

Eficiência Produtiva de Cal Virgem

Silva, Alexandre Gilberto¹ (Faculdades Kennedy) alexandroengenheirodeproducao@hotmail.com
Cabral, Sabrina Gomes 2 (Faculdades Kennedy) sabrinagcabral@hotmail.com

Resumo:

Diante da concorrência do mercado atual e da necessidade da máxima utilização dos recursos dentro da organização, os desperdícios são inadmissíveis para as empresas terem um bom resultado em suas operações.

Esse trabalho, realizado na empresa Alfa localizada no estado de Minas Gerais, utiliza uma ferramenta de detecção dos desperdícios, o OEE (Overall Equipment Effectiveness). Este mecanismo evidencia os problemas e objetiva uma redução da variabilidade e aumento da eficácia da estabilidade dos processos, concentrando-se, sobretudo, no aumento da disponibilidade dos equipamentos e na melhoria do seu comportamento. Assim, conseqüentemente, há uma eliminação dos custos trazendo uma melhora no sistema de eficiência global do equipamento.

A empresa estudada está na área de calcinação e o foco de estudo é um dos seus fornos verticais tipo Maerz. Todo o processo de calcinação realizado através do forno é estudado, e por meio do OEE os desperdícios são identificados. Com a avaliação dos resultados do diagnóstico os problemas são apontados e conseqüentemente o cálculo do desperdício das operações de transformação na linha produtiva.

Palavras chave: Desperdício, eficiência produtiva, OEE, manufatura.

Productive efficiency of quicklime

Abstract

Before the current market competition and the need for maximum utilization of resources within the organization, waste are unacceptable for companies to have a good result in their operations.

This work, was done in Alpha Company located in Minas Gerais State, uses a tool for detection of waste, OEE (Overall Equipment Effectiveness). This mechanism highlights the problems and objective reduction of variability and increase the effectiveness of process stability, focusing mainly on increasing the availability of equipment and the improvement of their behavior. So, consequently, there is an elimination of the costs of bringing an improvement in the overall efficiency of equipment.

The studied Company is in the area of calcination and the focus of study is one of its kind Maerz vertical ovens. All the calcination process is carried through the oven studied, and by means of OEE waste are identified. With the evaluation of the results of diagnostic problems are pointed out and therefore the calculation of waste processing in the production line.

Key-words: waste, productive efficiency, OEE, manufacturing

1. Introdução

A secretaria de geologia, mineração e transformação mineral- SGM, afirma que as maiores reservas lavráveis de calcário se encontram em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná. Juntos, esses estados detêm aproximadamente metade das reservas brasileiras.

Em 2007, a produção de cal virgem no Brasil foi de 7,4 milhões de toneladas (SILVA, 2009). A quantidade de calcário utilizada na fabricação de cal, em 2007, pode ser estimada em aproximadamente 14,8 milhões de toneladas, ou seja, pouco mais de 14% da produção de calcário no Brasil.

Atualmente as indústrias de cal representam um importante papel no desenvolvimento das nações, não só pela multiplicidade de seus usos em uma economia moderna, mas também pelas suas características e pela rigidez locacional das jazidas, podendo assim levar emprego ao interior e muitas outras regiões fomentando a economia.

O universo da cal no Brasil tem a mesma vocação do que em países desenvolvidos, orientando-se para a criação de expressivos mercados nos setores da agricultura, construção civil, estabilização dos solos, siderurgia, álcalis, tratamento de água e esgoto, papel celulose, açúcar, metalurgia do alumínio, vidro, carbureto de cálcio precipitado, produtos alimentícios, couros, inseticidas, borracha, fertilizantes, tijolos, sílica cal, tintas, petroquímica e outras.

Há dois tipos de cales: A cal virgem, também conhecida como cal viva, e a cal hidratada. A cal virgem é o produto da calcinação de rochas carbonatadas (calcário) quando elevado a temperaturas próximas de 900 a 1.000 °C. A cal hidratada é um produto da cal virgem. Ela é obtida a partir da cal virgem, através da adição de água, gerando hidróxido de cálcio e outros compostos. Nesse processo, uma tonelada de cal virgem resulta em 1,2 toneladas de cal hidratada (SILVA, 2009).

Para efeitos de cálculo da quantidade de calcário demandada para a produção de cal, somente a quantidade de cal virgem é considerada. Teoricamente, para cada tonelada de cal virgem, são necessárias 1,7 a 1,8 toneladas de calcário a ser calcinado, porém na prática, as indústrias produtoras de cal virgem observam uma relação de aproximadamente duas toneladas de calcário para cada tonelada de cal virgem produzida (SILVA, 2009).

A empresa estudada neste artigo se encontra em Minas Gerais na grande Belo Horizonte. Fundada em 1940 com a construção do primeiro forno vertical de produção contínua da América do Sul, possui hoje, três fornos verticais e um forno horizontal rotativo, totalizando uma capacidade produtiva de 1.700 toneladas/dia de cal virgem. A empresa estudada será denominada Alfa neste trabalho.

A partir de estudos realizados no chão de fábrica, este trabalho visa detectar oportunidades de melhoria em um dos fornos verticais do tipo Maerz da organização Alfa e nas transformações nas quais este processo assume. Após a detecção de fatores como queda de velocidade, pequenas paradas e *setups*, a implantação de ferramentas *Lean Manufacturing* passam a ser primordiais para identificação dessa perdas.

