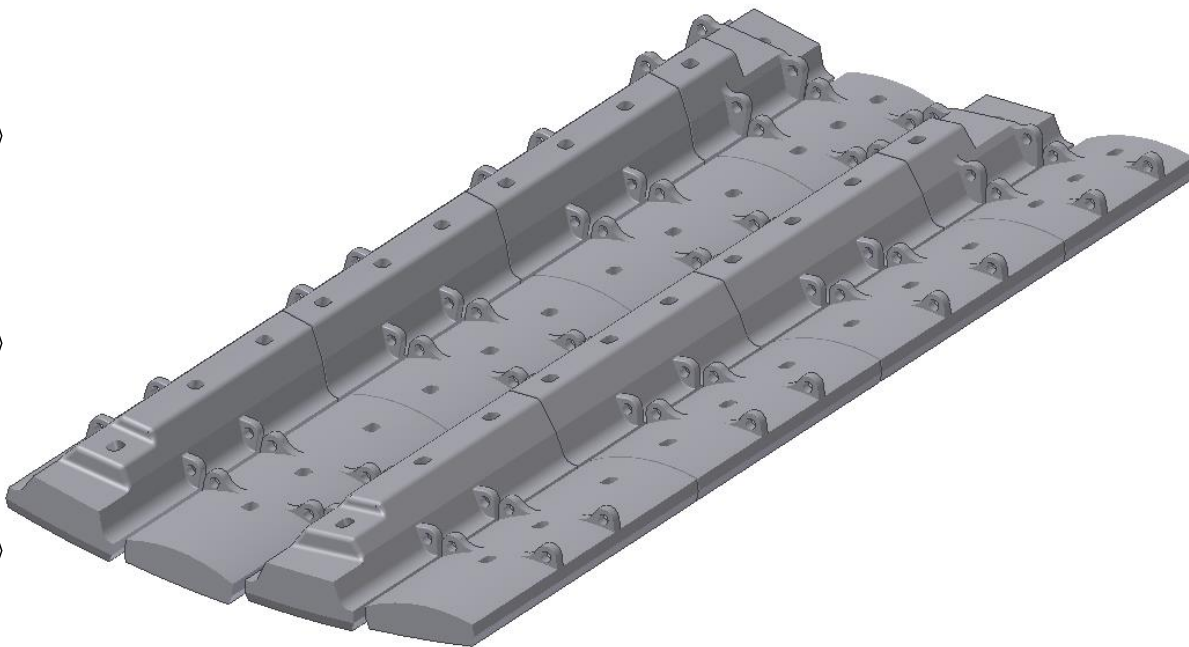
Critérios de seleção - SAG



As características dos moinhos SAG proporcionam um regime de maior impacto, dado o grande diametro dos cilindros destes moinhos. No entanto, é importantíssimo que o revestimento consiga carregar o material até uma boa altura para que, ao atingir a carga, tenha bastante energia cinética.

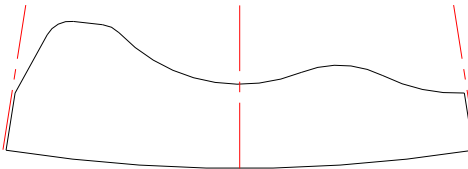
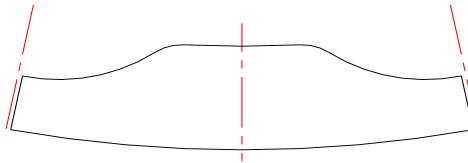
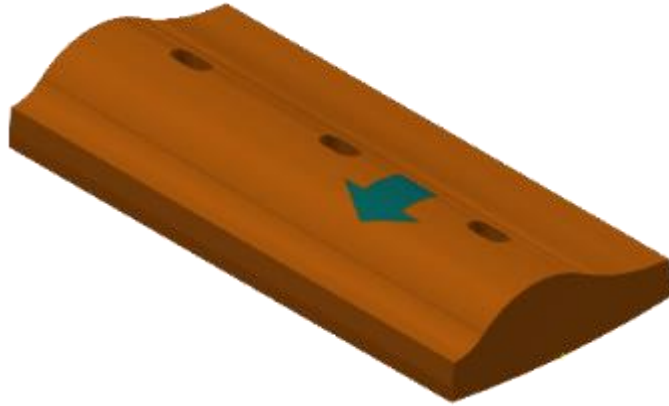
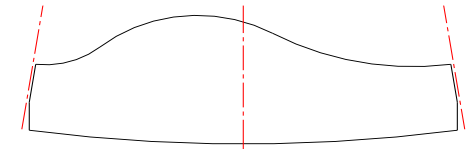
Para isso, os revestimentos de moinho SAG são geralmente uma combinação de placas altas e baixas, sendo que as placas altas são bem maiores quando comparadas com a aplicação em moinhos de bolas, por exemplo.

Isso proporciona uma boa área de transporte capaz de levantar bastante a carga.



Mill Lining

Critérios de seleção - Barras



Dessa forma, os revestimentos em moinhos de barras possuem um perfil mais suave para que não ocorra o arremesso das barras dentro do moinho.

Mill Lining

Critérios de seleção - Bolas

Os moinhos de bolas, ao contrário dos moinhos SAG possuem maior comprimento do que diâmetro, o que incorre em uma menor altura interna do moinho, já que não é necessário ter tanto impacto quanto nas moagens primárias.

Como neste caso o atrito e abrasão são mais importantes, o revestimento deve promover um grande agitação da carga, por isso normalmente os perfis dos revestimentos possuem bastante lifters. Não há necessidade de uma grande diferença de altura entre o topo e o vale do perfil.

Geralmente as placas possuem uma ou mais ondas e o vale fica entre as ondas ou entre as placas no caso de onda simples.



02

Desenvolvimento de soluções

RESTRICTED

Metso

Melhorar

O design é ainda mais aprimorado com base nas descobertas do monitoramento de desempenho.

Monitoramento

O desempenho do revestimento e do processo de moagem é monitorado por meio de monitoramento e inspeções regulares de desgaste.

Implementar

As novas peças são fabricadas nas unidades de produção da Metso e instalada

Estudo prévio

Um especialista da Metso conduz um estudo preliminar. São analisados os dados e o estado atual do processo de moagem, bem como o resultado desejado.

Analisar

Análise do processo e dados operacionais para determinar a seleção de materiais, o tipo de revestimentos e a estratégia de projeto.

Desenvolver

Os especialistas da Metso executam e avaliam simulações DEM. É feita uma comparação de diferentes opções de revestimento. Desempenho, prazo de validade e eficácia de custo são considerados.

**Processo de
otimização de
design e
materiais**

Soluções para revestimentos de moinhos

Com a Metso, você não recebe apenas peças de desgaste, mas também acompanhamento e melhoria contínua.



Desenvolvimento de Soluções

Definição do perfil

Dentro das características da operação e dos conceitos mencionados, a Metso determina qual o melhor perfil, que irá gerar a melhor eficiência de moagem, priorizando os mecanismos de cominuição adequados.

