

IMPLEMENTAÇÃO DO OEE NAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS DO PROCESSO DE PELOTIZAÇÃO¹

Patrícia Mundim Campos Faria²
Lílian Silva Costa³
Tatiane Ferreira Alvarenga³
Reinaldo Walmir de Jesus³
Nemer Saib⁴
Eduardo Poltronieri Três³

Resumo

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador que mede o desempenho de um processo através da avaliação de três fatores: Disponibilidade, Eficiência e Qualidade, ou seja, este indicador avalia a disponibilidade do equipamento, em qual eficiência ele está operando e a qualidade do produto produzido. $OEE (\%) = Disponibilidade (\%) \times Eficiência (\%) \times Qualidade (\%)$. Desta forma, com o objetivo de identificar as fontes de desperdícios e ineficiências ou perdas do processo que reduzem a disponibilidade, a eficiência e a qualidade, para que ações corretivas ou preventivas podem ser tomadas, a metodologia do OEE foi adaptada e implementada nas operações unitárias (Moagem, Filtragem, Pelotamento e Forno) do processo de Pelotização. O resultado esperado é a melhoria contínua de todo o processo de Pelotização, desde a chegada do minério na moagem até o produto final, pois apesar do OEE ser um indicador mensal, a rotina de acompanhamento do mesmo e de seus componentes é diária, o que possibilita uma tomada de ação mais imediata, para que ao final do mês ou do ano a meta previamente determinada para o indicador seja alcançada.

Palavras-chave: OEE; Pelotização; Operação unitária.

OEE IMPLEMENTATION IN UNIT OPERATIONS OF PELLETIZING PROCESS

Abstract

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is a metric for measuring the process performance by evaluating the three components: Availability, Efficiency and Quality, i.e. this metric evaluates the equipment availability, how efficiently the equipment performs and the quality of the products produced. $OEE (\%) = Availability (\%) \times Efficiency (\%) \times Quality (\%)$. Thus, in order to identify sources of waste and inefficiencies or process losses that reduce the availability, efficiency and quality, so that corrective or preventive actions can be taken, the OEE methodology was adapted and implemented in unit operations (Milling, Filtration, Pelletizing and Furnace) of Pelletizing process. The expected result is the continuous development of the entire Pelletizing process, since of iron ores entrance in milling process until final product, although OEE is a monthly metric, the control routine is in a daily basis and this implies in a fast corrective action in order to get the monthly and annual target, previously determined for this metric.

Key words: OEE; Pelletizing; Unit operations.

¹ 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.

² Engenheira Química – Gerência de Engenharia de Processo da Vale .

³ Técnico Especializado de Produção – Gerência de Engenharia de Processo da Vale.

⁴ Engenheiro Metalurgista – Gerência de Engenharia de Processo da Vale.

1 INTRODUÇÃO

O processo de Pelotização pode ser subdividido em quatro principais subprocessos ou operações unitárias: Moagem, Filtragem, Pelotamento e Forno. Diante desta subdivisão, um controle de processo mais focado é essencial para aumentar o desempenho de cada uma destas etapas. Desta forma, iniciou-se um estudo sobre a metodologia do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) com o objetivo de aplicá-la às operações unitárias do processo de Pelotização, pois de acordo com a SMRP⁽¹⁾ (*Society for Maintenance and Reliability Professionals*), o OEE é um indicador que mede o desempenho de um processo através da avaliação de três fatores: Disponibilidade, Eficiência e Qualidade, ou seja, avalia a disponibilidade do equipamento, em qual eficiência ele está operando e a qualidade do produto produzido, ou seja, trata-se de um indicador completo.

$OEE (\%) = Disponibilidade (\%) \times Eficiência (\%) \times Qualidade (\%)$.

Vorne Industries⁽²⁾ definem o OEE como sendo uma “boa prática” para monitorar e aumentar o desempenho dos processos de manufatura. Trata-se de um indicador simples e prático, uma excelente ferramenta para medir onde o processo está e como sua eficiência pode ser aumentada.