Também conhecida como manufatura enxuta a *Lean Manufacturing* utiliza um indicador de eficiência global de equipamentos. Esse indicador que possui a sigla OEE '*Overall Equipment Effectiveness*' como base metodológica a Manutenção Produtiva Total TPM, originadas no Japão.

Recorrer a uma metodologia de trabalho de manutenção é recorrer a um sistema de gestão de equipamentos que pretende maximizar a sua Eficiência Operacional Global, ao longo da vida

útil do equipamento. Objetivando a melhoria do binômio homem-máquina, é necessário ajustar a funcionalidade humana e da máquina para obter a melhor eficiência possível.

Pode-se afirmar que uma máquina permite funcionalidade 24 horas por dia 365 dias no ano, assim os recursos disponíveis devem atender o mesmo tempo com a mesma eficiência, a busca incessante por esta eficácia gera um aumento de disponibilidade, performance e qualidade, permitindo o alcance de uma maior competitividade.

2. Embasamento teórico

Existem operações que agregam valor ao produto/serviço e as que não agregam (SANTOS; SANTOS, 2007). A Manutenção Produtiva Total (TPM- Total Productive Maintenance) é uma ferramenta que pode auxiliar na redução de reparos feitos em máquinas, muitas vezes realizados pelo próprio operador, por meio de manutenção autônoma aumentando a eficiência dos equipamentos. A TPM vai além de uma forma de se fazer manutenção, é uma filosofia gerencial, atuando de forma organizacional, no comportamento das pessoas e na forma com que tratam os problemas diretamente ligados aos processos produtivos (CASTRO; ARAÚJO, 2010).

Segundo Santos; Santos (2007), dentro deste contexto o OEE - *Overall Equipment Effectiveness* pode ser considerado uma combinação de operação, manutenção e gerenciamento dos equipamentos e recursos de manufatura. Dados precisos de performance de equipamento são essenciais para o sucesso e continuidade das atividades ligadas a TPM. Se a extensão e as razões para as perdas de produção não forem totalmente compreendidas, então nenhuma ação relativa a TPM pode ser empregada de forma satisfatória (RAMOS, 2010). Conforme Nakajima (1988); Ericsson (1997) as perdas de produção, em conjunto com os custos indiretos e ocultos, constituem a maior parte do custo de produção total. O uso do OEE pode ser visto como uma tentativa de revelar os custos ocultos de produção (CASTRO; ARAUJO, 2010). Segundo Cardoso (2013) os objetivos da TPM estão relacionados com a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria prima, produtos etc.) e em termos humanos com o aprimoramento das capacitações dos profissionais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes o conhecido CHA. Outro objetivo é o de alcançar um nível excelente do rendimento operacional global.

O sistema enxuto de produção (Lean Manufacturing) emprega que a eficácia deve ser avaliada considerando tanto as perdas existentes nos equipamentos, quanto as perdas por gestão. Estas se caracterizam por perdas não associadas diretamente ao equipamento, porém, impedem que este permaneça em perfeita produção, performance e qualidade, índices essenciais para uma eficiência absoluta no sistema manufatureiro.

A melhor fábrica de produção enxuta no Japão, e a pior fabrica de produção em massa na América do Norte ou Europa teriam demonstrado suficientemente as diferenças entre a produção enxuta e em massa, a grande diferença de um gestor enxuto para um produtor comum, esta caracterizado pelo forte impacto lucrativo do primeiro e as perdas incalculáveis do segundo (WOMACK; JONES, 2004).

2.1 Total Procutcion Maintenance (TPM)

A TPM se difundiu rapidamente nas organizações do mundo todo de acordo com (SOUSA, 2013). Essa difusão deve-se a garantia de redução / eliminação de desperdícios dentro de uma linha de manufatura.

A TPM influencia no resultado da organização positivamente porque esse processo reduz as quebras nas operações, minimiza os tempos em que os equipamentos operam sem produzir ou restrição de produção, redução do número de pequenas paradas, diminuição dos defeitos nos

produtos, elevação da produtividade e redução dos custos, redução de estoques e eliminação de acidentes (SOUSA, 2013).

2.2 Calculo OEE

O OEE é uma medição que procura revelar os custos escondidos na empresa (CHIARADIA, 2004).

A identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE. Logo a limitação da empresa em identificar suas perdas impede que se disponibilizem esforços no restabelecimento das condições originais dos equipamentos, garantindo alcançar a eficácia global, conforme estabelecido pelas metas da empresa quando o equipamento foi comprado.

2.2.1 Disponibilidade

$$\frac{\text{Tempo Real disponível} = \text{TRD}}{\text{Tempo de Carga} = \text{TC}}$$

Este índice leva em consideração o tempo em que a máquina está funcionando considerando as paradas programadas como as de manutenção preventiva, almoço, treinamento, reunião, entre outros. Para isso ela considera as seguintes perdas:

- **Perdas de gestão** – aguardando programação, falta de operador, falta de ferramental, aguardando produto da operação anterior, etc;
- **Perdas por paradas não programadas** - manutenção, *setup*, aguardando laudo, falta de energia elétrica, etc.

2.2.2 Performance

Este índice busca avaliar se a máquina está sendo utilizada em sua potencialidade máxima ou não. Ele pode ser calculado através da equação:

$$\frac{\text{Peças produzidas}}{\text{Tempo padrão (peças x hora) x TRD (H)}}$$

Sendo que:

Peças produzidas = quantidade ou volume de produção total.

