



**1º CONGRESSO
LATINO-AMERICANO
DE DRENAGEM
ÁCIDA DE MINA**

24 e 25 de novembro de 2021
Belo Horizonte • MG • Brasil

1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
NOVEMBER 24-25, 2021 • BELO HORIZONTE • MG • BRAZIL

1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA
24-25 DE NOVIEMBRE DE 2021 • BELO HORIZONTE • MG • BRAZIL

PROMOÇÃO



Ferramentas de Controle e Prevenção de ARD: *Waste Control* e Método Preditivo de Neutralização de Rejeitos

Dra. Silmara Silva

Silmara.silva@Kinross.com

KINROSS

Paracatu

Gerência de Meio Ambiente

Belo Horizonte, 24 de Novembro de 2021



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

SOBRE A KINROSS



- Sede no Canadá e presença no Brasil desde 2005
- Operações em 7 países
- 9 minas
- Certificada nas normas: ISO 14001, SA 8000, ISO 45001 e Código Internacional de Cianeto



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

VISÃO GERAL DO SITE



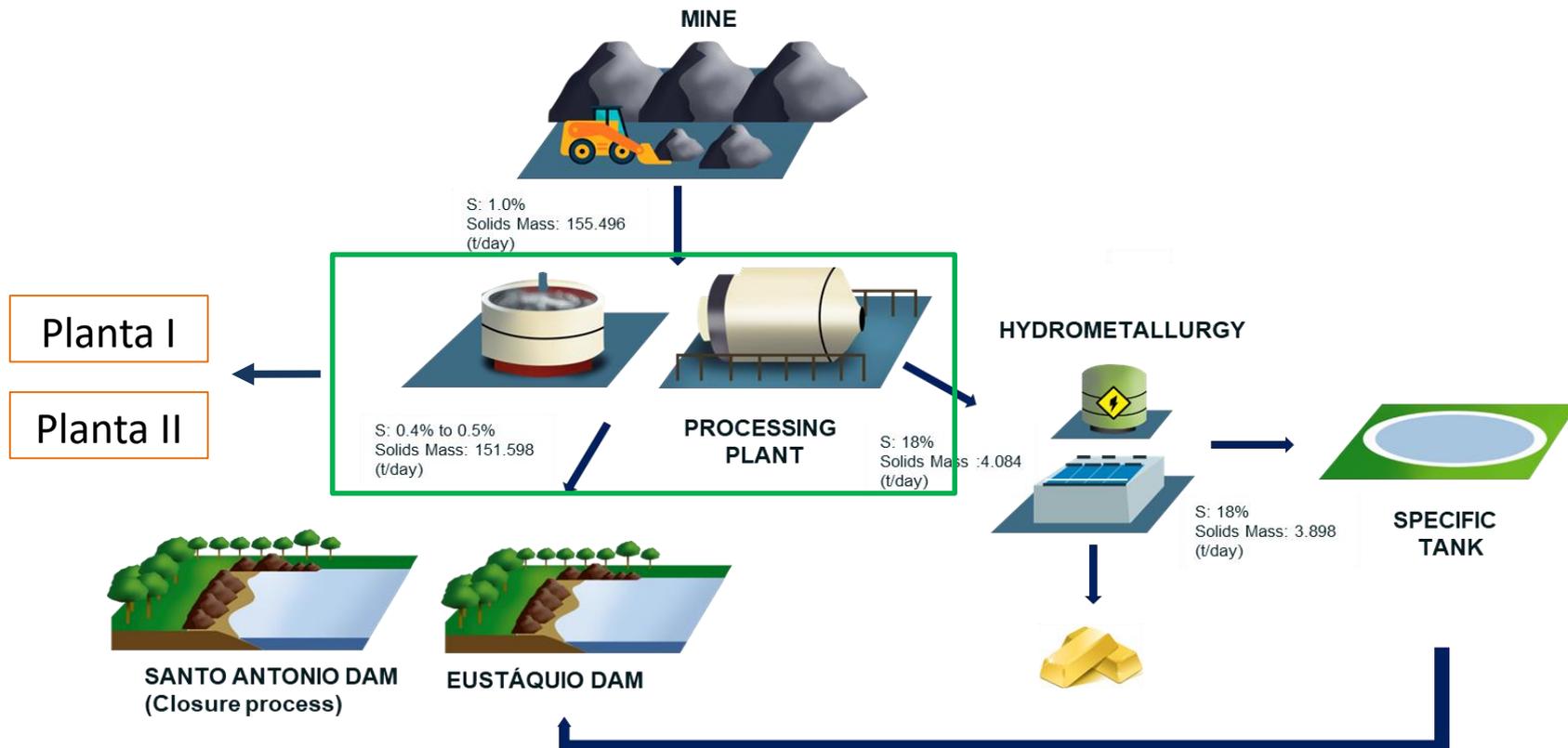


PARACATU E SUA HISTÓRIA





VISÃO DO PROCESSO





GEOLOGIA LOCAL e DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

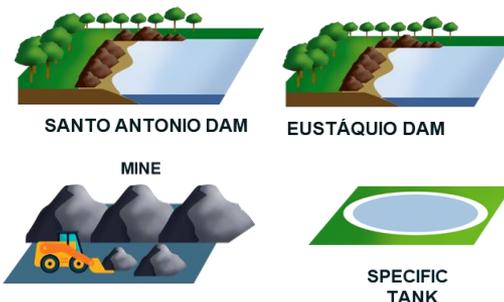


Presença de sulfetos (Ex. pirita, arsenopirita)



Potencial para geração de DAM

Oxidação de minerais sulfetados na presença de oxigênio atmosférico e água.



