

INFLUÊNCIA DOS REVESTIMENTOS NA EFICIÊNCIA DA MOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO PARA PELOTIZAÇÃO ⁽⁰¹⁾

Roberto Cabral Motta e Silva⁽⁰²⁾
José Mauricio da Cunha⁽⁰³⁾
Arnaldo Luzia de Campos Lima⁽⁰⁴⁾

RESUMO

São apresentados os resultados da aplicação de revestimentos de borracha tipo "dupla onda", em substituição aos perfis retangulares, originalmente utilizados nos moinhos Ø17' X 34', nas usinas Nibrasco. Além da propriedade fundamental de proteção ao desgaste, para as carcaças dos moinhos, a análise abrange a ação da alteração dos perfis na eficiência do processo. São enfocados principalmente os parâmetros de produtividade (t/h) e consumo de energia elétrica (kwh/t), que para o processo em questão, moagem de finos de minérios de ferro, apresentaram importantes resultados.

Palavras chave: Revestimento, Moinho

-
- (01) Trabalho a ser apresentado ao 1º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro : Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, Ouro Preto (MG), 14 à 17 de Outubro/96
 - (02) Engenheiro Químico do Departamento de Planejamento e Controle de Produção da Superintendência de Pelotização da CVRD
 - (03) Gerente do Departamento de Planejamento e Controle de Produção da Superintendência de Pelotização da CVRD
 - (04) Gerente de Divisão do Departamento de Operação da Superintendência de Pelotização da CVRD

INTRODUÇÃO

A Nibrasco, empresa Joint Venture formada pela CVRD - Companhia Vale do Rio Doce e pela JSM - Japanese Steel Mills, está localizada no complexo de Tubarão em Vitória (ES), sendo capacitada, em suas duas linhas Lurgi-Dravo, à uma produção anual da ordem de 8 milhões de toneladas de pelotas.

As usinas Nibrasco tem utilizado, a partir de seu start up, revestimentos completos de borracha nos moinhos Dominion, Ø 17' X 34', com operação por overflow e circuito por via umida.

A concepção de montagem foi orientada por placas e barras elevadoras, assumindo o revestimento um perfil de aspecto retangular, denominado bevel-lifter, com altura interna de elevação de 85 milímetros.

Os revestimentos de borracha apresentam significativas vantagens em comparação aos revestimentos metálicos, com custos menores e manutenção extremamente facilitada.

Os revestimentos metálicos, de perfil ondulado apresentam, entretanto, maior eficiência ao processo, com redução do consumo energético, para a mesma taxa de produção. Estes perfis apresentam também menor altura de elevação da carga moedora.

Considerou-se portanto de relevante importância a equiparação geométrica entre os revestimentos metálicos e os de borracha, procurando-se promover o desenvolvimento tecnológico na aplicação dos revestimentos de borracha.

OBJETIVO

A partir de Janeiro de 1993, iniciou-se pesquisa junto aos detentores de tecnologia na fabricação de revestimentos de borracha, no sentido da obtenção de projeto alternativo para redução da altura dos lifters dos moinhos das usinas Nibrasco.

Após consulta aos principais fabricantes, foram apresentadas duas alternativas: revestimento magnético, e revestimento dupla onda em borracha. As propostas para o revestimento magnetico não se viabilizaram, dado ao elevado custo de importação para os materiais, produzidos na Suécia.

A alternativa para o revestimento dupla onda em borracha considerou também a aplicação de revestimento misto, tipo metal cap, ambos fabricados, no Brasil.

A maior atratividade econômica do revestimento em dupla onda e referências técnicas da aplicação de material similar no Canadá, resultaram na aquisição de um revestimento completo em borracha, tipo dupla onda, para avaliação comparativa de performance, em relação ao projeto perfil retangular utilizado nas usinas Nibrasco.

Parâmetros Variáveis	
Produtividade	t/h
Superfície Específica	cm ² /g
Consumo de Energia	Kwh/t
Consumo de Cylpebs	Kg/t

RESULTADOS DE PERFORMANCE

Na figura 1 são apresentados os parâmetros variáveis plotados diariamente a partir do dia 01 de Janeiro de 1995.