Tempo padrão = quantidade de peças ou volume por hora.

TRD = tempo real disponível para operações em horas.

A diferença entre a performance teórica e real deve-se às perdas relacionadas às pequenas paradas e à queda de performance da máquina (Nakajima, 1989).

2.2.3 Qualidade

Este terceiro índice que compõe o OEE corresponde a seguinte questão:

“A máquina está produzindo com as especificações certas?”. Este índice pode ser obtido através da equação:

$$\frac{\text{Produção total} - \text{refugos} - \text{retrabalhos}}{\text{Produção total}}$$

$$\text{OEE}(\%) = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Deste modo uma simplificação pode ser ilustrada abaixo conforme figura 1 a seguir.

TEMPO DISPONIVEL TOTAL		
TEMPO DISPONIVEL PARA PRODUÇÃO		PLANEJADO
TEMPO REAL DE PRODUÇÃO		FALHAS
TEMPO DESEJADO COM O CICLO IDEAL		
DESEMPENHO REAL	PERDA DE VELOCIDADE PEQUENAS PARADAS	
QUANT. DE PRODUTO TOTAL		
QUANT. DE PRODUTO OK	SUCATA RETRABALHO	

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 1 – Apresentação de aproveitamento

2.3 Sistema Lean Manufacturing

A verdadeira importância da indústria japonesa está no fato de não ter replicado o venerável enfoque da produção em massa norte americano (WOMACK; JONES e ROOS, 1992).

Segundo Santos; Santos (2007) o produtor enxuto combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos dessa primeira e a rigidez desta última. Com essa finalidade, emprega na produção enxuta: as equipes de trabalhadores muito qualificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente automatizadas, para produzir volumes de produtos de ampla variedade.

A produção, praticada dentro dos princípios da manufatura enxuta, assume características contrárias à produção em massa. Os volumes de estoques são reduzidos, o comprometimento do trabalhador no processo produtivo é maior, a multifuncionalidade é incentivada para dar suporte a novas responsabilidades assumidas pelos trabalhadores, possibilitando assim a redução dos lotes de fabricação, redução no lead time, isto é, redução no tempo a partir da colocação do pedido pelo cliente até o momento em que o produto esteja disponível para o cliente, além do incremento na qualidade dos produtos (SOUZA, 2013).

Qualquer indústria, seja ela, de pequeno, médio ou grande porte que pretenda ser competitiva nos dias de hoje, terá que investir em, programas de conhecimentos e Habilidades, métodos e tecnologias, buscando a diferenciação dos concorrentes. Atualmente, uma das mais populares escolhas de investimento, é a produção Lean (SOUZA, 2013).

O surgimento da produção enxuta é originada no Japão, na empresa construtora automóvel Toyota, pelo engenheiro Taiichi Ohno, em 1940. O sistema de produção da Toyota, conhecido por, Toyota Production System (TPS) era baseado no desejo de produzir num processo de fluxo contínuo, em que não dependia de longos ciclos de produção para ser eficiente (WOMACK; JONES, 2004). Isto era exatamente o oposto, do que se fazia no mundo Ocidental, onde a produção em massa, inicialmente desenvolvida por Henry Ford, se baseava em torno do planejamento das necessidades de material e em sistemas informáticos complexos. (SOUZA, 2013).

Claramente, não há fim para o ciclo do futuro tornar se presente. Isto deveria ser o coração da administração no dia a dia em qualquer organização com um produto para vender, quer seja um bem material, um serviço ou alguma combinação constituindo um solução para os problemas dos clientes (ROTHER; SHOOK, 1998). E quando se remove as bases dos

desperdícios durante um ciclo, se descobre mais desperdícios escondidos nos ciclos seguintes, podendo assim serem eliminados. A tarefa dos gestores enxutos e suas equipes é manter este círculo vicioso em constante funcionamento.

