

## AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE DIFERENTES BRITADORES CÔNICOS NA BRITAGEM QUATERNÁRIA DA MINA DE BRUCUTU<sup>1</sup>

Gunter Lipper<sup>2</sup>  
Cristiano Geraldo de Sales<sup>2</sup>  
Bruno Carvalho Batista Silva<sup>3</sup>  
Bruno Machado<sup>4</sup>  
Eduardo Moreira<sup>4</sup>  
Zenilton Toledo<sup>4</sup>  
André Fonseca Silveira<sup>5</sup>  
Aloisio Fonseca<sup>3</sup>  
Raimundo Silva<sup>6</sup>

### Resumo

A britagem é um estágio no processamento de minérios, que utiliza, em sucessivas etapas, equipamentos apropriados para redução de tamanhos convenientes ou para a liberação de minerais valiosos de sua ganga. Os britadores cônicos possuem o cone e o manto com suas superfícies longas e paralelas para garantir um tempo longo de retenção das partículas nesta região. Os principais parâmetros de ajuste testados foram a abertura (APF) e a excentricidade para diferentes pilhas com diferentes composições mineralógicas. Pela busca constante de maximização da produção e minimização de custos de operação, a Engenharia de Processo da Vale buscou avaliar diferentes tipos de britadores cônicos na posição quaternária de britagem da Mina de Brucutu da qual estava apresentando baixo rendimento de fragmentação e alto índice de desgaste dos revestimentos que concentra grande parte dos custos de operação do Concentrador. Para análise dos resultados, os parâmetros de comparação utilizados foram a eficiência de redução na malha de 8mm calculando-se a massa produzida em função da produtividade, com menor geração possível de material abaixo de 0,15 mm e também a vida útil do bojo e manto dos britadores CH660 e HP400. O CH660 apresentou ser muito superior ao HP400 como britador no estágio quaternário. Em alimentações mais finas, em torno de 66,5% de > 8 mm, a máxima produtividade do HP400 é 280 t/h, já o britador CH660 conseguiu atingir uma produtividade de 360t/h para o minério grosso (73% > 8 mm alimentação).

**Palavras-chave:** Britagem; Quaternária; Eficiência de redução; Revestimento; APF; Excentricidade.

### PERFORMANCE EVALUATION OF DIFFERENT CONE CRUSHER TYPES IN THE QUATERNARY CRUSHING STAGE OF THE BRUCUTU MINE

#### Abstract

The crushing is a stage in the minerals processing that uses, in successive stages, appropriate pieces of equipment to reduce the particle in convenient sizes or to liberate de valuable minerals from the non - valuable minerals. The cone crushers have the cone and the mantle with longer and parallels surfaces to ensure a longer particles retention time in this region. The main adjustable parameters tested were the aperture (APF) and the eccentricity for different piles with different mineralogical compositions. Due to the constant search for production maximization and operational costs reduction, the Process Engineering from Vale looked forward to evaluate different cone crusher types in the quaternary crushing position of the Brucutu Mine that was presenting low fragmentation performance and high wearing index of the spare parts which concentrates a big portion of the operational costs in the Plant. For the results analysis, the comparison parameters used were the reduction efficiency in the fraction 8mm calculating the produced mass according to the productivity, with the minimal possible production of below 0,15mm material and also the working life of the concave and mantle of the crushers CH660 and HP400. The CH660 showed to be higher superior than the HP400 as a quaternary crusher. In finer feeds, with around 66,5% of >8mm material, the maximum productivity of the HP400 is 280t/h, so the CH660 crusher reached a 360t/h productivity for the coarse material (73% > 8mm in the feed).

**Key-words:** Crushing; Quaternary; Reduction efficiency; Lining; APF; Eccentricity.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

<sup>2</sup> Engenheiro de Processo, Gerência de Engenharia de Processo - GAEHS, Minas Centrais, Vale.

<sup>3</sup> Engenheiro de Produção, Gerência de Operação de Concentrador - GAUBS, Mina de Brucutu, Vale.

<sup>4</sup> Técnico de Processo, Gerência de Operação de Concentrador - GAUBS, Mina de Brucutu, Vale.

<sup>5</sup> Engenheiro de Processo, Gerência de Operação de Concentrador - GAUBS, Mina de Brucutu, Vale.

<sup>6</sup> Gerente de Contas, Sandvik Mining and Construction S.A.

