



Exacta

ISSN: 1678-5428

exacta@uninove.br

Universidade Nove de Julho

Brasil

Carvalho Machado, Rafaela Heloisa; Helleno, André Luís; Camello Lima, Carlos Roberto
Análise da eficiência operacional de uma linha de produção da indústria de laticínios por
meio do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment
Effectiveness)

Exacta, vol. 14, núm. 4, 2016, pp. 635-644

Universidade Nove de Julho

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81049426007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise da eficiência operacional de uma linha de produção da indústria de laticínios por meio do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness)

Analysis of the operational efficiency of a dairy industry production line through the Overall Equipment Effectiveness indicator

Rafaela Heloisa Carvalho Machado

Mestranda em Engenharia de Produção com linha de pesquisa em Engenharia do Processo pela Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep.
Santa Bárbara do Oeste, SP [Brasil]
rafaela.h.machado@gmail.com

André Luís Helleno

Doutor em Engenharia de Produção e Professor Coordenador da Pós-Graduação no departamento de Engenharia de Produção/Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep.
Santa Bárbara do Oeste, SP [Brasil]

Carlos Roberto Camello Lima

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Professor na graduação/pós-graduação no departamento de Engenharia de Produção/Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep.
Santa Bárbara do Oeste, SP [Brasil]

Resumo

As empresas atuam constantemente sob pressão para produzirem mais, com menos recursos e mais rápido. Gerenciar fábricas, neste cenário, demanda informações quantitativas da produção para uma tomada de decisão eficaz. Neste estudo, mensuraram-se os índices do processo gargalo da linha de produção para embasar as decisões referentes aos principais produtos de uma empresa de grande porte do ramo de laticínios. Foram mensurados os valores de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness), para a máquina do processo gargalo e para cada um dos quatro produtos fabricados, possibilitando a comparação entre eles. Gráficos de Pareto e análises de variação do peso dos itens também foram elaborados para avaliação do processo. Coletaram-se dados mediante observações que possibilitaram um maior conhecimento do processo e o levantamento de sugestões de melhoria a serem estudadas. Assim, foi possível elaborar um plano de ação para cada um dos produtos da linha, visando ao aumento da eficiência do processo.

Palavras-chave: Eficiência global de equipamentos. Indústria de laticínios. Otimização de processos.

Abstract

Companies constantly operate under pressure to produce more and faster with fewer resources. Managing factories, in this scenario, requires quantitative information on production to enable effective decision-making. In this study, we measured indexes concerning the bottleneck process of the production line of a large dairy company in order to support decisions regarding its main products. The Overall Equipment Effectiveness values were measured for the machine in the bottleneck process, as well as for each of the four products in the production line, enabling comparisons between them. Pareto charts and analyses of the weight variation of the products were also elaborated for a complete evaluation of the process. The data were collected through observations that enabled a better understanding of the process and raised suggestions for improvements in the production line for future studies. With the data and information collected, it was possible to build an action plan for each product in order to increase process efficiency.

Keywords: Dairy industry. Overall equipment effectiveness. Process optimization.

1 Introdução

A base para o bom funcionamento de uma empresa se encontra na eficiente e correta utilização dos recursos disponíveis, sejam eles materiais, humanos ou operacionais. A necessidade de se manter competitiva pressiona as empresas a produzirem mais, com menos e de forma mais rápida. Para atingir estas expectativas, diretores e gerentes tomam decisões guiadas pelas avaliações de desempenho da produção, dos processos e dos sistemas de manufatura (GARZA-REYES et al., 2010).

Por este motivo, a medição dos indicadores de desempenho nos sistemas de manufatura vem-se tornando cada vez mais importante. A medição do desempenho da capacidade de produção, por exemplo, é de vital importância para o sucesso das tomadas de decisão da empresa. Ao utilizar a capacidade de produção de forma eficaz, o sistema de manufatura se torna mais disponível para atender a demanda dos clientes, que exigem cada vez mais flexibilidade de volume e variedade de produtos.