Degradação da qualidade da água

- Diminuição do pH
- Aumento nas concentrações de alguns contaminantes na água



CONTROLES DRENAGEM ÁCIDA

Conhecimento de todo estéril gerado na mina, alimentação do modelo de blocos com informações mais realistas, quantificação volumes de estéril NAF e PAF. Desvios PAF inadequado

Sistemas de britas calcárias
Sto Antônio
Eustáquio
Mina

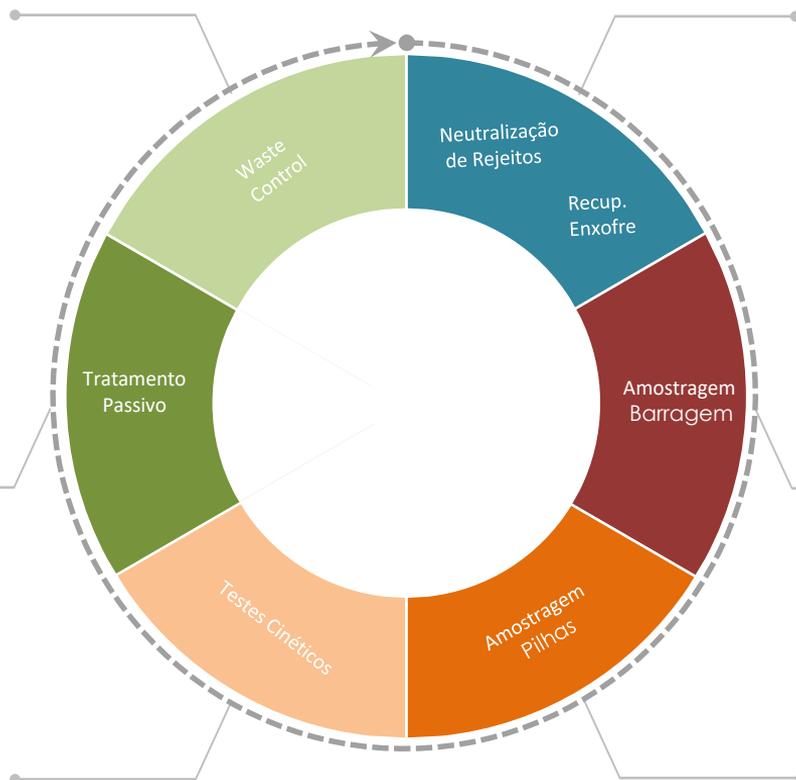
Esses testes avaliam em longo prazo o comportamento do material exposto na mina e rejeitos.

Atualmente temos 38 colunas

Estéril : 04

Rejeito TQ Espec: 02

Rejeito Barragens: 32



Recuperação Enxofre.
Critério: %S \leq 0,5

Dosagem calcário na planta para minimizar riscos de drenagem ácida.
Critério: ANC / MPA $>$ 1,5

Amostragens do rejeito disposta na barragem para avaliar %S e ANC/MPA.

Metas:
%S : \leq 0,5
ANC/MPA: 1,5

Amostragens pilhas de estéril para checagem do NAPP do material depositado



CONTROLES DRENAGEM ÁCIDA

Conhecimento de todo estéril gerado na mina, alimentação do modelo de blocos com informações mais realistas, quantificação volumes de estéril NAF e PAF. Desvios PAF inadequado

Sistemas de britas calcárias
Sto Antônio
Eustáquio
Mina

Esses testes avaliam em longo prazo o comportamento do material exposto na mina e rejeitos.

Atualmente temos 38 colunas

Estéril : 04

Rejeito TQ Espec: 02

Rejeito Barragens: 32



Recuperação Enxofre.
Critério: %S \leq 0,5

Dosagem calcário na planta para minimizar riscos de drenagem ácida.
Critério: ANC / MPA $>$ 1,5