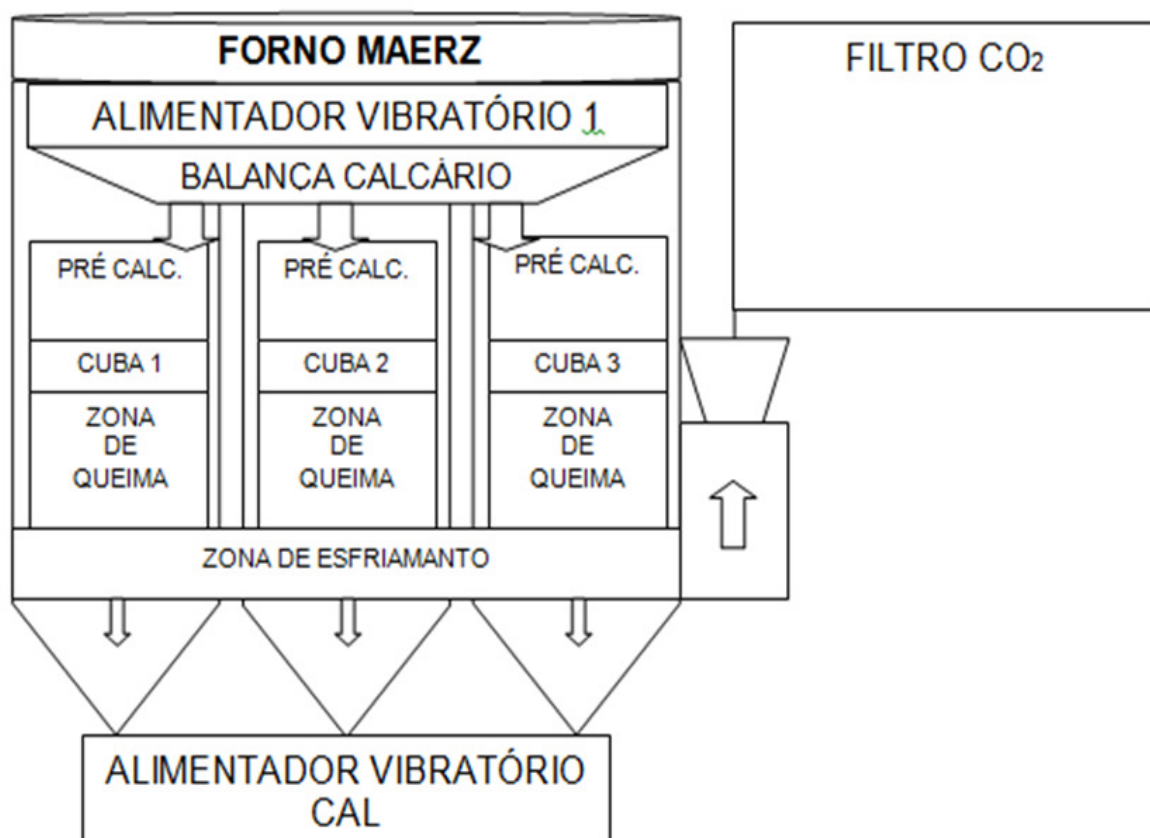
2.4 Produção de cal virgem em fornos verticais (Maerz)

O forno estudado é de tecnologia suíça, tem fluxos paralelos que dão alta eficiência de consumo energético, comumente utilizados na Alemanha, EUA e França, grandes produtores de cal. Os fornos Maerz, cercados de um grande aparato para mitigar os impactos ambientais, é contrário dos fornos de barranco.

Em uma visão global, tem se que a produção de cal é muito simples, pois, consiste na queima dos insumos conforme figura 2, porém, a complexidade na qual os efeitos do processo proporciona, na flexibilidade de operações, equipamentos hidráulicos, eletromecânicos e mesmo às transformações de gênero mix de combustíveis, e mesmo de ordem quantitativa para estabilidade do forno é de extrema variação, inclusive a variação e fluxo de gases.

O processo químico é basicamente: $\text{CaCO}_3 + \text{calor} = \text{CaO} + \text{CO}_2$, onde CaO é a cal virgem obtida através da descarbonetação.

As temperaturas de calcinação variam como que para decompor o CaCO_3 deve-se atingir aproximadamente 900°C . A estrutura e a morfologia do calcinado sofrem modificações com a exposição ao calor – tão mais profundas quanto maior forem a temperatura e a duração do processo e isso pode diminuir a reatividade de alguns produtos calcinados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2 – Fluxo de transformação da cal

3. Objetivo

Encontrar oportunidades de ganhos produtivos na produção de cal virgem em fornos verticais através do OEE. Para tanto, identificar oportunidades de ganhos produtivos a partir de índices de performance. Buscar excelência na qualidade do produto e das operações. Identificar falhas na disponibilidade dos equipamentos e do sistema fabril. Garantir a confiabilidade de informações gerenciais a partir de amostragens colhidas no coração da fábrica. Buscar oportunidades de identificar custos produtivos ocultos.

4. Metodologia

Este artigo é resultado de um estudo de caso em uma empresa de calcinação denominada, neste trabalho de Empresa Alfa. Esta pesquisa teve o foco na eficiência da produção de cal virgem em um dos fornos verticais da Empresa Alfa, utilizando como ferramenta principal o OEE - *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento), que é proveniente da metodologia TPM – Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance), uma estratégia de gestão dos equipamentos concebida para alcançar uma eficiência máxima, com o envolvimento de todos operadores dentro do sistema.

5. Estudo de caso

Embora a planta estudada da Empresa Alfa consista de uma estrutura de três fornos verticais e um forno horizontal rotativo, foi pego, como processo piloto, um dos fornos verticais tipo Maerz. O estudo deste equipamento chave teve como foco à excelência operacional, para isto, uma cautelosa investigação na descoberta de oportunidades se prolongou por um período de 8 meses. Buscar contínua e incessante perfeição nos processamentos, melhorar a eficácia na qualidade do produto, obter velocidade contínua, eliminar ao máximo os valores não agregados, produzir com máxima eficiência, manter performance absoluta em um melhor tempo disponível é o compromisso que a produção enxuta emprega, e o OEE é uma ferramenta essencial para tal desempenho no “coração da fábrica”.

5.1 Análise e interpretação dos dados

O primeiro parâmetros avaliados nessa pesquisa foi a capacidade produtiva do forno vertical tipo Maerz, onde se obteve 346,73684 toneladas por dia, analisada na seguinte ordem:

Capacidade produtiva= (segundos por dia) / (tempo de ciclo mais reversão em segundos) * (capacidade de carga total por cuba * rendimento do processo), ou seja; $CP = (1440 \cdot 60) / (700 + 60) \cdot (5000 \cdot 61\%) = 346,73684 \text{ ton./dia}$.

