

## DISPOSIÇÃO DE REJEITOS A SECO ATRAVÉS DE FILTRAGEM CERÂMICA – NOVA PERSPECTIVA COM A REVOLUÇÃO DA ENGENHARIA DE REGENERAÇÃO QUÍMICA DO MEIO FILTRANTE\*

Cesar Santos<sup>1</sup>  
Ediron Antônio Lage<sup>2</sup>  
Fábio Silva dos Santos<sup>1</sup>  
Marcelo Duarte Silva<sup>2</sup>  
José Otávio Andrade<sup>2</sup>  
Robson Rodrigues Martins<sup>1</sup>

### Resumo

A tecnologia de filtragem cerâmica, apesar de consumir cerca de 90% menos energia que filtros a vácuo convencionais e produzir água limpa pronta pra reuso, enfrentou um grande desafio que colocou em dúvida sua viabilidade técnica e econômica. Em 2015, a produção de pellet feed nessa última etapa do processo do Complexo Minas-Rio da Anglo American era impactada por colmatações profundas no meio filtrante. O processo de regeneração química indicado pelos fabricantes de filtros não surtia o efeito necessário. A SUEZ, então, realizou um trabalho de investigação das causas potenciais e indicou especialidades químicas. Após um intenso trabalho da equipe técnica da Anglo American suportada pela SUEZ, foi desenvolvida uma metodologia de regeneração eficiente. A partir dessa referência, a SUEZ recebeu outros 03 desafios semelhantes com filtros cerâmicos. Entre eles, o projeto pioneiro de Dry Stacking da Herculano Mineração que, até 2017, não conseguia processar mais que 20% dos rejeitos gerados no processo de concentração de pellet feed. Após adaptações na metodologia regenerante em função das características minerais, facilitadas pelo desenvolvimento de um sistema piloto de *backwash*, o sucesso foi alcançado, proporcionando condição para produção de 3,0Mtpa sem utilização de barragem e com declínio continuado do custo unitário da operação de filtragem de rejeito.

**Palavras-chave:** Disposição de Rejeitos; Filtragem Cerâmica; Barragem.

### DRY STACKING THROUGH CERAMIC FILTERS - A NEW PERSPECTIVE THROUGH THE ENGINEERING REVOLUTION FOR CHEMICAL REGENERATION OF MEDIA FILTER

#### Abstract

Ceramic filtration technology, despite consuming about 90% less energy than conventional vacuum filters and producing clean water ready for reuse, faced a big challenge that put in doubt its technical and economic viability. In 2015, the production of pellet feed in this last stage of the process of the Minas-Rio Complex of Anglo American was impacted by deep fillings in the filter medium. The chemical regeneration process indicated by the filter manufacturers did not have the necessary effect. SUEZ then carried out a research work on the potential causes and indicated specialty chemicals. After an intense work of the Anglo American technical team supported by SUEZ, an efficient regeneration methodology was developed. From this reference, SUEZ received another 03 similar challenges with ceramic filters. Among them, the Herculano Mineração Dry Stacking pioneer project, which until 2017 could not process more than 20% of the tailings generated in the pellet feed concentration process. Following adaptations in the regenerative methodology as a function of the mineral characteristics facilitated by the development of a pilot backwash system, success was achieved, providing a condition for production of 3.0Mtpy without the use of tailings dam and with continued decline in the unit cost of the tailings filtration operation.

**Keywords:** Dry Stacking; Ceramic Filtration; Tailings Dam.

<sup>1</sup> Gerência de Produção e Processo, Herculano Mineração – Fazenda Retiro do Sapecado, S/N, Itabirito, MG.

<sup>2</sup> Gerência Técnica e Comercial, Mining Brazil - SUEZ Water Technologies & Solutions, Rod. Raposo Tavares, 22901 – Cotia - SP.

## 1 INTRODUÇÃO

A Herculano Mineração, localizada às margens da BR-040 no município de Itabirito-MG, retomou suas atividades em 2016, alcançando o ritmo anual de 3,0Mtpa de produção em 2019, assumindo um compromisso ambiental desafiador de operar sem barragem de rejeito.