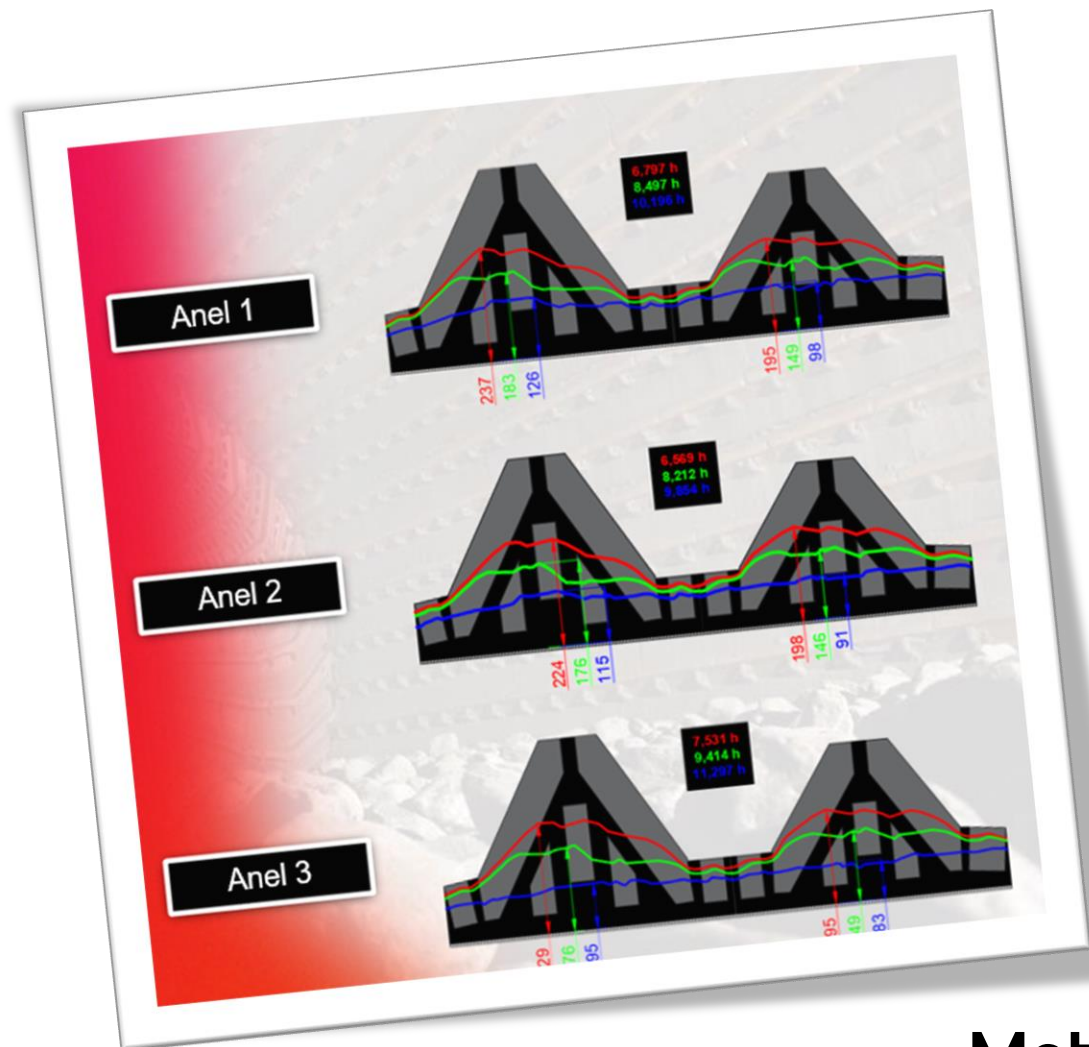
A Metso possui ferramentas de simulação que auxiliam na determinação do perfil adequado, permite uma previsão de vida útil.

Desenvolvimento de Soluções

Ferramentas Avançadas de Simulação

Todas as soluções são elaboradas pela engenharia de produto com o auxílio de softwares de simulação de trajetória de carga.

Além disso, possuímos softwares desenvolvidos pela própria Metso para simulação de desgaste, oferecendo assim maior assertividade na estimativa de vida útil.

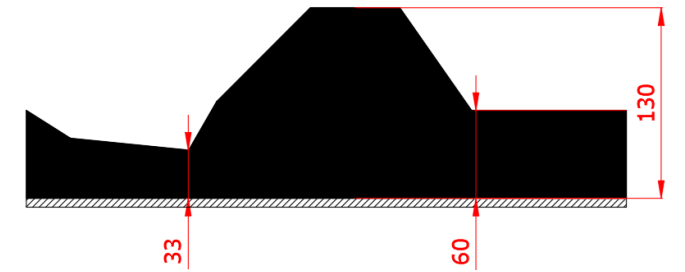


Exemplo de simulação

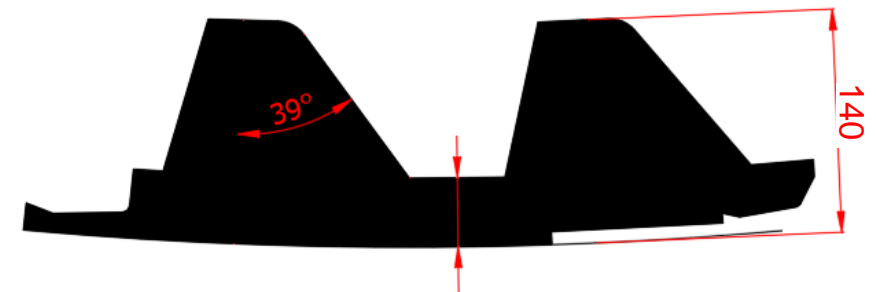
Perfis – Dados de processo

Dados	
Rotação [rpm]	13
Rotação [%Vc]	69
Enchimento de bolas [%]	36
Distribuição de tamanho	
Tamanho dos corpos	% Recarrega
30 mm	100%