Tomando como parâmetro que se tem capacidade produtiva de 346,73684 ton./dia, pode se dizer que a cada 4,153006 minutos se produz 1ton. Ex: $1440 \text{ minutos/dia} / 346,73684 \text{ ton/dia} \cdot 1 \text{ton} = 4,153006 \text{ minutos/ton}$.

Para todos os inputs deste estudo, admitiu-se que a ordem quantitativa dos valores tangíveis fosse em minutos, toneladas e reais. Logo para o índice de disponibilidade do equipamento e do processo as paradas são informadas em minutos. Para o índice de performance, toneladas e minutos. Já para o índice de qualidade surgiu um maior desafio, uma vez que, para o cálculo OEE é tomado como valor tangível refugos e retrabalhos, para um processo de calcinação o verdadeiro valor agregado esta no menor teor de CO2 possível ao qual este output irá informar: O desafio é; Transformar teor de CO2 em toneladas, para que as informações de calculo sejam conformes.

Foi um questionamento muito debatido por todos estudiosos pensadores ao longo do tempo nesta pesquisa, e tomando como forma de mensurar esta quantificação, definiu-se que, para cada teor de CO2 acima do esperado, uma perda quantitativa em toneladas será refugada, mas

isto não implica refugar a cal produzida, admite se informar um valor absoluto para o índice de qualidade, conforme demonstrativo a baixo, planilha 1 e planilha 2.

CO2	QUALIDADE	
2,5	100%	-33,25
3,5	90%	0,075
4,25	80%	33,4
5	70%	66,725
5,75	60%	100,05
6,5	50%	133,375
7,25	40%	166,7
8	30%	200,025
8,75		233,35
9	20%	266,675
10	10%	300
ACIMA		300

Fonte: Elaborado pelo autor

Planilha 1- Analise de transformação

DIA	CO2							
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
1				5,11			7,77	3,65
2				2,1	5,17	4,44	2,79	
3	4,64	6,23			2,12	4,78	3,63	
4		5,12				5,27	1,57	5,6
5		4,52				4,44		7
6	6,29	4,93	4,02		2,12	1,93		5,56
7	6,18	6,45	5,3	5,04	7,67		3,68	2,89
8	5,8			5,24	6,22		6,79	4,11
9	6,87			2,26	7,45	1,2	4,25	
10	5,93	5,8	12	6,51		4	4,33	
11		5,08	4,43	5,82		1,44	3,11	2,87
12		4,98	11,45		1,98	1,62		3,26
13	3,6	8,36	6,54		2,01	7,94		3,11
14	4,03	8,76	5,9	2,21	2,43		3,88	2,16
15	4,59			2,86	1,81		6,67	2,22
16	5,71			1,68	6,61	5,18	2,8	
17	5,1	4,93	14,08	2,47		1,62	2,69	
18		6,69	6,35	1,12		4,26	2,73	5,09
19		7,87	6,74		2,3			2,94
20	3,81	5,13	8,92		4	6,72		5,22
21	4,5	5,21	6,26		6,47		3,45	5,91
22	4,1				6,08		1,48	3,47
23	4,52				11,96	6,74	2,33	
24	6,76	3,5	5,87			4,23	1,7	
25		6,77	4,63			4,89	4,77	3,47
26		4,94	4,02		4,48	2,88		5,41
27	5,98	11,79	5,94		3,99	2,12		7,72
28	5,68	4,6	4,36	8,87	3,07		5,29	1,39
29	6,73			1,29	6,2		2,76	8,15
30	5,1			6,25	1,46	1,45	3,39	
31	4,75		7,57				3,42	

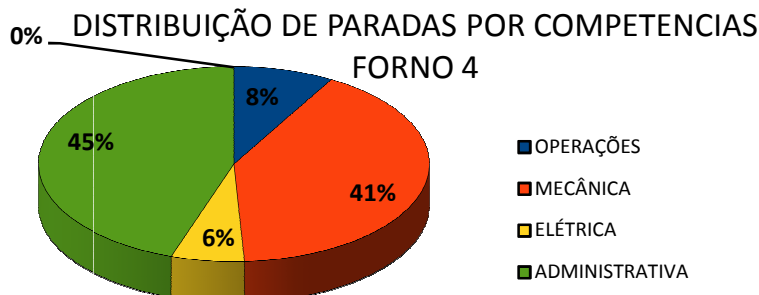
Fonte: Elaborado pelo autor

Planilha 2- Coleta, analise e resultado do laboratório interno

5.2 Resultados

O índice de disponibilidade mostrou grande variabilidade, e as justificativas estão nos próprios gráficos de apresentação, conforme Gráfico 1 e Gráfico 2 a seguir.