O processo produtivo da Herculano Mineração consiste em uma planta com as etapas de britagem, peneiramento, concentração magnética de médio e alto campo, concentração gravítica (espirais), espessamento e filtragem de concentrado e rejeito, gerando como produtos finais: granulado, hematitinha, sínter feed, pellet feed e rejeito filtrado.

A demanda por sistemas eficientes de separação sólido-líquido nas operações de processamento mineral de rejeitos tem crescido nos últimos anos. A busca por sistemas de filtragem que permitam atingir baixo teor de umidade na torta, elevada produtividade e baixo consumo energético é cada vez maior na indústria mineral. Nessa perspectiva, os filtros cerâmicos constituíram uma opção tecnológica pioneira da Herculano Mineração para seu projeto de disposição de rejeitos a seco.

Os filtros com elementos filtrantes cerâmicos utilizam como força de filtração a diferença de pressão entre a atmosfera e o vácuo no interior das placas cerâmicas, onde essas possuem pequenos canais que permitem somente a passagem da água deixando em sua superfície a massa de rejeito aderida.

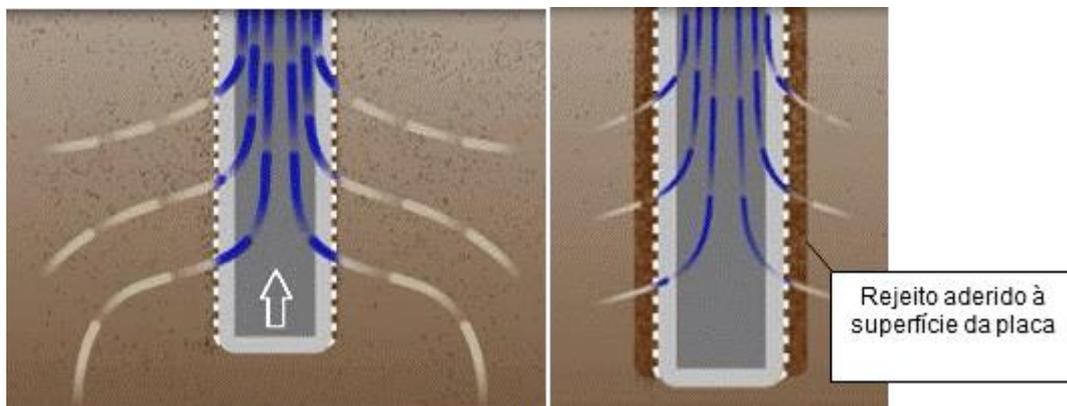
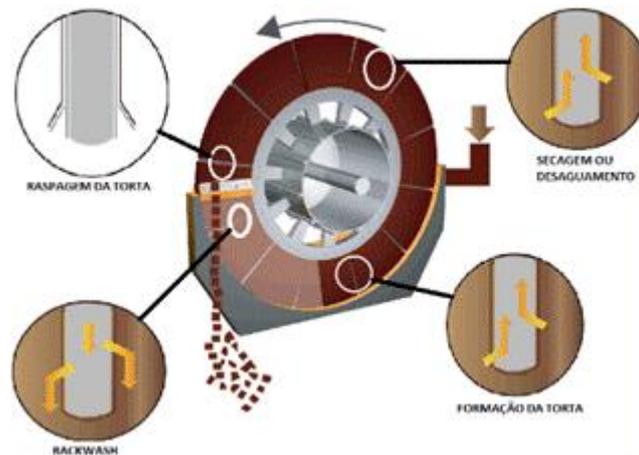


Figura 1. Fluxo de água entrando na placa e o rejeito aderindo à superfície.

Consumindo cerca de 90% a menos de energia que a filtragem à vácuo convencional, a filtragem cerâmica é considerada pela a Herculano mineração a etapa mais importante de seu processo, uma vez que nela é feita a separação sólido/líquido de todo o rejeito gerado, vislumbrando assim de uma operação sem o lançamento de rejeitos em barragem e a filtragem de todo seu pellet feed, o qual será posteriormente transportado aos clientes.

