



INTENSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE BRANCURA DO CAULIM ATRAVÉS DE BENEFICIAMENTO UTILIZANDO ÁCIDO CLORÍDRICO

A. F. LIMA¹, J. P. N. VAZ²

^{1,2}. Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

RESUMO – *O caulim é um silicato hidratado de alumínio, que possui coloração branca ou quase branca, granulometria fina e é quimicamente inerte. Devido a isso esse argilomineral possui múltiplas aplicações, sendo seu principal destino a indústria de papel e celulose, podendo ser utilizado como carga e/ou como revestimento de papeis especiais. Mas para cumprir essa função o caulim precisa ter elevada pureza e alto índice de brancura (superior a 84,5), atualmente as principais técnicas de beneficiamento para produzir silicatos de elevada brancura são complexas e dispendiosas, com isso em mente o presente estudo tem como objetivo tratar caulins da região de Sacramento-MG, utilizando agentes lixiviantes oxidantes, como o intuito de desenvolver uma técnica simples e rentável. Para o desenvolvimento do trabalho optou-se por utilizar ácido clorídrico como solvente pois é um composto com elevada capacidade oxidativa e baixo custo de mercado. Os melhores resultados foram das operações realizadas a temperatura de 43°C, concentração 15% v/v de solvente, 56 minutos de reação e polpa de 10% m/m de caulim, nessas condições foi possível elevar a brancura de 79,58 para 86,75.*

1. INTRODUÇÃO

Caulim é o termo utilizado para denominar tanto a rocha quanto o produto resultante do beneficiamento, seu principal constituinte é a caulinita, sendo assim classificado como um argilomineral e pertencente ao grupo dos silicatos hidratados de alumínio. Esse silicato que é o sexto minério mais abundante do globo terrestre, quando submetido a processos de beneficiamento possui uma coloração branca ou quase branca, granulometria fina em média 2 um e é quimicamente inerte (Mendonça *et al.*, 2017).

Devido a essas características o caulim está presente na produção de diversos produtos como borrachas, cerâmicas, refratários, plásticos, tintas, catalisadores, concretos, cimentos, fármacos, vidros e cosméticos. Porém sua principal aplicação é na indústria de papel e celulose, onde é utilizado como carga para reduzir a quantidade de polpa de celulose necessária para produção de papel e no revestimento de papeis especiais, mas nesse seguimento da indústria é necessário que o silicato tenha elevada alvura e brancura (Bertolino *et al.*, 2009).

Assim para que o caulim se adéque as exigências do mercado é preciso realizar a remoção de impurezas, que em determinados casos podem representar até 50% da massa do minério. Os



contaminantes mais comuns são a areia, quartzo, mica, óxidos de ferro (hematita e goethita), óxidos de titânio (Anastásio e rutilo) e matéria orgânica, os três últimos exemplos são compostos que possuem coloração escura, sendo assim quando estão presentes no silicato, são os principais responsáveis por reduzir sua brancura (Criscuolo, 2008).

O silicato se apresenta em variadas formas, sendo assim existem diferentes tipos de caulim, com distintas características, como o tamanho e a forma de suas partículas e com a presença de múltiplas impurezas que influenciam diretamente na qualidade do produto. Desta maneira existe uma gama de tratamentos e/ou beneficiamentos, que se adequam a cada caso (Bertolino *et al.*, 2009).

As técnicas mais convencionais de beneficiamento do caulim como o branqueamento e alvejamento químico utilizando ditionito de sódio são efetivas no tratamento de contaminantes ferrosos (hematita e goethita), porém não são eficientes para remoção de contaminantes titaníferos (anatásio e rutilo). Para a remoção destes é necessário operações especiais, como floculação seletiva ou agregação seletiva, que são sistemas mais sofisticados e complexos, sendo assim seu custo de produção é elevado. Desta forma o presente estudo tem como objetivo elevar a brancura do caulim da região de sacramento-MG, utilizando agentes lixiviagentes de característica oxidante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de caulim utilizadas no presente estudo foram cedidas pela empresa Arko Indústria de Mineração Ltda, que está situada na região de Sacramento-MG.

O processo mais comum de branqueamento de caulim opera em pH ácido, devido a isso o presente estudo seguiu utilizando técnicas de lixiviação com agentes lixiviantes de caráter ácido. Com isso em mente foram selecionados os ácidos Sulfúrico, Clorídrico, Nítrico, Fosfórico e Acético, esses reagentes são conhecidos por sua capacidade oxidante, são muito utilizados na indústria e possuem um valor de mercado relativamente baixo. Além disso, os ácidos Sulfúrico e Clorídrico são utilizados como controladores de pH nas técnicas de alvejamento químico do caulim (Lima, 2016).