Inicialmente utilizou-se por estratégia a manutenção da variável alimentação (t/h), também como parâmetro constante, equalizado para os moinhos, passando-se a privilegiar a observação para os resultados da superfície específica gerada (cm²/g) e do consumo energético (Kwh/t).

Os primeiros resultados foram então claramente evidenciados com a entrada em marcha do moinho N° 1 (Dupla Onda), traduzindo-se por um efetivo aumento na superfície específica (cm²/g) do produto da moagem. A estratégia de taxa de produção equivalente foi mantida também para o mês de Fevereiro/95.

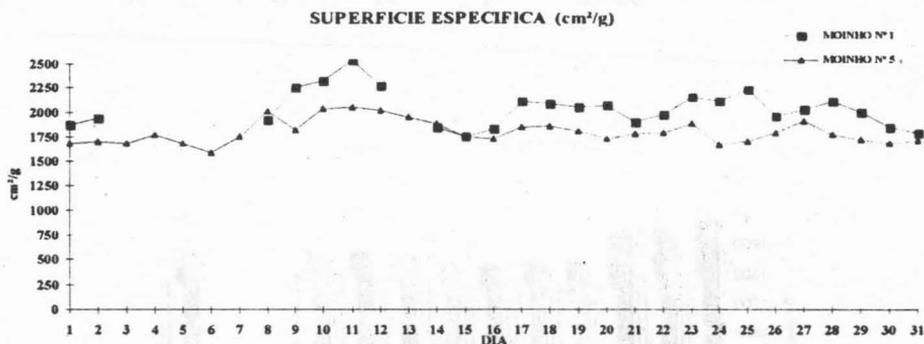


Figura 1 - Resultados preliminares

Durante o período de Fev. a Mar. o moinho N° 1 (do) apresentou problemas mecânicos nos mancais, que obrigaram a operação com carga reduzida (50%). Os procedimentos de retirada e reposição parcial da carga, com cylpebs novos, comprometeram a avaliação comparativa para o consumo de cylpebs (kg/t) no período. Passando este parâmetro a ser avaliado a partir do mês de Abr/95. Este fator não prejudicou, entretanto, a comparação de eficiência entre os moinhos, pois para o mesmo nível de taxa média de alimentação (t/h), o moinho N° 1 (do) apresentou resultado superior para o blaine, apesar das perturbações originadas pela operação com carga reduzida.

A partir do mês de Abril/95 alterou-se a estratégia de controle do teste, passando-se a adotar uma maior taxa de alimentação (t/h) para o moinho N° 1, equipado com o revestimento tipo dupla onda. Esta alteração foi necessária, objetivando-se a redução da superfície específica (cm²/g) do produto gerado pelo moinho teste, permitindo assim a redução do desvio no blaine padrão da moagem Nibrasco.

Na figura 2 são apresentados os resultados comparativos de performance, a nível de médias mensais, para o período de teste de Janeiro à Outubro de 95.

