



REDUÇÃO NO CONSUMO ESPECÍFICO (KW/T) DE ENERGIA ELÉTRICA NO MOINHO DE BAUXITA NA REFINARIA DA ALUMINA_VM-CBA*

Manoel Inácio dos Reis Neto¹
Peter Gabriel Rosa²
Anderson Rodrigo Klassen Duck³

Resumo

Redução no consumo específico (KW/t) de energia elétrica em um dos moinhos de bauxita na refinaria da Alumina na CBA (Companhia Brasileira de Alumínio do grupo Votorantim Metais) através do uso da Metodologia Six Sigma e ações de substituição do óleo mineral por óleo sintético de alta performance, implantação do sistema de blindagem e de resfriamento no redutor deste moinho, onde foi alcançado um resultado de 5,45% de redução neste consumo específico e de 25% na temperatura de trabalho deste redutor, superando as expectativas iniciais previstas.

Palavras-chave: Consumo específico alumina; Óleo sintético, Eficiência energética.

ENERGY CONSUMPTION REDUCTION (KW/T) AT MILL AT BAUXITE REFINERY_VM-CBA

Abstract

The energy consumption reduction (kW / t) in one of the mills at the Refinery of Bauxite at CBA (Brazilian Aluminum Company of the Metals Votorantim Group) was done through the use of Six Sigma Methodology and actions like replacement of mineral oil for synthetic oil high performance, establishment of a shield system and gear box cooling system of the mill. The achieved result was close to 5.45% in specific consumption reduction and the working temperature reduction was close to 25%, exceeding the previous expectations.

Keywords: Alumina specific consumption; Synthetic oil; Energy efficiency.

¹ Engenheiro Eletricista, MBA em Administração e Estratégia de Negócios, Consultor de Engenharia na área de Gestão de Energia, Gerência Geral das Salas Fornos, Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Alumínio, São Paulo, Brasil.

² Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Manutenção, Alumina, Companhia Brasileira de Alumínio, Alumínio (CBA), São Paulo, Brasil.

³ Engenheiro Químico, Engenheiro de Processos, Alumina, Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), Alumínio, São Paulo, Brasil.

* Contribuição técnica ao 35° Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29° Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



1 INTRODUÇÃO

O presente documento objetiva apresentar a metodologia para determinação dos benefícios energéticos com a implantação das medidas de conservação de energia em sistemas de força motriz instalados na Unidade da CBA, em Alumínio/SP.

O trabalho consistiu numa primeira medição do consumo específico (kWh/t) de energia elétrica no moinho de bauxita na refinaria da Alumina, cujo redutor deste moinho era lubrificado com óleo mineral, por um período de 50 dias. Após este prazo, realizou-se a troca de todo este óleo contido no redutor, substituindo por um óleo sintético de alta performance.

Aguardado em torno de 15 dias para maturação do óleo e efetuado novas medições, observando-se as mesmas características de funcionamento.

A escolha de um lubrificante de alto rendimento teve como objetivo principal aumentar a capacidade sustentadora de cargas e a eficiência de uma engrenagem devido ao menor coeficiente de atrito, melhorando também a eficiência mecânica, o que possibilitou um menor consumo de energia elétrica.

A implantação do sistema de blindagem e de resfriamento ocorreu em virtude de problemas operacionais identificados pela área de Engenharia da Refinaria citados abaixo:

- Contaminação do óleo, por falta de blindagem no redutor;
- Troca do óleo com periodicidade semestral;
- Baixa capacidade sustentadora de cargas e deficiência nas engrenagens devido maior coeficiente de atrito entre elas;
- Maior consumo de energia elétrica, devido perda térmica;
- Desligamento do Moinho por alta temperatura do óleo mineral.

Em virtude das oportunidades citadas, foram definidas três ações: substituição do óleo mineral por um óleo sintético de alta performance, implantação de um sistema de blindagem e de resfriamento, com o objetivo de atingir os seguintes resultados:

- Redução em até 5% no Consumo Específico (kWh/t) de bauxita do Moinho da Alumina
- Diminuição da temperatura de trabalho do redutor do moinho em até 20°C.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Métodos

Para um bom andamento do projeto foi utilizado a Metodologia Six Sigma (6σ) do qual norteia os trabalhos de PMO (Project Management Office) da CBA.

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) foi aplicado em todas as suas etapas onde os ganhos tangíveis e intangíveis serão apresentados no item 3.