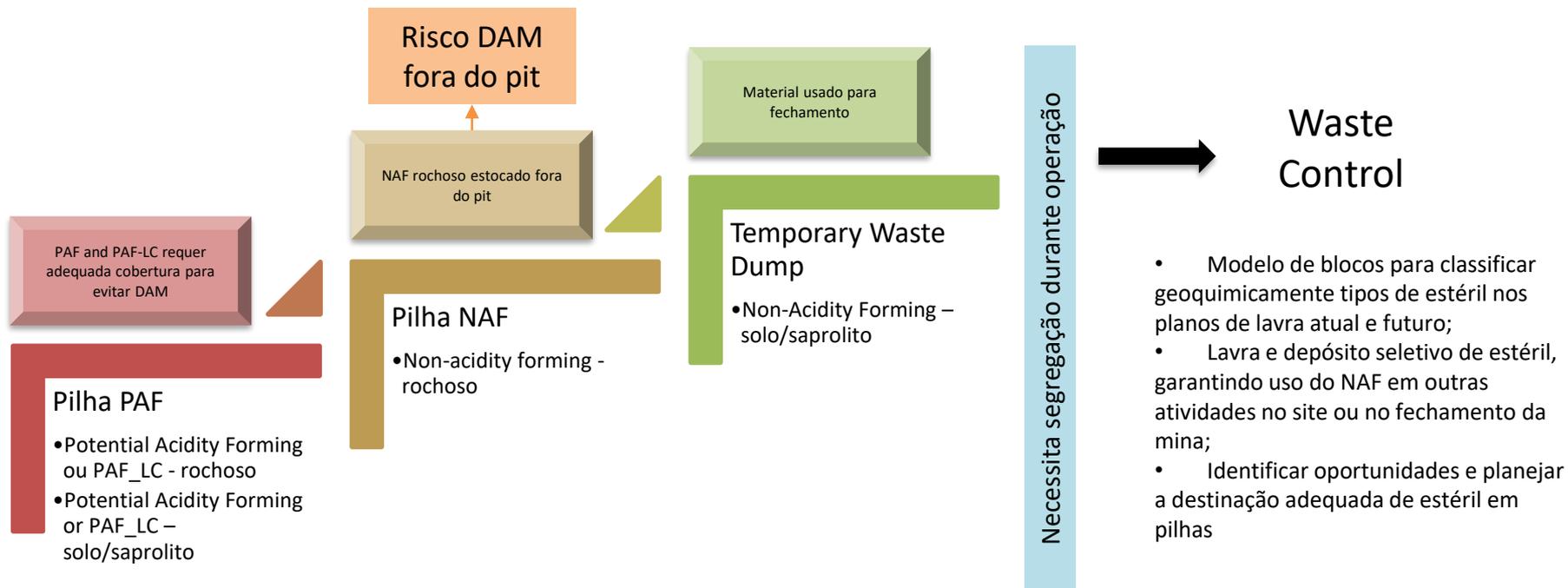
Amostragens do rejeito disposta na barragem para avaliar %S e ANC/MPA.

Metas:
%S : \leq 0,5
ANC/MPA: 1,5

Amostragens pilhas de estéril para checagem do NAPP do material depositado



WASTE CONTROL – GESTÃO DE ESTÉRIL



PAF – Potencial gerador de DAM

NAF – Não gerador de DAM

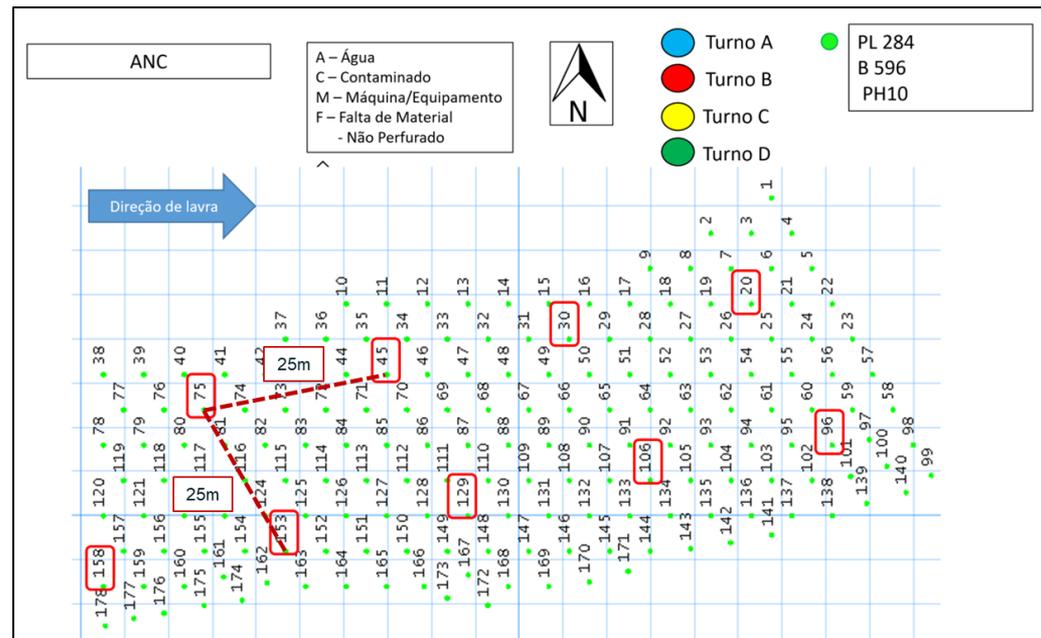


- ❖ Estratégia mais acurada:
 - Mitigação de riscos de DAM
 - Preservação de solo/saprolito e material NAF para cobertura de PAF no final da operação
- ❖ Baseado no refinamento das características do estéril pelo modelo de curto prazo
- ❖ Entradas do modelo:
 - Teor de Enxofre (S %)
 - Acidity Neutralization Capacity (ANC),