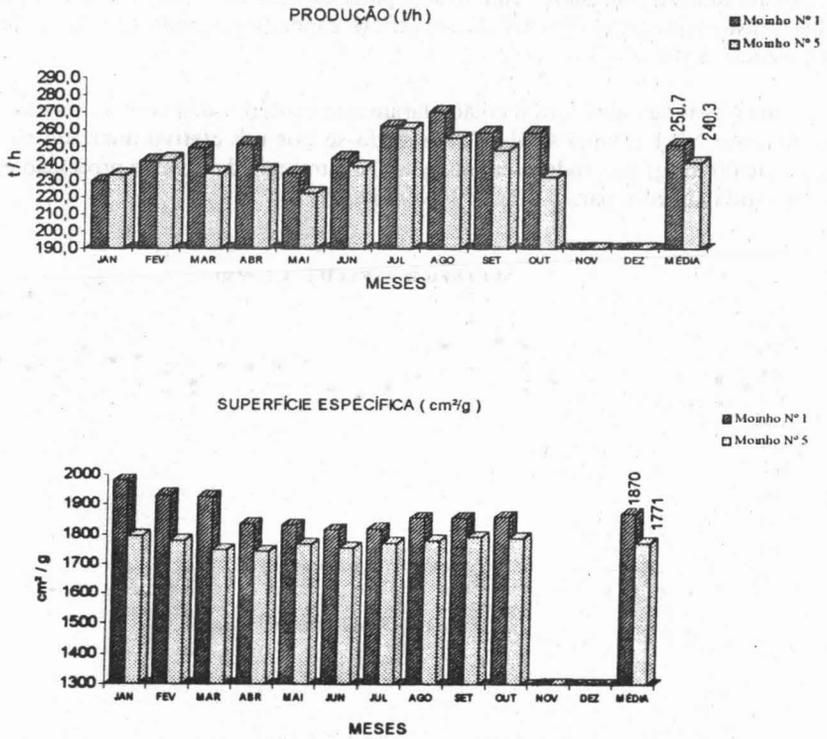


Figura 2 - Resultados de performance

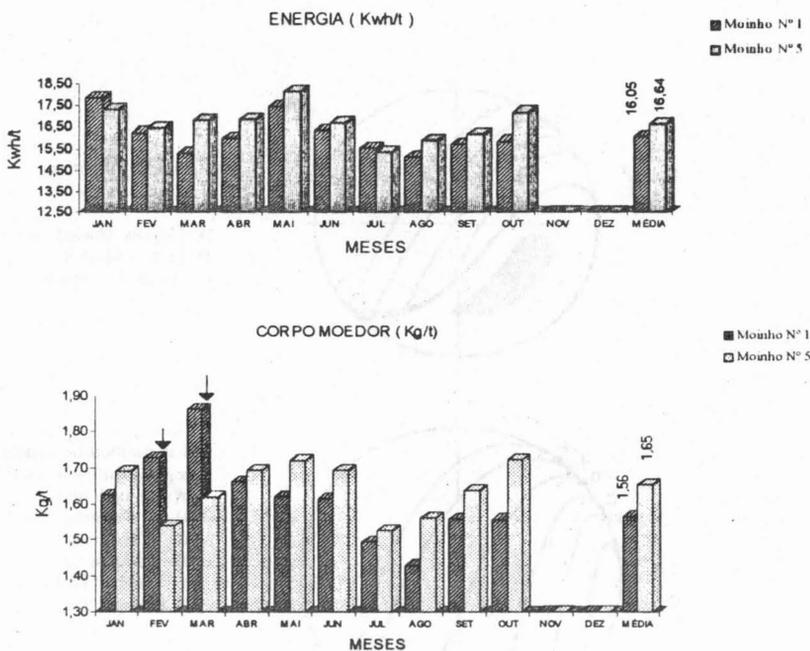
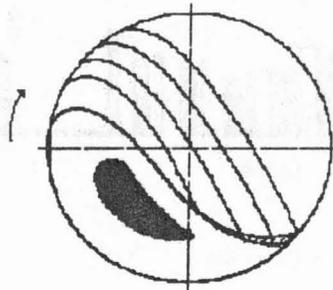


Figura 3 - Consumo de energia e corpos moedores

A apreciação dos resultados mostra claramente as vantagens promovidas pela alteração do perfil do revestimento. Para o moinho de testes, verificam-se de forma sistemática os seguintes resultados positivos.