Desta forma, com o objetivo de identificar as fontes de desperdícios e ineficiências ou perdas do processo que reduzem a disponibilidade, a eficiência e a qualidade, para que ações corretivas ou preventivas possam ser tomadas, a metodologia do OEE foi adaptada e implementada nas operações unitárias descritas acima.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Entendendo o OEE

Existem várias formas de interpretar o OEE e inúmeras literaturas a respeito deste assunto.

De acordo com a SMRP,⁽¹⁾ quando é necessário comparar ou realizar estudo de *benchmarking* entre processos que possuam o OEE como indicador, é muito importante certificar que a base de cada componente esteja completamente entendida e calculada da mesma forma. Disponibilidade é o componente mais subjetivo. As horas usadas ou excluídas para calcular a disponibilidade podem ter um efeito significativo no valor deste componente.

Algumas definições de OEE usam o tempo total para calcular a disponibilidade. Outras excluem o tempo de manutenção programada do tempo total disponível.

Outra informação importante a respeito do OEE é buscar sempre avaliar cada um dos seus componentes individualmente, pois alguns exemplos clássicos da literatura mostram melhorias no OEE através do aumento em disponibilidade ou em eficiência, mas com perda em qualidade. O desempenho deste indicador deve ser maximizado visando o contexto geral do processo, ou seja, ele deve ser parte do processo de melhoria de toda a planta, o que implica em aumento de desempenho dos seus três componentes de forma conjunta e não apenas melhoria em um deles.

Por último, OEE não fornece informações sobre benefício em custo se houver a maximização de um de seus componentes, ele é o ponto de partida para identificar e entender as fontes de desperdícios da planta e desta forma iniciar as melhorias no processo.

2.2 Componentes do OEE

Os componentes do OEE de acordo com a SMRP⁽³⁾ são calculados da seguinte forma:

2.2.1 Disponibilidade

Disponibilidade é definida como a porcentagem de tempo que o processo está realmente operando comparado ao período que ele é planejado para operar.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \left[\frac{\text{Tempo Operando (hs)}}{\text{Tempo Total Disponível (hs)} - \text{Tempo Indisponível Programado (hs)}} \right] \times 100$$

Onde:

- Tempo Operando = Tempo Total Disponível – (Tempo Indisponível Programado + Tempo Parado);
- Tempo Total Disponível → 365 dias/ano, 24 hs/dia, 7 dias/semana, 8 horas/turno, 744 horas/mês (hora calendário);
- Tempo Indisponível Programado → sem demanda, falta de matéria-prima, condições do negócio, etc.; e
- Tempo Parado → paradas planejadas e não planejadas.

2.2.2 Eficiência

Eficiência é definida como a porcentagem da taxa/ciclo de produção realizada comparada a melhor taxa/ciclo de produção.

$$\text{Eficiência (\%)} = \left[\frac{\text{Taxa ou Ciclo de Produção realizada}}{\text{Melhor Taxa ou Ciclo de Produção}} \right] \times 100$$

Onde:

- Taxa de Produção é expressa em unidades produzidas por tempo operando e Ciclo de Produção é expresso em tempo por unidade produzida;
- o cálculo da Eficiência considera todas as unidades produzidas e inclui produtos com boa e má qualidade;
- a melhor taxa/ciclo de produção deve ser baseada na capacidade de projeto do equipamento, da linha de produção, da planta, ou no melhor valor histórico, e representa a máxima taxa de produção na qual o equipamento pode operar de forma confiável e consistente; e
- o valor do fator Eficiência não deve ser maior que 100%, para assegurar que o valor da melhor taxa/ciclo de produção foi corretamente especificado.

2.2.3 Qualidade

Qualidade é definida como a porcentagem da produção vendida dentro da especificação de qualidade pela produção total realizada.

$$\text{Qualidade (\%)} = \left[\frac{\text{Produção dentro da especificação}}{\text{Produção Total realizada}} \right] \times 100$$

Onde:

- produção vendida dentro da especificação de qualidade é toda produção direcionada para o cliente dentro da qualidade especificada sem a necessidade de retrabalho ou reprocessamento. Conceito de produzir o produto certo na primeira vez;
- perda de Qualidade significa a quantidade de produto produzido fora das especificações de qualidade.