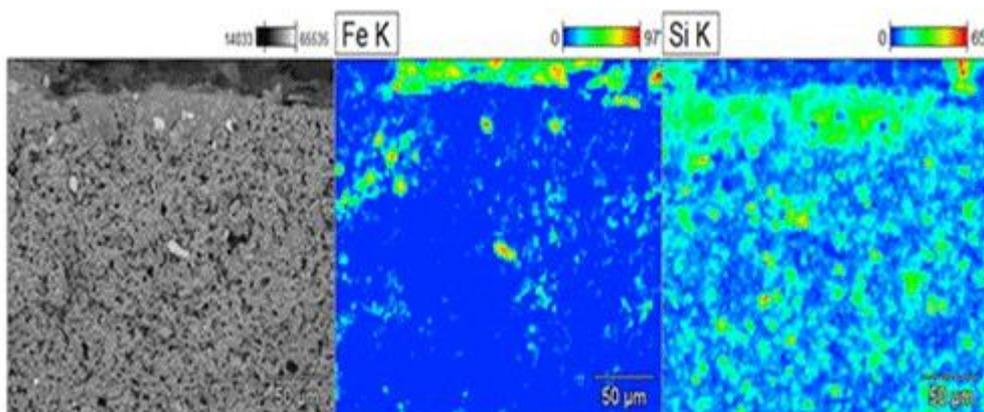
Para suprir toda demanda produtiva de forma eficiente, a Herculano Mineração possui em seu layout operacional 6 filtros cerâmicos Minexcell modelo KS-200, sendo 2 filtros para produto e 4 para rejeito. Eles apresentam em seu ciclo

operacional as etapas de formação da torta, desaguamento da torta, raspagem da torta e *backwash*.



**Figura 2.** Esquema operacional do filtro cerâmico.

Ao longo da operação, as pequenas aberturas denominadas de capilares contidas na superfície das placas vão sofrendo obstruções, normalmente ocasionadas por incrustações de bário, alumínio, silício, manganês, magnésio, óleos, graxas, biofilmes e principalmente finos de minérios. Essas obstruções impactam negativamente na permeabilidade e produtividade das placas, pois impedem que a água passe pela capilaridade, trazendo como consequência menor espessura da torta.



**Figura 3.** Presença de Fe e Si numa superfície de placa cerâmica colmatada.

O processo de regeneração das placas cerâmicas é um diferencial dessa tecnologia. Consiste na adição de reagentes químicos, utilização de ultrassom e jatos pressurizados de água. Essa etapa de regeneração e limpeza das placas cerâmicas é um passo de extrema importância para consolidação da tecnologia empregada e da garantia de boa produção em que o sistema necessita, uma vez que, a placa cerâmica depois da limpeza deve recuperar 100% da produtividade original de uma placa nova.

Desde o início do start up da Filtragem em abril de 2017, foi verificado que as placas cerâmicas apresentaram perda gradativa de permeabilidade. O reagente inicialmente projetado (ácido nítrico) não regenerava 100% da permeabilidade das placas,

provocando baixa produtividade e gerando necessidade de manejo de cerca de 80% do rejeitos em baias. Diante deste problema, a Herculano Mineração foi em busca de soluções para recuperar a permeabilidade das placas cerâmicas e para isso contactou uma empresa benchmarking em Filtragem cerâmica – a Anglo American, através da qual chegou até a SUEZ, empresa especializada em tecnologias químicas que atua no desenvolvimento de novos reagentes capazes de regenerar o meio filtrante sendo viáveis economicamente, ambientalmente e de aplicação segura.

O primeiro desafio diante destes eventos de “cegamento” era identificar os principais responsáveis pela impermeabilização das placas e posteriormente encontrar as soluções mais viáveis para removê-los. Após análises físico-químicas e microbiológicas das águas de alimentação e do filtrado, foram identificados os potenciais contaminantes (Dureza total, alumínio, sílica, ferro, bactérias heterotróficas, dentre outros). De posse dessas informações, o corpo técnico da SUEZ selecionou os produtos químicos e as concentrações ideais para realização dos testes de bancada, buscando a melhor solução química para recuperação da permeabilidade no meio filtrante (membranas cerâmicas). Os reagentes definidos como alternativas pela SUEZ foram o Kleen™ MCT405 e o Spectrus™ BD1501E, que agem na membrana cerâmica possibilitando a remoção de incrustações minerais diversas, de materiais ultrafinos (Fe, Si e Al) e de resíduos orgânicos, através de quelação e dispersão.