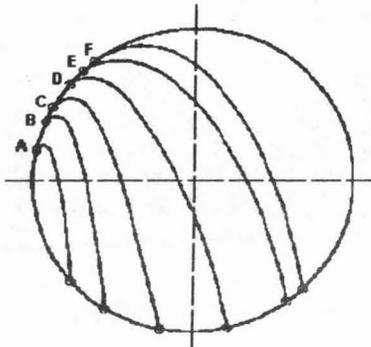
- X Aumento da taxa de alimentação (t/h)
- X Aumento do grau de finura do produto (cm²/g)
- X Redução do consumo de energia (Kwh/t)
- X Redução do consumo de corpo moedor (Kg/t)

Os resultados favoráveis foram, certamente, decorrentes da redução da altura de elevação da carga moedora. Privilegiando assim, a moagem por abrasão, propriedade fundamental para a eficiência da partição das partículas finas dos minérios de ferro, que caracterizam o feed padrão para o processo de pelletização. (Figura 4)



Grinding Conditions

- A- Heavily Shaded - friction
- B- Lightly Shaded - compression
- C- Hatched - impact



Fall parabola for various lining profiles at a given mill speed and load-factor:

- A - Smooth lining
- B- Low-angular ship-lap
- C - Wave-lining
- D- Hi-lo-lining
- E- Standard lining, bevelled 20°
- F- Lining with rectangular profile

Figura 4 - Lining profile effect

Os resultados finais da avaliação comparativa, podem ser expressos através da média ponderada para o período total, calculada para os principais parâmetros de expressão da eficiência do processo de moagem.

Tabela 2 - Resultados finais - N° 1 X N° 5

Período	Moinho	Produção * t/h	Superfície cm ² /g	Energia Kwh/t	Cylpebs Kg/t
Jan a Out/95	N° 1 -do	250,7	1870	16,05	1,56
	N° 5 -st	240,3	1771	16,64	1,65
	Dif.%	+4,33	+ 5,59	- 3,55	- 5,45

* -Base Umida do -Dupla Onda st - Standard

Efetuando-se correções para valores equalizados para a superfície específica em 1771 cm²/g, (moinho N° 5) considerando-se que o consumo de energia na moagem apresenta, inquestionável, proporcionalidade ao aumento da superfície gerada para o produto mineral. Apresentam-se então, os resultados comparativos em função de uma única variável, traduzida pela taxa de alimentação dos moinhos, expressa em toneladas por horas trabalhadas.

Tabela 3 - Resultados equalizados - N° 1 X N° 5

Período	Moinho	Produção t/h	Energia Kwh/t	Cylpebs Kg/t
Jan a Out/95	N° 1 -do	268,2	15,00	1,45
	N° 5 -st	240,3	16,64	1,64
	Dif.%	+ 12	- 10	- 12

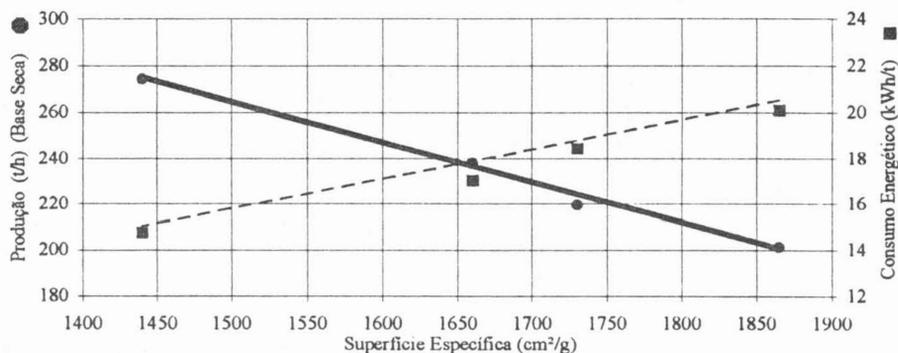


Figura 5 - Teste de variação da taxa de alimentação na moagem da Usina IV

AVALIAÇÕES DE DESGASTE

As medições de desgaste dos revestimentos foram realizadas com a utilização de estiletos metálicos e régua padronizadas, método simplificado e de grande confiabilidade.

Em função da menor flexibilidade apresentada pelo novo conjunto Barras + Placas, considerou-se, no planejamento do teste, uma provável redução de vida útil para o novo projeto. Estabelecendo-se por garantia a meta de 3 milhões de toneladas processadas pelo moinho, equivalentes aproximadamente a 2 anos de operação. Compatibilizando-se o plano de trocas ao programa de paradas programadas das usinas.