A Figura 1 representa de forma resumida os cálculos descritos acima.

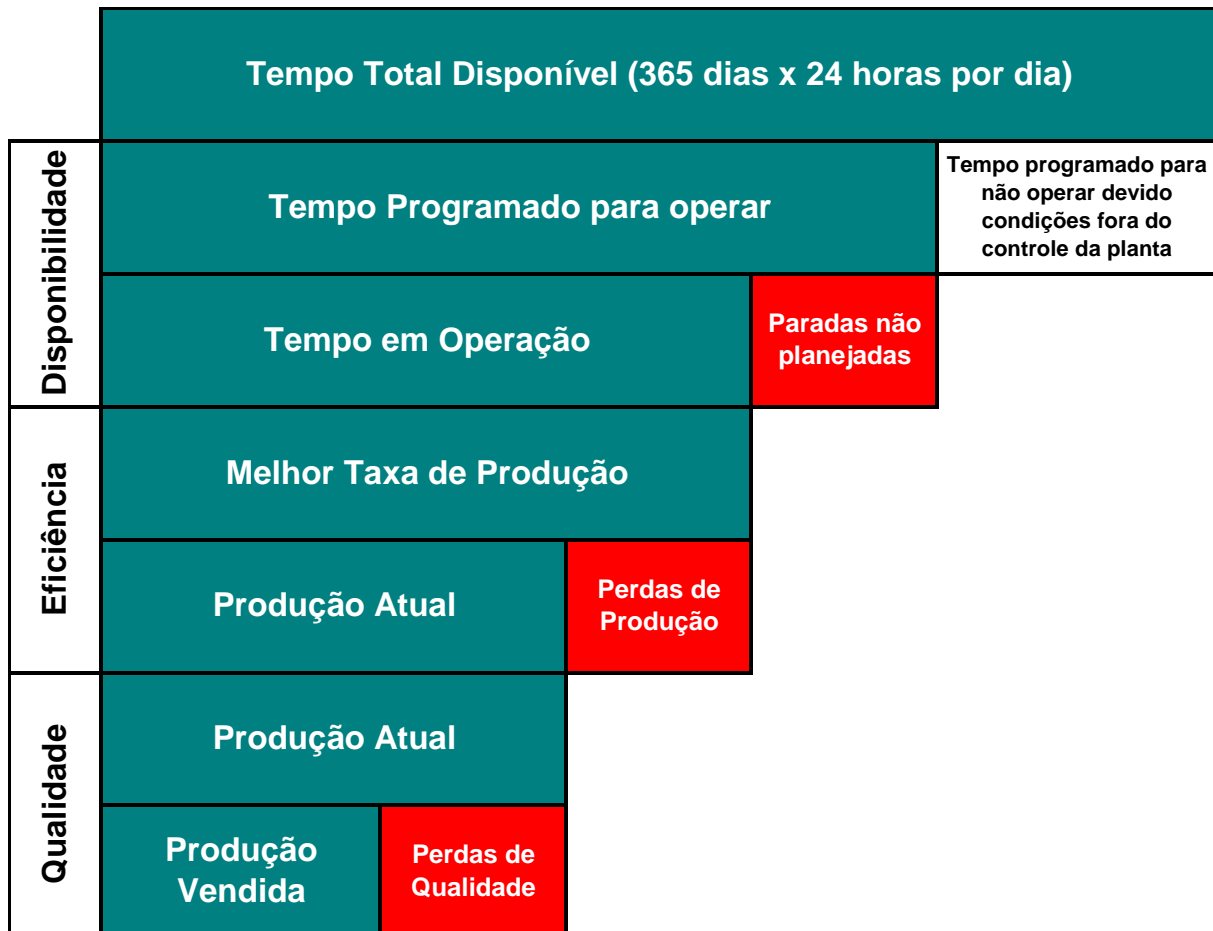


Figura 1. Componentes do OEE.⁽¹⁾

2.3 Aplicação da Metodologia nas Operações Unitárias

Em função de algumas características específicas do processo de Pelotização, a metodologia do OEE descrita acima foi adaptada de forma a reproduzir um indicador que realmente represente as perdas do processo para que ações corretivas ou preventivas possam ser tomadas em busca da melhoria contínua.

