



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS DE MARABÁ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS E MEIO AMBIENTE

ALAINE MOREIRA IMBELLONI

**WI: CORRELAÇÕES ENTRE METODOLOGIAS.
O CASO PRÁTICO DA USINA DO SOSSEGO**

MARABÁ-PA

2010

ALAINE MOREIRA IMBELLONI

**WI: CORRELAÇÕES ENTRE METODOLOGIAS.
O CASO PRÁTICO DA USINA DO SOSSEGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará- UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Área de concentração: Tratamento de Minérios.

Orientador: Prof. MSc. Alexandre José Buril de Macêdo.

Co-Orientador: DSc. Luís Cláuzio de Rennó Machado.

MARABÁ – PA
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca II do CAMAR/UFPA, Marabá, PA

Imbelloni, Alaine Moreira

WI: correlações entre metodologias: o caso prático da usina do Sossego / Alaine Moreira Imbelloni ; orientador, Alexandre José Buriel de Macêdo. — 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Marabá, 2010.

1. Beneficiamento de minério - Canaã dos Carajás (PA). 2. Moinhos e trabalhos em moinhos. I. Macêdo, Alexandre José Buriel de, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 622.7098115

ALAINE MOREIRA IMBELLONI

**WI: CORRELAÇÕES ENTRE METODOLOGIAS.
O CASO PRÁTICO DA USINA DO SOSSEGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará- UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

Área de concentração: Tratamento de Minérios.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. MSc. Alexandre José Buril de Macêdo - Orientador
Engenheiro de Minas
Universidade Federal do Pará

DSc. Luís Cláuzio de Rennó Machado – Co-orientador
Engenheiro de Processo
VALE

Prof. DSc. Lucinewton Silva de Moura
Engenheiro Químico
Universidade Federal do Pará

*À minha mãe, Rozanda, que nunca mediu esforços
para me educar, com sabedoria, dedicação e
amor.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por conservar a minha saúde, por mais essa conquista e pela força e privilégio do estudo, por sempre me guiar pelos caminhos corretos e não me deixar fraquejar frente às adversidades.

Aos meus pais, João e Rozanda, que me deram a educação, incentivo e apoio necessários durante todo esse percurso. A minha irmã Andressa, por todo incentivo e amor que sempre me dedicou.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação profissional. Em especial, ao professor Alexandre, pela orientação e apoio.

Ao Luís Machado, meu Co-orientador, que me deu atenção e suporte necessários para a execução deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Processo da Usina do Sossego.

Aos meus colegas de turma que participaram da minha vida durante esses cinco anos de graduação, em especial, André, Felipe, Lys e Vanessa.

À equipe do Laboratório de Tratamento de Minérios da UFPA: Lucinewton, Flávia e Natália, e aos alunos e amigos que me ajudaram na etapa experimental do trabalho: Diego, Eliane, Felipe. Liebert, Luciana, Luís, Márcia, Marcelo, Milene, Paula, Rhaymá, Régis e Vinícius,

A todos que me incentivaram e me deram apoio para nunca desistir dos meus objetivos.

MUITO OBRIGADA!

“Quem avança confiante na direção de seus sonhos e se empenha em viver a vida que imaginou para si, encontra um sucesso inesperado em seu dia-a-dia.”

Henry Ford

RESUMO

O *Work Index* (WI) representa a resistência do minério à moagem e possibilita o cálculo da energia necessária para a moagem do minério. No entanto, a metodologia clássica de determinação é demorada e trabalhosa. Por isso, as usinas de beneficiamento têm utilizado ensaios simplificados para atender as suas necessidades. Nesse contexto, é importante que exista uma correlação entre os WI de Bond, através de ensaios que seguem normas de padronização, com o WI dos testes feitos numa Usina de beneficiamento. A idéia deste trabalho consistiu em comparar os valores de *Work Index* encontrados pela metodologia de Bond, a partir de ensaios feitos na Universidade Federal do Pará, com os valores de WI obtidos no moinho de Torque, feitos pelo Laboratório de Processo da Usina do Sossego (VALE S/A, localizada em Canaã dos Carajás- PA). Ambas as metodologias trabalharam com amostras correspondentes, coletadas na alimentação do moinho SAG, representando a alimentação da Usina nos meses de Outubro e Novembro, de 2009, e Janeiro, de 2010. Verificou-se que não existiu correlação linear entre os valores de WI das metodologias utilizadas. No entanto, os resultados de WI de Bond apresentaram correlação com o valor do WI operacional da Usina. Pode-se concluir que a metodologia no moinho de Torque não se mostrou acurada, no entanto é promissora, necessitando apenas ser revista alguma etapa do ensaio, por se tratar de uma metodologia em implantação.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Bond, Moagem, Energia específica, Correlação linear.