Neste sentido, o indicador de desempenho Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness – OEE) surgiu como uma das métricas da filosofia Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance – TPM), para melhorar a eficácia e a longevidade das máquinas no sistema de manufatura e, com isso, avaliar a efetividade das melhorias aplicadas (SANTOS; SANTOS, 2007).

Caso seja conhecida a capacidade teórica de produção das máquinas, a análise deste indicador fornece uma estimativa da capacidade do sistema de manufatura como um todo (MOELLMANN et al., 2006), representando o tempo de operação válida como uma porcentagem da capacidade de projeto (SLACK et al., 2009).

Além de ser utilizado para estimar a capacidade, o indicador pode ser útil para analisar opera-

ções gargalo em um sistema de manufatura e, com isso, identificar melhorias deste (MOELLMANN et al., 2006).

No caso de produtos em que a demanda de mercado é maior que a capacidade de produção, a maximização da utilização dessa capacidade se torna uma vantagem competitiva, uma vez que pode representar um aumento de produção e, consequentemente, um imediato aumento de receita. Neste cenário, é comum a utilização da análise de OEE para a otimização do sistema de manufatura.

Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa de grande porte do ramo de laticínios. A demanda do estudo surgiu da necessidade de dados quantitativos que possibilitassem à gerência da fábrica a tomada de decisões efetivas quanto aos processos de produção críticos.

No estudo, foi analisado o OEE de uma linha de produção composta por quatro produtos distintos, a qual apresentava relevância para a empresa e demanda acima da capacidade de produção.

No cálculo do indicador OEE, no fator qualidade, consideraram-se apenas as características do produto (químicas, biológicas e organolépticas), desprezando-se, assim, o requisito de envase do produto (peso líquido). Com isso, o cálculo do OEE foi complementado com a análise do peso líquido em razão da importância desta característica para o processo.

Durante o estudo, também foram elaborados gráficos de Pareto, relacionando a frequência das causas de parada de máquina. Com base nos resultados, foi efetuado um plano de ação para a otimização de cada um dos produtos da linha analisada.

2 Referencial teórico

O sistema TPM surgiu com base na filosofia Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing)

buscando, entre outras iniciativas, a diminuição dos desperdícios de produção. Segundo Nakajima (1988), o TPM classifica seis perdas como as maiores causas de desperdícios da produção, são elas: (1) quebra de equipamento, (2) *set-ups* e regulagens, (3) pequenas paradas e ociosidade, (4) queda de velocidade, (5) refugo e (6) retrabalho.

A filosofia TPM busca minimizar e eliminar essas causas que são caracterizadas entre os seguintes três fatores no indicador OEE: fator disponibilidade, desempenho e qualidade (MUCHIRI; PINTELON, 2008). Para Slack et al. (2009), estes representam respectivamente, o tempo em que o equipamento se encontra disponível para operar, a velocidade ou taxa de atravessamento do equipamento e a qualidade do produto ou do serviço que produz. Com isso, o indicador OEE pode ser considerado um método de mensuração da eficiência das iniciativas de implementação e melhoria do TPM. No entanto, o indicador pode ser aplicado com outros objetivos. Ele pode, por exemplo, ser usado para determinar as áreas da empresa em que devem ser desenvolvidas melhorias nos equipamentos, células ou linhas de produção. A análise do indicador em um grupo de máquinas possibilita a priorização de esforços por meio da percepção do recurso de menor eficiência (JONSSON; LESSHMMAR, 1999).

Neste sentido, o OEE permite que as reais condições de utilização dos ativos sejam analisadas por meio da identificação das perdas existentes nos equipamentos (CHIARADIA, 2004). Por este motivo, o indicador é considerado uma medida de desempe-

nho-chave em ambientes de produção em massa (SHARMA et al., 2012).