Desta forma, os componentes do OEE aplicados nas Operações Unitárias do processo de Pelotização estão descritos a seguir:

2.3.1 Disponibilidade

Definida como a porcentagem de tempo que o processo está realmente operando comparado ao tempo total disponível (hora calendário).

Cálculo da Disponibilidade do Equipamento:

$$\text{Disponibilidade}_{\text{Equipamento}} (\%) = \left[\frac{\text{Tempo Operando (hs)}}{\text{Tempo Total Disponível (hs)}} \right] \times 100$$

Cálculo da Disponibilidade da Operação Unitária:

$$\text{Disponibilidade}_{\text{OP}} (\%) = \left[\frac{\sum \text{Tempo Operando de todos equipamentos (hs)}}{\text{Tempo Total Disponível (hs)} \times n^{\circ} \text{ equipamentos}} \right] \times 100$$

2.3.2 Eficiência

Definida como a porcentagem da Produtividade (ton/h ou ton/(m².h) ou ton/(m².dia)) realizada comparada a melhor Produtividade do equipamento.

Cálculo do fator Eficiência do Equipamento:

$$\text{Eficiência}_{\text{Equipamento}} (\%) = \left[\frac{\text{Produtividade realizada}}{\text{Produtividade Referência}} \right] \times 100$$

Cálculo do fator Eficiência da Operação Unitária:

$$\text{Eficiência}_{\text{OP}} (\%) = \left[\frac{\frac{\sum \text{Produção todos equipamentos (ton)}}{\sum \text{Tempo operando todos equipamentos (h)}}}{\text{Produtividade Referência (ton/h)}} \right] \times 100$$

Onde:

- a Produtividade do Equipamento ou da Operação Unitária é calculada considerando o tempo de operação do equipamento, ou seja, exclui as paradas; e
- a Produtividade Referência é definida através da função 95 percentil de dados históricos no período de um ano. No entanto, se o fator Eficiência apresentar tendência em se manter acima de 100%, o valor da referência deverá ser reavaliado e uma nova referência deverá ser definida.

2.3.3 Qualidade

Definida como a porcentagem da produção dentro da especificação de qualidade do processo pela produção total do período em análise.

Cálculo do fator Qualidade do Equipamento:

$$\text{Qualidade}_{\text{Equipamento}} (\%) = \left[\frac{\text{Produção dentro da especificação de qualidade do equipamento}}{\text{Produção Total}} \right] \times 100$$

Cálculo do fator Qualidade da Operação Unitária:

$$\text{Qualidade}_{\text{OP}} (\%) = \left[\frac{\text{Produção dentro da especificação de qualidade da Operação Unitária}}{\text{Produção Total}} \right] \times 100$$

Onde:

- a qualidade de cada equipamento e da operação unitária é determinada através da avaliação da variável resposta do processo e a especificação desta qualidade é de acordo com as características de cada processo e tipo de pelota produzida.

2.3.4 Definição das variáveis de Qualidade

- Operação Unitária: Moagem – Variáveis de Qualidade: Superfície Específica (cm^2/g) e Granulometria ($< 0,045\text{mm}$);
- Operação Unitária: Filtragem – Variável de Qualidade: Umidade (%);
- Operação Unitária: Pelotamento – Variáveis de Qualidade: Percentual na faixa +10-16mm e Taxa de Retorno (%); e
- Operação Unitária: Forno – Variáveis de Qualidade: Abrasão (%) e Compressão (daN/p).

3 RESULTADOS

A seguir são apresentados alguns gráficos da evolução do OEE nas Operações Unitárias das usinas da Vale.