Toda a análise estatística como teste de normalidade, capacidade inicial e final e teste de hipótese foi realizada através do Minitab (programa de computador proprietário voltado para fins estatísticos) [1].

Realizado análise dos dados medidos, através do PIMS local, entre o período de 01/05/13 a 18/06/13, onde o P-Value > 0,5, aponta um valor maior que 0,5, comprovando que os valores adquiridos são normais.

* Contribuição técnica ao 35° Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29° Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

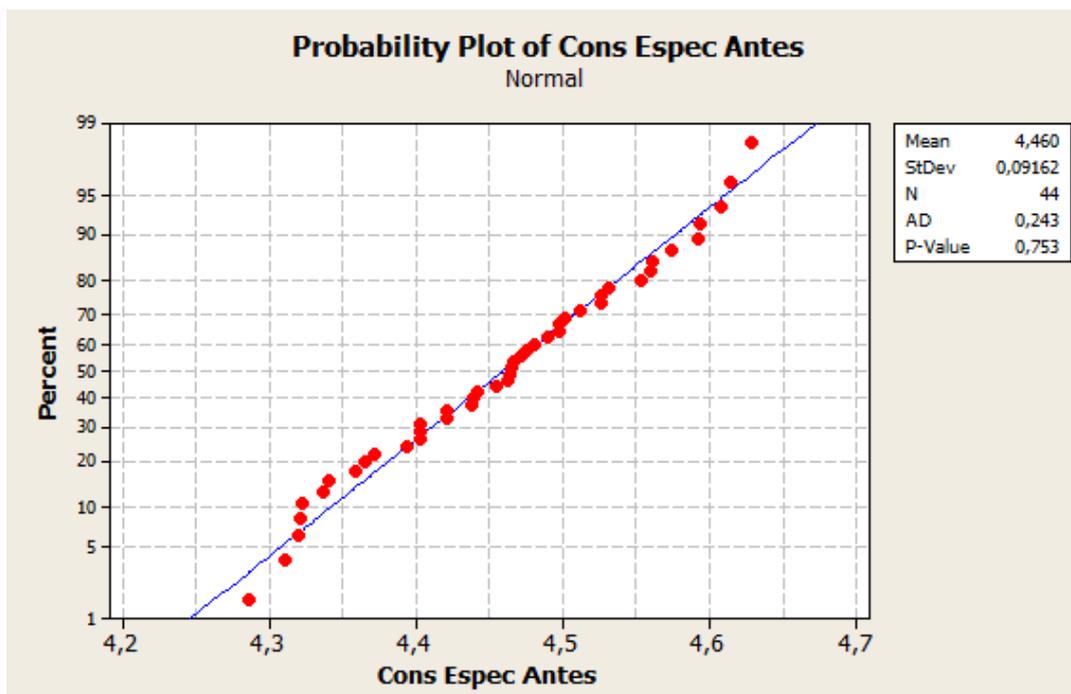


Figura 1. Resultado do Teste de Normalidade (Fase – Medir)

Em seguida foi verificado a variabilidade do processo, através do Teste de Capacidade onde foi evidenciado um valor inicial de 0,20 o que indica que aproximadamente 41% da amostragem estava fora dos limites de especificação o que comprova problemas de instabilidade no processo.