WASTE CONTROL – AMOSTRAGEM

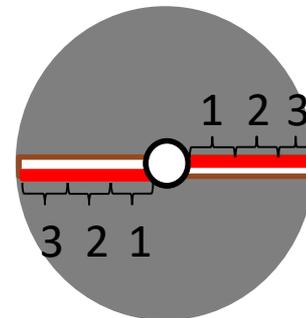
- Malha de amostragem: 25m x 25m
- Furos de sondagem
- Sequência and time lags:
 - Perfuração para desmonte (24 a 48h, depende da quantidade de furos)
 - Amostragem (durante perfuração)
 - Envio ao laboratório (2x por dia)
 - Análise e entrega do resultado (72h após entrega ao laboratório)





WASTE CONTROL – AMOSTRAGEM

- Formação de cone ao redor do furo de sondagem
- 2 canais abertos em cada cone
- Necessário coletar toda a extensão vertical e horizontal da seção amostrada, de forma uniforme, sem repetição dos trechos amostrados.
- Amostra final: 5 kg

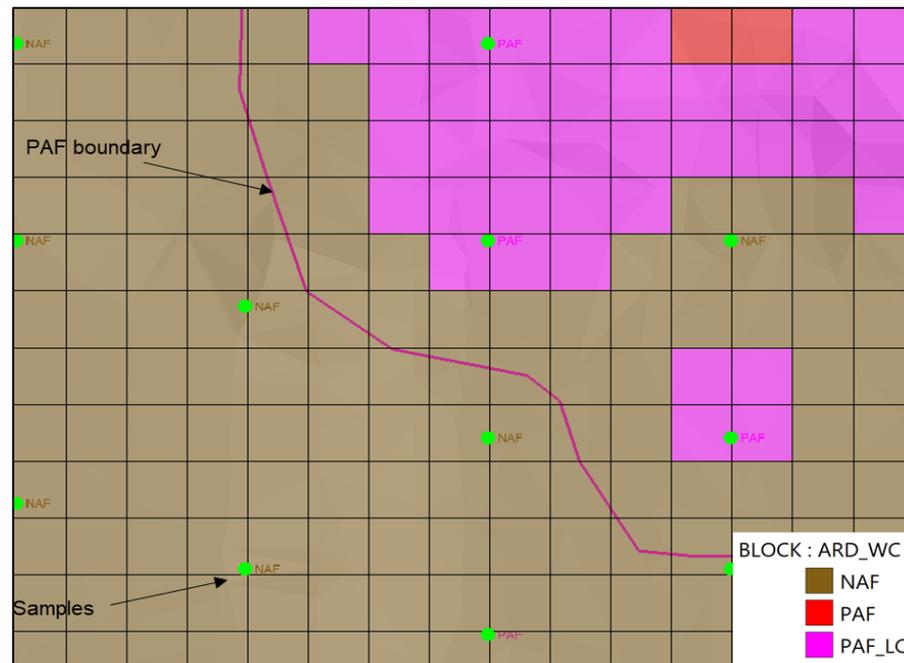
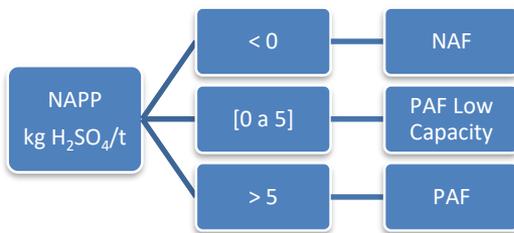




WASTE CONTROL – MODELAGEM

- Criado modelo de blocos de 6.25 x 6.25 x 12 metros;
- Teores estimados pelo IQD (Inverso Quadrado Distância); S (%) and ANC (kg/t) estimados para cada bloco;
- **NAPP = 30.6 * Sulfur (%) - ANC**
(H₂SO₄ em kg de acidez neutralizada por tonelada)

Classificação ARD





WASTE CONTROL – PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO

The screenshot shows the Minestar software interface. At the top, it displays the user name 'MARIO JOSE DE GOUVEIA' and the material name 'Material Resistente'. The interface includes a map on the left with a red arrow pointing to a specific location. On the right, there is a data panel with the following information:

T	10:13:51
Z	657.73 M
TN	*****
TT	195.00 t
MB	
BC	0

Below the data panel, there are fields for 'Carinh...', 'Estado', 'Operador', and 'ETA'. The 'CS' field shows '100... %'. The 'Loading Status' section indicates 'D 216 carregado com AHPAF e enviado para D-CE_04_780-P2'. At the bottom, there is a 'Selecionar' button and a status bar with the text '216 carregado com AHPAF e enviado para D-CE_04_780-P2'.

- Destino do material definido e carregado no Minestar baseado na classificação ARD.





