

AUMENTO DA FILTRABILIDADE DOS FILTROS DE LICOR DA REFINARIA DE ALUMINA DA VM/CBA¹

Rodrigo Augusto Carvalho dos Santos²

Roberto Seno Júnior³

Daniel Cavichioli²

Luiz Henrique Rosencrantz²

Wagner da Silva Guerra⁴

Marco Aurélio Moura⁴

Daniel Soares⁴

André Luiz Arantes⁴

Cristiane Yahara Seko⁵

Resumo

A filtração de licor Bayer da refinaria de alumina da VM/CBA era um dos gargalos no processo produtivo devido às reduções no desempenho dos filtros VPF (*Vertical Pressure Filter*). Utilizando-se a metodologia Lean Six Sigma e o piloto do espessador, foram encontradas as principais causas das quedas de desempenho dos filtros. Após a identificação destas causas foi elaborado um plano de ação cujas principais medidas foram: alteração do ponto de dosagem de floculante, antes aplicado somente no *feedwell* e passou a ser introduzido também no *feedline*, desenvolvimento de teste em planta para quantificação do resíduo de floculante (teste de *carry-over*) e otimização da dosagem e qualidade do TCA (*Filter Aid*). O resultado foi a eliminação do gargalo e um aumento da taxa de filtrabilidade ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) em aproximadamente 19,0%.

Palavras-chave: Filtrabilidade; Floculante; Cal; Aluminato tri cálcico.

CBA's REFINERY RED SIDE IMPROVEMENTS

Abstract

The Polishing Filtration area (Vertical Pressure Filter) of Alumina Refinery at VM/CBA was one of bottle neck in the productive process due to reduction of the filters VPF performance. Using the Lean Six Sigma methodology and thickener pilot, the main causes were found in the decrease of filters performance. After identification of these causes an action plan was elaborated whose main measures were: changing the flocculant dosage feed, before this it was only applied in the feedwell and started to the fed in feedline too, development of the test in plant to flocculant residue measure (carry-over test) and dosage and quality optimization of TCA (Filter Aid). The result was the elimination of the bottle neck and a increase in the filtrability rate ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) approximately 19,0 %.

Key words: Filtrability; Flocculant; Lime; TCA.

¹ Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.

² Engenheiro de Processo - Votorantim Metais / CBA

³ Gerente de Processo - Votorantim Metais / CBA

⁴ Especialista de Processo - Votorantim Metais / CBA

⁵ Engenheira Trainee - Votorantim Metais / CBA

1 INTRODUÇÃO

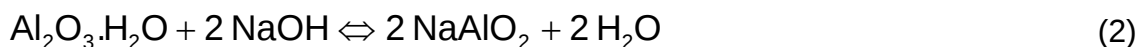
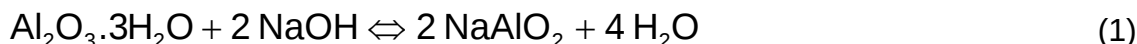
1.1 O Processo Bayer

O óxido de alumínio é a principal matéria-prima para a produção de alumínio metálico através do processo Hall-Héroult. A rota comercial mais comum para a produção de óxido de alumínio, também conhecido como alumina, é o chamado Processo Bayer.

A principal matéria-prima utilizada no Processo Bayer é a bauxita. A bauxita é um composto formado por vários minerais, sendo que os principais são os óxidos de alumínio (mono ou tri hidratados), óxidos de ferro, principalmente hematita e goetita, óxidos de titânio e silicatos.

No Processo Bayer, o óxido de alumínio hidratado é solubilizado em uma solução de aluminato de sódio e soda cáustica, conhecido como Licor Bayer, em alta temperatura. O tipo de óxido de alumínio hidratado é determinante para as condições em que a dissolução deverá ocorrer. Os óxidos mono-hidratados, conhecidos como bohemita (α - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e diásporo (β - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), necessitam de condições mais severas para sua dissolução, isto é, a mesma ocorre em temperaturas e concentrações cáusticas mais elevadas. No caso do óxido tri-hidratado, conhecido como gibbsita, a dissolução ocorre em condições mais brandas. A CBA utiliza a bauxita “gibbsítica”.

As reações que representam a dissolução do óxido de alumínio tri hidratado são:



Após a dissolução do óxido de alumínio, o licor Bayer, supersaturado em alumina, é separado de seu resíduo insolúvel, conhecido como lama vermelha. Esta separação ocorre através de sedimentação gravimétrica. Esta separação ocorre em decantadores atmosféricos, comumente chamados de espessadores. Como a solubilização do óxido de alumínio hidratado ocorre em temperatura e pressão superiores às ambientes, é necessário despressurizar a suspensão de licor e lama antes de enviá-la ao espessador. Esta despressurização é feita através de um conjunto de vasos de expansão e trocadores de calor que reaproveitam a energia para a própria etapa de solubilização.

No espessador, a lama vermelha é separada rapidamente do licor e este segue para uma etapa de filtração de polimento (Filtração de Licor), de forma a reter as partículas sólidas mais finas residuais. A lama, por sua vez, passa por uma série de outros decantadores e filtros para recuperação de soda cáustica e alumina, antes de ser enviada para o depósito de resíduo (barragem de lama vermelha).

O licor livre da lama residual é resfriado em outra unidade de reaproveitamento de energia, composta também por trocadores de calor e vasos expansores, como forma de elevar a supersaturação, e é enviado para a etapa de precipitação.

Na precipitação, a alumina que está supersaturada⁽¹⁾ no licor Bayer é precipitada na forma de hidróxido de alumínio ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), conforme o sentido inverso da reação descrita na equação 1. O processo é realizado através de sementeira, normalmente em dois estágios. A etapa de precipitação é responsável pela produtividade da refinaria de alumina e de importantes parâmetros da qualidade da alumina como teor de sódio, resistência e distribuição do tamanho de partículas do produto final.