**Figura 4.** Filtro de rejeito antes da regeneração (à esquerda) e após regeneração (à direita).

## 2 METODOLOGIA

As principais técnicas empregadas pela SUEZ para otimização do processo de filtragem cerâmica, tanto para filtragem de pellet feed quanto para rejeitos, são:

- Análises físico-químicas e bacteriológicas do filtrado e água de reposição.
- Jar tests para avaliação da coagulação da polpa.
- Leaf Tests para a determinação das condições ótimas de rotação dos discos cerâmicos, densidade da polpa, alcalinidade e dispersão coloidal.
- Testes qualitativos de dispersão cristalina para seleção de produtos químicos.

- Determinação da metodologia de regeneração do meio filtrante através do sistema piloto de regeneração (limpeza) química desenvolvido pela SUEZ.
- Implementação dos ajustes em escala industrial.

## 2.1 Análises físico-químicas e microbiológicas

Através da análise do filtrado é possível identificar contaminantes com maior potencial de incrustação e definir as rotas de tratamento químico.



Figura 5. Laboratório da SUEZ em Cotia - SP.

## 2.2 Análises da polpa mineral através de *jar tests*

Antes de se tomar ações de otimizações no filtro cerâmico, deve-se avaliar e implementar possíveis oportunidades de melhoria no processo de espessamento e condicionamento da polpa que alimenta a etapa de filtração.



Figura 6. Jar tests de polpas minerais.

### 2.3 Leaf tests com placas cerâmicas

Através desta técnica, torna-se possível determinar e avaliar a TUF – Taxa unitária de filtração ( $t/m^2/h$ ) e a umidade da torta (%) em diferentes cenários relativos a:

- Percentual de sólidos.
- Faixas de pH.
- Densidade da polpa.
- Coagulação da polpa.

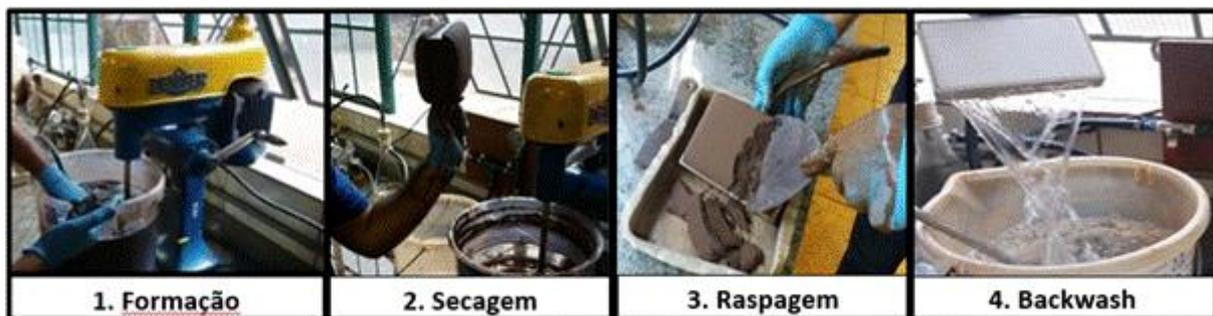


Figura 7. Leaf test com placas cerâmicas.

### 2.4 Testes comparativos para seleção de soluções químicas regenerantes

Visando aumentar a probabilidade de sucesso na próxima etapa (teste piloto), torna-se importante a realização de ensaios de bancada para seleção das especialidades químicas com maior potencial de sucesso, determinação do tempo mínimo de contato, bem como suas concentrações ideais na mistura. O resultado esperado aqui é a limpeza em profundidade que pode ser avaliada visualmente e que está relacionada ao teor de contaminantes na solução final (turbidez e sólidos suspensos).



**Figura 8.** Testes qualitativos para seleção de especialidades químicas.

## 2.5 Sistema piloto de regeneração química da placa industrial

Através de um sistema que simula em escala piloto o processo de limpeza química por *backwash* ou sucção, torna-se possível avaliar a eficiência de diferentes soluções químicas a serem implementadas em escala industrial.