Perfil atual

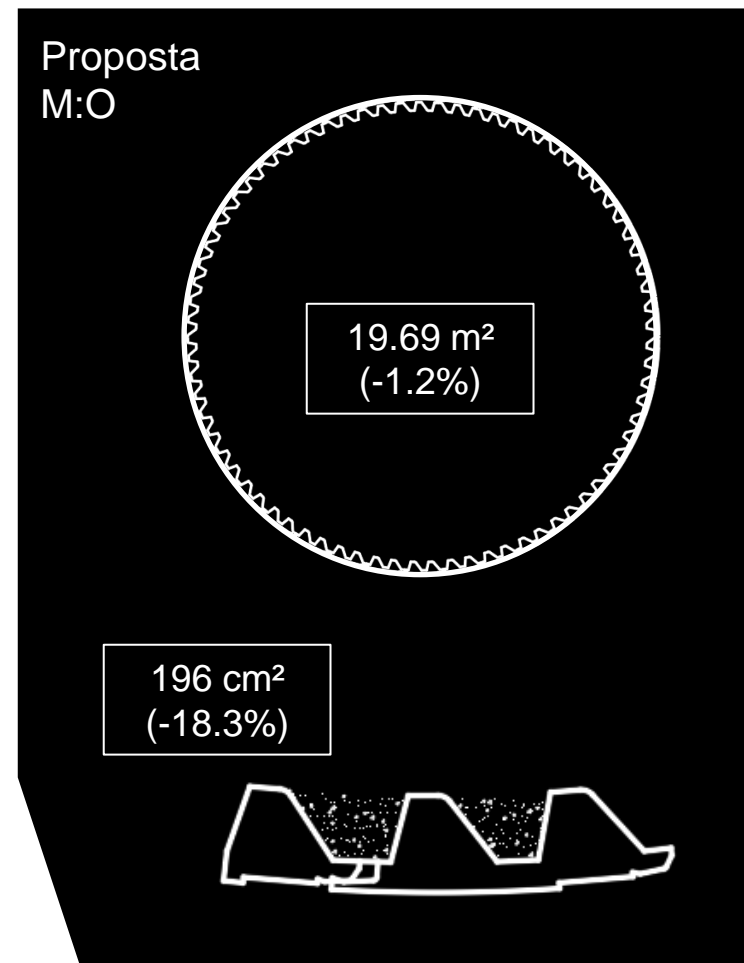
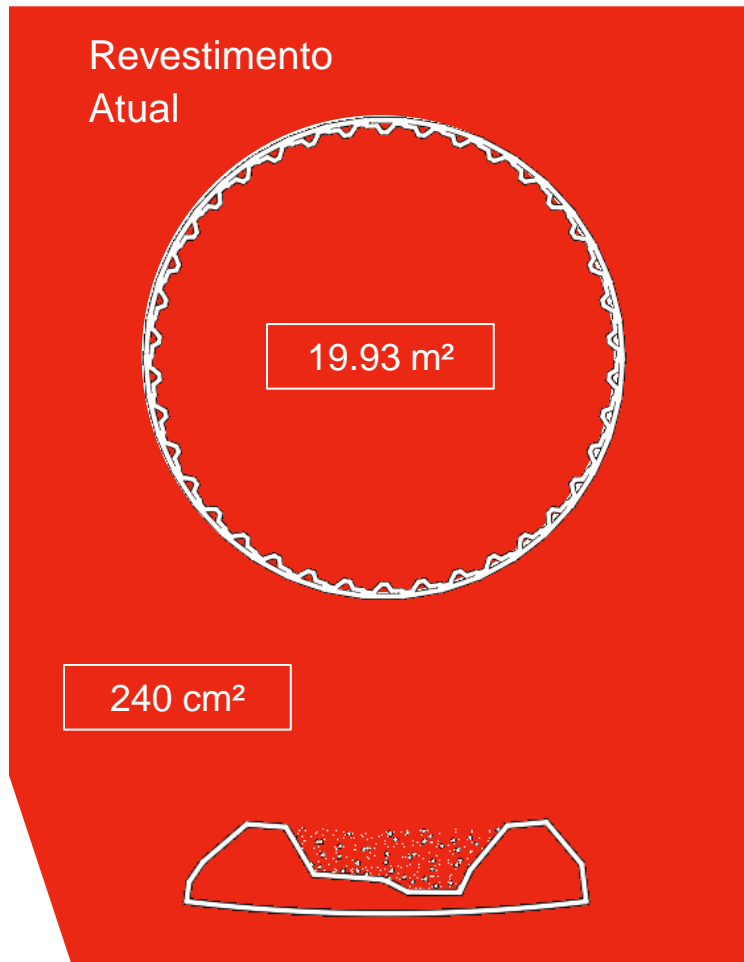