O indicador é formado considerando as perdas do processo em termos de eficiência a partir do tempo de programação da produção (tempo de carregamento). A Figura 1 representa a formulação do OEE considerando seus três índices.

Durante o cálculo do OEE, deve-se considerar como tempo total apenas o período que é de responsabilidade da equipe de produção. O tempo em que o equipamento não produziu devido à falta de pedidos ou por não estar em horário de funcionamento da linha, por exemplo, não entra no cálculo do OEE. Interrupções de produção planejadas, como manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos e reuniões, são classificadas como paradas programadas e não entram no cálculo do indicador (HANSEN, 2006).

A efetividade da utilização do equipamento também pode ser mensurada pelo indicador Desempenho Total da Eficiência dos Equipamentos (Total Effectiveness Equipment Performance – TEEP). No entanto, este índice avalia o uso do equipamento em todo o tempo dispo-

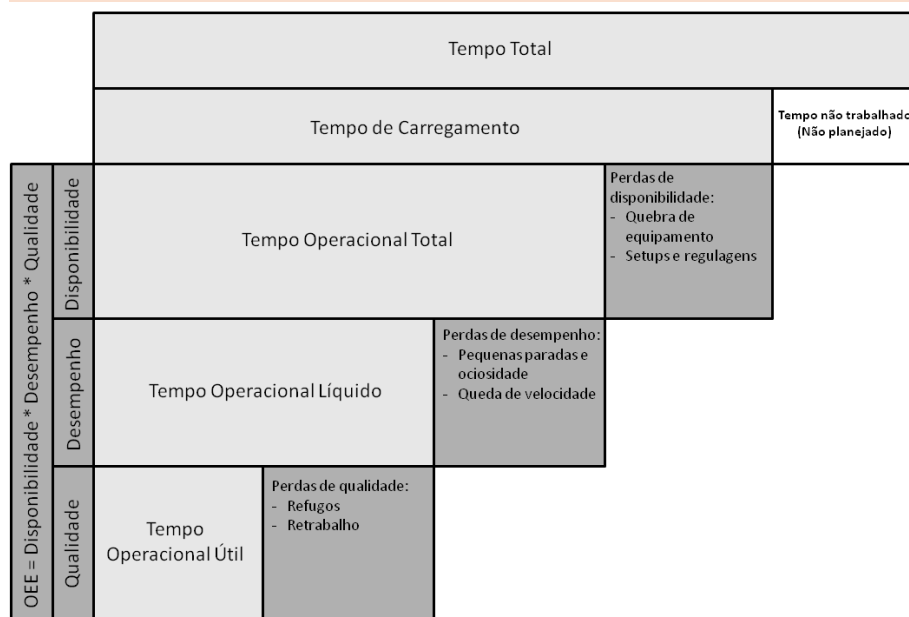


Figura 1: Formulação do indicador OEE

nível, considerando 24 horas/dia, em 365 dias/ano de operação (DUNN, 2011). Desta forma, TEEP é indicado em casos de aumento de capacidade e expansão de capital por possibilitar a demonstração da capacidade disponível existente em uma planta (HANSEN, 2006).

A identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE. A limitação da empresa em identificar suas perdas impede que ela atue no estabelecimento das condições originais dos equipamentos, conforme estabelecido no momento em que o equipamento foi adquirido ou reformado (SANTOS; SANTOS, 2007). Os indicadores podem ser calculados por meio das equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6, que representam os fatores disponibilidade, desempenho, qualidade e o OEE (HANSEN, 2006).

$$\text{Tempo de Carga TC} = \text{Tempo Teórico Disponível} - \text{Paradas Programadas horas} \quad (1)$$

$$\text{Tempo Real Disponível TRD} = \text{Tempo de Carga} - \text{Paradas Não Programadas horas} \quad (2)$$

$$\text{Disponibilidade \%} = \frac{\text{TRD}}{\text{TC}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Desempenho \%} = \frac{\text{Peças Produzidas}}{\text{Tempo Padrão} \times \text{pçshx Tempo Real Disponível}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Qualidade \%} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Refugadas} - \text{Peças Retrabalhadas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (6)$$