Com o intuito de comparar a eficiência dos agentes lixiviagentes previamente citados, foi realizado o seguinte experimento: preparou-se soluções com concentração de 15% v/v de cada ácido testado, foram tratados 3 gramas de caulim com 30 mL de cada solução ácida preparada, a reação ocorreu em reator aberto, mantendo agitação de 300 rpm e uma temperatura média de 80°C perdurando por 1 hora para cada ensaio. Ao final o caulim foi separado por filtração, usando papel filtro qualitativo e lavado com água destilada a temperatura ambiente e por fim seco em uma estufa na temperatura de 100°C conforme a literatura (Lima, 2016).

Para avaliar a eficiência dos testes anteriores, optou-se por utilizar as coordenadas colorimétricas CIE L*a*b*, mais precisamente a variável luminosidade, cada uma das amostras de caulim tratado foram pulverizadas de forma manual através de almofariz e pistilo, assim a amostra pulverizadas foi depositada em uma cubeta e prensada de forma manual até se tornar um anel com a superfície completamente lisa, por fim as coordenadas foram medidas com um colorímetro da marca Eoptis como pode ser observado na figura 1 (Criscuolo, 2008).



Figura 1 – Demonstração da técnica utilizada para medir as coordenadas colorimétricas

Com as luminosidades quantificadas, determinou-se o melhor agente lixiviante oxidante. Para aperfeiçoar os resultados do presente estudo realizou-se um planejamento composto central (PCC), rotacional com 4 variáveis, sendo concentração de solvente, tempo de reação, temperatura de reação e concentração de sólidos. A Tabela 1 demonstra alguns dos testes realizados, do Experimento 1 ao 8 são pontos axiais, 9 e 10 são pontos centrais e os testes 11, 12 e 13 são as condições otimizadas de acordo com o *software Statistica*.

Tabela 1- Plano Composto Central

Experimento	Solvente (%)	Tempo (Minutos)	Temperatura (°C)	Sólidos (%)
1	5	60	50	9
2	25	60	50	9
3	15	30	50	9
4	15	90	50	9
5	15	60	30	9
6	15	60	70	9
7	15	60	50	3
8	15	60	50	15
9	15	60	50	9
10	15	60	50	9
11	16,5	56	43	10
12	16,5	56	43	10
13	16,5	56	43	10

Fonte: Autor

Para os testes do PCC utilizou-se um banho termostático para aquecer e controlar a temperatura da reação e um reator encamisado aberto como recipiente, além disso, as reações ocorreram sobre agitação constante de 600 rpm, ao fim de cada procedimento o caulim era separado por filtração



utilizando filtro a vácuo, era lavado com água destilada a temperatura ambiente e seco em uma estufa a 100°C por um período de 40 minutos. Por fim quantificou-se as coordenadas CIE L* a* b* e brancura de cada amostra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes para avaliar a eficiência dos agentes lixiviantes oxidantes estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados dos Testes de eficiência dos agentes lixiviantes

Componente	L*	a*	b*
Caulim Bruto	81,81	0,17	9,28
Ácido Sulfúrico 15%	84,42	-1,3	8,36
Ácido Clorídrico 15%	85,45	-1,97	8,15
Ácido Fosfórico 15%	82,83	-0,17	8,9
Ácido Nítrico 15%	84,92	-1,6	8,43
Ácido Acético 15%	82,58	0,03	9,04

Fonte: Autor

O principal parâmetro para avaliar a eficiência dos ácidos testes, foi a luminosidade (L*) esse eixo colorimétrico varia de 0 a 100, 0 indica o preto absoluto e 100 o branco perfeito, desta forma dos ácidos testes o mais promissor é o ácido clorídrico que apresentou a maior luminosidade de 85,45.

Nos testes do plano composto central, foram medidas as coordenadas colométricas CIE L*a*b* e a brancura, os resultados estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos testes do PCC

Experimento	L*	a*	b*	Brancura
Bruto	81,81	0,17	9,28	79,58
1	85,97	0,87	7,66	84,00
2	87,37	0,62	7,31	85,39
3	87,4	0,97	7,6	85,25
4	87,52	0,95	7,54	85,39
5	87,16	0,99	7,68	85,01
6	85,85	1,54	7,45	83,94
7	87,21	0,95	7,52	85,13
8	87,60	0,71	7,35	85,57



9	86,84	0,88	7,33	84,91
10	87,09	0,95	7,52	85,03
11	89,10	1,6	7,02	86,94
12	88,70	1,61	7,00	86,61
13	88,80	1,6	6,98	86,72