Perfil proposto
M:O



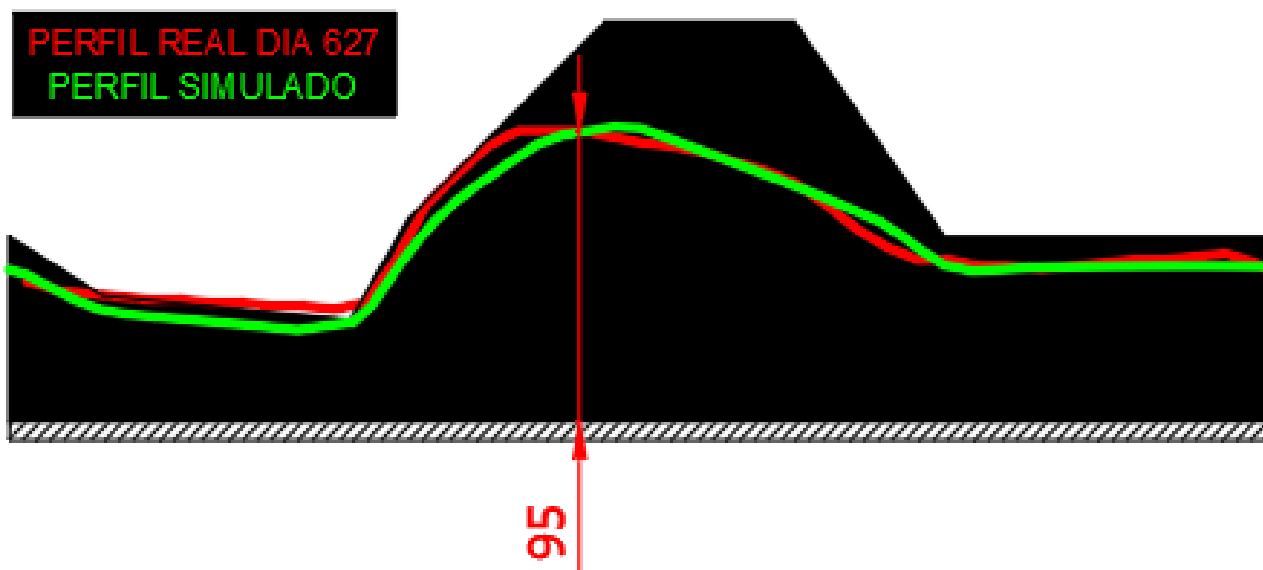
Exemplo de Simulação

Avaliação de Volume interno e área de transporte



Exemplo de Simulação

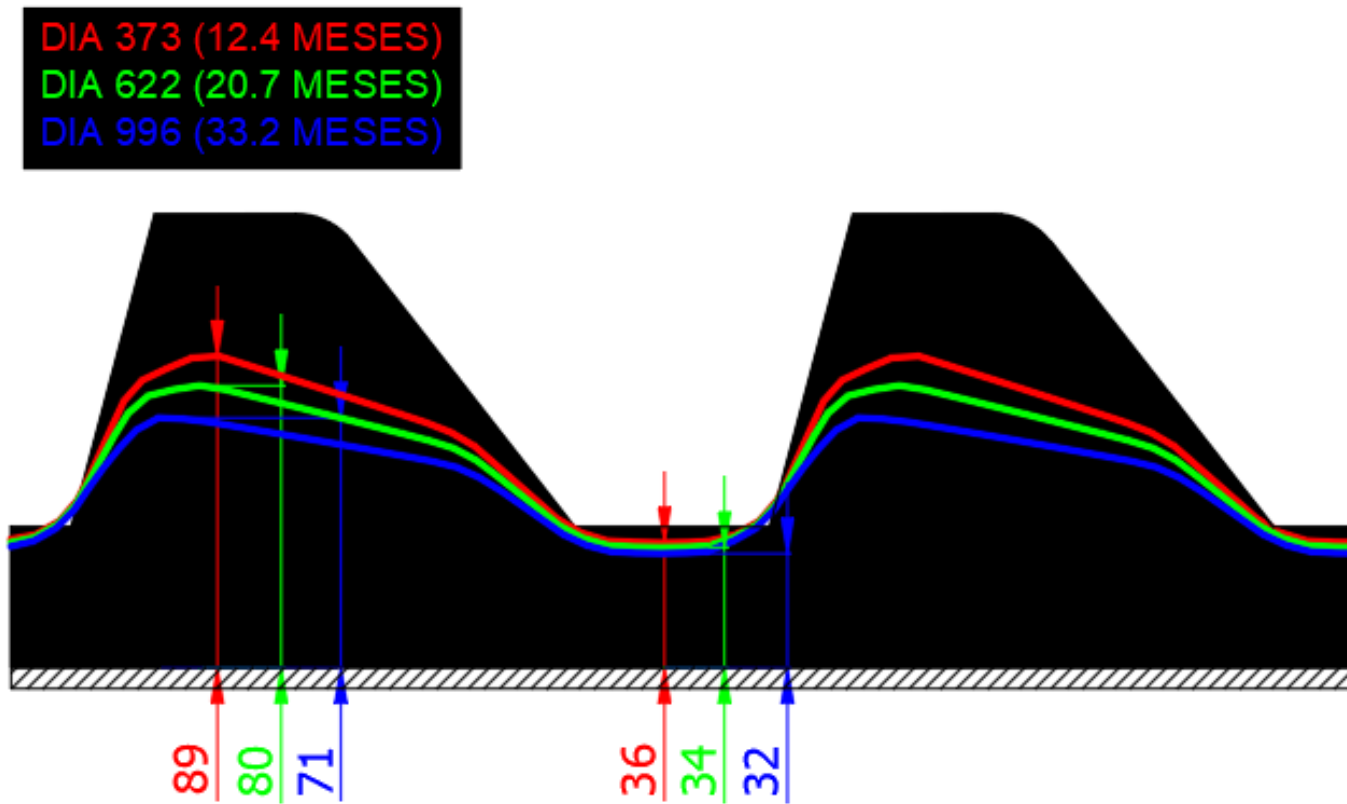
Calibração do software



- Nesta etapa, o software considera um perfil de desgaste real, obtido por meio de um histórico de desgaste (linha vermelha). Com esta informação, mais iterações matemáticas, o software determina o padrão de desgaste que mais se aproxima do padrão real observado.
- Uma vez alcançada esta determinação, pode-se utilizar este padrão para prever o desgaste em perfis novos propostos

Exemplo de Simulação

Previsão de desgaste

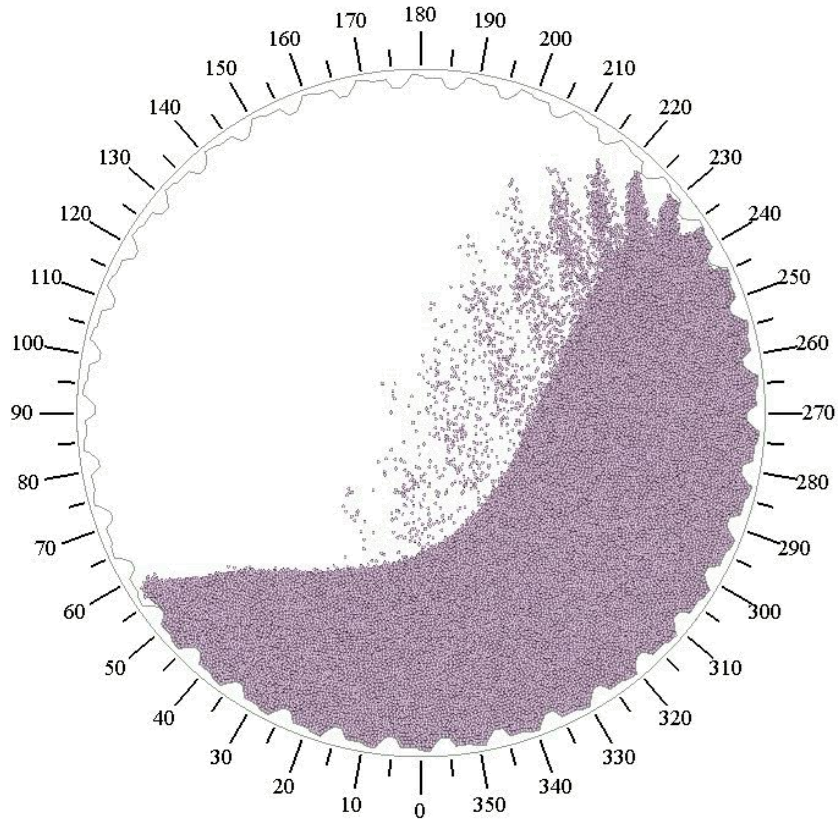


- Exemplo de simulações de desgaste com base na calibração anterior.

