

ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DE UMIDADE EM MINÉRIO DE ALUMÍNIO. ESTUDO DE CASO: VOTORANTIM METAIS POÇOS DE CALDAS – MG

DIAS, E.M.¹, BERGERMAN, M.G.², JÚNIOR, R.S.³

¹Votorantim Metais, e-mail: everton.dias@vmetais.com.br

²Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.
e-mail: mbergerman@usp.br

³Votorantim Metais, e-mail: roberto.seno@vmetais.com.br

RESUMO

Constantemente a umidade é um item de controle bastante problemático para a indústria mineral, pois pode gerar diversos transtornos quanto ao manuseio, carregamento e descarregamento do minério, transporte e no processo metalúrgico seguinte. Logo, faz-se necessário a utilização de métodos de secagem para adequação dos teores de umidade às necessidades de processo e especificações. Os métodos de secagem podem ser naturais, com a utilização de equipamentos ou com sistemas destinados industrialmente para esse fim. A unidade de Poços de Caldas da Votorantim Metais tem se deparado com valores de umidade em seu material embarcado de até 27%, o que acarreta um elevado custo adicional no frete e com a geração de vapor utilizado para a secagem da bauxita antes do processo Bayer para produção de alumina e, posteriormente, alumínio metálico. Para solução do problema estudaram-se diferentes métodos de secagem de minérios tais como a secagem natural com o revolvimento periódico das pilhas de minério, lavagem do minério para a remoção de finos, avaliação de sistemas de secagem com gerador de gás quente em leito fluidizado e britador secador de martelos. Analisado a viabilidade econômica diante de cada alternativa frente a realidade da Unidade Produtora de Bauxita da CBA em Poços de Caldas decidiu-se pelo aprofundamento dos estudos do método de secagem natural com o revolvimento periódico das pilhas. Este método permitiu alcançar reduções de até 9% na umidade em testes manuais e 5,5% nos testes em escala piloto.

PALAVRAS-CHAVE: umidade; secagem; bauxita.

ABSTRACT

Constantly the moisture is a problematic control point to the mining industry, because it can generate several disorders as the handling, loading and unloading of ore, transportation and even at the metallurgical process. Therefore it is necessary to use drying methods that can varies from natural drying until industrial equipment's or systems. The Poços de Caldas unit of Votorantim Metais has approximately 27% moisture content on its shipped bauxite, which implies a high surcharge on freight and with the steam used for drying the bauxite before the metallurgical process. To solve the problem of ore drying, different methods were studied and analyzed, among which the methods of natural drying, fines washing, drying systems with hot gas generator, fluidized bed dryer and dryer hammer crusher. Analyzing the economic viability for each method against the reality of the Bauxite Production Unit from CBA at Poços de Caldas, the selected method for further studies were the

natural drying achieving reductions of up to 9% in the manual tests and 5,5% in the pilot scale test.

KEYWORDS: moisture; drying; bauxite.

1. INTRODUÇÃO

No beneficiamento de minérios, diversas variáveis devem ser controladas no processo de tratamento e consequentes processos metalúrgicos do material de interesse. Um desses parâmetros é a umidade, que pode implicar na inclusão de um sistema de secagem no intuito de atender as especificações do processo. Segundo a Votorantim (2005 e 2008), a bauxita em Poços de Caldas é explotada em diferentes frentes de lavra, transportado por caminhões de 16 toneladas até um pátio de estocagem do *Run of Mine* (ROM), e então é carregado por pás carregadeiras e/ou caminhões para uma moega dotada de grelha com abertura de 41 x 26 cm. A grelha é utilizada para a retirada de grandes fragmentos rochosos e raízes que prejudicam o processo. A bauxita é encaminhada por um alimentador de sapatas, que conta com espaçamentos que retêm o material maior que 50,8 mm, que alimenta um britador de martelos modelo Hammermills Bulldog da FLSmidth, gerando um produto é 95% menor que 50,8 mm. O minério britado, junto com o passante do alimentador cai em correias transportadoras e é distribuído em pilhas cônicas no pátio de minério beneficiado através de um *stacker*. O minério estocado é carregado por pás carregadeiras em trens com vagões de 49 e 60 toneladas que levam o minério beneficiado para a fábrica integrada em Alumínio – SP - onde a bauxita é convertida em óxido de alumínio e, posteriormente, em alumínio metálico. A Figura 1 ilustra este processo.