Na figura 6 são apresentadas as curvas de desgaste decorrentes das inspeções realizadas em Junho/95 e em Novembro/95. Verifica-se, para os dados apresentados, uma visão otimista para a vida útil do revestimento, que deverá superar a garantia em aproximadamente 30%, equivalendo-se à performance do revestimento Standard, a nível de 4 milhões de toneladas processadas pelo moinho.

Tabela 4 - Vida Útil X Desgaste

Moinho	Inspeção	Produção t X 10 ⁶	Desgaste mm	Previsão vida t X 10 ⁶
Nº 1 - Dupla Onda	05/95 - Barra	0,85	10,0	4,4
	Placa	0,85	9,0	8,2
	11/95 - Barra	1,63	18,0	4,7
	Placa	1,63	18,0	9,0
Nº 5 - Retangular	06/95 - Barra	1,9	23,0	4,3
	Placa	1,9	3,0	11,0
	11/95 - Barra	2,7	33,0	5,0
	Placa	2,7	3,0	11,0

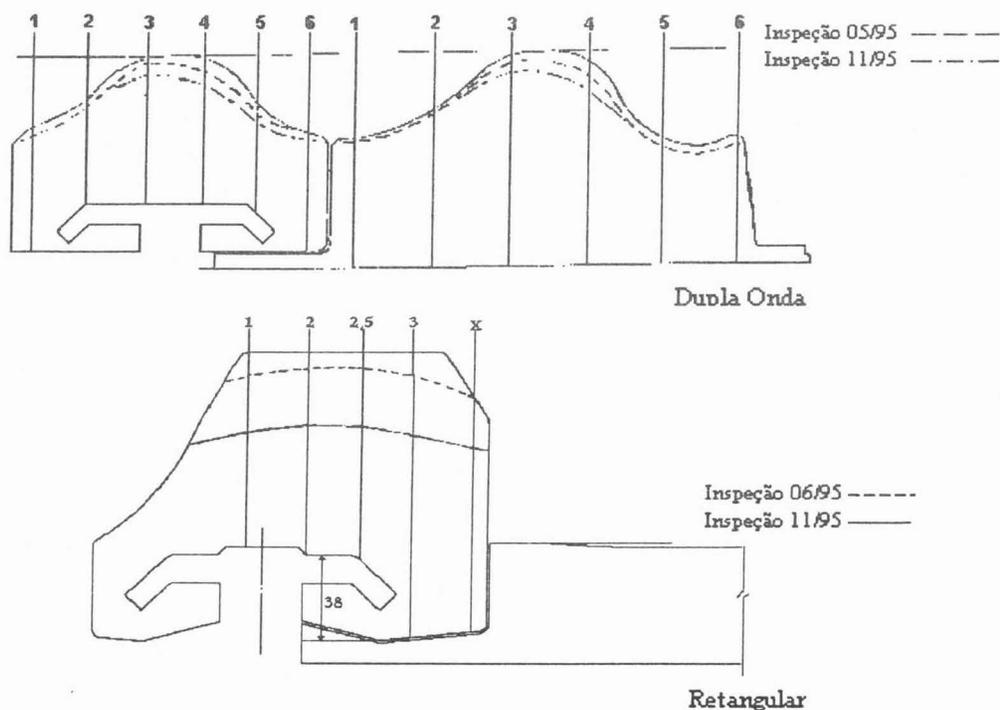


Figura 6 - Curvas de Desgaste

CUSTO DE MOAGEM

Para a avaliação comparativa em referência a custos de produção, o custo de moagem foi contabilizado em função do custos dos revestimentos, associados aos parâmetros de consumo de energia elétrica e consumo de corpos moedores, dada a relevância destes fatores na composição do custo total.