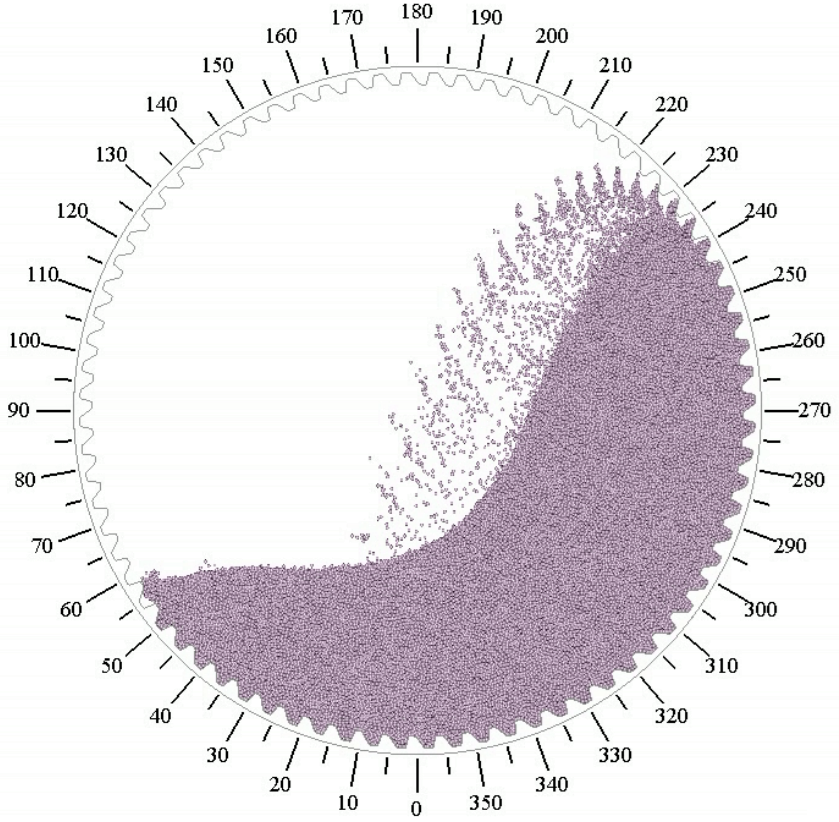
Exemplo de Simulação

Trajetória – 0 dias

Atual



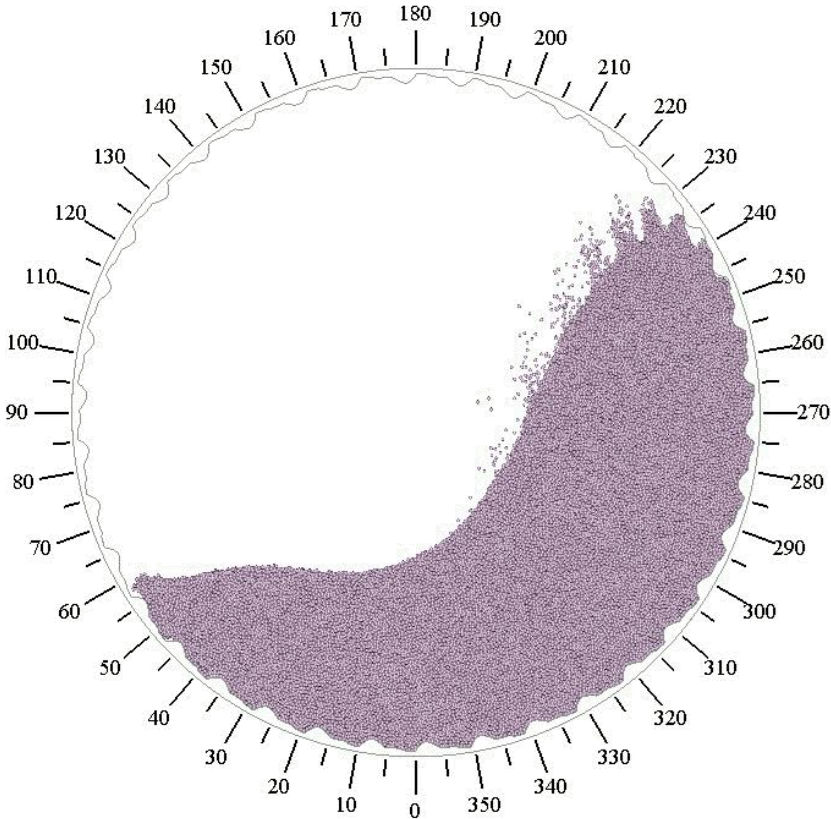
Proposta



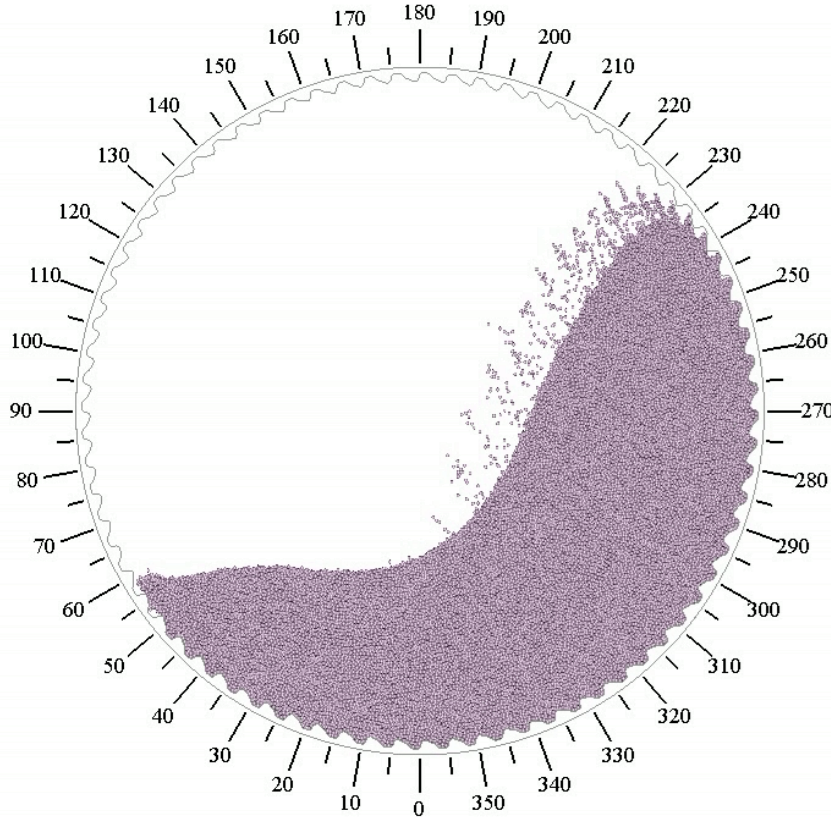
Exemplo de Simulação

Trajetoária – 500 dias

Atual



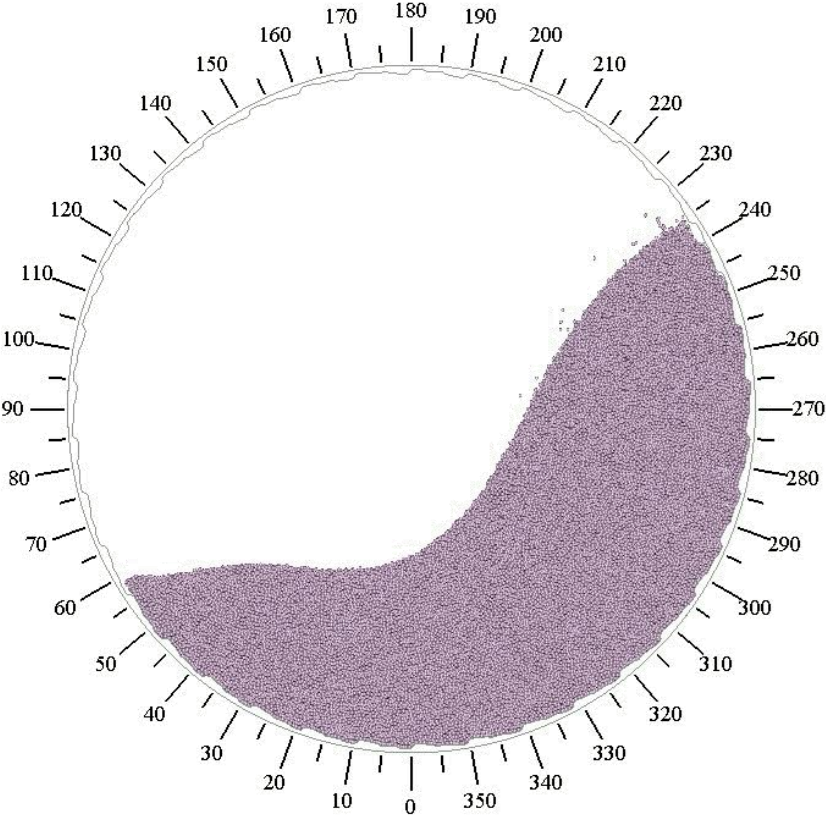
Proposta



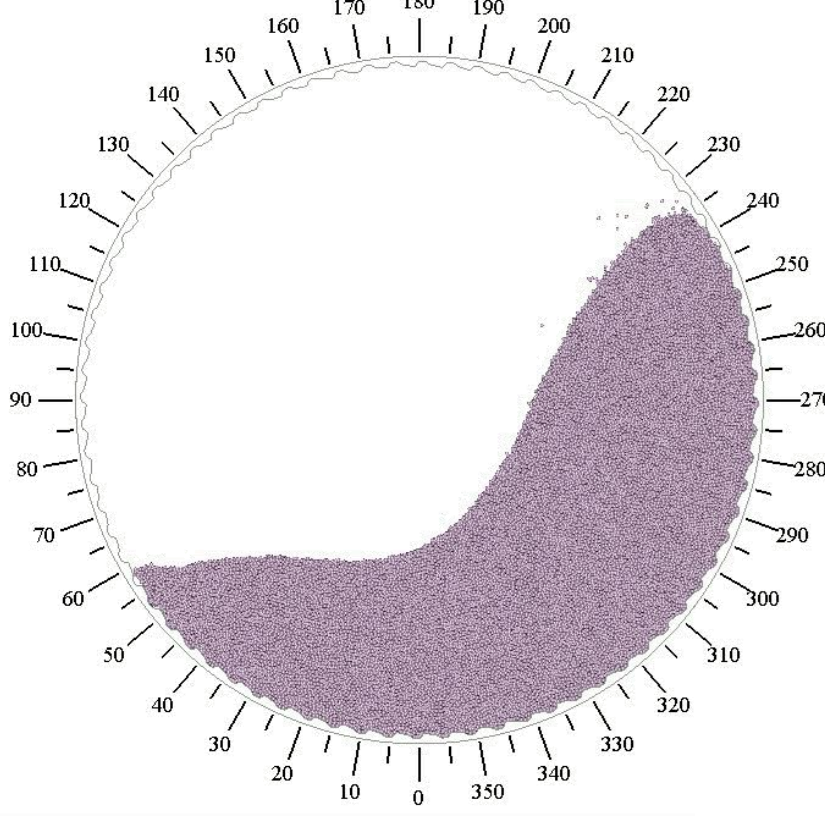
Exemplo de Simulação

Trajetória – 1.000 dias

Atual

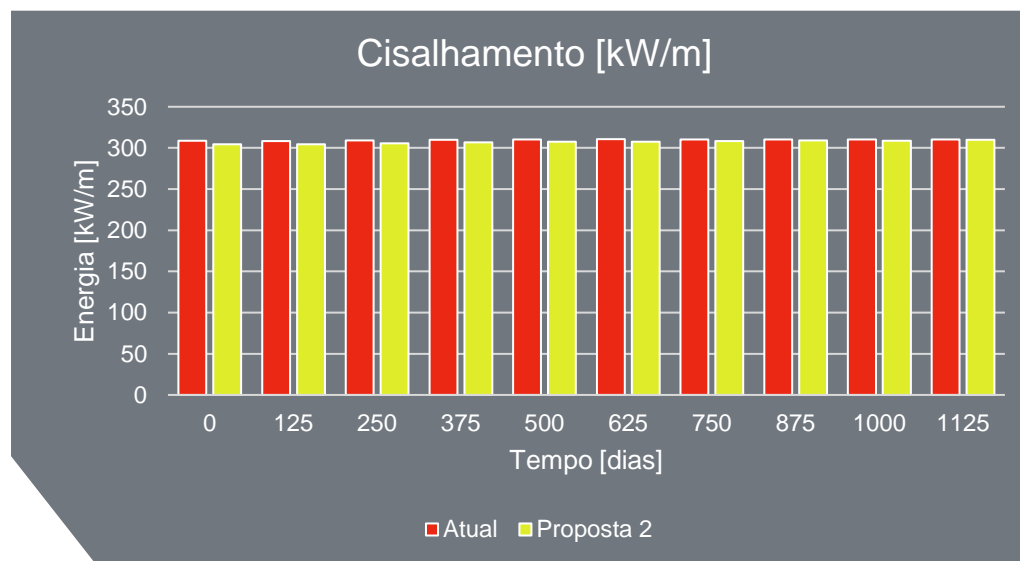
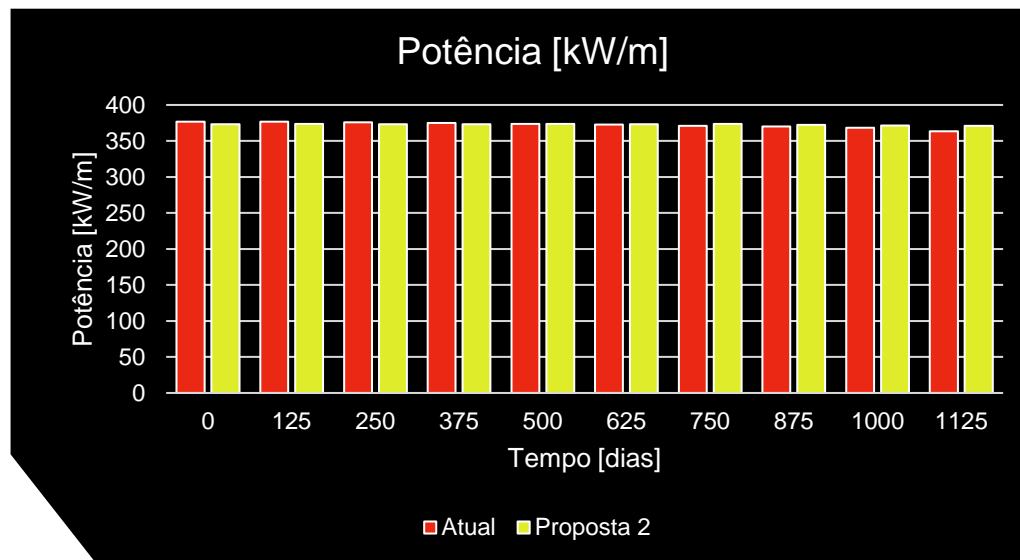


Proposta



Exemplo de Simulação

Potência / Energia de Cisalhamento



Os gráficos ao lado, de maneira representativa, ilustram o consumo de potência e a energia de impacto esperadas ao longo da vida útil.

O Objetivo é comparar os perfis analisados verificando qual deles têm o melhor benefício dentro das condições simuladas.

Melhorar

O design é ainda mais aprimorado com base nas descobertas do monitoramento de desempenho.

Monitoramento

O desempenho do revestimento e do processo de moagem é monitorado por meio de monitoramento e inspeções regulares de desgaste.

Implementar

As novas peças são fabricadas nas unidades de produção da Metso e instalada

Estudo prévio

Um especialista da Metso conduz um estudo preliminar. São analisados os dados e o estado atual do processo de moagem, bem como o resultado desejado.

Analisar

Análise do processo e dados operacionais para determinar a seleção de materiais, o tipo de revestimentos e a estratégia de projeto.

Desenvolver

Os especialistas da Metso executam e avaliam simulações DEM. É feita uma comparação de diferentes opções de revestimento. Desempenho, prazo de validade e eficácia de custo são considerados.

**Processo de
otimização de
design e
materiais**

Soluções para revestimentos de moinhos

Com a Metso, você não recebe apenas peças de desgaste, mas também acompanhamento e melhoria contínua.



Desenvolvimento de Soluções

Melhoria contínua

Além disso, ao fazer a aplicação do revestimento, é importantíssimo o acompanhamento de sua performance ao longo da vida útil para que possam ser avaliados os pontos fortes e pontos a se desenvolver em futuras campanhas.

A Metso possui softwares próprios tanto para análise da nuvem de pontos coletadas pelo scanner quanto para a confecção dos relatórios, o que torna o processo mais assertivo.