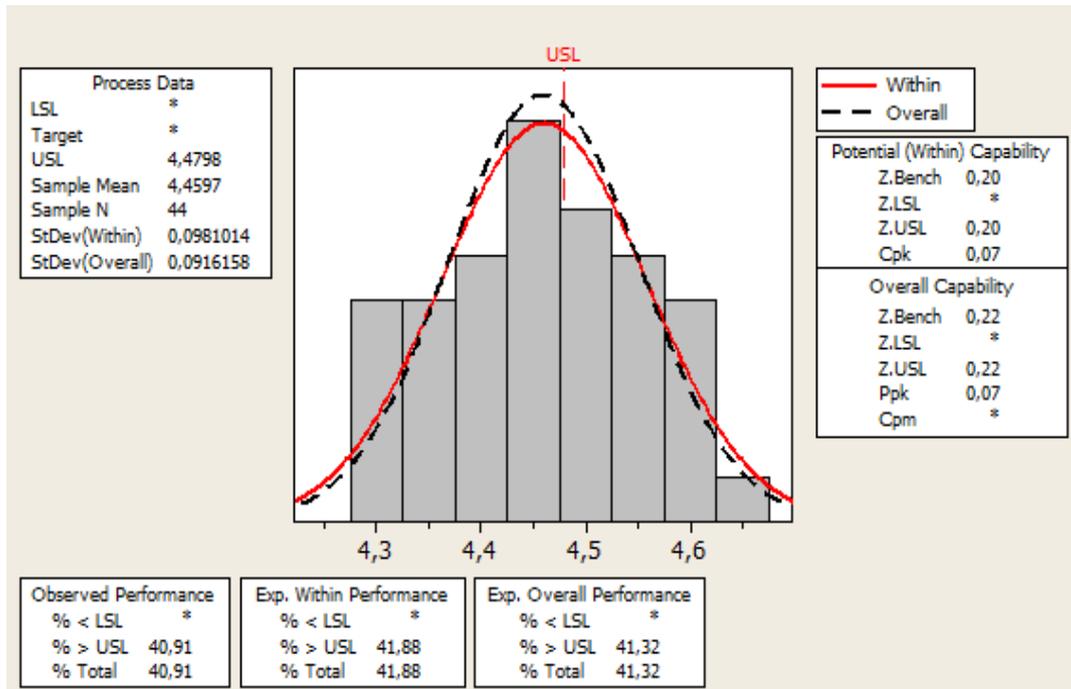


Figura 2. Resultado do Teste de Capacidade Inicial (Fase – Medir)

Na fase implementar, após as ações tomadas o resultado do Teste de Capacidade foi de 1,86 o que demonstra a eficácia destas, pois apenas 4,76% da amostragem estavam fora dos limites especificados.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

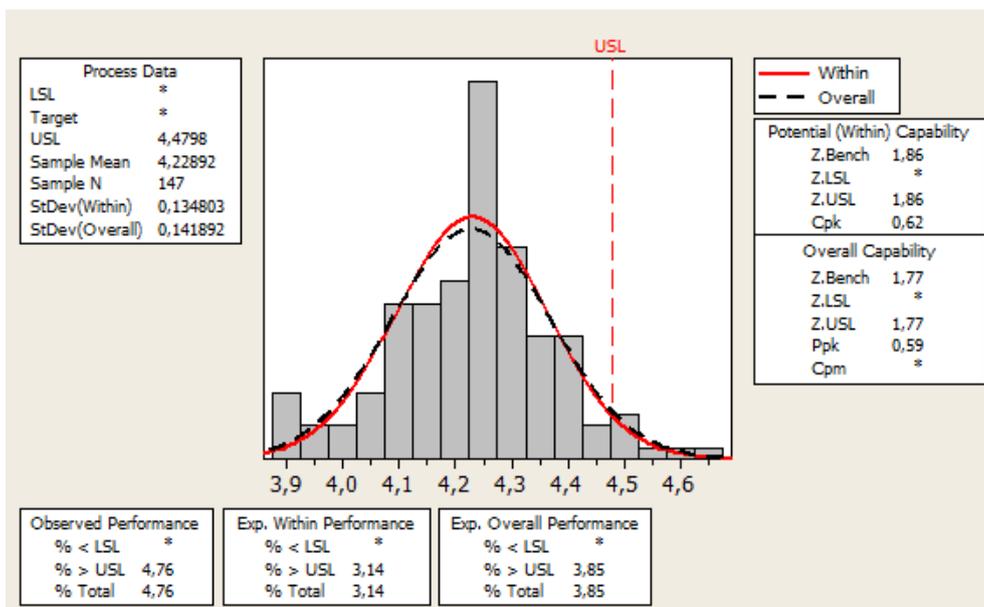


Figura 3. Resultado do Teste de Capacidade Final (Fase – Implementar)

2.2 Materiais

O Redutor de velocidade é um equipamento mecânico composto por um conjunto de eixos e engrenagens que tem como função principal a redução da rotação de um motor.

O equipamento testado na CBA possui as características técnicas principais que são:

- Volume: 118 L
- Temp Deslig: 95°C
- Potência: 2000 hp que é aproximadamente 1,49 MW.
- Viscosidade: ISO 220
-



Figura 4. Moinho de Bauxita

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.


Figura 5. Redutor do Moinho

Para a implementação do projeto foram utilizados:

- Óleo sintético alta performance Mobil SHC 630 com viscosidade ISO 220, ponto de fulgor 235°C e densidade específica 15°C/15°C de 0,87.