Nos casos em que o equipamento apresenta margem significativa de melhoria do fator desempenho, técnicas como a avaliação dos cinco

porquês, acompanhadas de outras ferramentas de qualidade, se mostram eficazes (BENJAMIN et al., 2015). Podem também ser exploradas técnicas usualmente utilizadas para a diminuição do tempo de *set-up*, como Troca Rápida de Ferramentas (Single Minute Exchange of Dies – SMED), para diminuir o número de pequenas paradas de máquina (BENJAMIN et al., 2013).

Embora avalie as métricas de disponibilidade, desempenho e qualidade, outros fatores que também impactam na eficiência, como uso de matéria-prima e ambiente produtivo (logística, força de trabalho, etc.) sob os quais o processo opera, não são avaliados diretamente. Por este motivo, pesquisas acadêmicas têm sido realizadas com o intuito de expandir o escopo do OEE a todo o processo ou a fábrica (GARZA-REYES, 2015).

Para obter um funcionamento eficaz do equipamento, são necessários altos níveis de desempenho em todas as dimensões do indicador OEE (SLACK et al., 2009). Segundo Hansen (2006), o valor desejável para a OEE é de 85%, o que representa um equipamento com 90% para disponibilidade, 95% para desempenho e 99% para qualidade. Ainda de acordo com o autor, valores de OEE abaixo de 65% devem ser considerados inaceitáveis. Nestes casos, a empresa deve implementar ações para a melhoria do índice. Valores entre 65% e 75% são aceitáveis. Índices de OEE acima de 75% são aceitos como muito bons e os acima de 85% são considerados excelentes e próximos aos padrões de classe mundial.

3 Método de pesquisa

Este artigo apresenta o estudo de caso aplicado em uma empresa privada de grande porte do ramo de laticínios. A organização em questão possui capital nacional e está no mercado a mais de 30 anos, obtendo constante crescimento ao longo

dos últimos anos. A escolha dessa empresa para a aplicação da pesquisa foi realizada com base neste crescimento, que ressaltou a necessidade de aumento de eficiência dos processos para sustentar a crescente demanda.

A fabricação dos produtos ocorre em cinco unidades fabris, distribuídas entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina. Este estudo foi realizado em uma das unidades da empresa, localizada no estado de São Paulo.

Segundo Tripp (2005), o estudo de caso consiste em uma das muitas diferentes formas de investigação-ação, sendo caracterizada por toda tentativa continuada, sistemática e empiricamente aprofundada de aprimorar a prática.

Um estudo de caso é uma pesquisa empírica em que se visa a investigar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real. Esta metodologia deve ser utilizada quando o tipo de pergunta que norteia o trabalho começa com “por que” ou “como” e quando o investigador tem pouco controle sobre o fenômeno investigado (YIN, 2001).

Para a definição do método de medição dos indicadores, foram coletadas informações com o supervisor de produção e os dois líderes de setor do processo em estudo por meio de entrevistas semiestruturadas. A coleta de dados ocorreu mediante observações, visto que os dados do processo contidos no sistema de Planejamento de Recursos da Empresa (Enterprise Resource Planning – ERP), utilizado pela empresa, não se mostraram confiáveis para o cálculo do OEE.

Durante a elaboração dos materiais para a coleta de dados, foram consultados os exemplos de fichas apresentados por Hansen (2006). Com base na literatura e nas informações sobre o processo, foi elaborada a ficha-base apresentada na Figura 2, com as principais causas de parada para a linha. A cada motivo foi atribuído um código para facilitar o registro das paradas.