O hidróxido de alumínio precipitado é separado em diferentes tamanhos através de hidrociclones, sendo que as frações menores retornam como sementes para a precipitação e as frações maiores serão calcinadas para eliminação das três moléculas de água, obtendo-se dessa forma o óxido de alumínio, ou, a alumina.

A Figura 1 mostra o fluxograma do processo de produção de óxido de alumínio da CBA:

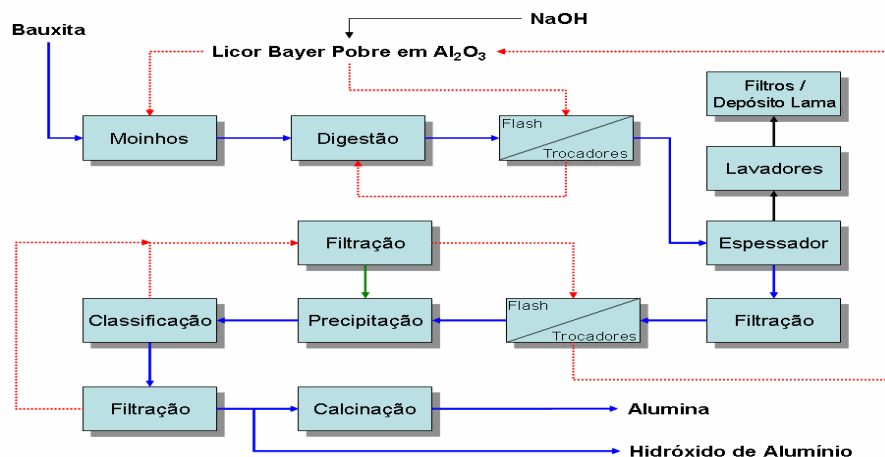


Figura 1 – Fluxograma do Processo Bayer utilizado na CBA.

1.2 Espessamento de Lama

As etapas de espessamento e lavagem de lama (denominada de decantação) são realizadas em decantadores com o auxílio de floclantes sintéticos. O objetivo principal do espessamento é separar a lama vermelha do licor, garantindo uma boa clarificação do mesmo.

A área de espessamento operava com alto consumo de floclante. Este fato, além do custo do insumo, trazia outro problema: o arraste excessivo de floclante no *overflow* do espessador, processo chamado de *carry over*.⁽²⁾ A presença de floclante neste fluxo, causava aumento da viscosidade do mesmo, impactando negativamente no desempenho da Filtração de Licor.



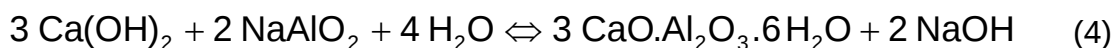
Figura 2 – Área da decantação de lama vermelha.

1.3 Filtração de Licor

O licor clarificado proveniente do *overflow* do espessador, supersaturado em alumina, deve ser purificado antes de ser enviado à etapa de precipitação. As partículas de lama, contendo principalmente ferro e silício, presentes no licor, mesmo com concentração da ordem de partes por milhão (ppm), contaminam a alumina produzida e comprometem a qualidade final do produto.

Dessa forma, faz-se necessária a filtração de licor, chamada também de filtração de segurança ou de polimento. Na CBA são utilizados filtros do tipo VPF (*Vertical Pressure Filter*). Estes filtros operam com um auxiliar de filtração, TCA (no português, Aluminato Tri Cálcico), injetado diretamente na alimentação dos mesmos durante todo o ciclo de filtração.

O TCA é obtido através da reação da cal hidratada com o aluminato de sódio (presente no licor Bayer), mostrada nas equações 3 e 4. A boa formação do TCA, com uma distribuição granulométrica adequada, é fundamental para uma boa performance da Filtração de Licor Bayer, caso contrário haverá um aumento da pressão nos filtros, bem como, uma queda na taxa da filtrabilidade. Logo, a boa hidratação da cal (leite de cal), forma como a cal é empregada no processo Bayer, e o controle da reação de formação de TCA (tempo de residência, temperatura, entre outros) são fundamentais para garantir a formação correta do mesmo.



O licor que alimentava os filtros da CBA tinha presença significativa de floculante. Além disso, o TCA produzido não tinha uma boa formação. Com isso, a capacidade da Filtração de Licor era significativamente prejudicada e o consumo de cal elevado.



Figura 3 – Área da Filtração do Licor.

2 OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO

A etapa da Filtração de Licor representava um gargalo na produção para a refinaria de alumina da CBA. Diante disso, uma série de estudos e ações foram realizadas para eliminar ou, ao menos, reduzir a incidência destes problemas. O resumo dos estudos e os resultados serão apresentados a seguir.

2.1 Alteração da Geometria das Lanças de Injeção de Floculantes

A ação dos floculantes é seriamente impactada pelas condições dos pontos de adição nos decantadores. Do modo anterior, a descarga de floculante era perpendicular ao fluxo de alimentação do decantador, expondo as moléculas e os flocos formados a uma alta taxa de cisalhamento, prejudicando o processo floculação. Do modo atual, a injeção é feita no mesmo sentido da alimentação, elevando o desempenho dos floculantes através da melhor formação dos flocos. O resultado foi redução da dosagem geral.