No dia 19/06/13 foi realizada a parada do moinho onde foi esgotado completamente o óleo mineral do reductor e inserido o óleo sintético e religado o mesmo.

Mesmo com o período de maturação do óleo (aproximadamente 15 dias) já identificou-se uma redução no consumo específico de 4,24%, conforme tabela abaixo:

Tabela 1. Ganhos efetivos óleo sintético em Junho

MEDIÇÃO		
Ganhos Efetivos de Junho (20/06 a 30/06)		
Descrição	Valores	Unidades
Carga Média do Moinho:	210	t
Tempo de trabalho	15,56	h/d
Baseline (Fator de Consumo)	4,4798	KW/(t.t. resid)
Dados Reais:	4,2900	KW/(t.t. resid)
Delta:	-0,1898	KW/(t.t. resid)
Energia Economizada:	-39,858	KWh
	-0,039858	MWh
Percentual de Redução:	-4,24%	

- Sistema de Resfriamento composto por: trocador de calor com um filtro embutido cujo objetivo principal é permitir a troca de calor do óleo com o meio externo e filtragem on line, reduzindo a sua temperatura interna.

- Sistema de Blindagem constituído por: filtro de ar com dessecante, válvula para dreno, filtro de óleo e visor de óleo de coluna que evitará a contaminação do óleo pelo ambiente externo.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Figura 6. Sistema de Resfriamento e de Blindagem.

No dia 18/09/2013 realizado uma nova parada e instalados os sistemas de blindagem e de resfriamento, do qual já no próprio mês de setembro aumentou o percentual de redução para 5,76% sendo que meta era até 5%.

Tabela 2. Ganhos efetivos óleo sintético em Setembro

MEDIÇÃO		
Ganhos Efetivos de Setembro (01/09 a 30/09)		
Descrição	Valores	Unidades
Carga Média do Moinho:	210	t
Tempo de trabalho	17,25	h/d
Baseline (Fator de Consumo):	4,4798	KW/(t.t. resid)
Dados Reais:	4,2219	KW/(t.t. resid)
Delta:	-0,2579	KW/(t.t. resid)
Energia Economizada:	-54,159	KWh
	-0,054159	MWh
Percentual de Redução:	-5,76%	

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Testes e Medições

O Consumo Específico (kW/t) representa a relação entre Demanda (kW) pela soma entre as corpos moedores (carga bola e barra) e o consumo de bauxita e este índice de 01/05/13 a 19/06/13 era de 4,4798 do qual foi identificado uma oportunidade de redução.

Após a implementação das ações os objetivos previamente definidos foram alcançados, conforme descrito abaixo:

- Redução em até 5% no consumo específico (kW/t) de energia elétrica no moinho de bauxita da Allumina.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