Para possibilitar a comparação do custo de moagem foram adotados as premissas a seguir:

Tabela 5 - Premissas X Custos

Revestimento	Dupla Onda	Standard
Energia - Kwh/t	15,00	16,64
US\$/Kwh	0,050	0,050
Cylpebs - Kg/t	1,45	1,64
US\$/Kg	0,25	0,25
Conjunto- Barras	40,0	33,9
US\$ x 10 ³ Placas	53,2	25,4
Vida Útil- Barras	4,7	5,0
t x 10 ⁶ Placas	9,0	11,0

As premissas foram então tratadas, objetivando-se a comparação da influência dos perfis dos revestimentos no custo de moagem, expresso em US\$/t.

Em decorrência as vantagens obtidas, à nível de eficiência de processo, também para os custos de moagem são observados, proporcionalmente, significativos resultados.

Tabela 6 - Custos de Moagem - Dupla Onda X Standard

Revestimento	Dupla Onda		Standard		Diferença	
	US\$/t	%	US\$/t	%	US\$/t	%
Energia Elétrica	0,750	66,5	0,832	66,4	-0,082	- 10
Cylpebs	0,362	32,1	0,410	32,7	-0,048	- 12
A- Barras	0,0085	-	0,0068	-	-	-
B- Placas	0,0053	-	0,0023	-	-	-
A + B	0,0138	1,4	0,0091	0,86	+0,0047	+ 44
Total	1,126	100	1,251	100	-0,125	- 10

É importante observar que apesar do revestimento dupla onda apresentar custo absoluto superior. Este custo reflete em pequena parcela no custo total de moagem, não significativa em relação as variações no custo de energia e cylpebs, da ordem de 10%.

CONCLUSÃO

- * Os objetivos da aplicação dos revestimentos "Dupla Onda", nas Usinas Nibrasco, foram amplamente alcançados.
- * Comprovou-se a efetiva influência da geometria dos revestimentos em relação a movimentação da carga moedora e conseqüentemente na eficiência do processo.
- * O revestimento dupla onda possibilitou aumento de 10% na produtividade do moinho, o que acarretou redução proporcional nos consumos específicos de energia elétrica e corpos moedores.
- * Até 1997 todos os moinhos das Usinas Nibrasco passarão a utilizar os revestimentos dupla onda, padronizados.
- * A redução do custo de moagem a nível de 10% - US\$ 0,125 / t - expressa para 5 moinhos, leva a uma significativa economicidade anual, da ordem de US\$ 1 milhão.

Referências Bibliográficas:

- [1] Gariglio, E. - Tolentino, J.J. - Silva, C.J.
Teste de Variação da Taxa de Alimentação da Moagem da Usina IV CVRD
- Julho/1994
- [2] Cunha, J.M. - Silva, R.C.M. - Vilela, F.C.
Revestimento dos Moinhos e Tendências na Moagem para Pelotização
CVRD - Janeiro/1993
- [3] Mourão, J.M. e Stegmiller, L.
Reavaliação da Moabilidade dos Finos de Minério de Ferro da CVRD
Julho/1990
- [4] C.A. Rowland, Jr.
Selection of Comminution Circuits to Prepare Beneficiation Feed
Fevereiro/1983
- [5] J.L. Beraldo
Moagem de Minério em Moinhos Tubulares
Julho/1984
- [6] Silva, R.C.M. e Vilela, F.C.
Influência dos Revestimentos de Moinhos nos Consumos de Energia e
Corpos Moedores - CVRD - Abril/1981
- [7] Silva, R.C.M.
Revestimento de Moinho - Custo Especifico, Comparação entre Borracha
e Ni Hard - CVRD - Abril/1981
- [8] FAÇO - ALLIS
Mineral Systems - Manual de Britagem
1994
- [9] Trelex Mill Linings - Skega Lining for Grinding Mills
Informes Técnicos

LINING EFFECT ON IRON ORE GRINDING EFFICIENCY FOR PELLETIZING

ABSTRACT

The paper presents the results of changing the rubber lining profile, from rectangular to "double wave" type, in the Ø17' X 34' overflow mill. Besides of wear protection properties, special attention is payed on grinding performance, concerning to troughput (t/h), electrical energy (kwh/t) and grinding media consurption.

Key words: Mill, lining