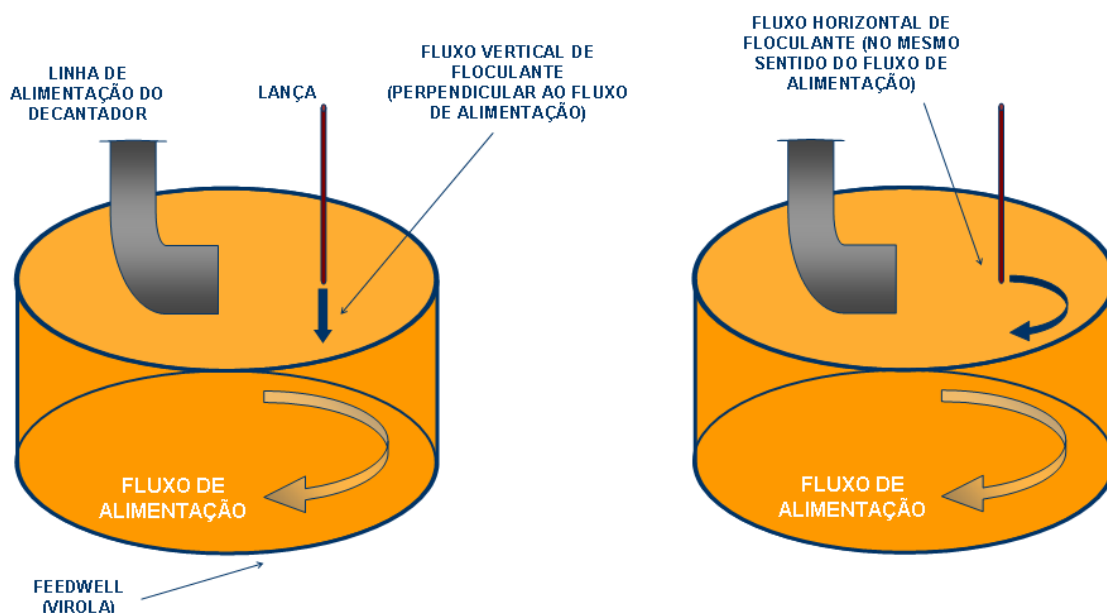


Figura 4 – Esquema da Virola do Decantador e lanças de adição de floculante.

2.2 Aplicação de Floculante Feedline / Feedwell

Para que o espessador opere com a eficiência desejada, é necessário que a sedimentação da lama vermelha ocorra o mais rapidamente possível, que o *overflow* (transbordo) tenha o mínimo de sólidos residuais possíveis e que não ocorra arraste de floculante com o licor, o chamado efeito *carry over*. As moléculas de floculante, que possuem alto peso, bloqueiam os pequenos canais que permeiam a torta dos filtros de licor e diminuem a filtrabilidade do meio. Este efeito é um dos principais fatores de redução de desempenho da Filtração de Licor.

O *carry over* é resultado de um ou mais fatores combinados, mas, na maior parte dos casos, a dosagem excessiva de floculante é o fator preponderante. Esse desvio ocorre após distúrbios no controle da interface de lama do espessador ou quando

há dificuldades no controle da clarificação da corrente de *overflow*, isto é, do material sólido residual no licor.

A aplicação de flocculante no espessador era realizada somente no *feedwell* do mesmo. Após estudos, verificou-se que a aplicação do aditivo dessa maneira favorecia a ocorrência de *carry over*. Além disso, o emprego de dois pontos distintos para aplicação seria um arranjo que permitiria o controle do espessador de forma mais eficiente, ou seja, com menor consumo de flocculante. Com isso, passou-se a dosar flocculante no espessador em *feedline* e *feedwell*, conforme ilustrado na Figura 5.

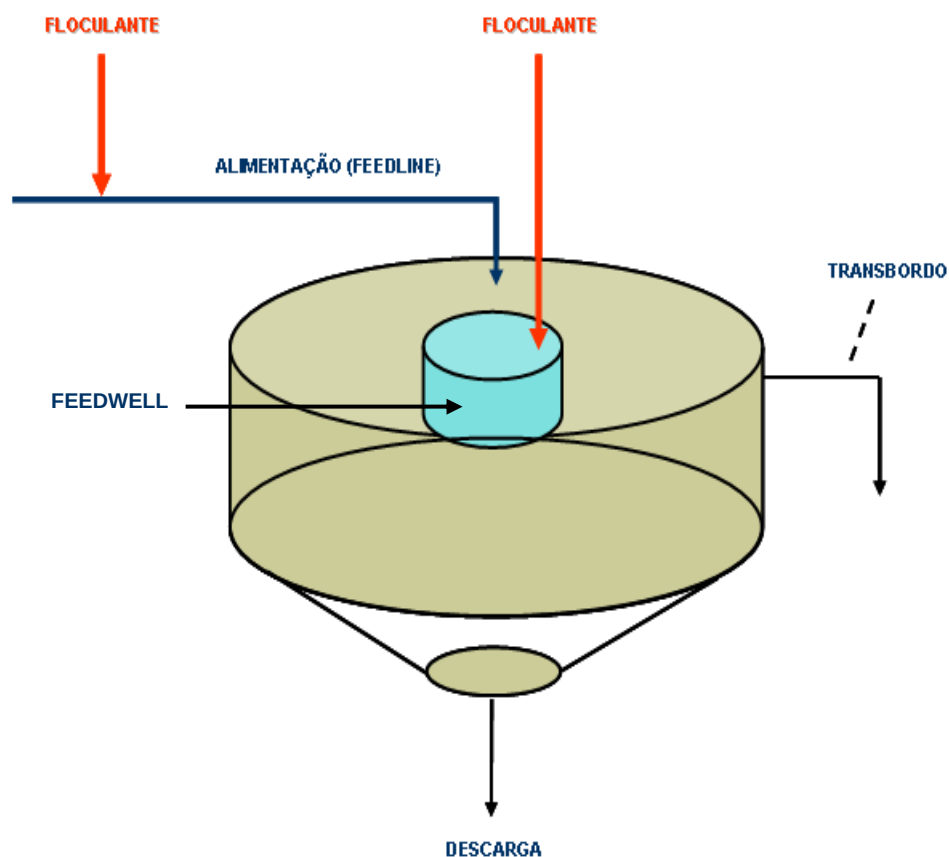


Figura 5 – Esquema do espessador e pontos de adição de flocculante.