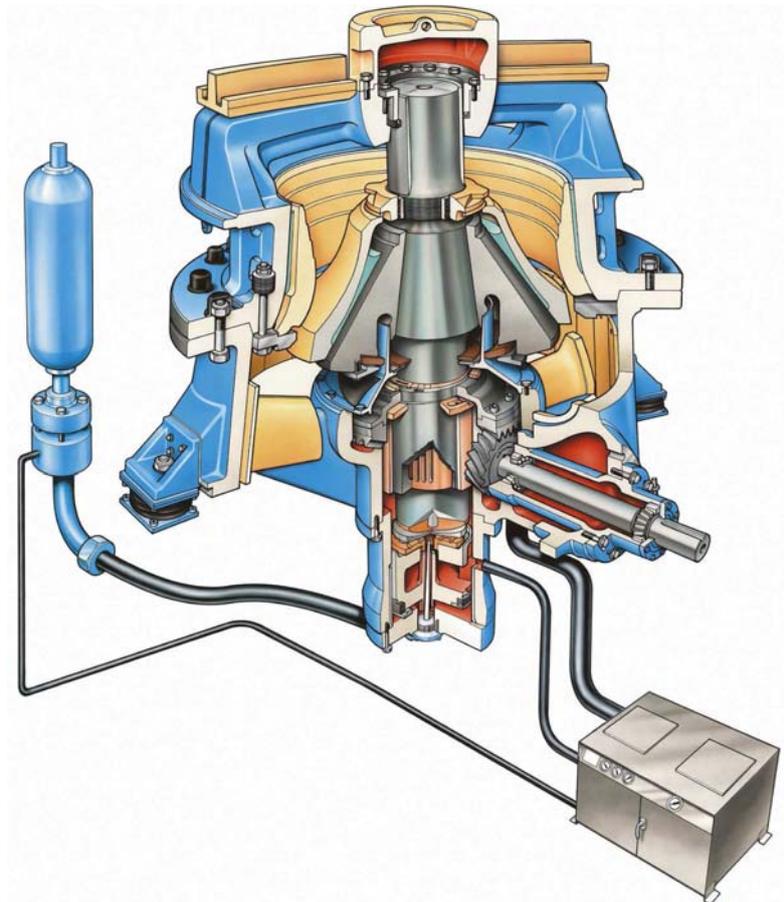
## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Revisão da Literatura

A britagem é um estágio no processamento de minérios, que utiliza, em sucessivas etapas, equipamentos apropriados para redução de tamanhos convenientes ou para a liberação de minerais valiosos de sua ganga.

De acordo com Luz et al.,<sup>(1)</sup> os britadores cônicos possuem o cone e o manto com suas superfícies longas e paralelas para garantir um tempo longo de retenção das partículas nesta região.

Os britadores cônicos têm princípio construtivo com eixo bi-apoiado, projetado para suportar elevados esforços de britagem e garantir alta resistência mecânica. Veja na Figura 1, esquema ilustrativo de um britador cônico:



**Figura 1** – Esquema construtivo de um britador cônico.<sup>(2)</sup>

Atualmente as empresas fornecedoras de britadores cônicos vêm buscando automatizar ao máximo possível suas máquinas. A regulagem da abertura de trabalho pode ser feita instantaneamente com um simples toque de botão no painel que aciona o pistão hidráulico, abrindo ou fechando a máquina. Essa operação pode ser realizada mesmo com a máquina em operação com carga.

Veja na Figura 2 o painel sistema automático de regulagem da abertura:



**Figura 2** – Sistema automático de regulagem da abertura.<sup>(2)</sup>

Outro parâmetro importante dos britadores cônicos é a excentricidade que pode ser regulada em diversas posições, ou seja, pode-se configurar a amplitude do movimento de oscilação do cone ajustando a máquina para uma condição de maior ou menor capacidade ou alterando a curva granulométrica do produto.

Os revestimentos dos britadores também podem ser alterados para cada tipo diferente de estágio de britagem e tipologia mineral. Dentre eles, destacam-se os extra grossos, médios e extra-finos.