**Figura 9.** Sistema piloto de regeneração química de placas cerâmicas

## 2.6 Implementação dos ajustes em escala industrial

O conhecimento adquirido nos testes de laboratório e piloto descritos nos itens anteriores permitem a realização de ajustes no processo industrial de regeneração química, aumentando a probabilidade de sucesso e evitando gastos excessivos com produtos, mão de obra e disponibilidade do equipamento.

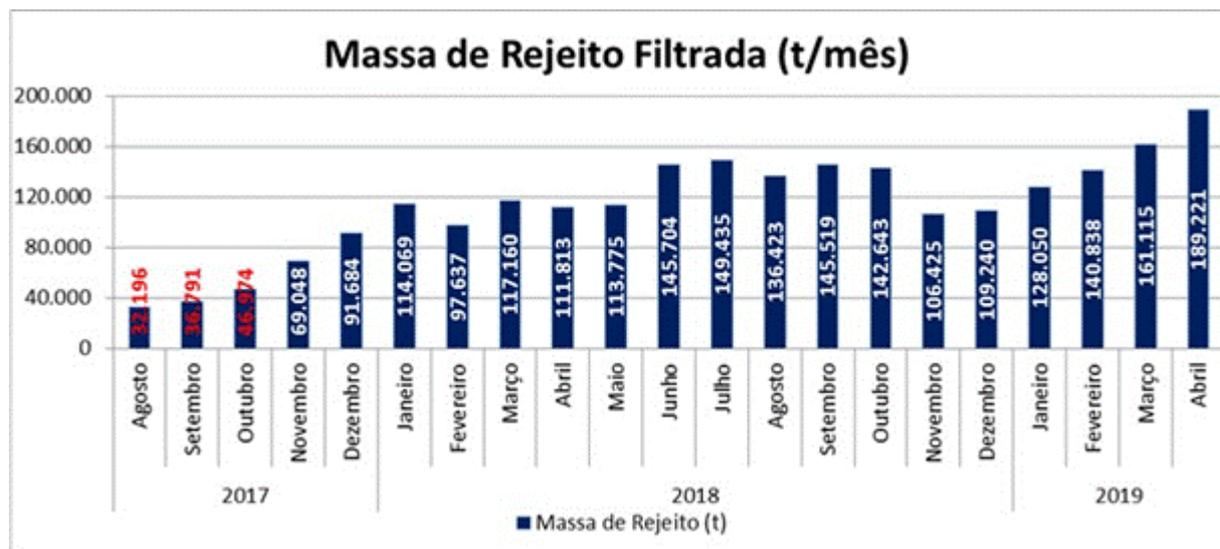
Essa metodologia de avaliação e ajustes da regeneração do meio filtrante deve ser repetida sempre que houver alterações significativas no processo a montante que impactarem na recuperação da permeabilidade das placas, provocando diminuição da produtividade e aumento do teor de umidade da torta.



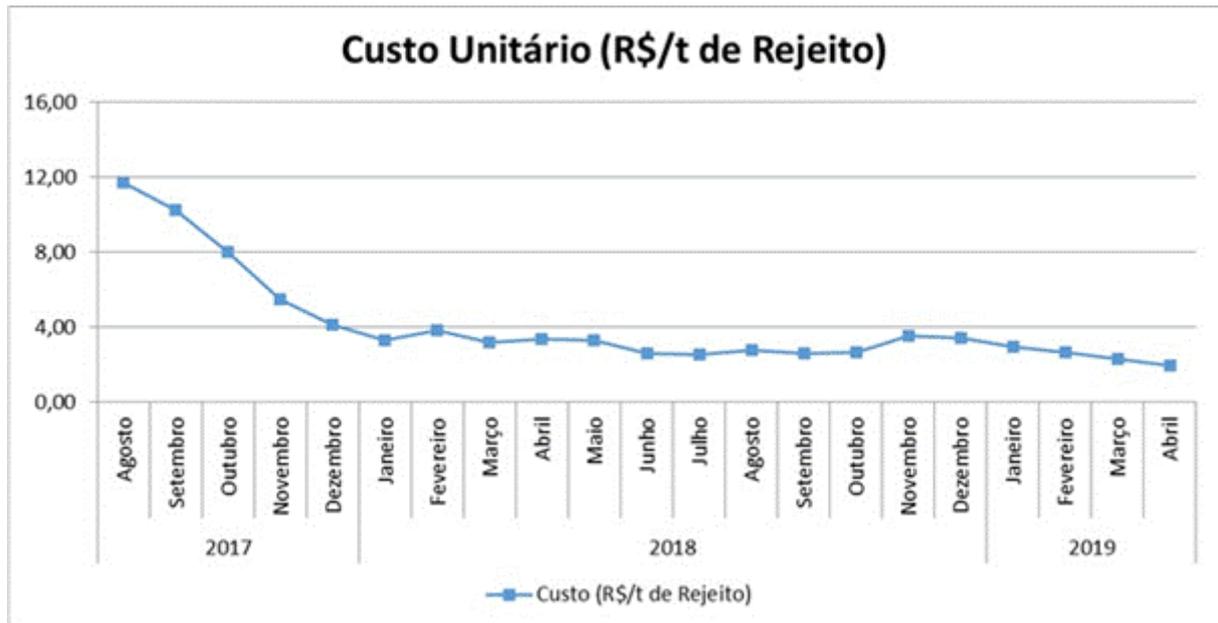
**Figura 10.** Amostra da torta antes da regeneração (à esquerda) e após regeneração (à direita).