ABSTRACT

The Work Index (WI) represents the strength of the ore crushing and enables the calculation of the energy required to grind the ore. However, the conventional method of determination is time consuming and laborious. Therefore, processing plants have used simplified tests to suit your needs. In this context it is important that there is a correlation between the WI Bond, through essays that follow rules of standardization, with the WI of the tests done in a beneficiation plant. The idea of this study was to compare the values found by the Work Index methodology Bond, from tests done at the Federal University of Pará, with WI values obtained in the Torque mill, made by the Process Laboratory in the Sossego Plant (VALE S / A, located in Canaã dos Carajás-PA). Both methods worked with the corresponding samples were collected in SAG mill feed, representing the feed mill during October and November, 2009, and January, 2010. It was found that there was no linear correlation between the values of WI of the methodologies used. However, the results of Bond WI correlated with the value of operating WI the plant. It can be concluded that the methodology in the Torque mill was not accurate; however it is promising, only needing to be revised some stage of the test because it is a methodology for deployment.

KEY WORDS: Bond Index, Milling, Specific energy, linear correlation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01-	Detalhes de esforços nas partículas entre dois planos.....	18
FIGURA 02 -	Regiões do moinho onde ocorrem os diferentes processos de quebra.....	19
FIGURA 03-	Regiões de validade das três Leis da Cominuição.....	24
FIGURA 04-	Moinho revolvente.....	28
FIGURA 05 -	Em a), Moagem em regime de cascata, e em b), moagem em regime de catarata.....	30
FIGURA 06-	Representação esquemática dos ensaios de Bond.....	35
FIGURA 07-	Em (A), pilha de homogeneização da amostra de minério de cobre e, em (B), determinação da alimentação inicial dos testes.....	36
FIGURA 08-	Em (A) moinho de bolas tipo Bond, em (B), colocando a alimentação inicial no moinho e, em (C), descarregando o moinho após a moagem do minério.....	39
FIGURA 09-	Análise granulométrica do Produto da moagem para calcular o passante na malha teste e o passante líquido.....	40
FIGURA 10-	Curva Granulométrica da Alimentação do primeiro ensaio.....	44
FIGURA 11-	Curva granulométrica do Produto da moagem do Primeiro ensaio.....	44
FIGURA 12-	Curva Granulométrica da Alimentação do Segundo Ensaio....	47
FIGURA 13-	Curva Granulométrica do Produto do Segundo Ensaio.....	47
FIGURA 14-	Curva granulométrica da Alimentação do Terceiro Ensaio.....	49
FIGURA 15-	Curva Granulométrica do Produto do Terceiro Ensaio.....	50
FIGURA 16-	Comparação das três curvas granulométricas da alimentação, representantes dos meses outubro, novembro e janeiro.....	52
FIGURA 17-	Comparação dos valores de WI de Bond, de Torque e Operacional da Usina do Sossego.....	54
FIGURA 18-	Correlação dos valores de WI operacional da Usina com o WI de Bond.....	54
FIGURA 19-	Correlação dos valores de WI de Bond com o WI de Torque..	55
FIGURA 20-	Correlação dos valores de WI operacional da Usina com o WI de Torque.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 01-	Valores típicos de WI e seus significados.....	22
TABELA 02-	Fator de ineficiência em Circuito aberto.....	25
TABELA 03 -	Variação de Ef_8 de acordo com a alimentação do Moinho.....	27
TABELA 04-	Distribuição dos diâmetros das bolas da Carga moedora.....	38
TABELA 05-	Acompanhamento do Teste 1.....	45
TABELA 06-	Acompanhamento do Teste 1(duplicata).....	46
TABELA 07-	Apresentação dos resultados do Teste1.....	46
TABELA 08-	Acompanhamento do Teste 2.....	48
TABELA 09-	Acompanhamento do Teste 2(Duplicata).....	48
TABELA 10-	Apresentação dos resultados do Teste 2.....	49
TABELA 11-	Acompanhamento do Teste 3.....	50
TABELA 12-	Acompanhamento do Teste 3 (Duplicata).....	51
TABELA 13	Apresentação dos resultados do Teste 3.....	51
TABELA 14-	Correlação entre os valores de WI.....	53
TABELA 15 -	Coeficientes de variação entre os testes de WI e suas respectivas duplicatas.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Aar -	Massa de alimentação a ser acrescentada quando em regime, que é igual a $M/3,5$, com o objetivo de se atingir uma carga circulante de 250%.
Aa -	Malha Teste ou abertura da malha de classificação do ensaio.
A_{80} -	Abertura da peneira, em micrometros (μm), através da qual passam 80% da massa da alimentação
C -	Constante.
D_0 -	Diâmetro inicial.
D_1 -	Diâmetro final.
Ef -	Fator de Correção para valores de WI.
E -	Energia específica.
Mob^i -	Moabilidade ou quantidade líquida passante pelo respectivo número de rotações aplicado.
Nr^{i+1} -	Número de rotações para o ciclo seguinte nos testes de Bond.
Ma^i -	Massa passante inicial na malha teste.
Mp -	Massa passante na malha teste (produto da moagem no moinho de Bond).
WI_{OP} -	Work Index(índice de trabalho) Operacional em KWh/t.
WI_{Bond} -	Work Index de acordo com a metodologia de Bond.
WI_{Torque} -	Work Index de acordo com a metodologia no moinho de Torque.
P_{80} -	Abertura da peneira, em micrometros (μm), através da qual passam 80% da massa do produto.
K -	Fator de proporcionalidade.
S_1 -	Área do produto.
S_0 -	Área inicial.