WASTE CONTROL – RESUMO DA ESTRATÉGIA



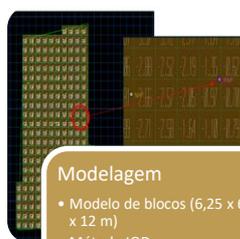
Amostragem

- 25 x 25 m
- Cones de perfuração



Análises químicas

- Teor de S%
- ANC (H_2SO_4 , kg/t)



Modelagem

- Modelo de blocos (6,25 x 6,25 x 12 m)
- Método IQD
- MAPP por bloco
- Classificação: PAF ou NAF
- Contatos entre NAF/PAF são calculados usando Grade Control Optimizer



Polígonos no sistema

- Após a etapa de modelagem os contatos obtidos são inseridos no Minestar para orientação da lavra, fechando o ciclo do Waste Control
- Rastreabilidade: origem, destino, quantidade NAF e PAF (Sistema Minestar)



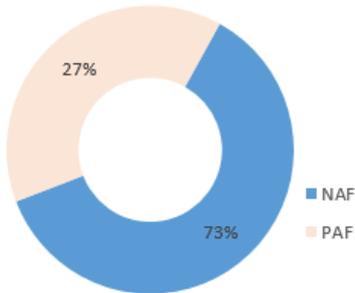
Destinação

- Depósito NAF
- Depósito PAF



WASTE CONTROL – RESULTADOS

- ✓ > 98 % de aderência em 2021 → ANC e S %
- ✓ Operação não é afetada pela diferença de tempo entre amostragem e disposição do estéril – desvio mínimo de PAF
- ✓ Na falta de waste control, material é automaticamente considerado como PAF e destinado ao depósito PAF, dentro do PIT



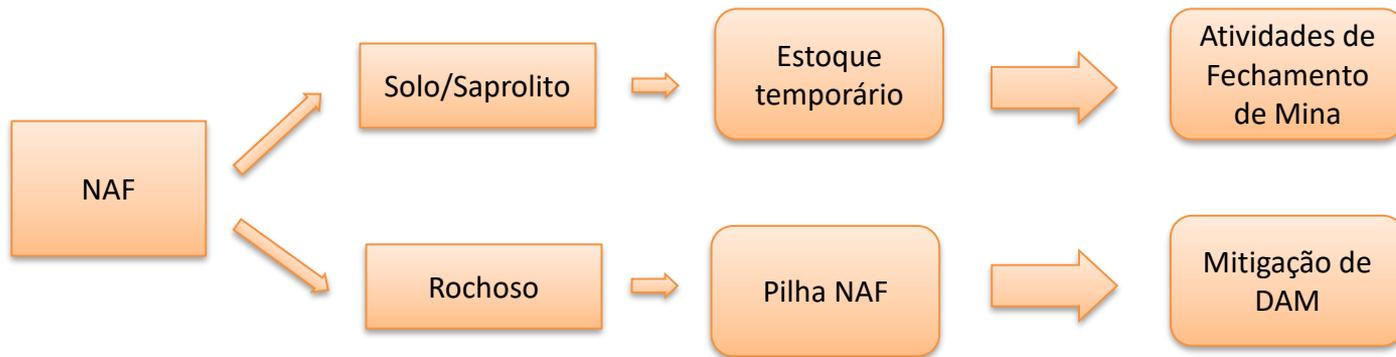
Period: 01/01/21 to 14/11/2021

NAF	26.176.760
PAF	9.482.337
TOTAL	35.659.097





WASTE CONTROL – RESULTADOS



- ✓ Melhorias na gestão de estéril a partir do modelo de blocos;
- ✓ Padronização de processos para controle de minério e estéril;
- ✓ Melhorias na confiabilidade do processo;
- ✓ Correto gerenciamento de NAF e PAF resulta em:
 - ✓ Otimização do volume de estocagem dos depósitos de estéril
 - ✓ Armazenamento adequado de material para fechamento
 - ✓ Controle dos riscos de drenagem ácida de mina



CONTROLES DRENAGEM ÁCIDA

Conhecimento de todo estéril gerado na mina, alimentação do modelo de blocos com informações mais realistas, quantificação volumes de estéril NAF e PAF. Desvios PAF inadequado