### 3 RESULTADOS

A partir dos resultados positivos alcançados em bancada e definição da metodologia adequada foram iniciados os testes a nível industrial. Desde então, os dois reagentes são utilizados, rotineiramente, na etapa de regeneração das placas cerâmicas com resultados satisfatórios e com eliminação integral do uso de ácido nítrico, contribuindo para a garantia da produtividade nominal do processo de filtragem, redução de custos provenientes da substituição das placas cerâmicas impermeabilizadas e, até mesmo, viabilizando a continuidade da operação da ITM de forma sustentável e segura sem a utilização de barragem.



**Figura 11.** Evolução da produtividade dos filtros cerâmicos de rejeito.



**Figura 12.** Tendência do custo unitário total da operação Dry Stacking.

## 4 CONCLUSÃO

A substituição do uso de ácido forte ( $\text{HNO}_3$ ) pela metodologia de regeneração de placas apresentada, implementada e em uso na Herculano Mineração na filtragem de rejeitos (também de pellet feed) proporcionou significativa melhoria na produtividade, teor de umidade, confiabilidade no processo de filtragem cerâmica e retorno sobre o investimento (ROI).

A evolução operacional da filtragem na Herculano Mineração possibilitou a eliminação do uso de barragem em suas operações e, hoje, garante a filtragem total dos rejeitos em filtros cerâmicos modelo KS-200 do fabricante Minexcell.

A tecnologia de filtragem através de filtros cerâmicos apresenta-se como uma solução inovadora e eficiente para preencher um gap tecnológico no que tange o tratamento correto do rejeito gerado no processo de concentração de minério de ferro, possibilitando o empilhamento do rejeito seco e do reciclo integral da água no processo. À medida que a produtividade aumenta, o custo unitário diminui.

A inovadora eliminação do uso de barragem de rejeito ou de baias de contenção de lamas na Herculano Mineração poderá servir de motivação e referência para um grande universo de empresas, inclusive, de outros segmentos, constituindo um importante passo rumo à sustentabilidade.



**Figura 13.** Filtragem de rejeitos na Herculano Mineração.

## REFERÊNCIAS

- 1 Guimarães, Nilton Caixeta, 2011 “Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas”. Dissertação Universidade Federal de Minas Gerais.
- 2 Handbook of Industrial Water Treatment – Manual SUEZ Betz. 2015.
- 3 Junior, Adail Mendes Araújo.,2014, “Influência das variáveis de processo na filtragem cerâmica de polpas de minério de ferro”. Dissertação Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 4 Alvarenga, P.; Fonseca, A.; Gomes, F.; Silva, A.; Nazaro, M.; Turrer, H.; Russo, J.; Araújo junior, A.; Lage, E.; Silva, P. (2017) Desenvolvimento do processo de limpeza de meio filtrante cerâmico de filtros industriais. 18º Simpósio de Mineração ABM week 3ª edição vol. 47, num. 2 (2017).