Este arranjo permite o melhor controle do teor de sólidos residuais na corrente de *overflow* do espessador, fazendo com que a dosagem total de flocculante seja reduzida e, por consequência, o *carry over* também.

2.3 Redução do Consumo de Flocculantes - Resultados

A realização da alteração da geometria das lanças de injeção de flocculante somado a aplicação do flocculante no Feedline / Feedwell teve como resultado uma redução de aproximadamente 39 % de flocculante no espessador.

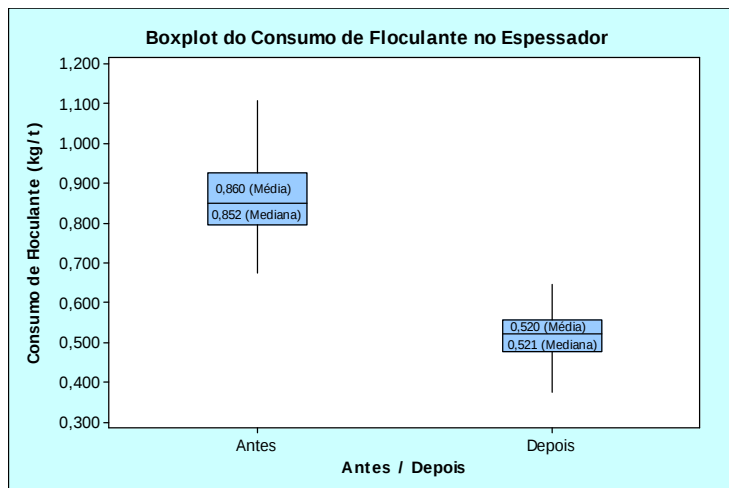


Figura 6 – Redução do consumo de floculante.

2.4 Modificação na Tubulação de Alimentação dos Tanques de Overflow do Espessador

A injeção de leite de cal nos tanques de *overflow* do espessador é efetuada para se promover a formação do TCA, o sólido auxiliar da Filtração de Licor. Como a formação deste composto é promovida diretamente na corrente que segue à etapa de filtração, o tempo de residência nestes tanques é fundamental.

De acordo com testes realizados em laboratório (Figura 7) o tempo de filtração com tempo de residência de formação do TCA menor ou igual a 5 minutos foi muito alto. Já o tempo de filtração com tempo de residência de formação do TCA de 10 minutos e 15 minutos foi 35% e 47%, respectivamente, maior do que o tempo de filtração com tempo de residência de 5 minutos.

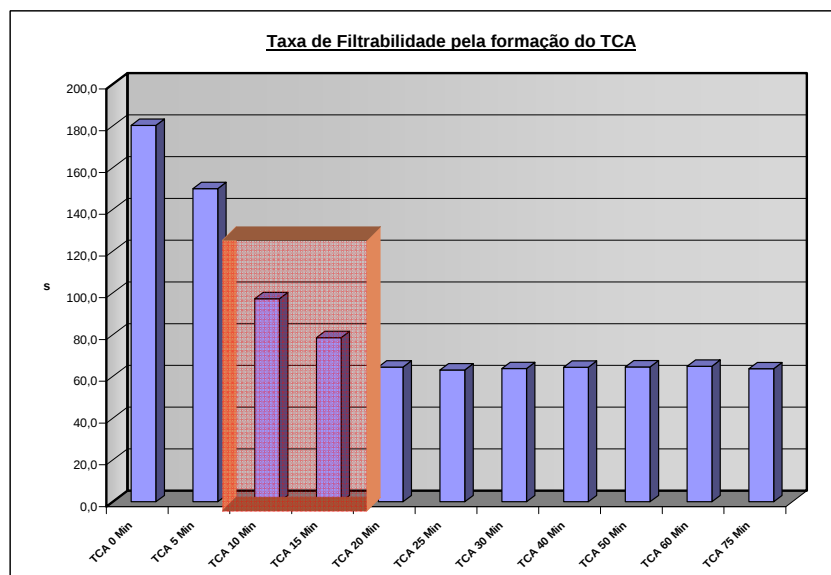


Figura 7 – Teste da Taxa de Filtrabilidade variando o tempo de residência para reação de formação do TCA.

Para a realização dos testes foram preparadas amostras com licor Bayer e cal hidratada para uma relação de 2,0 kg de cal/m³ de licor Bayer, colocadas no Intronic (equipamento utilizado para testes de precipitação) em uma temperatura fixa e foi variado o tempo de residência para a reação de formação do TCA. Após

cada tempo estipulado para uma determinada amostra foi separado 250 ml de solução e filtrado em filtro Millipore, e medido o tempo de filtração dos 250 ml. Quanto mais rápido a solução foi filtrada, maior foi a taxa de filtrabilidade para aquela amostra.