Sistemas de britas calcárias
Sto Antônio
Eustáquio
Mina

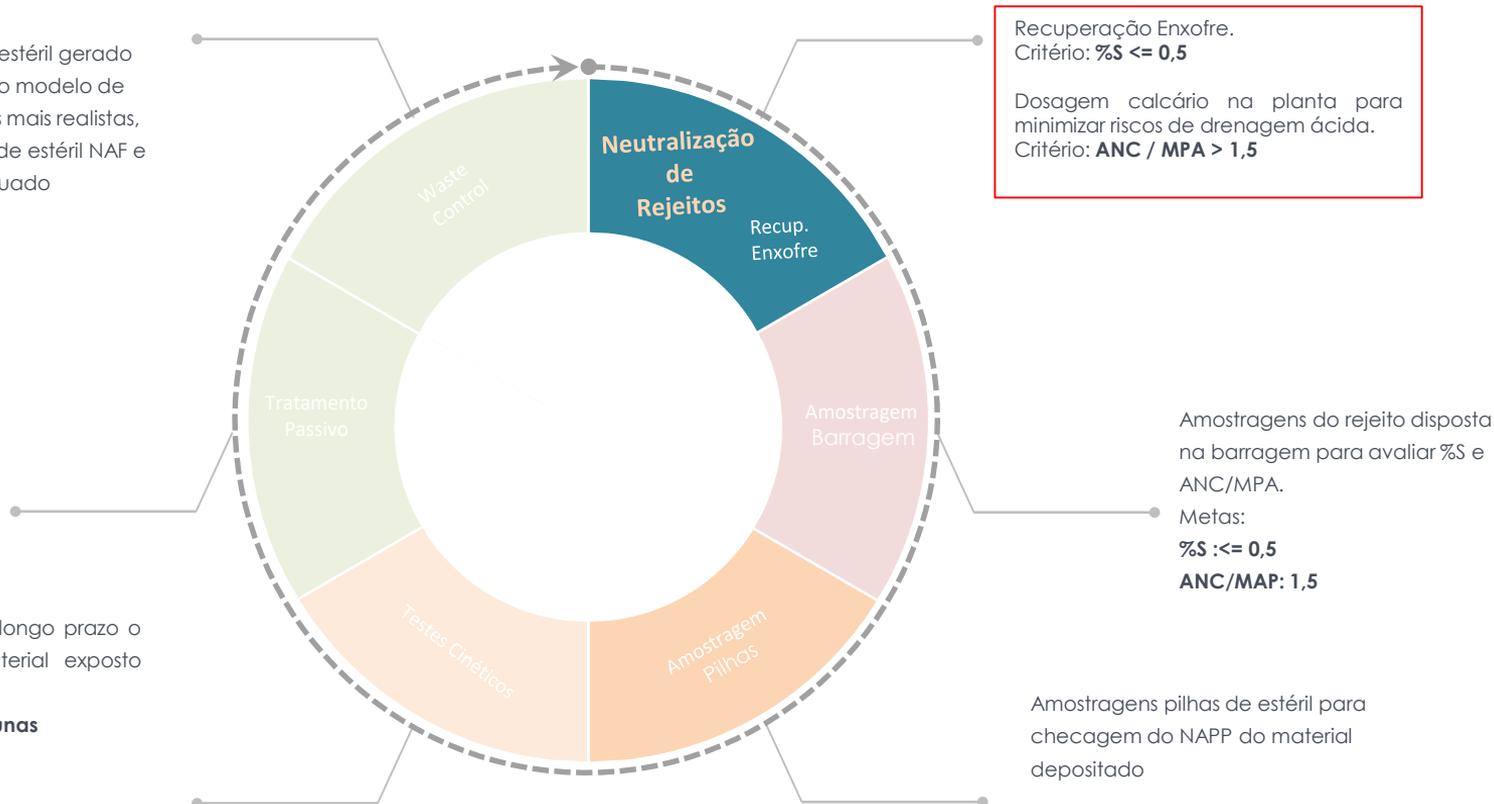
Esses testes avaliam em longo prazo o comportamento do material exposto na mina e rejeitos.

Atualmente temos 38 colunas

Estéril : 04

Rejeito TQ Espec: 02

Rejeito Barragens: 32



Recuperação Enxofre.
Critério: %S \leq 0,5

Dosagem calcário na planta para minimizar riscos de drenagem ácida.
Critério: ANC / MPA $>$ 1,5

Amostras do rejeito dispostas na barragem para avaliar %S e ANC/MPA.

Metas:
%S \leq 0,5
ANC/MPA: 1,5

Amostras pilhas de estéril para checagem do NAPP do material depositado



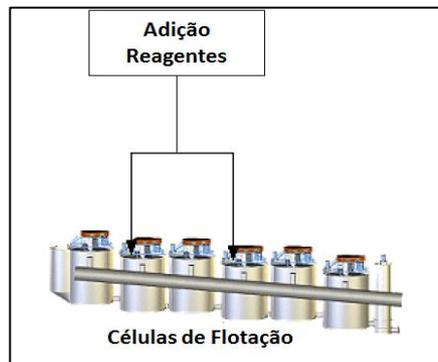
Adição de calcário



↑ Capacidade Neutralização

- ✓ Aumentar capacidade de neutralização dos rejeitos de flotação
- ✓ Minimizar possibilidade de pH ácido nas águas da barragem

Uso de reagentes



↓ %S

- ✓ Recuperar S na planta
- ✓ Diminuir aporte de S na barragem

Plano de disposição de rejeitos



↓ Exposição de praias de rejeitos

- ✓ Rejeitos saturados no reservatório
- ✓ Prevenção da oxidação de sulfetos
- ✓ Controle de sulfato no dreno de fundo

Qualidade das águas

Estabilização para fechamento



NEUTRALIZAÇÃO DE REJEITO – HISTÓRICO

Dosagem Calcário

Calculo de dosagem diário com base no ANC minério e % S do rejeito.

Não havia ajuste com dados de ANC do rejeito.

Ajustes Planilha Dosagem

Realizados ajustes na planilha, porém **manteve-se a cálculo com base na média móvel de 28 dias.**

Teste Previsibilidade

Realização dos testes de previsibilidade nos meses de maio e junho, teores de **pirrotita no minério**

2013-2017

2018

2019

2020

2021

Mudança na Dosagem

Para minimizar flutuações dos dados imputados, foi adotado no cálculo a **média móvel de 28 dias com base nos dados de ANC e S do rejeito.**

Necessidade Correção

Valores ANC/MPA abaixo de 1,5 porém o cálculo da planilha não determinou a necessidade de dosar calcário .

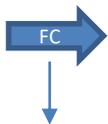
O DMA realizou adequação na fórmula temporariamente , trabalhando em bases diárias.