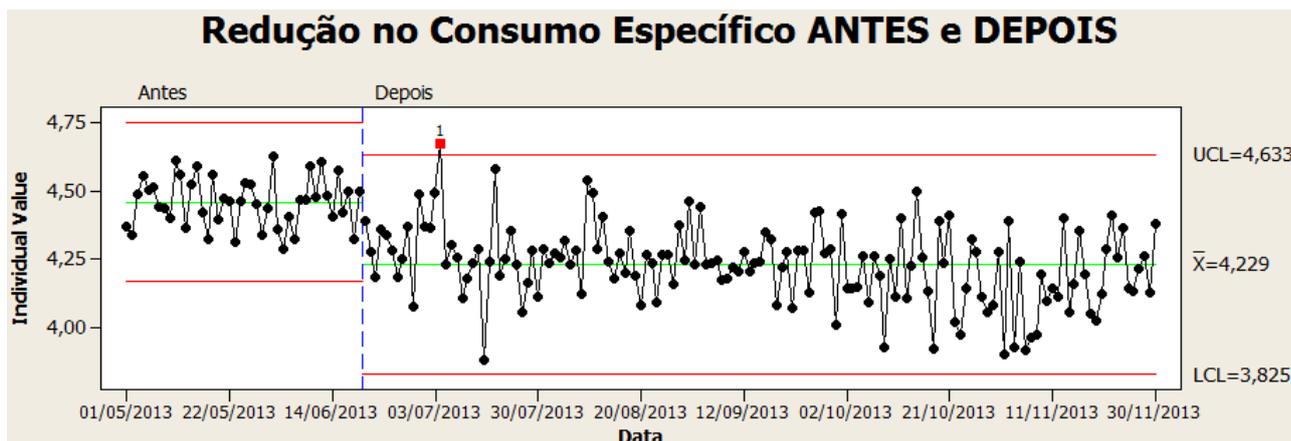


Figura 7. Gráfico do Minitab com o resultado antes e depois das ações efetuadas

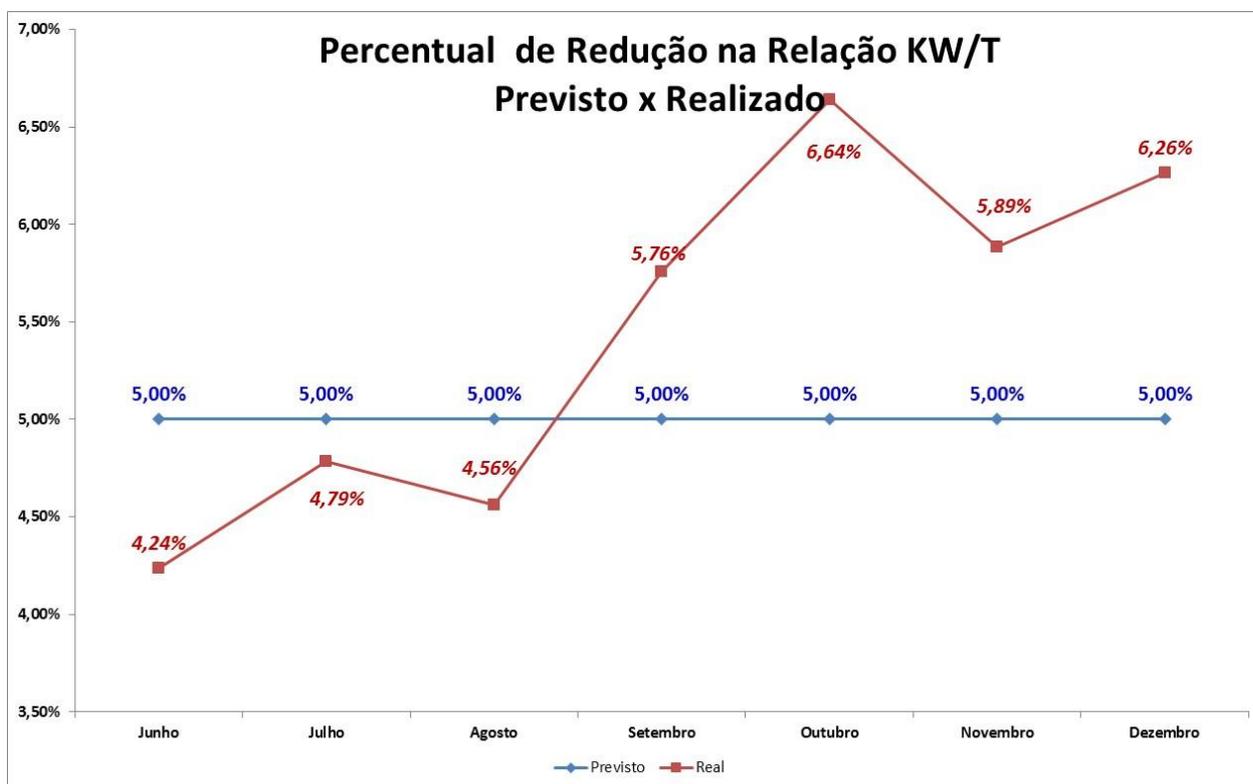


Figura 8. Gráfico percentual do consumo específico

Obs: O valor médio atingido entre Junho e Dezembro de 2013 foi de 5,45%, onde o maior ganho foi após a implantação do sistema de resfriamento e de blindagem.

- Diminuição da temperatura de trabalho do redutor do moinho em até 20°C.