## 1.2 Histórico – Mina de Brucutu

Uma avaliação da performance da britagem quaternária foi realizada em 2008 motivada pelos trabalhos de Caracterização Tecnológica da Mina de Brucutu (1) para então se conhecer a degradação média do ROM, cujos resultados foram:

- Eficiência de britagem de 23% do HP400, considerada baixa, devido operação com a APF em 23 mm, para evitar o batimento do anel causando o travamento da máquina (APF do projeto em 19mm => Eficiência = 50%), conforme Tabela 1:

**Tabela 1** – Quadro resumo da performance da quaternária pela granulometria<sup>(3)</sup>

Fração	% Retido Simples		Aumento de Massa %	Degradação %
	ALQ - 15/10/2008	PRQ - 15/10/2008		
> 8mm	76%	59%	-	-
< 8 > 1mm	19%	24%	20%	46%
< 1 > 0,15mm	1%	4%	72%	
< 0,15 > 0,044mm	2%	9%	74%	54%
< 0,044mm	2%	5%	67%	
Total	100%	100%	-	-
<b>Relação de Redução</b>				
<b>23%</b>				

- Grande geração de material abaixo de 0,15 mm.

Além disso, a vida útil do bojo e manto dos britadores HP400 não estavam satisfatórias, durando em torno de 350 horas trabalhadas.

Pela busca constante de maximização da produção e minimização de custos de operação, a Engenharia de Processo da Vale buscou avaliar diferentes tipos de

britadores cônicos na posição quaternária de britagem da Mina de Brucutu da qual estava apresentando baixo rendimento de fragmentação e alto índice de desgaste dos revestimentos que concentra grande parte dos custos de operação do Concentrador conforme descrito acima

O britador escolhido para testes foi o CH660, do qual trabalha atualmente na função de terciário com ótimo desempenho, este foi posicionado na posição 9205 da quaternária. Os indicadores escolhidos para avaliação do desempenho foram:

- eficiência de redução na malha 8 mm;
- carga circulante esperada (% > 8 mm no produto); e
- vida útil do revestimento (conjunto manto e bojo).

Logo, utilizando-se de simulador foram previstos os seguintes parâmetros iniciais para fornecimento do britador e posterior teste, com flexibilidade de futuras modificações, conforme Tabela 2.

**Tabela 2 – Parâmetros e resultados esperados<sup>(3)</sup>**

Parâmetros	CH660	HP400
APF (mm)	19	23
Excentricidade (mm)	40	90
Produtividade (t/h)	220	280
Eficiência de redução na malha 8mm	32%	25%
Material abaixo de 0,15mm (produto do britador)	4%	12%

O revestimento (conjunto manto e bojo) utilizado inicialmente foi o Extra-Fino com polia de 560mm de diâmetro e bucha com excentricidade de 36 mm a 40 mm, que foram modificados ao longo dos testes.

## 2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes tipos de britadores na posição quaternária pela eficiência de redução na malha de 8 mm calculando-se a massa produzida em função da produtividade, com menor geração possível de material <0,15 mm, com diferentes aberturas e diferentes pilhas, ajustando-se seus parâmetros, além de avaliar a vida útil dos componentes do revestimento: bojo e manto.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2 Amostragem

Todas as amostragens de produto britado foram realizadas na correia transportadora que recebe a carga circulante e alimentação nova do Concentrador na posição parada retirando-se uma alíquota de 1m, da qual era então pesada em balança de precisão e foi utilizado a seguinte equação para cálculo da produtividade:

$$Produtividade (t/h) = \frac{Massa (kg/m) \times Velocidade do TC (m/s) \times 3600}{1000}$$

Onde a velocidade do TC medida = 3,52m/s. A alimentação foi retirada na própria correia de alimentação em operação na descarga do chute de alimentação.

Todas as amostras foram retiradas de um único britador para cálculo da produtividade e análise granulométrica.

### 3.3 Análises

O teste foi efetuado colhendo-se amostras de alimentação e produto britado, sendo o último coletadas alíquotas de 1m na correia, da qual era então pesada em balança de precisão e calculada a produtividade.

As amostras foram quarteadas conforme procedimento do laboratório químico de Brucutu e então processadas a úmido em peneiras de laboratório nas seguintes malhas: 16 mm; 12,5 mm; 10 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,5 mm; 0,25 mm e 0,15 mm. As alíquotas pesadas e obtidas as % retidas em cada fração.