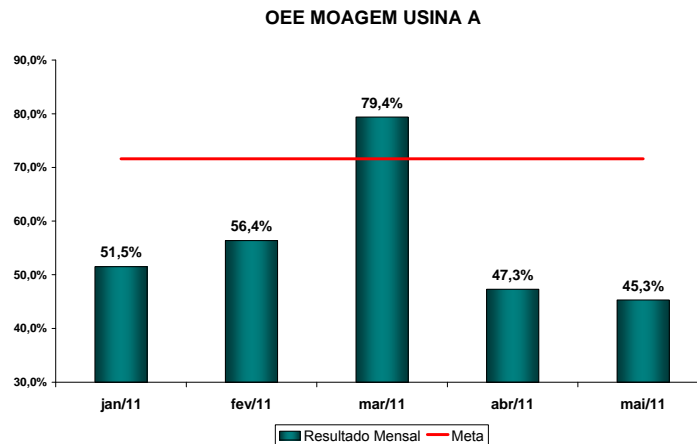


Figura 2. OEE da Moagem da Usina A.

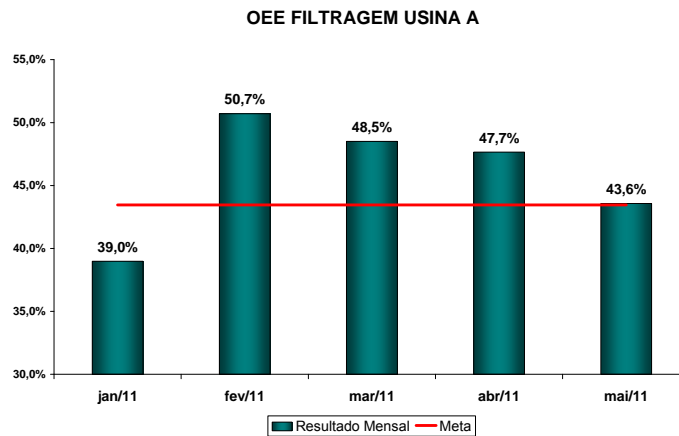


Figura 3. OEE da Filtragem da Usina A.

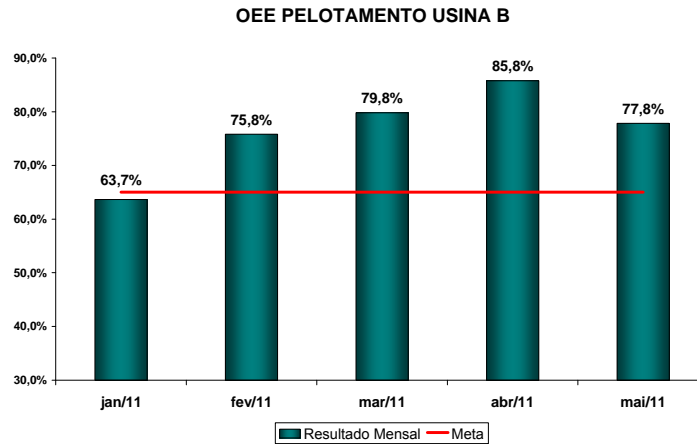


Figura 4. OEE do Pelotamento da Usina B.

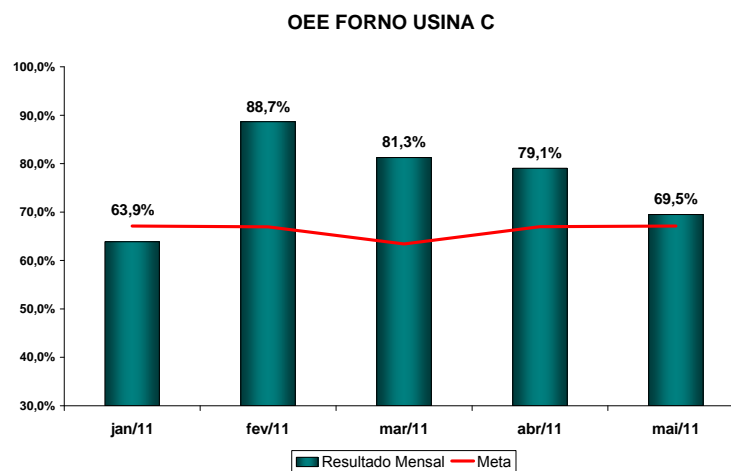


Figura 5. OEE do Forno da Usina C.