Considerando que a alimentação de licor para os tanques que recebem o overflow do espessador era efetuada através de uma tubulação ligada no fundo desses vasos e a leite de cal (cal hidratada) era dosada parte nesta tubulação e parte sobre o tanque. Este arranjo não favorecia o tempo de contato entre a cal e o licor, uma vez que boa parte da corrente de alimentação era succionada imediatamente pelas bombas de envio de material à Filtração de Licor, como pode ser observado na Figura 8. A formação do TCA nesta linha era deficiente devido ao baixo tempo de residência, com a geração de partículas de formato lamelar e acicular, que reduzem sensivelmente a filtrabilidade do licor. Isto pode ser comprovado pela Figura 9, que traz uma foto realizada em microscópio de varredura eletrônica (MEV):

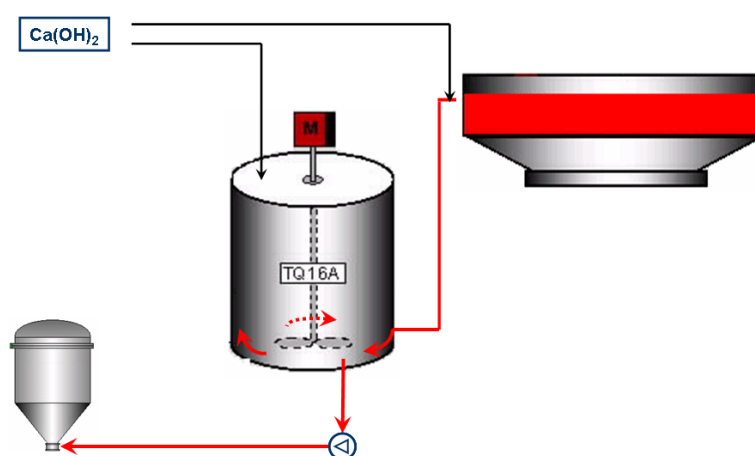


Figura 8 – Esquema da introdução da cal (fundo do tanque).

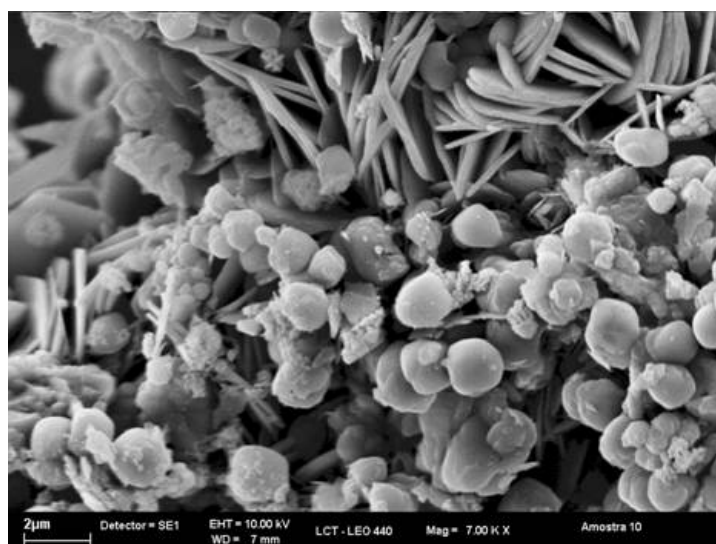


Figura 9 – Formação de TCA deficiente.

Para promover uma melhor formação do TCA, alterou-se o arranjo de alimentação dos tanques de *overflow*, com a construção de uma canaleta para coletar o licor do espessador e alimentá-lo pelo topo do tanque e passou-se a injetar a leite de cal (cal hidratada) somente neste ponto (Figura 10). Com isso, o tempo de contato entre a cal e o licor foi elevado para aproximadamente 15 minutos, além da melhor homogeneização promovida, já que os antigos caminhos preferenciais dentro do tanque foram eliminados. A Figura 11 traz a foto obtida pelo MEV com o material gerado após as modificações. Note que as partículas de formato acicular e lamelar não estão mais presentes e a melhora da esfericidade do TCA formado promove uma melhor percolação do licor entre as partículas aumentando a taxa de filtrabilidade dos filtros VPF (*Vertical Pressure Filter*).

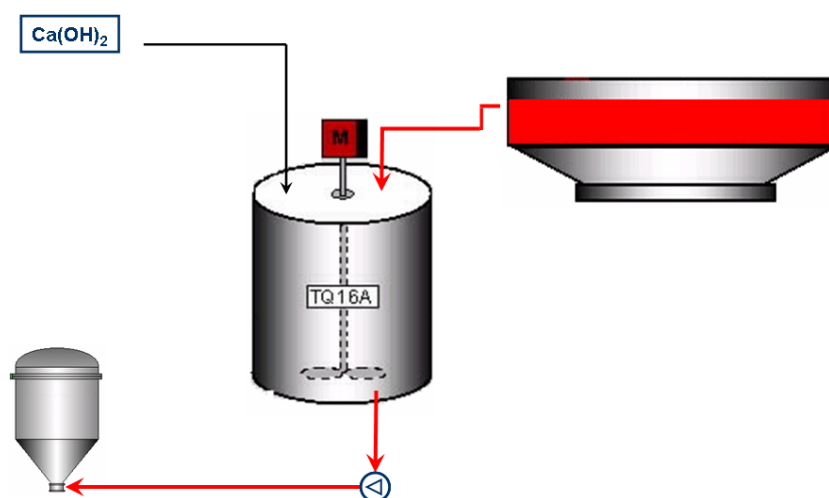


Figura 10 – Esquema da introdução da cal (topo do tanque).

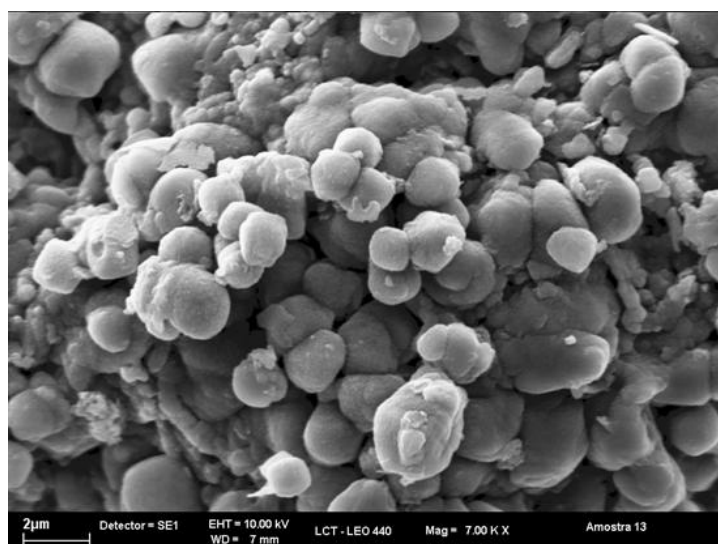


Figura 11 – Melhor formação do TCA.