## 4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

### 4.1 Evolução da Performance do Britador CH660

Devido ao britador CH660 possuir diversos recursos para serem explorados além de sua aplicação como britador quaternário ser inédita, um trabalho de otimização foi conduzido para que o britador em teste atingisse sua melhor performance, abaixo é apresentado um histórico das principais modificações efetuadas com seus respectivos resultados:

#### I. Início de operação:

- a. Tipo de Manto: Extra-fino
- b. Tipo de Bojo: Extra-fino
- c. Excentricidade: 36 mm
- d. APF: 19 mm
- e. D. da polia movida: 560 mm
- f. Eficiência de redução: 47%
- g. Produtividade: 113 t/h
- h. Massa passante em 8mm no produto: 71 t/h

#### II. Aumento da Excentricidade para 40 mm:

- a. Tipo de Manto: Extra-fino
- b. Tipo de Bojo: Extra-fino
- c. Excentricidade: 40 mm
- d. APF: 19 mm
- e. D. da polia movida: 560mm
- f. Eficiência de redução: 24%
- g. Produtividade: 224t/h
- h. **Massa pass. 8 mm no produto: 110t/h**

#### III. Aumento da Excentricidade para 50mm e fechamento da abertura para 18mm:

- a. Tipo de Manto: Extra-fino
- b. Tipo de Bojo: Extra-fino
- c. Excentricidade: 50mm
- d. APF: 18mm
- e. D. da polia movida: 560mm
- f. Eficiência de redução: 56%
- g. Produtividade: 215t/h
- h. **Massa pass. 8mm no produto: 149t/h**

IV. Diminuição da Polia para 500mm:

- a. Tipo de Manto: Extra-fino
- b. Tipo de Bojo: Extra-fino
- c. Excentricidade: 50mm
- d. APF: 18mm
- e. D. da polia movida: **500mm**
- f. Eficiência de redução: **39%**
- g. Produtividade: **280t/h**
- h. Massa pass. 8mm no produto: 164t/h**

V. Troca do Manto para tipo A, retorno da excentricidade para 40mm e polia movida para 560mm:

- a. Tipo de Manto: **A**
- b. Tipo de Bojo: Extra-fino
- c. Excentricidade: **40mm**
- d. APF: 18mm
- e. D. da polia movida: **560mm**
- f. Eficiência de redução: **34%**
- g. Produtividade: **358t/h**
- h. Massa pass. 8mm no produto: 186t/h**

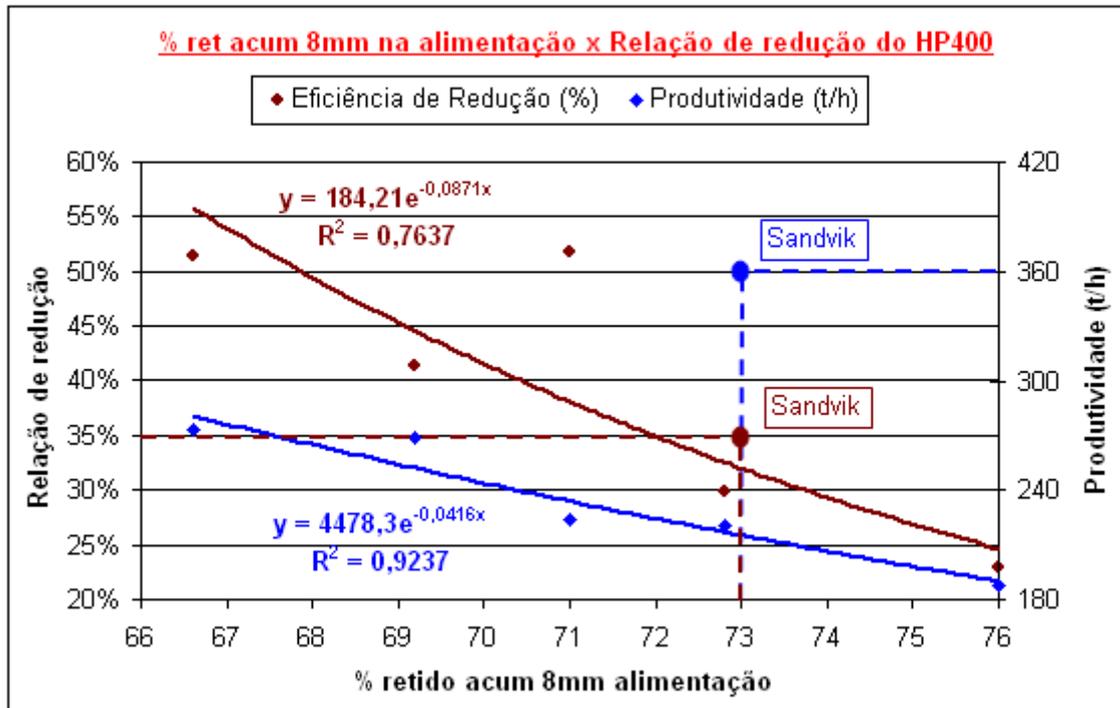
#### 4.2 Performance dos Britadores HP400 x CH660

Em paralelo ao desenvolvimento do britador CH660, para efeito de comparação, diversas amostragens foram realizadas nos britadores HP400. Veja Tabela 3 de resultados.