4 DISCUSSÃO

De acordo com Vorne Industries,⁽²⁾ é muito importante ter em mente que melhorar o OEE não é o único objetivo, como demonstrado a seguir na Tabela 1, superficialmente, o Turno B está apresentando melhor resultado que o Turno A, pois o OEE é maior. Este comportamento, segundo Vorne Industries,⁽²⁾ acontece em algumas indústrias que preferem aumentar 5% em disponibilidade em detrimento de uma redução de 3,5% em Qualidade. No entanto, o objetivo do OEE não é apresentar um indicador mágico e sim três indicadores, os quais sejam úteis individualmente nas diversas situações do dia a dia, permitindo visualizar o desempenho do processo de maneira prática e simples.

Tabela 1. Exemplo de resultados do OEE em turno diferentes⁽²⁾

Componentes do OEE	Turno A	Turno B
Disponibilidade	90,0%	95,0%
Eficiência	95,0%	95,0%
Qualidade	99,5%	96,0%
OEE	85,1%	86,6%

Além disto, o OEE de Classe Mundial é definido através de metas diferentes para cada indicador, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Componentes do OEE de Classe Mundial⁽²⁾

Componentes do OEE	Classe Mundial
Disponibilidade	90,0%
Eficiência	95,0%
Qualidade	99,9%
OEE	85,0%

É claro que cada planta possui particularidades, são diferentes uma das outras e possuem metas diferentes para cada componente e em função disto o valor de 85% (*World Class*) deve ser uma referência para a melhoria contínua.

Neste desenvolvimento, para determinar a meta do OEE de cada operação unitária, a meta de cada componente foi determinada de acordo com as particularidades de cada usina de pelotização. E visando aumentar o desempenho de cada fator individualmente, a rotina de acompanhamento e atuação está focada nos três componentes do OEE como demonstrado no exemplo abaixo.

OEE Pelotamento - %

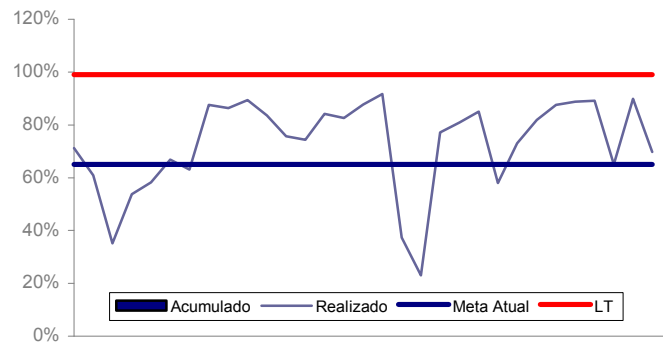


Figura 6. Acompanhamento diário do OEE do Pelotamento da Usina B.

Disponibilidade - %

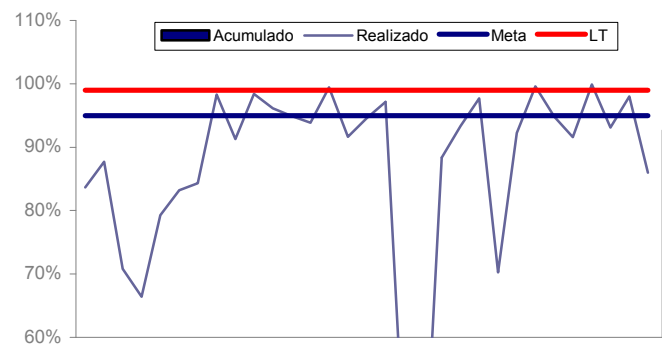


Figura 7. Acompanhamento diário da Disponibilidade do Pelotamento da Usina B.