2.5 Redução do Consumo de Cal

Com a redução do carry-over (arraste) do floculante proveniente do overflow do espessador para a filtração de licor devido às modificações citadas nos itens 2.1 e

2.2, foi possível reduzirmos o consumo da cal (Figura 12) para formação do filter-aid (TCA).

De acordo com testes realizados em planta o aumento do consumo de cal para formação do TCA (filter AID)⁽³⁾ com um alto *carry-over* de floculante, faz com que a taxa de filtrabilidade da filtração de licor se mantenha acima de 0,90 m³/(m².h) (alvo mínimo desejado), pois o excesso de cal desativa ou minimiza a ação das moléculas de floculante no bloqueio do tecido filtrante nos filtros de licor.

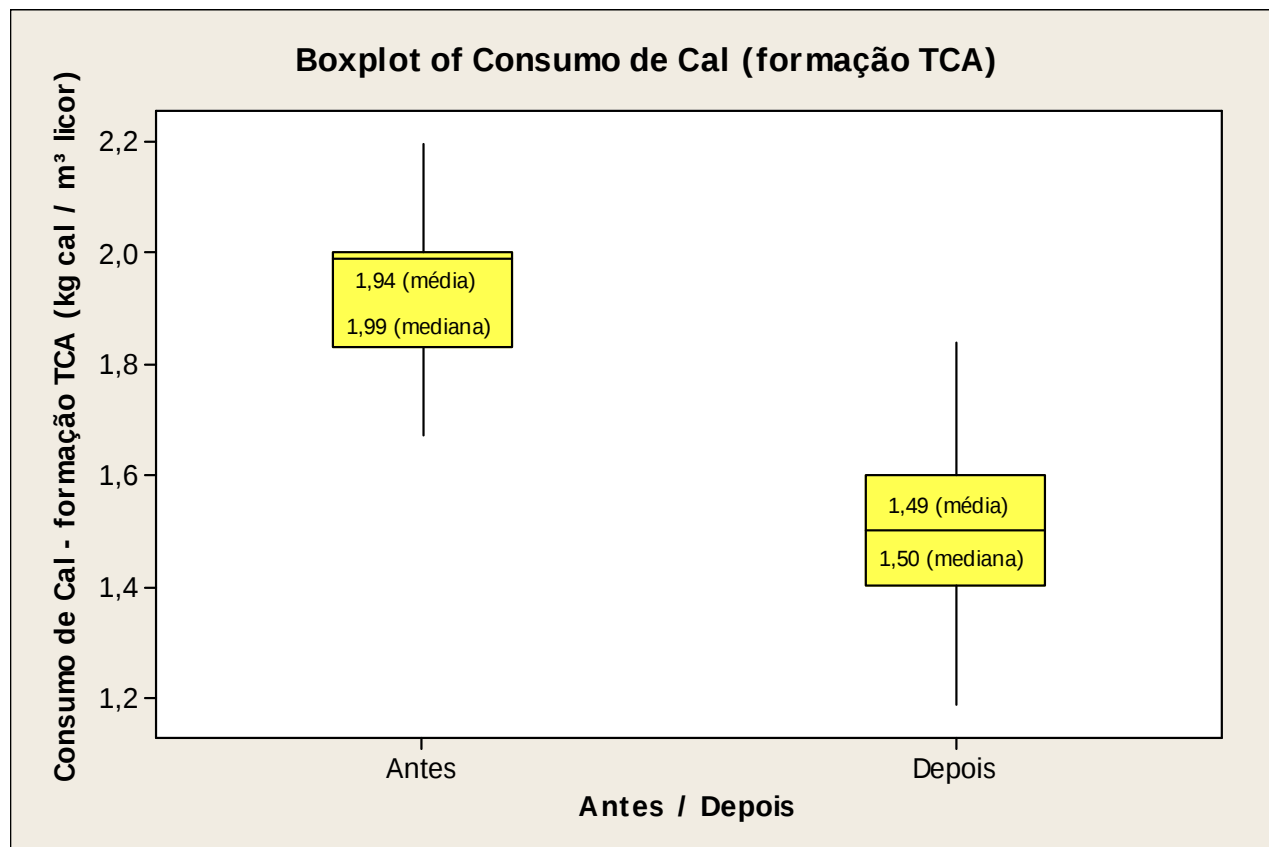


Figura 12 – Redução do consumo de cal.

2.6 Aumento da Filtrabilidade da Filtração de Licor

Com o aumento da eficiência da reação para formação do TCA (Filter AID) devido o aumento o tempo de residência, e conseqüentemente uma melhor formação geométrica das partículas, somado as modificações realizadas nas lanças do espessador e a aplicação de floculante *feedline/feedwell*, o desempenho da filtração de licor teve um aumento de aproximadamente 19,1 % (Figura 13).