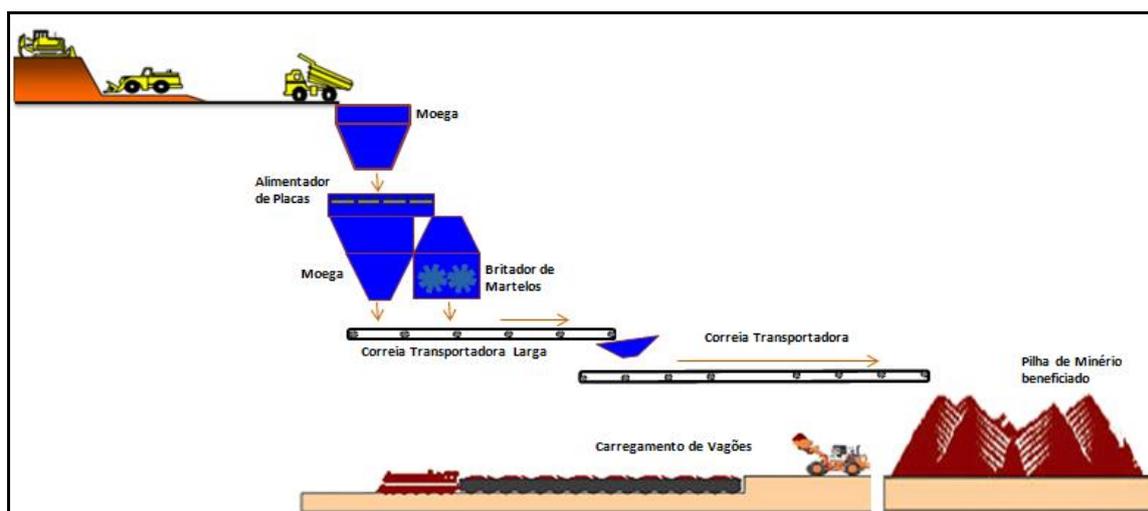


Figura 1. Fluxograma do beneficiamento de bauxita em Poços de Caldas, MG.

O minério de Poços de Caldas pode apresentar umidade natural de até 27% em função da elevada porcentagem de material fino. Como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, a umidade não sofre interferência direta do período de chuvas.

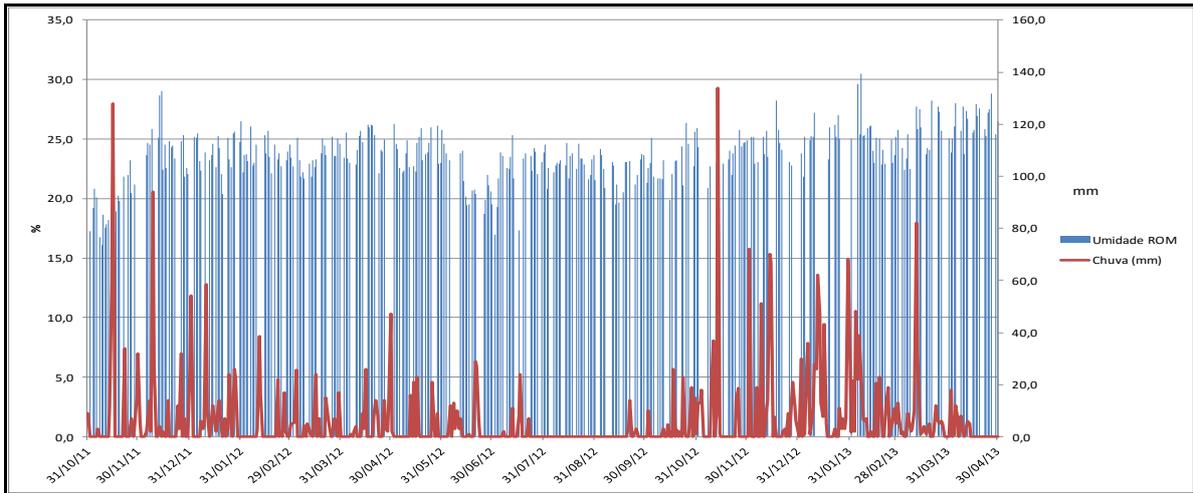


Figura 2. Correlação umidade do minério x milímetros de chuva.