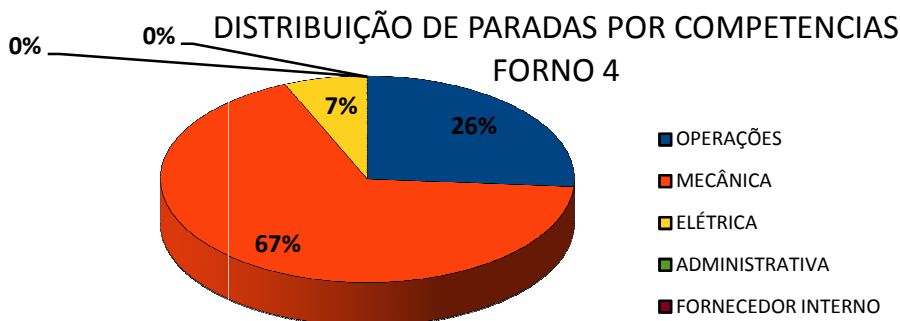
TEMPO EM MINUTOS		SISTEMA		JUSTIFICATIVA
PARADAS	JAN	TOTAL	INDISPONIVEL	
OPERAÇÕES	466	1423	12,6%	A AUTONOMIA DOS SILOS NÃO SUPOU A ESPERA POR VENDAS, HAVENDO PARADA ADMINISTRATIVA POR 2.298 MINUTOS. JÁ OS PROBLEMAS MECÂNICOS DURANTE TODO O PERÍODO SE MANTIVERAM FREQUENTES PARA UM ACUMULO DE 2.520 MINUTOS.
MECÂNICA	2298			
ELÉTRICA	340			
ADMINISTRATIVA	2520			
FORNECEDOR INTERNO	0			



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 1- Coleta e análise de dados

TEMPO EM MINUTOS		SISTEMA		JUSTIFICATIVA
PARADAS	Fev	TOTAL	INDISPONIVEL	
OPERAÇÕES	278	1501	2,6%	VARIOS PROBLEMAS MECÂNICOS PERSISTIRAM AO LONGO DO PERÍODO, COMO FALTA DE AR COMPRIMIDO, VAZAMENTO DE ÓLEO HIDRÁULICO, TROCA DE VP'S. PORÉM O MAIOR AGRAVANTE FOI A REVISÃO NO FILTRO DE MANGAS E O VAZAMENTO DE ÓLEO HIDRÁULICO NA VALVULA DIRECCIONAL DAS CUBAS.
MECÂNICA	714			
ELÉTRICA	69			
ADMINISTRATIVA	0			
FORNECEDOR INTERNO	0			



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 2- Coleta e análise de dados

Assim consecutivamente até o mês de Agosto, todas as representações gráficas de disponibilidade mostraram maiores perdas por mecânica e administração.

Um demonstrativo geral de eficiência é utilizado para interpretar que a disponibilidade da máquina é diferente da disponibilidade global. Esta inclui paradas programadas e não programadas. Diante dessa condição tem-se a Disponibilidade do sistema (disponibilidade) e Disponibilidade do equipamento (utilização), ou seja, existem momentos em que o equipamento está pronto para utilização, porém, por haver falhas administrativas, não é utilizado, conforme Planilha 3 a baixo.

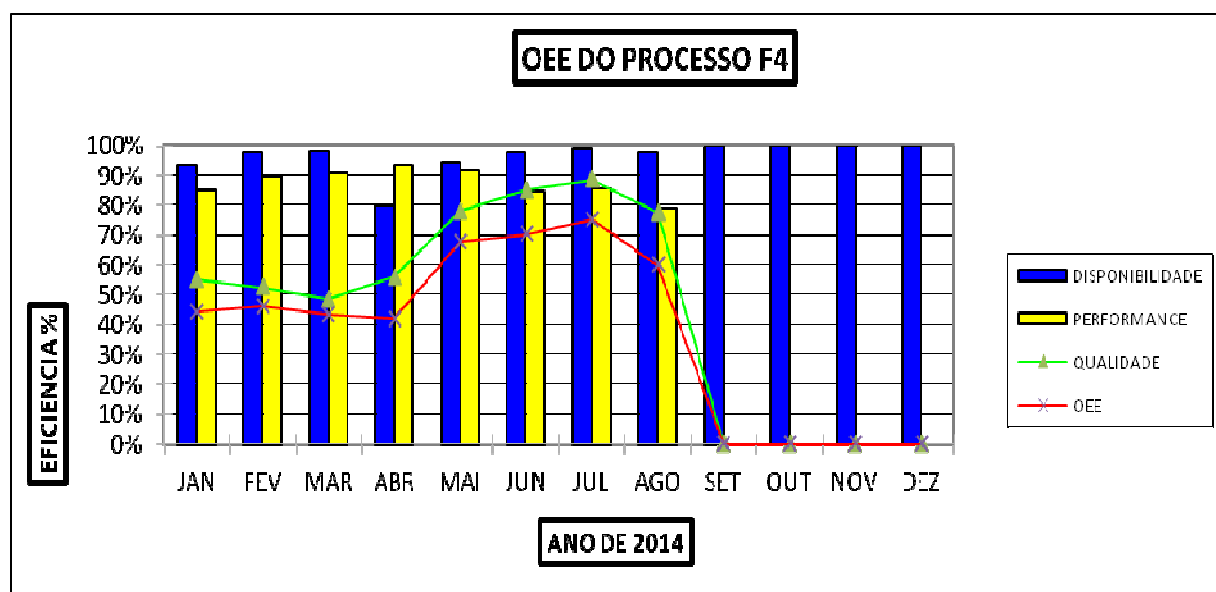
CAPACIDADE DO PROCESSO (minuto/n)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
346,736841unidade	4.1530,5769	546.736,84	BS= tempo total em segundo por dia / tempo de ciclo * carga máxima por ciclo * tempo de ciclo					
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO
TEMPO DISPONÍVEL TOTAL (minuto)	44.640,0	40.320,0	44.640,0	45.200,0	44.640,0	43.200,0	44.540,0	44.640,0
JORNADA DE TRABALHO (minuto)	44.640,0	40.320,0	44.640,0	45.200,0	44.640,0	43.200,0	44.540,0	44.640,0
FARADAS PROGRAMADAS (minuto)	2.986,0	278,0	411,0	11.078,0	236,0	210,0	33,0	224,0
TEMPO DISPONÍVEL PARA O TRABALHO (minuto)	41.654,0	40.042,0	44.229,0	32.122,0	44.404,0	42.990,0	44.507,0	44.416,0
ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE	93,2%	99,3%	99,1%	74,4%	99,5%	99,5%	99,7%	99,3%
FARADAS N-PROGRAMADAS (minuto)	2.638,0	783,0	694,0	6.414,0	2.378,0	1.014,0	285,0	979,0
TEMPO ÚTIL DE OPERAÇÃO (minuto)	39.016,0	39.259,0	43.535,0	25.708,0	42.026,0	41.576,0	44.222,0	43.437,0
ÍNDICE DE UTILIZAÇÃO	94%	98%	98%	80%	95%	96%	99%	98%
QTD REAL PRODUZIDA (unidade/d)	8.025,6	8.503,0	9.524,4	5.799,0	5.290,7	8.554,3	9.117,2	8.288,3
ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE	85%	90%	91%	94%	92%	85%	86%	79%
QTD REFGADA/RET. (unidade/d)	3593,5	4034,7	4501,1	2547,3	2035,2	1268,7	1035,4	1368,5
ÍNDICE DE QUALIDADE	55%	53%	49%	56%	78%	82%	89%	77%
OEE PRODUÇÃO	44%	46%	43%	42%	68%	70%	78%	60%
OEE TOTAL	41%	46%	43%	31%	67%	70%	75%	60%
META OEE	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%