**Tabela 3** – Parâmetros e performance do HP400<sup>(3)</sup>

Resumo da performance do HP400					
DATA	18/06/2010	08/07/2010	27/07/2010	18/11/2010	15/10/2008
Posição	9204	9202	9201	9206	9201
Estado do revestimento	Novo	Novo	Novo	Novo	Novo
Manto (tipo)	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Bojo (tipo)	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Excentricidade (mm)	95	95	95	95	95
APF (mm)	24	24	23	23	23
% Ret. Acum. em 8mm na ALIM.	71,01	69,20	66,60	72,80	76,00
% Ret. Acum. em 8mm no PROD.	34,23	40,60	32,30	51,00	58,52
Eficiência de Redução (%)	52%	41%	52%	30%	23%
% Pass. Acum. em 8mm no PROD.	65,77	59,40	67,70	49,00	41,48
Produtividade (t/h)	223,79	268,65	272,70	221,00	188,20
Produto Passante em 8mm (t/h)	147,19	159,58	184,62	108,29	78,82

Da tabela acima se observa que há diferenças de desempenho conforme a granulometria de > 8 mm da alimentação varia. As Figuras 3 e 4 apresentam as correlações da variação da granulometria na alimentação x eficiência de redução x Produtividade e conseqüentemente a produção de <8mm comparando-se com o resultado do britador CH660 otimizado conforme configuração do item V do sub-item 4.1.



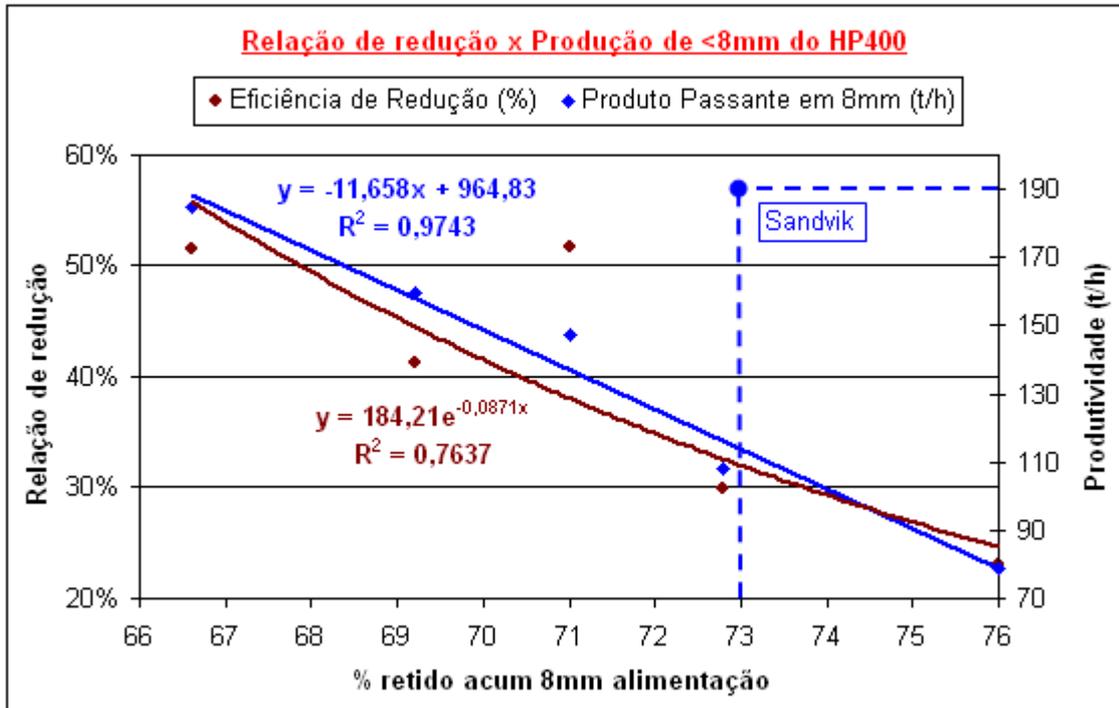
**Figura 3** – Influência da variação da granulometria de alimentação x Relação de redução x Produtividade do HP400 comparado à performance do CH660 otimizado em 73% de retido em 8mm na alimentação.<sup>(3)</sup>