Paradas de máquina programadas, como almoço, troca de turnos e testes do setor de Pesquisa e Desenvolvimento, não foram consideradas de responsabilidade da produção e, assim, não entraram no cálculo do OEE. Apesar disso, estas interrupções tiveram seus tempos registrados para a obtenção do tempo total de produção. Seria possível registrar os períodos de paradas programadas para analisar a eficiência da programação de produção. No entanto, este não era o intuito do estudo realizado.

Ficha 001 - Medição de Eficiência de Equipamento	
Ficha base - Códigos de PARADAS de máquina	
Código	Motivo da PARADA de máquina
A	Falta de caixas de armazenamento
B	Falta de produto para envase
C	Limpeza durante o trabalho
D	Manutenção não programada
E	Problemas no datador
F	Problemas na embalagem
G	Problemas como produto
H	Falta de estrutura (água, energia, etc)
I	Falta de embalagens
J	Setup
K	Problemas na máquina anterior
L	Outras paradas não programadas
M	Paradas programadas

Figura 2: Ficha base com tipos de parada de máquina

Uma ficha de coleta de dados (Figura 3) foi elaborada para determinar dados do produto, horário de início e fim da produção e das paradas, e motivo das paradas. Na coluna “Motivo PARADA” deveria ser inserido o código referente à causa da interrupção da produção, registrados na Figura 2.

As atividades do estudo foram divididas em seis etapas, sendo elas: definição do gargalo da linha de produção; coleta de dados; cálculo do OEE; elaboração de gráficos de Pareto; análise de peso líquido; e sugestões de melhoria. A descrição destas etapas e seus respectivos resultados são apresentados na seção 4, mais adiante.

[illegible]

Figura 3: Ficha para coleta de dados das paradas de máquina

4 Desenvolvimento do estudo de caso

4.1 Definição do gargalo da linha de produção

A linha de produção definida como prioridade no estudo fabricava quatro dos principais produtos da empresa, denominados para este trabalho como produtos X, Y, Z e R. O fluxograma do processo é apresentado na Figura 4.

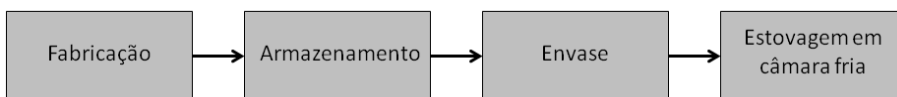


Figura 4: Fluxo da linha de produção

De acordo com a avaliação dos gestores da empresa, o processo de envase foi definido como gargalo da linha e obteve o foco das medições.

4.2 Coleta de dados

Para maior confiabilidade dos dados e a fim de não perturbar o processo, estes não foram coletados pelos operadores da linha de produção. Em cada turno, um funcionário ficou responsável pelo acompanhamento do processo e registro das informações durante dez dias.

[illegible]

4.3 Cálculo do OEE

Para calcular as métricas de cada um dos produtos, foram desconsiderados os *set-ups* de máquina, visto que estes seriam adicionados apenas aos três primeiros produtos devido à ordem de produção. Desta forma, o último produto da linha iria apresentar um desempenho superior por não demandar *set-up* após a produção, o que prejudicaria a comparação do desempenho entre os produtos. Os *set-ups* entre os produtos consistiam de tarefas iguais.

A Tabela 1 mostra os valores médios em porcentagem para disponibilidade, desempenho, qualidade e OEE de cada um dos quatro produtos da linha analisada.

Analisando os dados, pode-se perceber que os produtos X e R apresentam menor eficiência e, portanto, devem receber prioridade nas ações de melhoria. Pode-se verificar também, que os índices de desempenho são os que se encontram mais distantes do resultado almejado (95%).

Com base nos dados de todos os produtos, incluindo os tempos de *set-up*, foram calculados

Tabela 1: Índices de OEE dos produtos estudados

Produto	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
X	84%	88%	100%	74%
Y	92%	89%	100%	81%
Z	89%	89%	99%	78%
R	87%	87%	99%	75%
Classe mundial	90%	95%	99%	85%

os valores de OEE para o equipamento, apresentados na Tabela 2. Nesta tabela, são mostrados também os valores estabelecidos por Hansen (2006) para as empresas de classe mundial com o intuito de comparação.