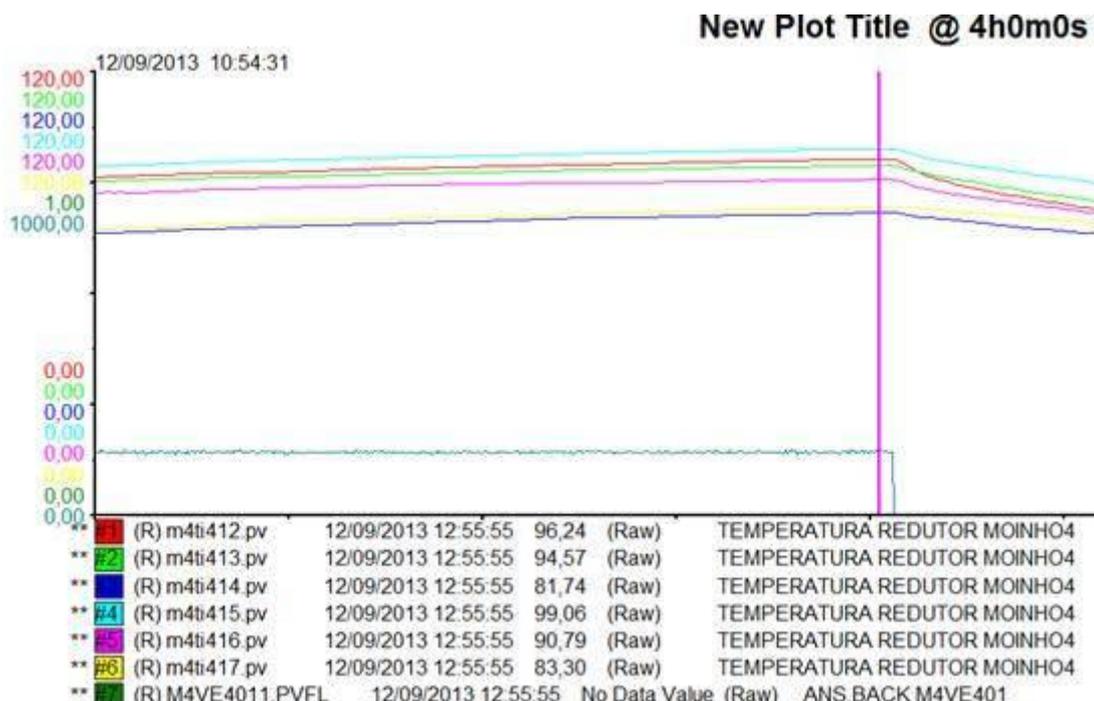


Figura 9. Gráfico do sistema de temperatura dos mancais do moinho, antes (Média 90,95°C) da implantação do sistema de blindagem e de resfriamento.



Figura 10. Gráfico do sistema de temperatura dos mancais do moinho, depois (Média: 68,12°C) da implantação do sistema de blindagem e de resfriamento

Obs:

- 1) A temperatura média de trabalho do redutor atingido depois do dia 18/09/13 foi de 68,12°C o que representa um desvio de - 22,8°C e uma redução percentual de aproximadamente 25%, cuja meta era de 20%.
- 2) No redutor do moinho existem 6 pontos de medição de temperatura que são monitorados constantemente através do sistema de PT100.

3.2 Análise Financeira

O investimento inicial do projeto foi de aproximadamente R\$ 8.000,00 (Oito mil reais) o que gerou um ganho financeiro de aproximadamente R\$ 141.300 ao final de 7 meses

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



(Jun a Dez/13) contra um orçado de R\$ 136.800 (Centro e trinta e seis mil e oitocentos reais). Conforme tabela 3.

Tabela 3. Ganhos Financeiros e Econômicos

Ganhos	
Ganho Financeiro	R\$ 141.300
Ganho Econômico	R\$ 139.800

Além do ganho financeiro, deve-se levar em conta os ganhos econômico (Valor de R\$ 139.800) e intangíveis, pois antes da implantação deste projeto ocorria uma parada do moinho a cada 6 dias devido alta temperatura de trabalho do redutor e após a implantação do sistema de blindagem e de resfriamento realizada em 18/09/13 até 31/12/2013 não foi constatado, através do sistema de alarme paradas do moinho devido este problema.

Pode ser informado citado como ganhos intangíveis:

- Aumento do fator de confiabilidade, vida útil e de disponibilidade dos equipamentos.
- Redução de exposição ao risco de acidentes da equipe de manutenção/operação.
- Evitar Housekeeping (retrabalhos com processamento de bauxita, soda e limpeza da área).

3.3 Padronização

Dando sequência na metodologia do Six Sigma, para garantir a continuidade dos ganhos alcançados, foram padronizadas tarefas tais como:

- Alteração da especificação do óleo mineral no sistema de manutenção interno utilizado na CBA pelo óleo sintético de alta performance para o redutor do moinho, onde somente poderá ser comprado pela área de suprimentos o óleo correto para este equipamento.