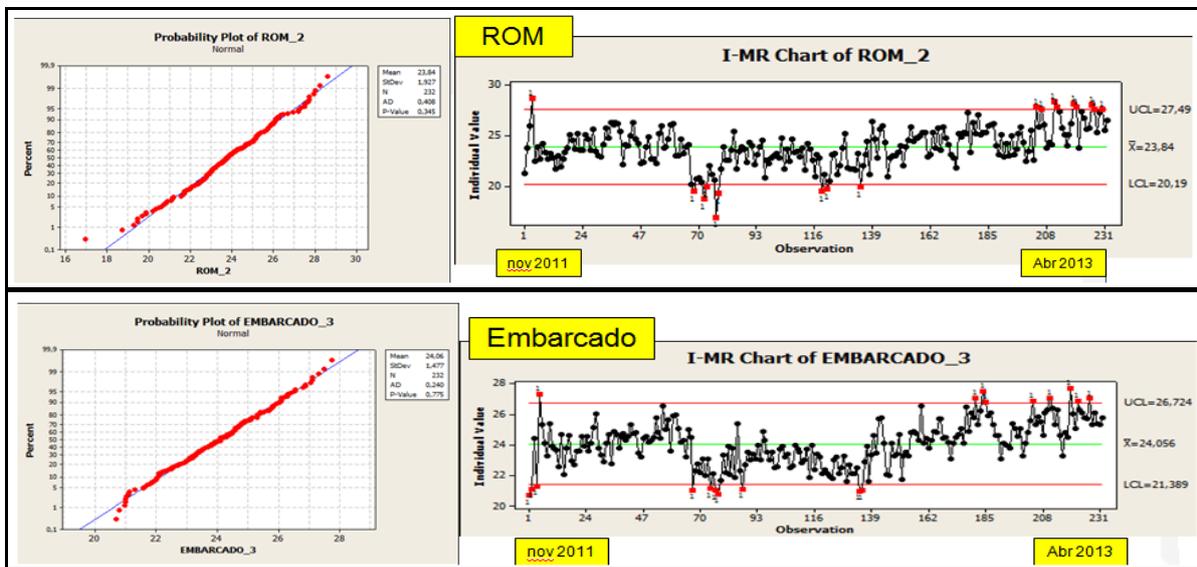


Figura 3. Teste de normalidade e análise histórica da umidade: ROM e Minério Embarcado.

Para a sequência do processamento da bauxita, o elevado teor de umidade é um agente que acarreta grandes custos, devido à necessidade de ser reduzida por meio de processos que apresentam elevados custos de operação. Para o transporte, de acordo com os valores de umidade, um quarto do material transportado é composto pela água, o que representa um gasto elevado nos custos do frete. Somando-se os dois fatores principais, frete e gastos no processo, para a redução de cada ponto percentual de umidade é possível obter uma redução de até 4% nos custos associados a esta variável, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Custo por tonelada de água.

	R\$/ton _(H₂O)
Frete + Processo	120,23

Em uma análise de custos, considerando a massa mensal de minério embarcado e uma umidade média de 25%, desde o início do ano, pode-se perceber mais detalhadamente o impacto da umidade no processo, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2. Gastos devido a umidade de janeiro ao maio de 2013.

Data	Embarcado (t)	Umidade média (%)	Massa de água (t)	Valor (R\$)
Jan/13	24.942	25	6.235	687.339
Fev/13	24.090	25	6.022	663.860
Mar/13	51.075	25	12.769	1.407.499
Abr/13	61.581	25	15.395	1.697.018
Mai/13	64.430	25	16.107	1.775.530
Total	226.118	25	56.528	6.231.246

O valor de R\$ 6.231.246 corresponde ao custo total do frete mais os dispêndios no processo metalúrgico. Em média, foram gastos aproximadamente R\$ 1.250.000 por mês para transportar e secar a bauxita antes do processo metalúrgico. Constatado o problema iniciou-se um projeto de estudo comparativo de diferentes meios de secagem de minério, avaliando a eficiência do método, viabilidade econômica, estrutural e temporal.