Tabela 2: Índices de OEE do equipamento

	Disponibilidade	Desempenho	Qualidade	OEE
Equipamento de envase	86%	87%	100%	74%
Empresa de classe mundial	90%	95%	99%	85%

Percebe-se que os valores de desempenho e disponibilidade podem ser melhorados para que a empresa atinja valores de classe mundial. Consequentemente, o índice OEE pode ser aprimorado.

4.4 Elaboração de gráficos de Pareto

Durante a análise dos dados, foram elaborados gráficos de Pareto para cada um dos produtos, possibilitando a visualização das principais causas de parada dos itens. A Figura 5 apresenta o gráfico para o produto X.

O eixo horizontal da Figura 5 demonstra o código das causas de parada de máquina apresentadas anteriormente na Figura 2. Percebe-se pela análise que as causas A (falta de caixas de armazenamento) e B (falta de produtos para envase) são as interrupções mais

frequentes para o produto em questão e, portanto, devem receber o foco das ações de melhoria de produção.

4.5 Análise de peso líquido

Como complemento da análise do OEE, foi realizada a coleta do peso líquido dos produtos. A pesagem dos itens foi feita aleatoriamente ao final do processo de envase. Para a determinação do limite de especificação da variação de peso dos itens, foi consultada a norma NIE-DIMEL-025 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro (INMETRO, 2011), que fixa procedimentos para a determinação da conformidade do conteúdo efetivo de produtos pré-medidos (que são medidos sem a presença do consumidor e em condições de comercialização).

A norma estabelece os parâmetros para a pesagem das embalagens para a definição do valor de tara destas e da tolerância inferior do peso dos produtos. Este limite inferior varia de acordo com o conteúdo líquido exposto nas embalagens, como mostrado na Tabela 3. A faixa em que se enquadra o conteúdo nominal do produto (primeira coluna) determina a variação de peso (segunda coluna) que pode ser tolerada nas amostras analisadas. Como o peso dos produtos estudados (220 g) variava entre 200 g e 300 g, a tolerância inferior definida para os produtos foi a de 9 g.

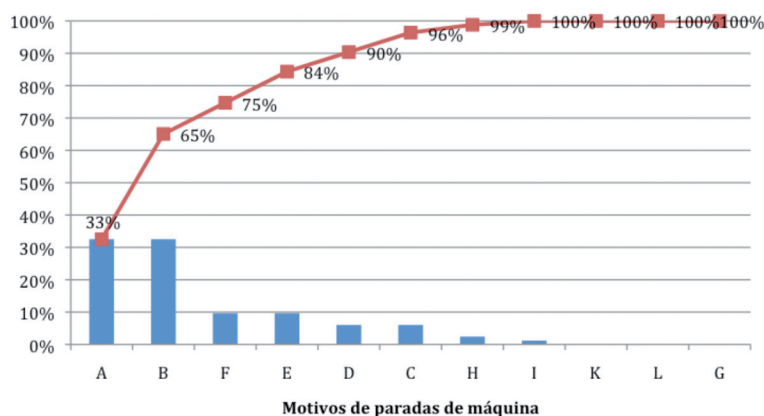
**Figura 5: Gráfico de Pareto para o produto X**

Tabela 3: Tolerância de variação de conteúdo efetivo

Conteúdo nominal Qn (g ou ml ou cm³)	Tolerância	
	Percentual de Qn	g ou ml ou cm³
0 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4,5	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1000	-	15
1000 a 10000	1,5	-
10000 a 15000	-	150
Maior ou igual a 15000	1	-

Para as análises de peso dos produtos, foram pesadas cerca de 400 unidades de cada produto ao longo de dez dias. Os dados foram inseridos em gráficos de frequência para facilitar a análise, como mostrado na Figura 6.