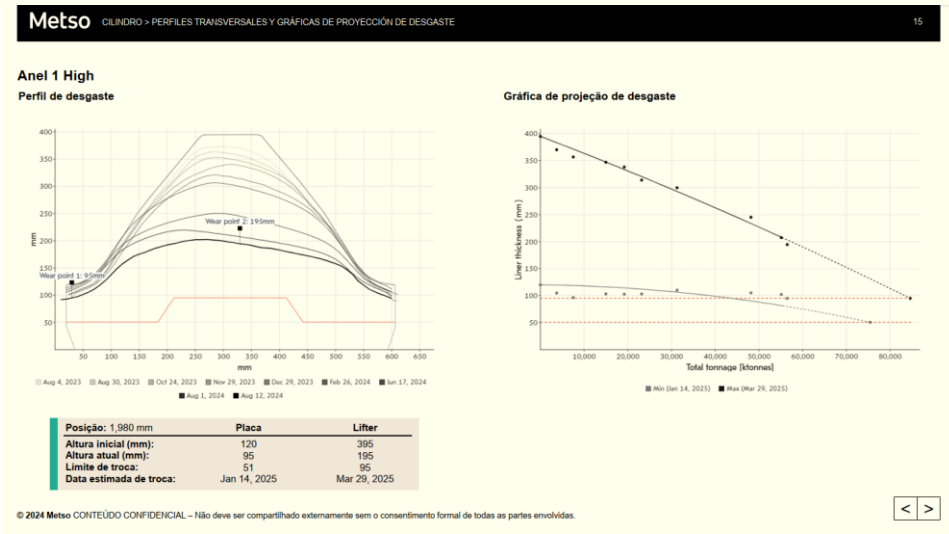
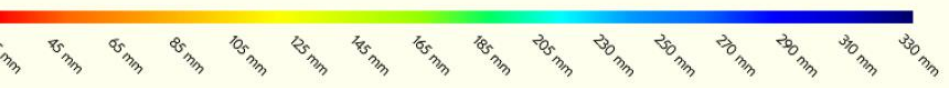
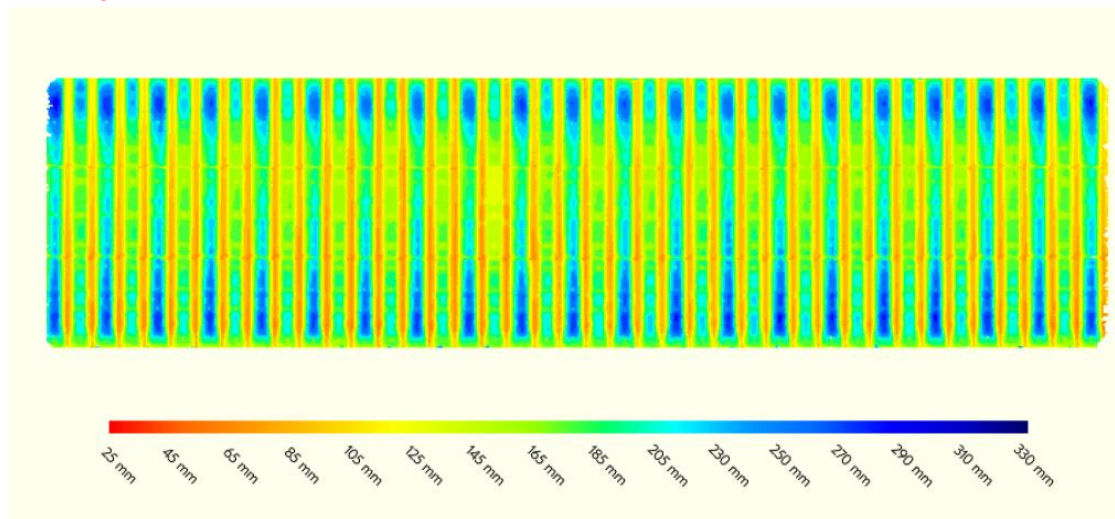
O relatório de inspeção geralmente contém:

- Perfil de desgaste;
- Estimativa de vida útil;
- Data sugerida para próxima inspeção.

Dessa forma é possível melhorar continuamente nossas soluções e aplicações.

Desenvolvimento de Soluções

Ferramentas Avançadas de Simulação



03

**Desgaste do
revestimento /
Consumo de potência**

RESTRICTED

Metso

Revestimento de Moinho.

Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem.

Durante a utilização dos revestimentos eles sofrem desgaste e com isso a dinâmica da moagem vai se alterando gradativamente. Sabemos que o volume interno do moinho afeta diretamente a produtividade. Ao passo em que o revestimento se desgasta, o volume interno aumenta, dando maior capacidade ao moinho.

Por exemplo, um moinho que inicialmente tem 10m^3 de volume interno e trabalha com 35% de enchimento, este moinho possui $3,5\text{m}^3$ de carga dentro dele. Se, com o desgaste do revestimento, no final de vida útil o moinho está com $10,5\text{m}^3$ com os mesmos 35% de enchimento tem-se $3,675\text{m}^3$ de carga dentro dele.



Revestimento de Moinho.

Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem.

Por outro lado, o desgaste do revestimento reduz a sua capacidade de agitar a carga, ou seja a área de transporte dos revestimentos reduz. Assim, observa-se uma queda de rendimento de moagem.



O Slide a seguir ilustra de forma bem prática a redução da área de transporte ao longo de sua vida útil.

Revestimento de Moinho.

Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem.

Área = 191691,78mm²



Perfil inicial:
Horas em operação: 0 h

Área = 105599,92mm²



4ª inspeção:
Horas em operação: 7.634 h

Área = 173114,69mm²



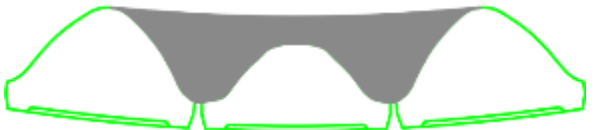
1ª inspeção:
Horas em operação: 2.089 h

Área = 104044,13mm²



5ª inspeção:
Horas em operação: 8.914 h

Área = 157871,40mm²



2ª inspeção:
Horas em operação: 3.861 h

Área = 85982,24mm²



Inspeção final:
Horas em operação: 10.902 h

Área = 129775,29mm²



3ª inspeção:
Horas em operação: 6.114 h

**REDUÇÃO DE APROXIMADAMENTE 55,15% DA
ÁREA DE TRANSPORTE**

Revestimento de Moinho

Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem

O moinho então opera dentro de um cenário em que o desgaste do revestimento permite um aumento do volume útil ao longo do tempo e assim uma maior produção, mas também diminui a capacidade de agitar a carga o que reduz a produção.

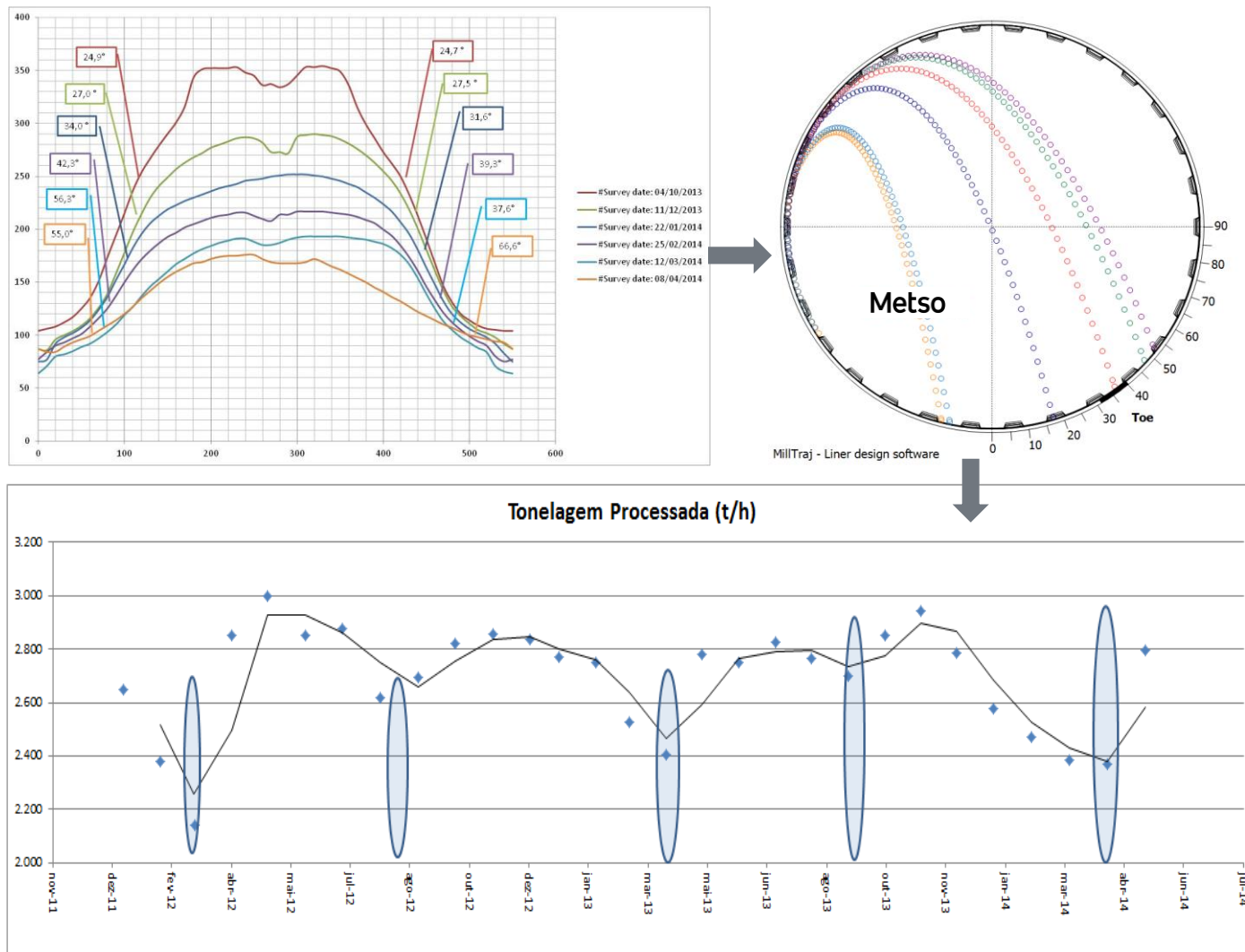
Na prática, o controle da operação é muitas vezes feito em função da potência, da seguinte forma:

- Após a troca do revestimento, a potência consumida no moinho cai drasticamente, devido à redução de volume útil;
- Ao passo em que o revestimento vai sendo gasto, a operação percebe que é possível colocar mais bolas no moinho. Conforme uma maior quantidade de bolas é adicionada ao moinho, a potência consumida vai aumentando;
- Existe sempre um ponto ótimo de moagem em que o revestimento ainda possui boa capacidade de agitar a carga e o volume interno do moinho já teve um bom aumento;
- No final de vida útil, o moinho já está bem carregado de bolas, consumindo a potência nominal do motor, mas o revestimentos estão gastos, praticamente lisos e perderam sua capacidade de agitar a carga.

Por isso, muitas vezes quem determina o final de vida útil é o processo, ou seja quando o revestimento perdeu a capacidade de agitar a carga e não quando ele está à ponto de quebrar.

Revestimento de Moinho

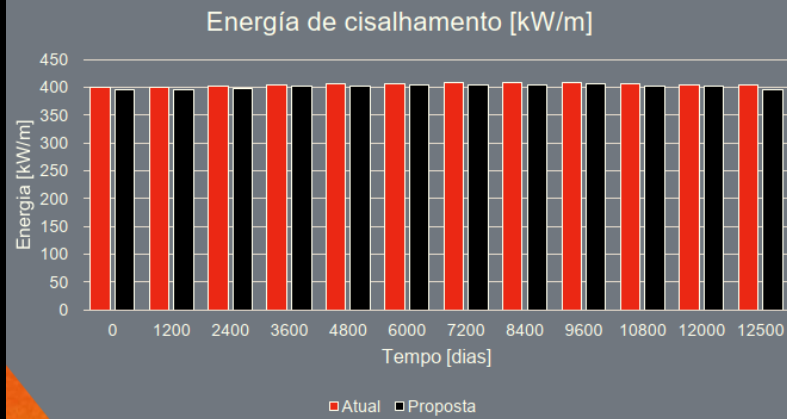
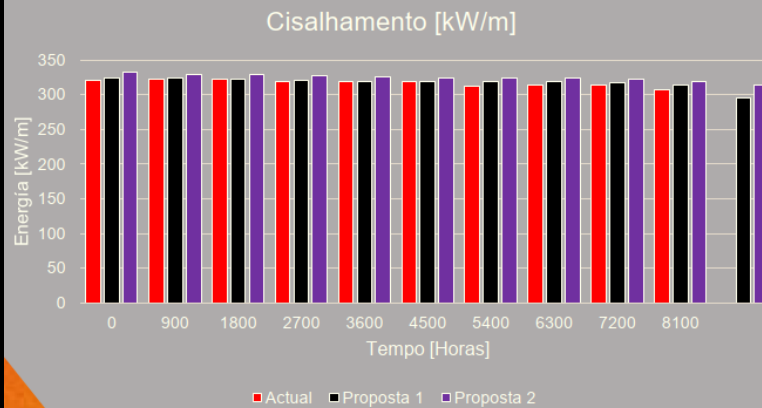
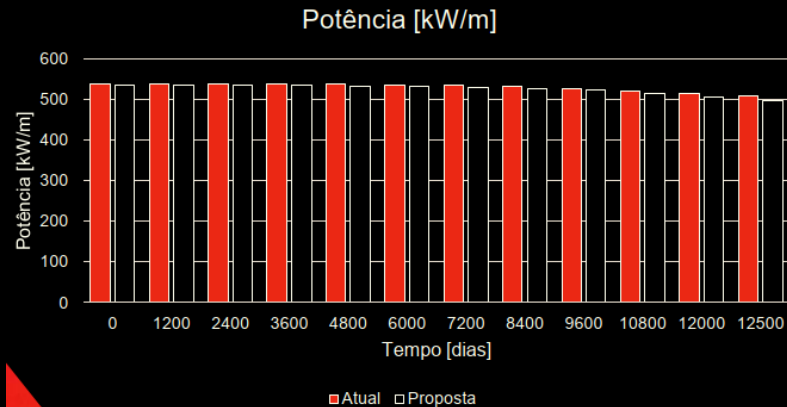
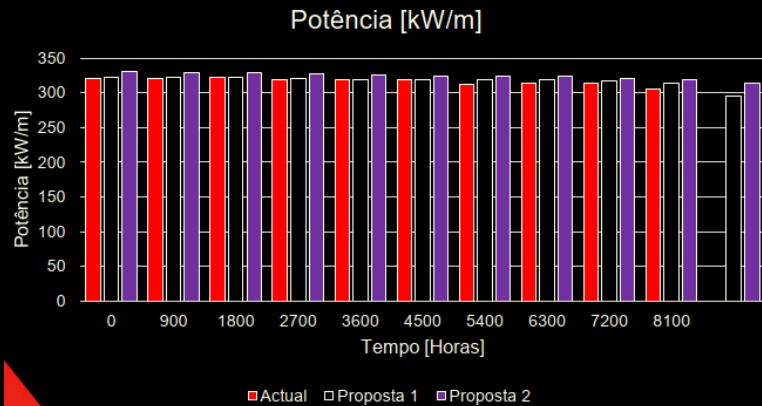
Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem.



- Acompanhamento de desgaste permite identificar causa de queda de produtividade no fim de vida do revestimento e estabelecer ponto de troca ótimo.

Revestimento de Moinho

Desgaste do Revestimento e Eficiência de moagem.



- Em gráficos ao lado mais exemplos do impacto de desgaste do revestimento no consumo de potência e energia de cisalhamento ao longo da vida útil.
- Moinhos 16,5'x25' e 19'x40,7 processando minério de Fe

Metso

Partner for positive change

Revestimentos Moinhos

jose.fuenzalida@metso.com



metso.com