Fonte: Autor

A brancura é uma grandeza colorimétrica que avalia o quanto branca é uma amostra, ela opera quantificando toda luz refletida na frequência que pode ser captada pelo olho humano, assim como a luminosidade essa grandeza varia de 0 a 100, sendo 0 o preto absoluto e 100 o branco perfeito. Ao observar os resultados dos testes pode-se perceber que todas as amostras tratadas obtiveram tanto luminosidade e brancura superiores ao do caulim bruto, isso aponta que o ácido clorídrico possui capacidade de branquear o caulim (Criscuolo, 2008)

Ao comparar a Tabela 1 e a Tabela 3 e observar os resultados obtidos tanto nos pontos axiais quanto nos testes otimizados pode-se perceber a influencia e comportamento de cada variável estudada no PCC.

A concentração de ácido clorídrico apresentou nos pontos axiais uma variação considerável de 1,4 de luminosidade e 1,39 de brancura, isso demonstra que essa variável tem grande impacto na eficiência do procedimento e, além disso, percebe-se que soluções com baixa concentração de ácido clorídrico resultará em baixa eficiência de clareamento.

O tempo de reação demonstrou pouco impacto referente ao ganho de brancura e luminosidade, os resultados com 30 minutos de reação foram muito próximos ao resultados obtidos com 90 minutos de reação, apesar disso o tempo ideal segundo o *software Statistica* foi de 56 minutos, esse resultado está de acordo com os estudos de Lima (2016) que diz que para remoção de óxidos de ferro, o tempo ideal de reação é de 60 minutos.

A temperatura também demonstrou ser uma variável com grande impacto na eficiência do procedimento de clareamento, a técnica opera melhor em temperaturas em torno de 40°C, esses resultados são contrários aos encontrados por Hernández (2012) que ao tratar o caulim com ácidos orgânicos obteve melhores resultados com temperaturas elevados em torno de 100°C.

A concentração da polpa de caulim não demonstrou uma grande variação na eficiência do procedimento, porém, ela demonstrou que opera melhor em concentrações mais elevadas da polpa.

Os Testes 11,12 e 13 foram efetuados nas condições consideradas ótimas pelo *software Statistica* e conseqüentemente foram os que obtiveram melhores resultados referentes à luminosidade e brancura, com luminosidade média de 88,8 e brancura média de 86,75, tendo um ganho de quase 7 referente a luminosidade no caulim bruto e um ganho de 7,17 de brancura. Estudos como o de Rivera (2016) demonstram que caulins com brancura acima de 84,5 podem ser utilizados tanto quando carga quanto cobertura em determinados tipos de papeis.



Além disso, o processo convencional utilizando ditoninto de sódio opera a 50°C por um período de 3 horas para tratar uma polpa com 30% de sólidos, já o teste otimizado trata uma polpa de 10% sólidos a 43°C com um tempo de reação de 56 minutos, sendo assim a técnica utilizando ácido clorídrico demanda de menos energia em relação a técnica convencional (Criscuolo, 2008)

5. CONCLUSÃO

- O procedimento estudado é eficiente no branqueamento do caulim;
- O caulim tratado nas condições otimizadas atinge índices brancura superiores a 84,5, podendo ser utilizado na indústria de papel e celulose;
- A técnica de branqueamento estudada possui um gasto energético inferior que a técnica convencional que utiliza ditonito de sódio.

6. REFERÊNCIAS

BERTOLINO, Luiz Carlos; MENDONÇA, Bruno Carvalho; OLIVEIRA, Sérgio Botelho de; LUZ, Adão Benvido da; FREIRE, Fabrício Ribeiro. **Caracterização Mineralógica e Tecnológica do Caulim de Silvânia, Estado de Goiás**. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 26-32, 13 out. 2009.

CRISCUOLO, Paulo Sérgio Rueda. **Beneficiamento do caulim duro das bacias dos rios Capim e Jari através do processo de agregação seletiva**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Minas, Ufmg, Belo Horizonte, 2008.

A. HERNÁNDEZ, R *et al.* **Iron removal from a kaolinitic clay by leaching to obtain high whiteness index**. Iop Conference Series: Materials Science And Engineering, Hidalgo, v. 45, n. 1, p. 4-8, dez. 2013.

LIMA, Paula Elissa Antoniode. **Caulim Calcinado: Estudo Cinético da Dissolução do Alumínio em meio Ácido e aplicação como precursor na produção de sílica porosa**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte *et al.* **APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE CAULIM NA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. Anais [...] . Campo Grande: Ibeas, 2017.

RIVERA, Oscar. **Metallurgical characterization of kaolin from Atacama**, Chile. International Engineering Journal, Copiapó, v. 4, n. 69, p. 473-478, dez. 2016.