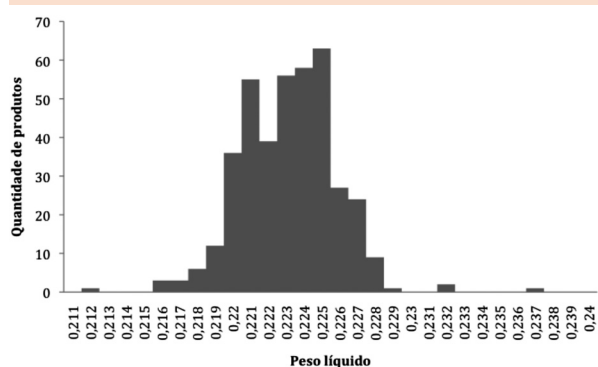


Figura 6: Variação do conteúdo efetivo de um dos produtos

Os dados apresentados na Figura 6 representam a variação de peso verificada pelo produto X. Pode-se observar que nenhum dos produtos das amostras avaliadas apresentou peso abaixo da tolerância determinada pelo Inmetro (211 g). A mesma verificação pôde ser feita para os demais produtos que não apresentaram itens abaixo dos valores determinados pelo Inmetro.

4.6 Sugestões de melhoria

Os resultados do estudo foram considerados satisfatórios pelos gestores. No entanto, percebeu-

se que o indicador OEE poderia ser melhorado referente aos valores de desempenho e disponibilidade.

Os dois componentes do desempenho são conhecidos como as perdas mais difíceis de serem trabalhadas entre as seis grandes perdas do OEE. Devido a essas dificuldades, existem poucos estudos relacionados à minimização ou completa eliminação das perdas de velocidade. Desta maneira, a disponibilidade é tida como o foco de muitas organizações que consideram as paradas significativas de máquina, principalmente as quebras, como prioridade de melhorias (BENJAMIN et al., 2015).

Percebeu-se, durante a coleta de dados, que as pequenas paradas e a variação de velocidade da máquina são frequentes durante a produção, explicando a origem do valor obtido no desempenho. Ao permanecer por um maior período de tempo no funil de envase, a temperatura do produto a ser envasado diminui e, conseqüentemente, a sua consistência é alterada. Com isso, a produção é interrompida para a diminuição da velocidade de envase. O resultado demonstra a necessidade de equilíbrio entre as etapas de produção e envase para que o produto não fique por um longo período aguardando o envase, tampouco falte produto para ser envasado.

As análises do OEE somadas às informações coletadas e aos gráficos de Pareto possibilitaram a criação de um plano de ação focado na melhoria da eficiência para cada produto. As ações de melhoria abrangeram alterações no processo de fabricação, anterior ao envase, para diminuir as oscilações do envio de produto ao envase. As matérias-primas foram mantidas mais próximas do maquinário e os funcionários foram treinados para melhorar o ritmo de abastecimento do processo de envase. Desta forma, os índices de disponibilidade (falta de produto) e desempenho (afetada pela consistência do produto) poderiam ser aprimorados.

Por meio das análises dos gráficos de Pareto, verificou-se que os produtos produzidos durante o dia eram afetados pela falta de caixas de armazenamento de produtos acabados, utilizadas em câmara fria. A partir disso, foi solicitado pela gerência o estudo da viabilidade de aquisição de novas caixas, devido às restrições de *layout* da fábrica.

Os dados do indicador de qualidade demonstram que o índice em um processo estável apresenta valores próximos a 100%. Por este motivo, algumas empresas não chegam a medir o indicador, considerando para os cálculos de OEE um valor de 100% neste quesito.

5 Conclusão

Neste trabalho, demonstrou-se, por meio de um estudo de caso, como o OEE pode auxiliar na avaliação e melhoria dos processos. Realizou-se uma aplicação do indicador em uma linha de produção e apresentou-se, de forma detalhada, uma abordagem de mensuração do índice para um equipamento e para diferentes produtos de uma mesma linha de produção. Isto permite obter informações que possibilitam a replicação da metodologia de pesquisa em outras pesquisas.