Fonte: Elaborado pelo autor

Pilha 3 - Coleta e análise de dados

Deste modo, a forma como é calculado o OEE, permite aos gestores, empenharem esforços nos maiores desperdícios, pois, fica explícito todas as oportunidades de melhorias.

A representação gráfica a seguir (gráfico 3) traz a eficiência de cada índice do calculo OEE. Avaliando o índice de performance percebe-se uma ineficiência bem permanente em todos os meses. Isto ocorreu devido a baixas cargas de calcario nas cubas, pois o forno foi reduzido devido a vazamento de gases por pressão de carga alta (refratários com entradas). Operíodo de campanha deste forno já está esgotado, porém produz com baixa performance. Além disso a sua produção foi reduzida ainda mais a partir de Junho, por motivo de “baixa demanda”.



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 3 - Coleta e análise de dados

O índice de qualidade apresenta uma ineficiência nos primeiros três meses, porém, tem resposta imediata no mês de Abril, onde a causa raiz foi detectada e corrigida. O fator crítico era imperfeições nas lanças de queima, quando todas elas foram trocadas. Assim a qualidade voltou a seguir parâmetros regulares de CO2, mas ainda há uma busca incessante da

qualidade continua. Decorrente a troca de lanças justifica-se a indisponibilidade alta no mês de Abril.

Um OEE de 85% deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos. Empresas que obtiveram OEE superior a 85% ganharam o **prêmio TPM Award**. Para se obter esse valor de OEE é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade * 95% performance * 99% qualidade (Nakajima,1989).

5.3 Aplicação de valor financeiro

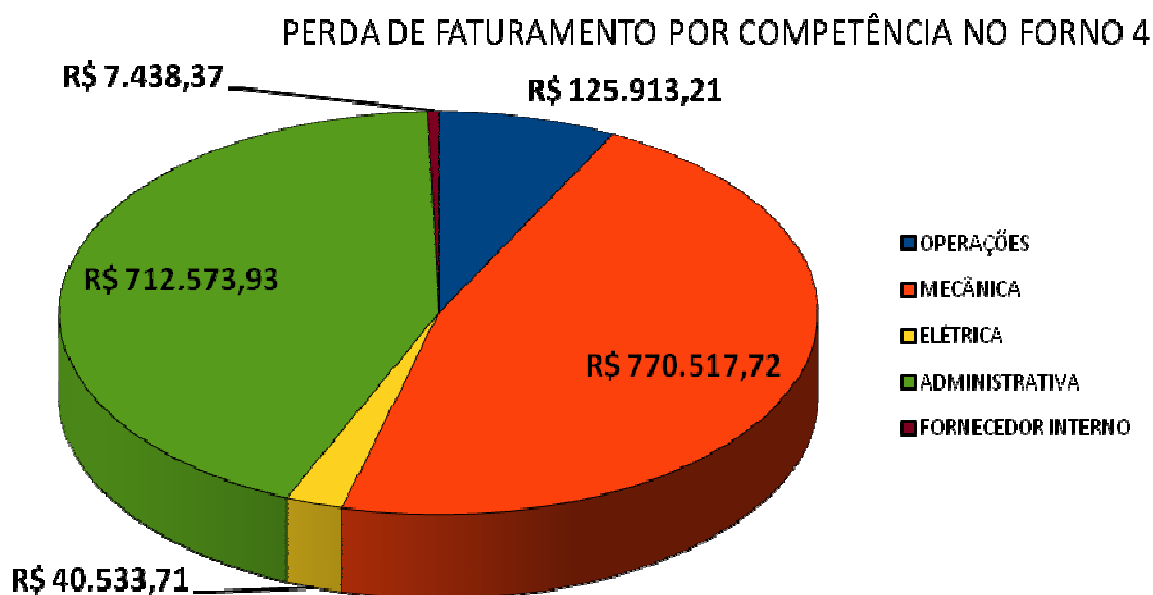
Esta etapa mostra-se e os custos ocultos do chão de fábrica. Percebe-se a importância da utilização eficaz do tempo dentro de uma indústria e como uma ordem administrativa pode influenciar nos resultados operacionais.