2. METODOLOGIA

O presente estudo avaliou os métodos de secagem a céu aberto com revolvimento periódico de pilhas alongadas, secadores industriais, britador secador de martelos e lavagem do minério para desagregação e retirada de argilas.

2.1. Revolvimento periódico do minério em pilhas alongadas

Com a formação de uma pilha retangular de 2,5 m de comprimento por 1 m de largura e 0,25 m de altura, foram realizados revolvimentos periódicos almejando aumentar a exposição da superfície do material ao sol e, dessa forma, diminuir sua umidade.

2.2. Lavagem do minério

Foi realizado um ensaio de bancada, simulando o processo de lavagem de bauxita com posterior classificação em malha de 1,4 mm. Esse processo visava retirar a fração mais fina do material visto que é, justamente, a fração argilosa que retém a maior fração da umidade do minério. Após os ensaios o material foi colocado sob drenagem natural analisando-se periodicamente a umidade até que a mesma fosse estabilizada considerando o último valor como resultado.

2.3. Secador industrial

Segundo a Icon (2013), o sistema de secagem industrial avaliado baseia-se em um completo circuito de secagem composto basicamente por um gerador de gás quente e um secador. O sistema descrito abaixo é um modelo industrial ofertado por um fornecedor de equipamentos. O Gerador de Gás Quente (GGQ), apresenta como alternativas de combustível a utilização de coque de petróleo ou carvão mineral com umidade de até 10% e distribuição granulométrica entre 1 e 6 mm ou então gás GN e GNP.

Em leito fluidizado a combustão ocorre por meio da fluidização, processo onde se mantém o combustível a ser queimado em suspensão em corrente gasosa distribuída sobre a base desse leito, com velocidade controlada o suficiente, para manter em suspensão sem promover o arraste do combustível e a areia que compõem o leito. No sistema os gases de combustão se misturam ao ar atmosférico introduzido na câmara gerando gases com temperaturas controláveis que podem chegar a 850°C e então é colocado em contato com o minério. O tempo de residência do material no secador pode ser variado de acordo com a necessidade de secagem e segundo especificações do fabricante.

2.4. Britador secador de martelos

Trata-se de um britador de martelos que conta com uma tecnologia embarcada, capaz de realizar ao mesmo tempo cominuição e secagem do minério. O sistema apresenta uma câmara de britagem que conta com a injeção de gás quente juntamente à alimentação do minério. Os martelos por sua vez fragmentam o material de forma que o material fino (fragmentado), já seco, possa seguir até o sistema de descarga do equipamento.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante ao atual planejamento estratégico da unidade da VM em Poços de Caldas, a empresa considera inviável investir altos valores para a resolução desse problema, estando dessa forma excluídas as possibilidades de compra e implantação dos sistemas de lavagem do minério, secador industrial ou britador secador de martelos, devido a complexidade e considerável necessidade de reestruturação em toda a usina necessárias para as alternativas citadas. Os resultados experimentais, no caso da lavagem do minério, assim como as avaliações econômicas de cada alternativa estão detalhados em Dias (2014). O único sistema aplicável, no momento, é o de revolvimento periódico das pilhas para secagem natural, uma vez que demanda baixo investimento e pode apresentar resultados positivos.

Dessa forma, a partir deste pressuposto, foram realizados ensaios com pequenas pilhas de minério e revolvimentos com intervalos de duas em duas horas para observar o comportamento do material após 3 dias de secagem com o material exposto ao sol. Com o método foram alcançados 9% de redução, resultado considerado satisfatório e que induziu a realização de testes em escalas maiores.

Foram então realizados ensaios em escala semi-industrial com a intenção de se verificar o comportamento do processo de secagem em pilhas de maior porte revolvidas com trator munido de implemento do tipo arado. Os ensaios seguiram os métodos aplicados anteriormente, com construção da pilha e então revolvimentos periódicos para maior eficiência da secagem. Foram utilizadas 135 t de bauxita, valor esse estipulado de acordo com a dimensão determinada para a pilha, que apresentava formato retangular com 30 m de comprimento por 9 m de largura e 0,30 m de altura.