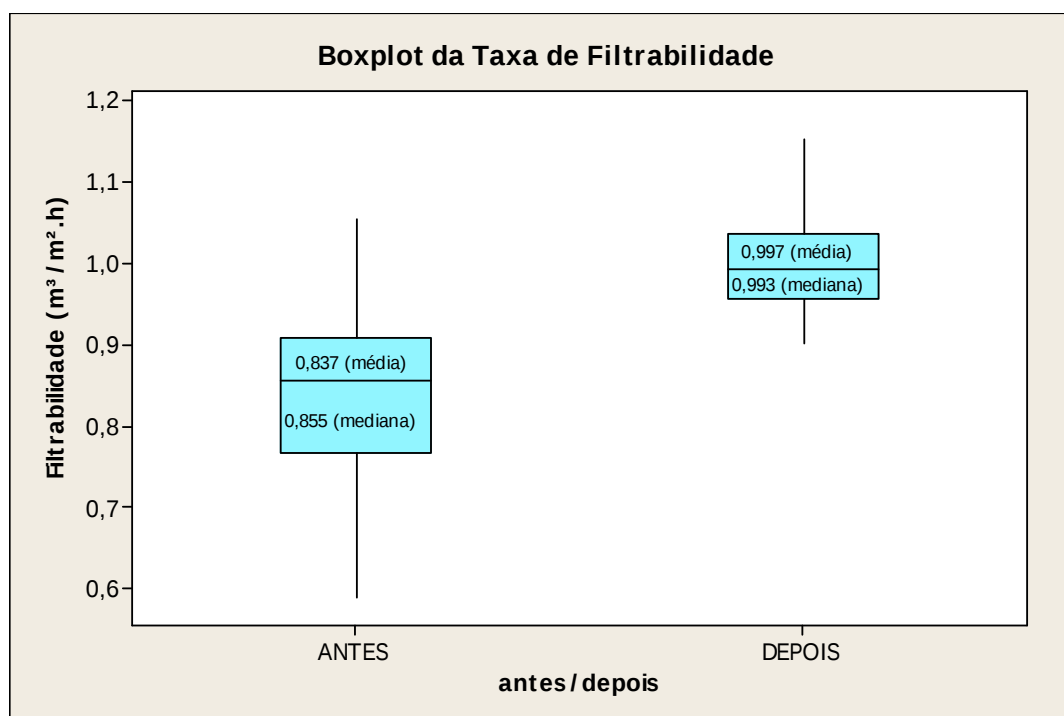


Figura 13 – Ganho de filtrabilidade da filtração de licor.

Com a melhora da taxa da filtrabilidade os filtros começaram a operar com uma menor pressão (Figura 14) e conseqüentemente uma menor ocorrência de passagem de sólidos devido a furos nas telas, melhorando a qualidade do licor filtrado (Figura 15).

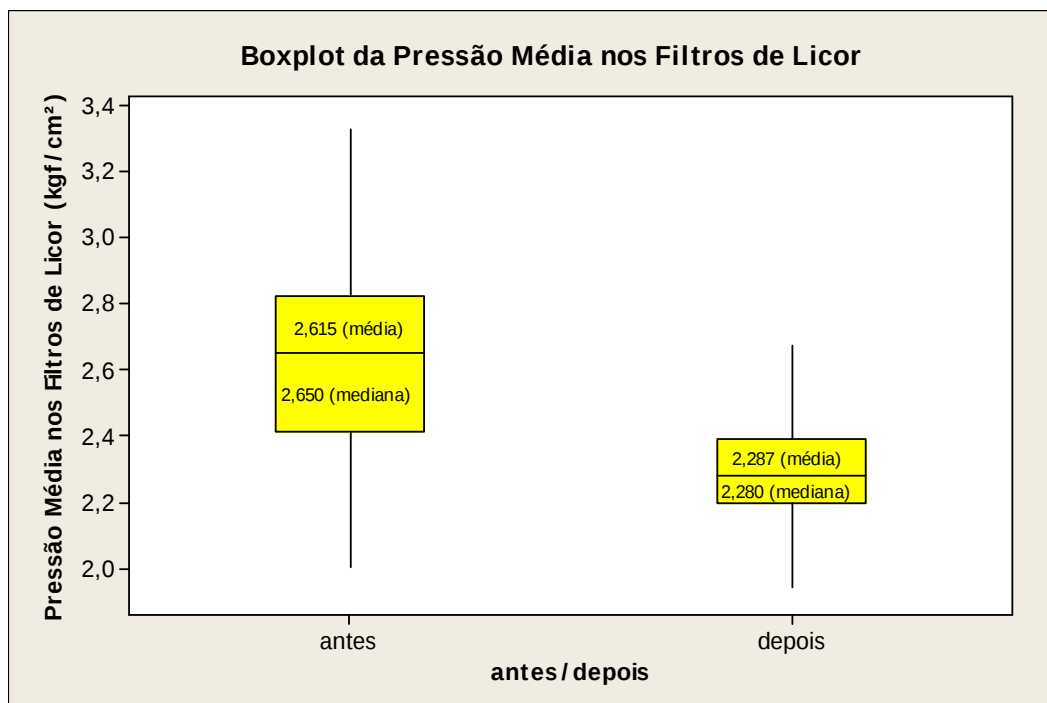


Figura 14 – Redução da pressão média dos filtros de licor.