Durante a análise, verificou-se que a coleta de dados por meio de observações possibilitou uma percepção do processo que vai além da medição do OEE e, com isso, efetuaram-se ações de melhoria para o processo.

Além disso, demonstrou-se a análise de OEE aliada a análises de gráficos de Pareto e de peso líquido dos produtos. Percebeu-se que, nesta aplicação conjunta, os gráficos de Pareto fornecem dados para a melhoria do índice de disponibilidade, determinando as causas de parada de máquina com maior número de ocorrências no processo, e as análises de peso líquido de produtos possibilitam o detalhamento do índice de qualidade, mos-

trando se o processo pode ser considerado estável neste quesito.

Todavia, no estudo em questão, não se aplica nenhuma ferramenta adicional ao OEE para a melhoria do índice de desempenho. A integração do OEE com ferramentas que possibilitem a melhoria deste item podem ser abordadas em trabalhos posteriores, bem como a comparação dos valores obtidos antes e depois da implantação das melhorias de processo determinadas nesta investigação.

Referências

- BENJAMIN, S. J.; MURUGAIAH, U.; MARATHAMUTHU, M. S. The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 21, n. 4, 419-435, 2015.
- BENJAMIN, S. J.; MURUGAIAH, U.; MARATHAMUTHU, M. S. The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 24, n. 5, p. 792-807, 2013.
- CHIARADIA, A. J. P. *Utilização do Indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística*. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- DUNN, S. Using performance measures to drive maintenance improvement (internet). 2011. Disponível em: < <http://www.assetivity.com.au/article/maintenance-management/using-performance-measures-to-drive-maintenance-and-asset-management-performance-improvement.html>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- GARZA-REYES, J. A. From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 21, n. 4, p. 506-527, 2015.
- GARZA-REYES, J. A. et al. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures – a relationship analysis. *International Journal of Quality and Reliability Management*, v. 27, n. 1, p. 48-62, 2010.
- HANSEN, R. C. *Eficiência global de equipamentos*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Norma No NIE-DIMEL-025. Determinação do conteúdo efetivo de produto pré-medido de conteúdo nominal igual comercializado em unidade de massa (internet). jul., 2011. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/ftp_hp/kits/NIE-DIMEL-026Rev04.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2016.

JONSSON, P.; LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – The role of OEE. *International Journal of Operation & Production Management*, v. 19, n. 1, p. 55-78, 1999.

MOELLMANN, A. H.; ALBUQUERQUE, J. L. C.; MARINS, F. A. S. Aplicação da teoria das restrições e do indicador de eficiência global do equipamento para melhoria de produtividade em uma linha de fabricação. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 1, p. 89-105, 2006.

MUCHIRI, P.; PINTELON, L. Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, v. 46, n. 13, p. 3517-3535, 2008.

NAKAJIMA, S. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Cambridge: Productivity Press, 1988.

SANTOS, A. C.; SANTOS, M. J. Utilização do Indicador de Eficácia Global de Equipamentos (OEE) na Gestão de Melhoria Contínua do Sistema de Manufatura: um estudo de Caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP. 27., 2007. Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Enegep, 2007.

SHARMA, A. K.; SHUDHANSHU; DHARDWAJ, A. Manufacturing performance and evolution of TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology*, v. 4, n. 3, Mar., 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2009.

TRIPP, D. *Pesquisa-ação: uma introdução metodológica*. São Paulo: Educação e Pesquisa, 2005.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Recebido em 20 jul. 2016 / aprovado em 21 set. 2016

Para referenciar este texto

MACHADO, R. H. C.; HELLENO, A. L.; LIMA, C. R. C. Análise da eficiência operacional de uma linha de produção da indústria de laticínios por meio do indicador de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness). *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 635-644, 2016.