Anteriormente a cada coleta de amostra, o trator percorreu totalmente a pilha passando o implemento e revolvendo-a com o intuito de expor a parte inferior do minério aos raios solares e assim aumentar a eficiência de secagem. As amostragens foram realizadas de forma semelhante às aplicadas anteriormente nos ensaios de revolvimento manual. As coletas foram realizadas de 2 em 2h precedendo cada revolvimento, sendo coletadas 6 alíquotas com escavadeira manual.

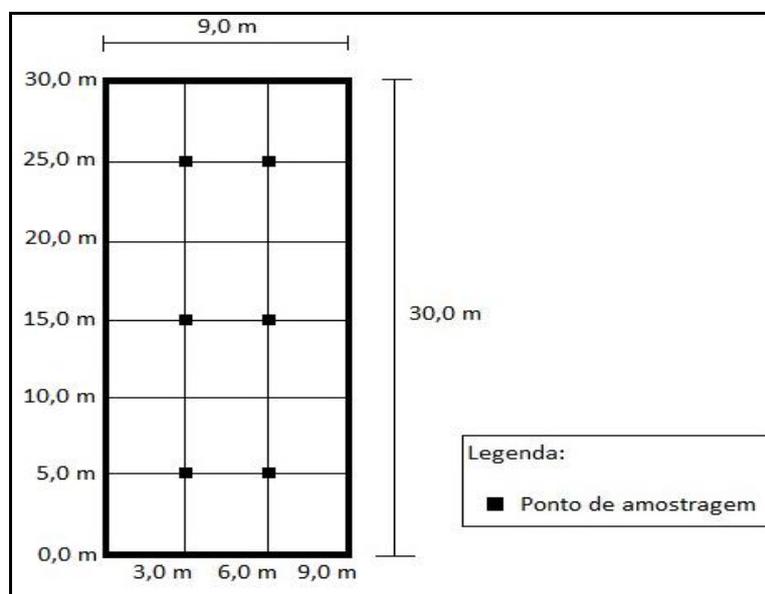


Figura 4. Ilustração dos pontos de coleta das amostras.

As alíquotas foram somadas e transferidas para uma lona, onde se realizou a homogeneização, o quarteamento e a formação da amostra final que foi destinada para análise de umidade.

Foram realizados dois ensaios em escala semi-industrial, sendo a diferença entre ambos apenas o tipo de implemento agrícola utilizado no revolvimento. O primeiro teste foi feito utilizando-se arado agrícola, alcançando redução de 3,4% na umidade após três dias de ensaio com revolvimentos ocorrendo apenas durante o período administrativo.

Com o intuito de ampliar a eficiência do processo e após observar procedimento de secagem similar utilizado na unidade da Votorantim em Niquelândia-GO, foi realizado o segundo ensaio trocando-se o arado por uma grade agrícola, alcançando-se dessa vez redução de 5,5% na umidade conforme exposto na figura 5.

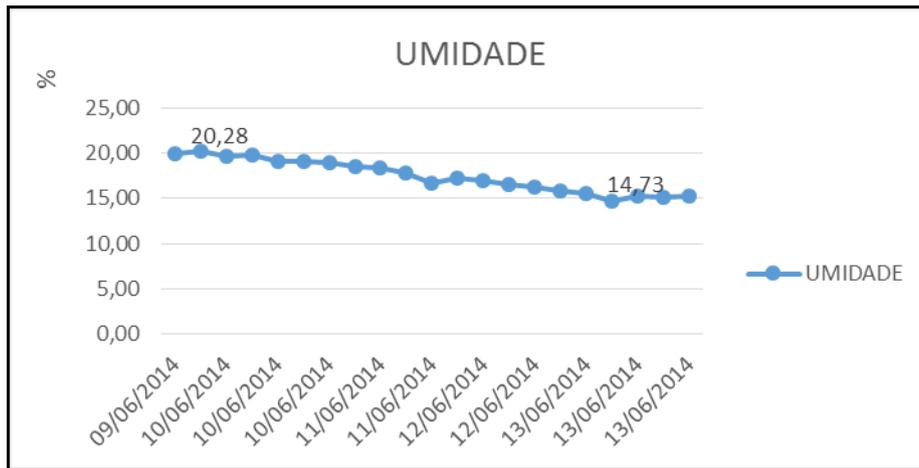


Figura 5. Evolução do segundo ensaio de revolvimento.