Cada tonelada de cal é R\$223,69 reais. O tempo disponível é de 1440 minutos por dia. A cada 4,2 minutos o equipamento produz 1 tonelada. Então este equipamento é capaz de faturar para a ordem econômica da empresa R\$53,90 por minuto. No entanto, a perda no faturamento é de R\$53,90 reais por minuto indisponível.

O gráfico 5 a seguir mostra claramente todas as perdas por indisponibilidade das competências manufatureiras.

PERDA FINANCEIRA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL/COMPETÊNCIA
OPERAÇÕES	23.117,96	14.304,53	22.153,10	30.374,66	12.730,63	11.310,21	7.100,06	12.073,07	0,00	0,00	0,00	0,00	125.913,21
MECÂNICA	121.061,07	38.163,16	36.375,11	336.060,53	128.177,27	45.262,11	9.432,71	52.174,37	0,00	0,00	0,00	0,00	770.517,72
ELÉTRICA	18.326,41	3.719,18	1.131,93	3.018,47	0,00	7.812,07	5.929,13	503,91	0,00	0,00	0,00	0,00	40.533,71
ADMINISTRATIVA	131.831,04	0,00	0,00	376.742,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	712.573,93
FORNECEDOR INTERNO	0,00	0,00	0,00	5.821,32	0,00	1.617,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.438,37
TOTALMÊS	301.140,38	57.189,18	59.560,13	942.839,87	140.897,75	65.975,01	22.532,77	64.843,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1.681.956,84

Fonte: Elaborado pelo autor



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5- Coleta e análise de dados

6. Considerações finais e conclusão

Diante de todos os cálculos detectou-se um não faturamento de R\$1.656.976,94 reais se acumulou de Janeiro a Agosto do ano de 2014. Estima-se que, só o forno estudado, deixará de faturar, cerca de 2,5 milhões de reais neste mesmo ano.

Estudos apontam para melhorias e agilidades nos setups operacionais que somam perdas médias de R\$15.739,15 reais por mês.

Esta máquina está apresentando perdas elétricas médias de R\$5.066,71 reais/mês. Ocasionalmente por paradas não programadas resultando ainda em manutenções corretivas de auto custo por necessidade de utilização imediata.

É de extrema importância que esforços sejam direcionados para o fluxo de saída dos produtos acabados, uma das maiores perdas encontradas nesta máquina em estudo. Esta perda administrativa somou R\$712.573,93 reais nos primeiros oito meses deste ano de 2014, e se tratando de parada do equipamento por estoques cheios, uma gestão cautelosa para estas fases difíceis pode ser estrategicamente planejada.

A indisponibilidade por falhas mecânicas se apresentou com o maior desperdício neste setor fabril, e trouxe um não faturamento de R\$770.517,72 reais.

Lembrando que o SISTEMA LEAN ataca os maiores desperdícios (melhores oportunidades), implica que todos os planos de melhoria devem ser imediatamente voltados para estas duas últimas oportunidades apresentadas (falhas mecânicas e administrativas). Pelo fato de se caracterizarem pela rigidez incessante da primeira e a não flexibilidade da segunda.

Desenvolver um fluxo enxuto de valor, expõe as fontes do desperdício em um processo produtivo. Acreditamos que todos, engenheiros e colaboradores, tem um papel fundamental na implementação do sistema de produção enxuta. Os principais benefícios após as mudanças no estado futuro é um aumento de competitividade e sustentabilidade da companhia, provocando um melhor ambiente de trabalho.

Referências

CASTRO, FABIANA PEREIRA.; ARAÚJO, FERNANDO OLIVEIRA. *Medição da Eficiência Operacional Através do Indicador OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS). Uma Proposta de Implementação no Seguimento de Bebidas. VI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, 2010.*

RAMOS, DIOGO DOS SANTOS. *TPM na Manutenção na Bosch Termotecnologia S.A.. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto Alegre, 2010.*

ROTHER, MIKE. SHOOK, JOHN. *Aprendendo a Enxergar. Meando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. São Paulo: The Lean Enterprise Institute, 1998.*

SANTOS, ANA CAROLINA OLIVEIRA. SANTOS, MARCOS JOSÉ. *Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura. Um Estudo de Caso. Foz do Iguaçu: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.*

SILVA, JOSÉ OTÁVIO. *Projeto Estal. Projeto de Assistência Técnica ao Setor de Energia. Minas Gerais: Ministério de Minas e Energia MME. J.Mendo consultoria, 2009.*

SOUSA, VAUDIR CARDOSO. *Organização e Gerência da Manutenção. Planejamento, programação e controle de manutenção. São Paulo: All Print, 2013.*

SOUZA, NUNO JORGE PINTO. *Aplicação da Metodologia Lean no Serviço de Manutenção de uma Empresa Alimentar. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Universidade Nova de Lisboa, 2013.*

WOMACK, JAMES. JONES, DANIEL. *A Máquina que Mudou o Mundo. Baseado no Estudo do Massachusetts Institute of Technology Sobre o Futuro do Automóvel. Rio de Janeiro: Campos, 2004.*