Inicio trabalho de Previsibilidade envolvendo meio ambiente, geologia e processos.



MINÉRIO

ANC e S
Minério
(longo prazo)



ANC e S
Rejeito

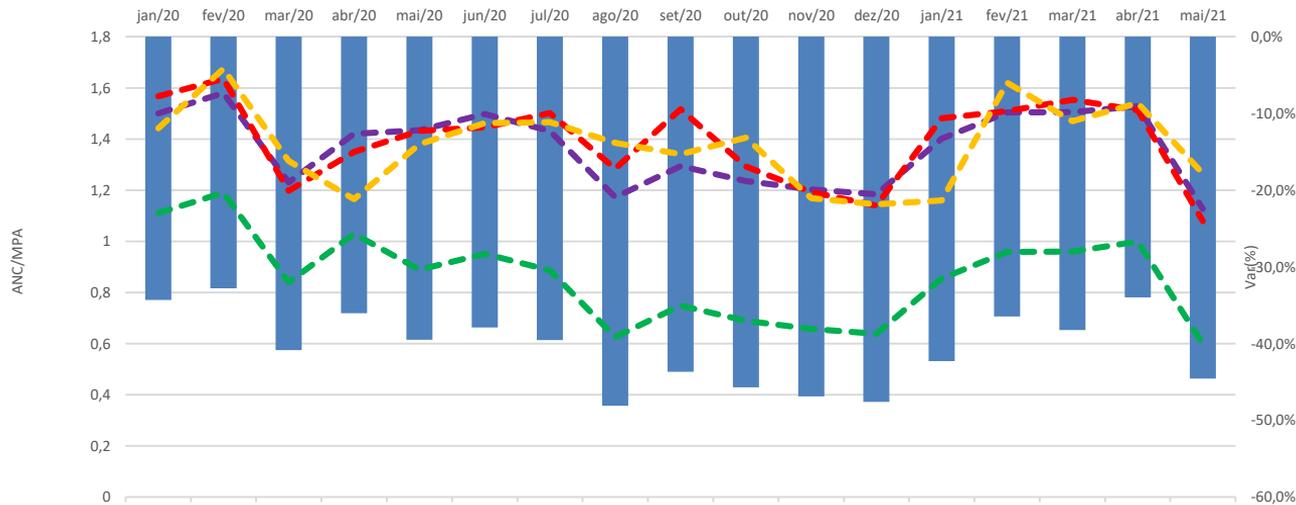
recalculado a
cada 6 meses

$$ANC(rec) = MPA(rec) \times (FC + ANC/MPA \text{ (ore)})$$

$$MPA(rec) = 30,6 \times S \text{ (ore)} \times \text{Taxa recuperação S}$$

$$\text{Balanco Ácido Base} = MPA(rec) \times 1,5 - ANC \text{ (rec)}$$

Balanco Ácido Base x
(100/98) = Calcário
dolomítico requerido



	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21	mar/21	abr/21	mai/21
Var(%)	-34,3%	-32,8%	-40,8%	-36,0%	-39,5%	-37,9%	-39,6%	-48,1%	-43,7%	-45,7%	-46,9%	-47,6%	-42,3%	-36,5%	-38,2%	-34,0%	-44,6%
ANC/MPA	1,11	1,19	0,84	1,03	0,89	0,95	0,89	0,63	0,75	0,69	0,66	0,64	0,86	0,96	0,96	1,00	0,60
ANC/MPA(Rec)	1,50	1,58	1,23	1,42	1,43	1,50	1,43	1,17	1,29	1,24	1,20	1,18	1,40	1,50	1,51	1,53	1,13
ANC/MPA (Daily)	1,57	1,64	1,20	1,35	1,43	1,45	1,50	1,28	1,52	1,29	1,19	1,14	1,48	1,51	1,55	1,51	1,08
ANC/MPA (MovingAverage)	1,44	1,67	1,31	1,16	1,38	1,46	1,47	1,39	1,34	1,40	1,17	1,14	1,16	1,62	1,47	1,54	1,27

Var(%) ANC/MPA ANC/MPA(Rec) ANC/MPA (Daily) ANC/MPA (MovingAverage)



ADIÇÃO NA PLANTA

Minério +
reprocessamento

Moega Planta I

Britagem

Planta I

Flotação



Pilha de Calcário

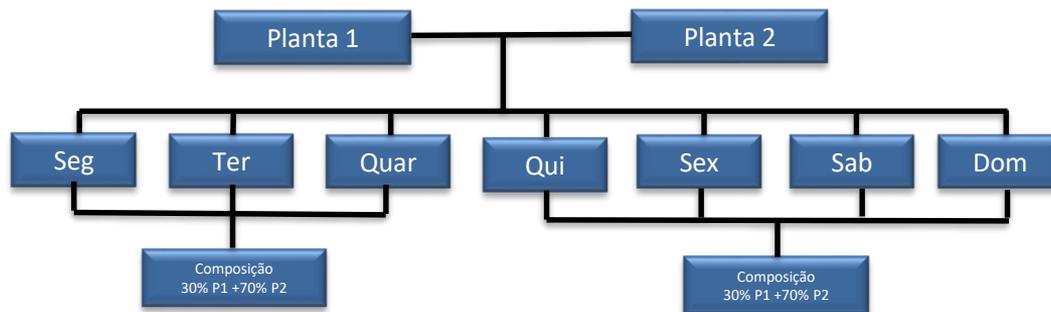
Quantidade de CaCO_3 estimada – dados de ANC
e %S do minério (curto prazo) corrigidos