Na ocasião foram formadas 3 pilhas para se observar qual o período mais eficiente entre os revolvimentos. Em uma pilha não foi feito o revolvimento, outra teve o procedimento realizado de duas em duas horas e a outra de quatro em quatro horas, definindo-se o período de duas em duas como mais eficiente. A Tabela 3 ilustra os resultados obtidos.

Tabela 3. Avaliação de diferentes intervalos de revolvimento das pilhas.

	Intervalo de tempo		
	Sem/Rev.	2 horas	4 horas
Δ Umidade (%)	-1,81	-5,5	-0,56
Consumo de combustível (L)	0	16,88	8,44
Horas trabalhadas (h)	0	4,0	2,0

Analisando-se os resultados ilustrados na Tabela 3, percebe-se a significativa vantagem do revolvimento de duas em duas horas, apesar de consumir o dobro de combustível. Considerando as pilhas em “escala industrial” uma secagem de três dias, com revolvimento de duas em duas horas, permitiria uma economia de R\$ 1.383.028, ao passo que para o revolvimento de quatro em quatro horas a redução nos custos seria de apenas R\$ 86.055. A Tabela 4 ilustra em detalhes a simulação realizada para avaliar os ganhos obtidos com a aplicação da técnica citada.

Tabela 4. Custos com o minério após uma redução de 5,5% de umidade.

Data	Embarcado (t)	Massa de água (t)	Custo sem redução (R\$)	Valor Frete + Fábrica (R\$)	Custo Op. Revolvimento (R\$)	Economia (R\$)
jan/13	24.942	3.674	608.152	441.720	11.318	155.115
fev/13	24.090	3.548	587.378	426.631	9.162	151.585
mar/13	51.075	7.523	1.245.344	904.532	9.162	331.650
abr/13	61.581	9.071	1.501.508	1.090.592	11.856	399.059
mai/13	64.430	9.491	1.570.974	1.141.047	10.240	419.687
Total	226.118	33.307	5.513.355	4.004.522	51.737	1.457.095

Para a implantação deste método na rotina de redução da umidade dos produtos será necessário ser avaliado em mais detalhes os seguintes fatores:

- Disponibilização de pátio com espaço suficiente para execução;
- Possível tratamento no piso do pátio com a construção de canaletas para auxiliar na drenagem;
- Lonas para cobertura das pilhas (não é preciso contratar mão-de-obra para essa atividade);
- Readequação da logística de estocagem e embarque do minério, de modo a usar os dois pátios existentes;
- Aquisição de um trator agrícola;
- Contratação de um operador para o trator.

4. CONCLUSÕES

Após análise econômica e avaliação dos diferentes métodos propostos, pôde-se confirmar a viabilidade do Método do Revolvimento com grade agrícola, pois este, apesar de não tão eficiente como os demais no que diz respeito à redução de umidade, apresenta o menor custo de implantação. Este método também possui flexibilidade, pois pode se adequar às condições sazonais.

Os próximos passos consistem em desenvolver a logística de disposição das pilhas no pátio de Poços de Caldas e após conclusão, caso espaço disponível atenda a demanda, o método poderá ser aplicado em um futuro próximo.

5. REFERÊNCIAS

Dias EM. Alternativas para redução de umidade em minério de alumínio. Estudo de caso: Votorantim Metais - Poços de Caldas-MG. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas; 2014.

Icon Máquinas e Equipamentos. Sistema de Secagem de Bauxita. Criciúma; 2013.

Votorantim Metais. Geologia da Região de Poços de Caldas. Poços de Caldas; 2008. Documento interno.

Votorantim Metais. Memorial CBA 50 Anos. 1a ed. São Paulo: DBA Dorea Books and Art; 2005. Disponível em: <http://www.memoriavotorantim.com.br/Livros%20comemorativos/cba.pdf>.