Eficiência: Produtividade ton/h - %

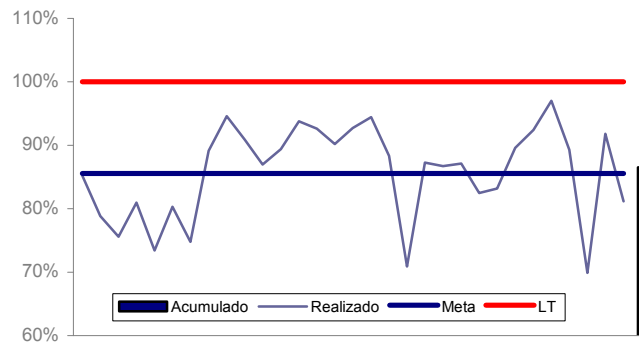
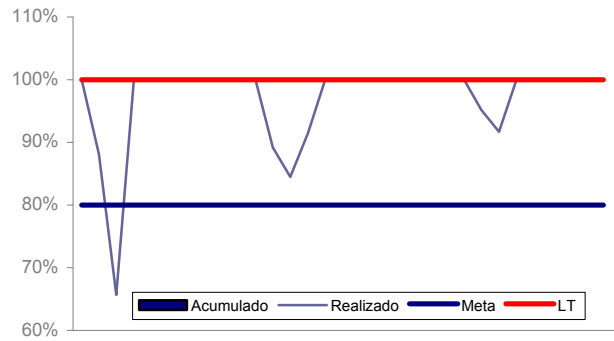


Figura 8. Acompanhamento diário da Eficiência do Pelotamento da Usina B.

Qualidade: Retorno e Gran +10-16mm - %



Legenda: linha vermelha – LT: Limite Técnico e linha azul – Meta 2011

Figura 9. Acompanhamento diário da Qualidade do Pelotamento da Usina B.

Ainda de acordo com Vorne Industries,⁽²⁾ estudos indicam que a média do OEE nas indústrias é em torno de 60%, desta forma comparando com os resultados atualmente obtidos nas operações unitárias do processo de Pelotização de algumas usinas da Vale, pode-se dizer que mensalmente os resultados são positivos para determinada operação unitária e para outras ainda há muito o que desenvolver para atingir no mínimo o valor médio atingido mundialmente.

Este desenvolvimento é embrionário para este tipo de processo e referências de OEE para estas operações unitárias específicas do processo de pelotização, não foram encontradas na literatura.

5 CONCLUSÃO

O OEE aplicado nas operações unitárias do processo de Pelotização é um excelente indicador que busca a melhoria contínua. Como mencionado anteriormente, o OEE é uma ferramenta simples e prática que permite monitorar e aumentar a eficiência de um processo de produção, pois a partir do acompanhamento deste indicador é possível identificar as fontes de desperdícios e ineficiência ou perdas do processo que reduzem a disponibilidade, a eficiência e a qualidade, além disto, permite conhecer o desempenho atual do processo e garantir que as metas sejam alcançadas com ações de rotina e ainda busca a melhoria contínua com foco no limite técnico de cada processo. Em resumo, o OEE é um indicador completo que permite a atuação rápida e focada no componente de menor desempenho, resultando principalmente em ganhos de qualidade e produtividade.

Agradecimentos

A toda equipe de Controle de Processo das Pelotizações da Vale no Complexo de Tubarão, Vitória-ES, que contribuíram para desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Manufacturing Process Reliability Guideline – 2.0 Understanding OEE. August 12, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.
- 2 VORNE INDUSTRIES INC. The Fast Guide to OEE™. 2002-2008. Disponível em: <<http://www.oeecom.com>>. Acesso em: 23 out. 2010.

- 3 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Manufacturing Process Reliability Metric – 2.1.1 Overall Equipment Effectiveness. June 30, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.

BIBLIOGRAFIA

- 1 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Equipment Reliability Metric – 3.2 Total Downtime. April 16, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.
- 2 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Equipment Reliability Metric – 3.3 Scheduled Downtime. April 16, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.
- 3 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Equipment Reliability Metric – 3.4 Unscheduled Downtime. April 16, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.
- 4 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Manufacturing Process Reliability Metric – 2.3 Uptime. April 17, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.
- 5 SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Manufacturing Process Reliability Metric – 2.4 Idle Time. July 17, 2009. Disponível em: <<http://www.smrp.org>>. Acesso em 27 jul. 2010.