Hora em hora

< tempo entre adição de
calcário e reação com minério
e rejeito



AMOSTRAGEM E ANÁLISE - REJEITO



- Ao longo do dia a cada 02 horas, uma amostra é coletada de cada planta pela equipe de processo.
- As amostras são combinadas na proporção 30% da Planta 1 e 70% da Planta 2.
- As preparações e análises são feitas nos laboratórios internos da Kinross.

- Resultados obtidos em 7 dias

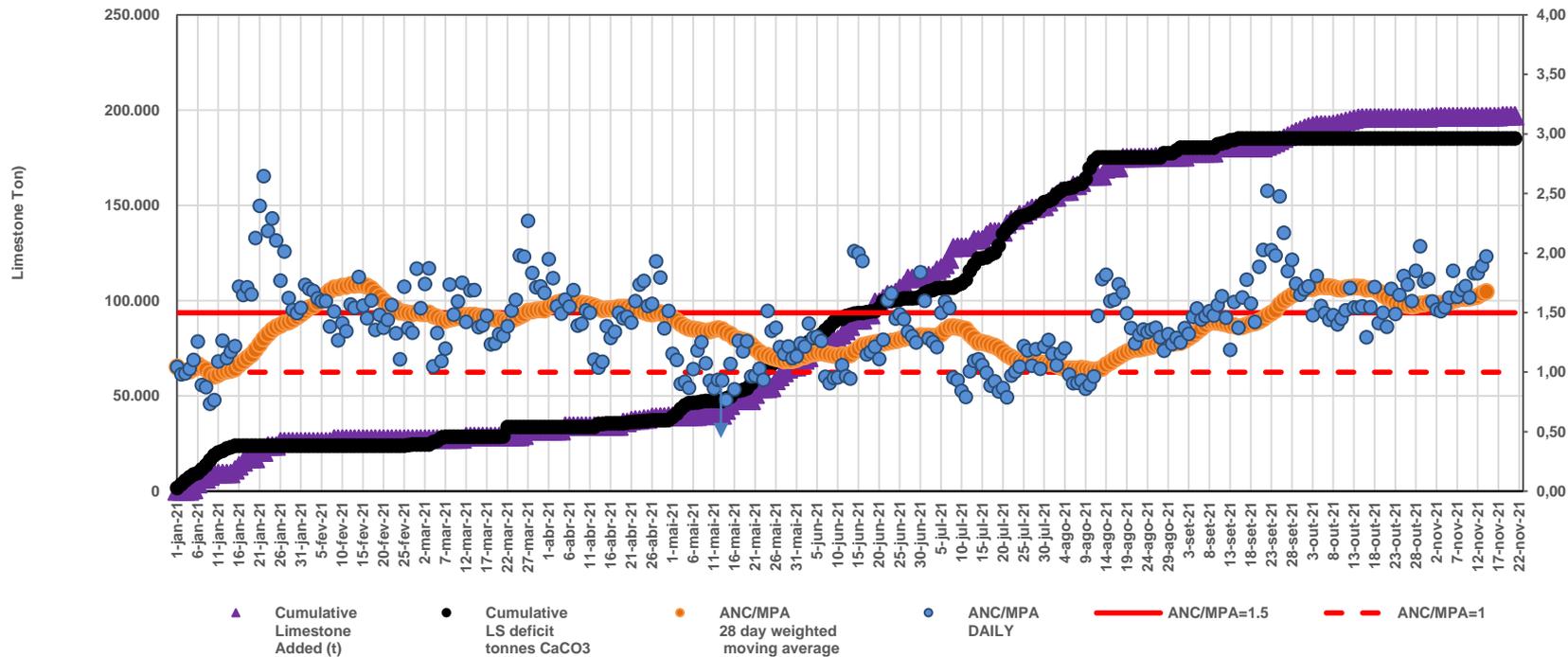


SUMMARY		
Period	Limestone Added (t)	Additional Limestone
31/12/2020 to 21/11/2021	196.945	185.108
Variation: 11.837		



DOSAGEM DE CALCÁRIO

Limestone Add





CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O gerenciamento de drenagem ácida deve ser diariamente tratado de maneira preventiva no intuito de se evitar consequências irreversíveis ao meio ambiente.
- Um programa de gestão de drenagem ácida bem gerenciado favorece um ambiente mais equilibrado e possibilita um fechamento mais adequado às estruturas de mineração.
- Manter a boa qualidade da água favorece uma operação mais sustentável de mineração, principalmente em áreas próximas a comunidades.



1º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA
1ST LATIN AMERICAN ACID MINE DRAINAGE CONGRESS
1^{ER} CONGRESO LATINOAMERICANO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

AGRADECIMENTOS

- Stuart Miller
- Equipes de Meio Ambiente, Geologia, Processos e Planejamento de Lavra da KBM