Da Figura 3 nota-se que à medida que a alimentação da britagem quaternária engrossa a relação de redução do HP400 e sua produtividade diminui exponencialmente. Os dados de capacidade de projeto do HP400 são:

- Projeto = 456 t/h
- Nominal = 380 t/h

É evidenciado acima que nem com alimentações mais finas, ou seja, em torno de 66,5% de > 8 mm sua máxima produtividade é 280 t/h; já o britador CH660 trabalhando com APF menor = 18mm com excentricidade menor = 40mm conseguiu atingir uma produtividade de 360t/h para o minério grosso (73% > 8 mm alimentação), sendo que este pode até chegar a taxas maiores se o minério afinar com relação de redução melhor.

NOTA: A eficiência de redução do CH660 está apenas ligeiramente melhor que o HP400 (35% CH660 x 32% HP400), da tendência apresentada acima, acredita-se que atuando nos recursos que o CH660 possui, pode-se atingir percentuais superiores, consequentemente diminuindo-se a carga circulante.



**Figura 4** – Influência da variação da granulometria de alimentação x Relação de redução x Produção de passante em 8mm do HP400 comparado à performance do CH660 otimizado em 73% de retido em 8mm na alimentação.<sup>(3)</sup>

Da Figura 4 nota-se que à medida que a alimentação da britagem quaternária engrossa, a produção de passante em 8 mm do HP400 diminui de 185 t/h (máxima quando a alimentação está mais fina) para em torno de 90 t/h.

Comparando-se com o CH660 otimizado, quando a alimentação está grossa em 73% de >8mm as produções de <8mm no britado são:

- HP400: 108t/h
- CH660: 190t/h

### 4.3 Vida Útil de Revestimento

O segundo motivo dos testes com o britador CH660 é a baixa vida útil dos revestimentos do HP400 dos quais em 2008 não passavam de 350 horas (manto e bojo), após algumas otimizações, este número subiu, veja abaixo a média de 2010:

- Manto: 413 horas
- Bojo: 496 horas

O britador CH660 apresentou uma vida útil dos revestimentos de 927 horas para o último conjunto. As Figuras 5 e 6 apresentam os gráficos atualizados:

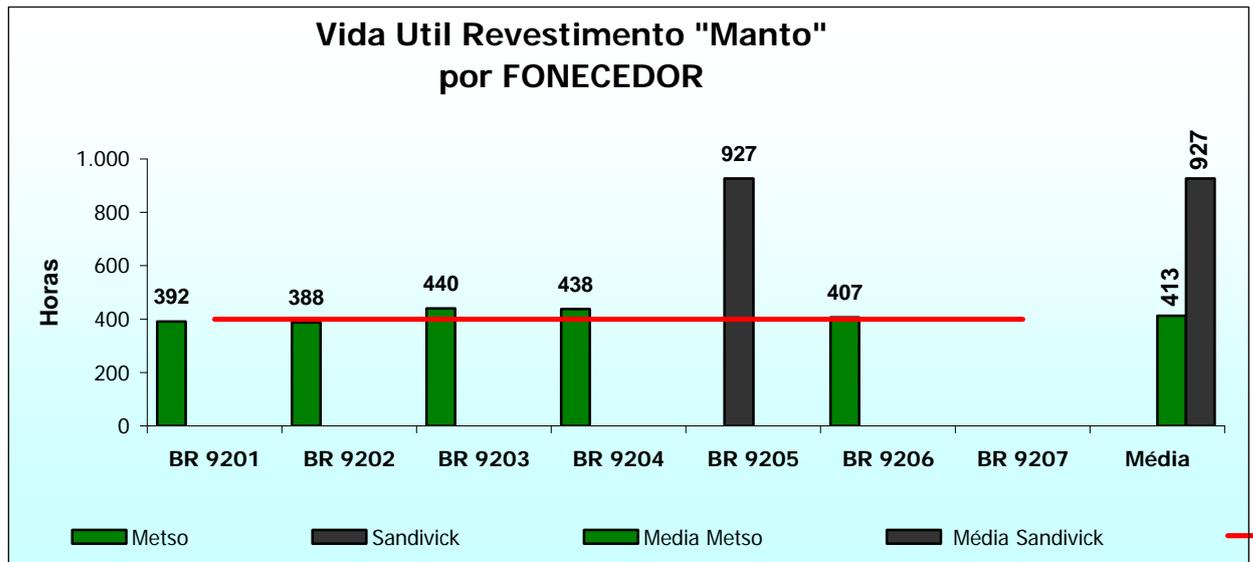


Figura 5 – Vida útil dos mantos dos britadores quaternários.<sup>(3)</sup>

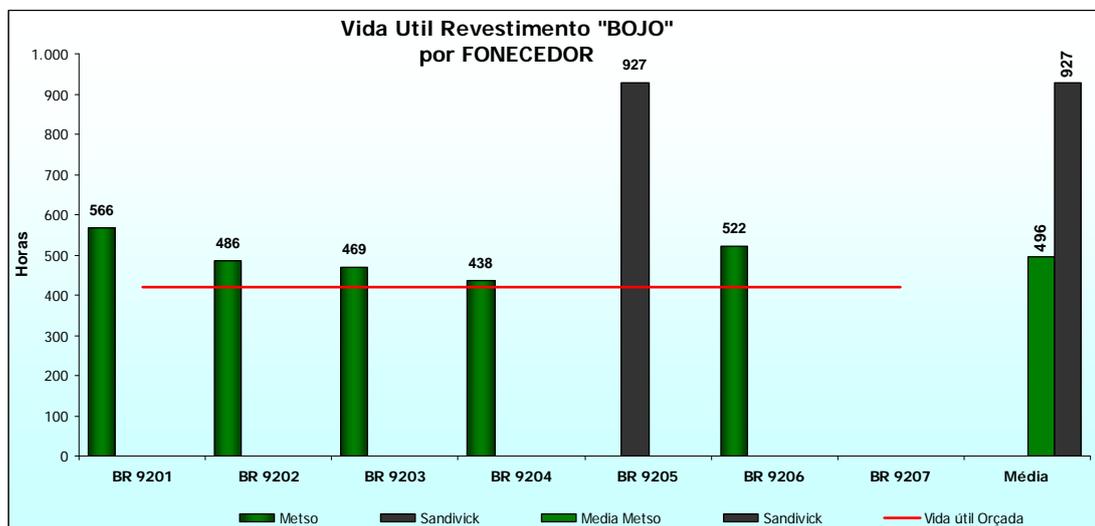


Figura 6 – Vida útil dos bojos dos britadores quaternários.<sup>(3)</sup>

## 5 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As conclusões finais deste trabalho são:

- O britador CH660 apresentou ser muito superior ao HP400 como britador no estágio quaternário, onde os principais resultados foram:
  - eficiência de redução na malha 8 mm: 35%;
  - carga circulante: 47%; e
  - vida útil dos revestimentos: 927 hs.
- Além destes resultados, concluiu-se que em alimentações mais finas, em torno de 66,5% de > 8 mm, a máxima produtividade do HP400 é 280 t/h, já o britador CH660 trabalhando com APF menor = 18 mm e excentricidade = 40 mm conseguiu atingir uma produtividade de 360t/h para o minério grosso (73% > 8 mm alimentação).
- Abaixo Tabela 4 resumindo os resultados obtidos no teste otimizado x premissas da SAT – 1397:

**Tabela 4** – Indicadores da SAT – 1397 x Resultados do teste otimizado CH660<sup>(3)</sup>

<b>Indicadores de desempenho</b>	<b>SAT 1397</b>	<b>Teste Otimizado</b>
<b>Eficiência de redução na malha 8mm</b>	32%	35%
<b>Carga circulante (% &gt;8mm no britado)</b>	58%	47%
<b>Vida útil dos revestimentos (horas)</b>	600	927

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi gerado devido ao comprometimento de todas as equipes envolvidas, agradecemos a: GAEHS, GAUBS e GALBS, das quais formam uma grande equipe com comprometimento aos objetivos e missão Vale.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A.; Tratamento de minérios, CETEM / MCT, 5ª Ed., Rio de Janeiro, 2010.
- 2 SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION DO BRASIL. Catálogo do britador CH660. Belo Horizonte, 2008.
- 3 VALE. Relatório teste industrial da britagem quaternária da Mina de Brucutu; São Gonçalo do Rio Abaixo-MG, Novembro de 2010.