Represent.estrutura local instalação: Lista de estrutura

Nível para cima Explosão total Classes de material

Loc.instalação 2020-01-01-13-02-M4GR401 Vál.desde 20.11.2013

Denominação SIST GIRO RAPIDO MOINHO 4

2020-01-01-13		MOINHO N. 4		E			
2020-01-113856	20057297	BALANCA 3400-I 2,5 KG TOLEDO	C	A01			
2020-01-116158	20065562	MAQUINA SOLDA	C	A01			
2020-01-116162	20065566	CONJUNTO OXI-CORTE	A	A01			
2020-01-116269	20067710	RED 485A1-C-5 FALK	B	A01			
2020-01-01-13-01		SIST MORAGEM BAUXITA		B			
2020-01-01-13-02		SIST ACION MOINHO 4		C			
2020-01-01-13-02-M4GL401		SIST GIRO LENTO MOINHO 4		C			
2020-01-01-13-02-M4GR401		SIST GIRO RAPIDO MOINHO 4		A			
660028		OLEO LUBR SHC 630	L		118,000	L	00102987
1691812		ACOPLAMENTO ENGR 1070G20 FALK	N		1	PC	00102987
1696204		MANCAL ROLAMENTO SDAF 23248 TSF BP FCM	N		1	PC	00102987
1696202		MANCAL ROLAMENTO SDAF 23248 TSF LP FCM	N		1	PC	00102987
1696201		ROLAMENTO AIC ROL 23248 CC W33	N		2	PC	00102987
1696200		PORCA FIXACAO ROLAMENTO HM 48 T	N		2	PC	00102987
1696231		ARRUELA SEGURANCA MB48	N		2	PC	00102987
2501203		REDUTOR PTI 485A1CS 5,0214 FALK	N		1	CJ	00102987
1605096		TUBO ACO ASTM A53 PRETO SC SCH40 3/4	N		3,000	KG	00102987

Figura 11. Tela da estrutura local dos equipamentos do redutor do moinho.

- Inclusão do redutor do moinho no Plano de Manutenção atual para a realização da análise do óleo sintético a cada 3 meses

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Exibir plano de manutenção: PIEstratManut. 000000139764

Plano manutenção: 139764 PREDITIVA - COLETA DE OLEO - ROTA 1

Cabeç.pl.manut.

Ciclos plano de manutenção 20.11.2013 Parâmetro programação plano manutenção Dados adicionais ...

Ciclo	Unidade	Txt.p/ciclo manut.	Offset
	84 DIA	3 Meses	0

Item: Lista de objetos item Localização item Solicitações programadas item Ciclos item 20.11.2013

Item manutenção: 301626 PREDITIVA - COLETA DE OLEO - RO ...

Ord.	Denominação objeto	Loc.instalação	Denom.loc.instalação
		2020-01-01-05-04-MXAT12	AGT TQ SOL CAL MXTQ12
		2020-01-01-15-05-MXAT14A	AGT TQ MXTQ14A
		2020-01-01-15-05-MXAT14B	AGT TQ MXTQ14B
		2020-01-01-01-02-V1ACM01	ACION MEC VIRADOR VAGUES
		2020-01-01-02-02-V2ACM02	POSICIONADOR DO VIRADOR VAGAO
		2020-01-01-13-02-M4GR401	SIST GIRO RAPIDO MOINHO 4

Figura 12. Tela do plano de manutenção de coleta de óleo.

- Inclusão no Plano de Manutenção atual a realização da análise de vibração do redutor do Moinho

Exibir plano de manutenção: PIEstratManut. 000000136066

Plano manutenção: 136066 PREDITIVA - ANALISE DE VIBRACAO ROTA 2

Cabeç.pl.manut.

Ciclos plano de manutenção 20.11.2013 Parâmetro programação plano manutenção Dados adicionais ...

Ciclo	Unidade	Txt.p/ciclo manut.	Offset
	35 DIA	35 dias	0

Item: Lista de objetos item Localização item Solicitações programadas item Ciclos item 20.11.2013

Item manutenção: 292663 PREDITIVA - ANALISE DE VIBRACAO ...