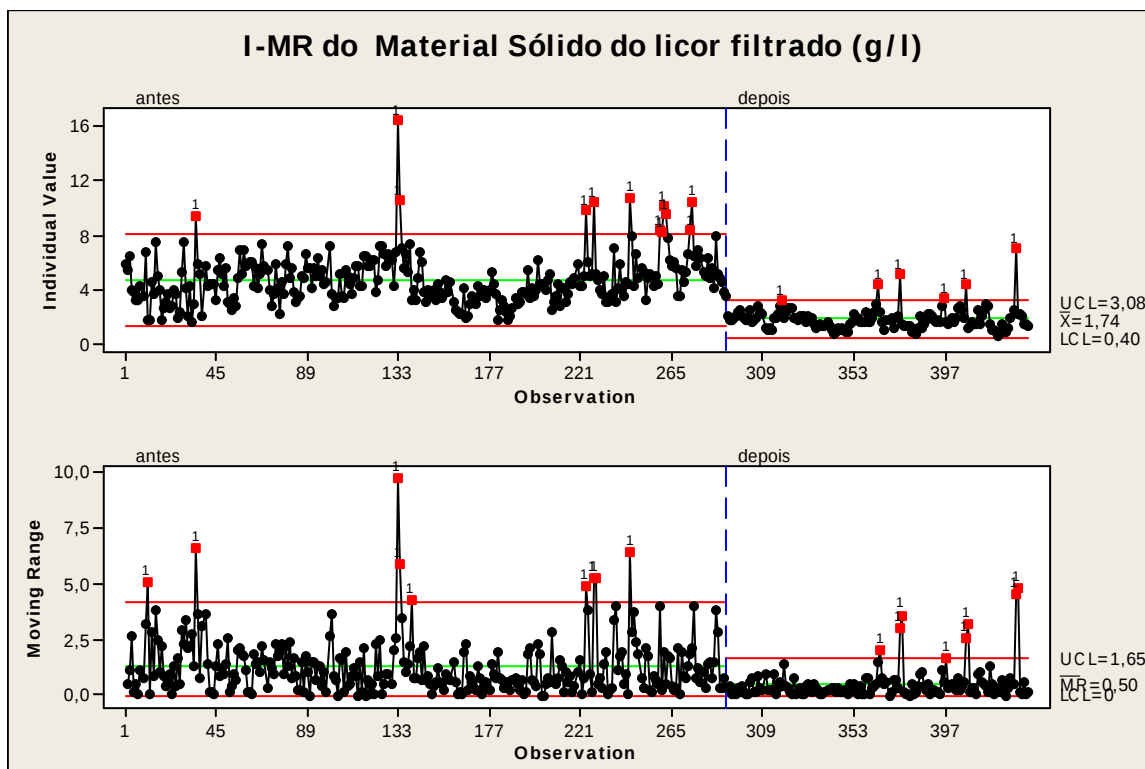


Figura 15 – Redução do material sólido no licor filtrado.

2.7 Ferramenta de Desenvolvimento

Todos os projetos de otimização de processo aqui descritos, especialmente os que envolvem os decantadores, tiveram como importante ferramenta a instalação piloto para estudos de comportamento dinâmico de *feedwells* de decantadores de lama vermelha, desenvolvida e construída na Refinaria de Alumina da CBA. Com este equipamento é possível avaliar, por exemplo, a influência dos tipos de lança de floculante e do número de Reynolds na dispersão do aditivo. Novos projetos estão sendo desenvolvidos com base em ensaios conduzidos com o auxílio deste piloto.



Figura 16 – Vista do feedwell e do casco da instalação piloto.



Figura 17 – Foto em aproximação do tubo de alimentação e da lança de aplicação de floculante, durante teste de avaliação do ponto de dosagem.

3 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que, com os trabalhos realizados no espessador e com a otimização da formação do TCA, obteve-se um ganho de 19,1% na taxa de filtrabilidade da filtração de licor. Com esse aumento da taxa de filtrabilidade a área da filtração de licor deixou de ser um gargalo na Refinaria da Alumina. Além disso, obteve-se uma melhora significativa na qualidade do licor, passando-se a trabalhar com uma menor pressão média dos filtros VPF e uma menor ocorrência de passagem de sólidos devido a furos nas telas.

Em cada otimização de processo realizada obteve-se os seguintes ganhos:

- Redução do consumo de floculante devido a mudança na geometria das lanças e a aplicação do floculante no *feedline* / *feedwell*: ganho de R\$ 1.687.077 / ano
- Redução do consumo de Cal devido a redução do *carry-over* do floculante no espessador e a otimização da formação do TCA: ganho de R\$ 1.991.423 / ano
- Redução do consumo de tela da filtração de licor devido ao aumento da taxa da filtrabilidade da filtração de licor: ganho de R\$ 121.500 / ano

Com isso, obteve-se um ganho total de aproximadamente R\$ 3.800.000 / ano, o que significou um grande impacto no *Cash Cost* da Refinaria de Alumina da VM/CBA, além da estabilidade operacional da planta.

REFERÊNCIAS

- 1 Misra, C. 1970. Solubility⁽¹⁾ of Alumina Trihydrate (Hydrargillite) in Sodium Hydroxide Solutions. Chemistry & Industry (London), 20, 619-623.
- 2 Rosenberg, S.P., Healy, S.J. 1996. A Thermodynamic model for gibbsite solubility in Bayer Liquors. Alumina Quality Workshop, 301-310.
- 3 White, E. T., and Bateman, S. H. 1988. Effect of Caustic Concentration on the Growth Rate of $Al(OH)_3$ Particles. Light Metals, 157-162.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Sang, J. V. 1988. Factors Affecting Residual Na_2O in Precipitation Products. Light Metals, 147.
- 2 Misra, C., and White, E. T. 1970 A Mathematical Model for the Bayer Precipitation Process for Alumina Production. Proceedings of Chemeca 70, Buttersworth, 52-76.
- 3 Pearson, T. G. 1955. Chemical Background to the Aluminium Industry. Royal Institute of Chemistry, Monograph No. 3 (London).
- 4 Rousseaux, J. M., and Ferland, P. Impact of Excess Synthetic⁽²⁾ Flocculent on Security Filtration. Light Metals, 2009.
- 5 Whittington, B.I., Fallows, T.M., Willing, M.J., Tricalcium aluminate hexahydrate (TCA)⁽³⁾ filter aid in the Bayer industry: factors affecting TCA preparation and morphology.
- 6 Andermann, L.J., Pollet, G. J., The Manufacture of Tricalcium Aluminate. Light Metals, 2003.