Ord.	Loc.instalação	Denom.loc.instalação	Conjunto	Denominação c
	2020-01-01-45-11-B2TR09	ANSP CORREIA ALIM B2TR08		
	2020-01-01-45-11-B2TR10	TRANSP CORREIA ALIM B2SB01/M4TR401		
	2020-01-01-45-11-B2TR11	TRANSP CORREIA ALIM B2TR10		
	2020-01-01-13-02-M4GR401	SIST GIRO RAPIDO MOINHO 4		

Figura 13. Tela do plano de manutenção de análise de vibração.

- Identificação no corpo do redutor do Moinho 4 que poderá ser utilizado apenas óleo sintético

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Figura 14. Tela do plano de manutenção de análise de vibração.

- Inserido no Relatório Diário de Processo o Indicador do Consumo Específico (kW/t) mensal, onde os desvios serão automaticamente apontados e de acordo com a metodologia de gestão interna, deverão ser tratados pela equipe de manutenção da fábrica.

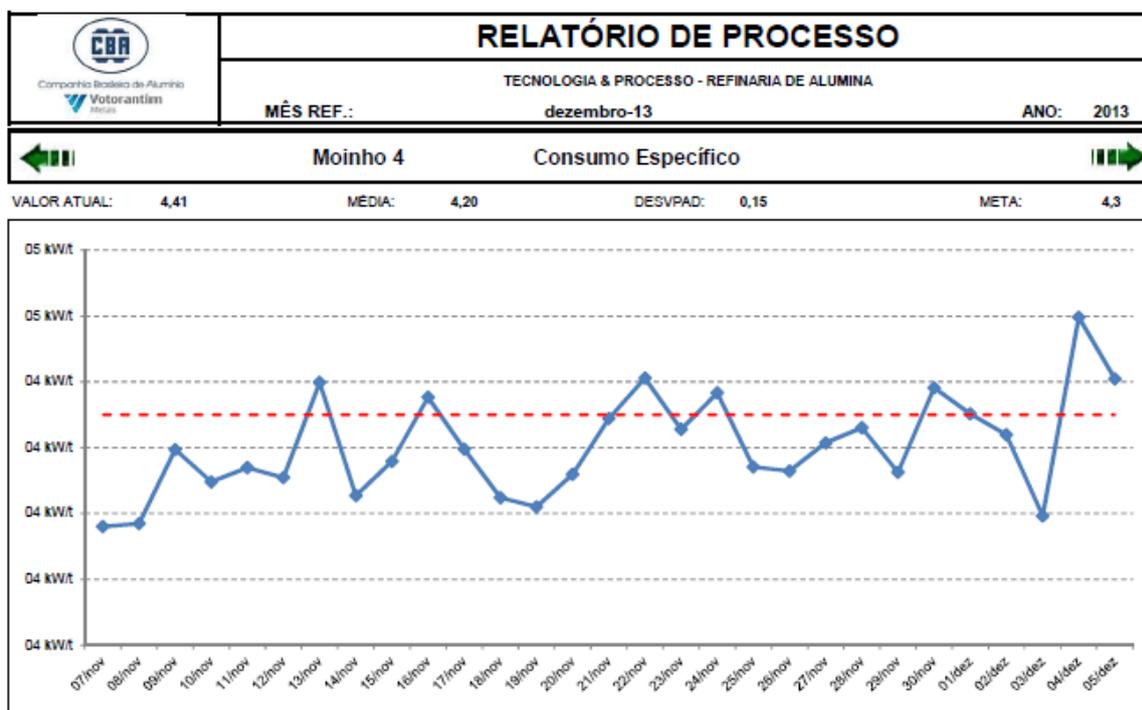


Figura 15. Relatório de Processo do consumo específico do Moinho.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



4 CONCLUSÃO

A partir de um problema sistêmico e oportunidade de um ganho energético, foi utilizado um conjunto de ações, conforme descrito ao longo do trabalho que solucionou um problema de manutenção/operação e também trouxe benefício energético através de ações simples com baixo investimento atingindo resultado favorável para a organização.

Agradecimentos

Agradeço este trabalho ao empenho e dedicação dos colegas de trabalho: Peter Gabriel, Anderson Rodrigo, Bruno Henrique, Lucio da Silva e Donisete Alves que com comprometimento e empenho dedicaram todos os esforços possíveis para o sucesso deste projeto e também o apoio do Gerente de Manutenção Geraldo Torres e do Gerente Geral da Alumina Joaquim Ribeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 Wikipédia: A enciclopédia livre [página da internet]. Minitab. 2014 [acesso em 17 mai. 2014]. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Minitab>

* *Contribuição técnica ao 35° Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29° Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.*