



Utilização do Indicador de Eficiência Global de Equipamentos (OEE) na Análise de um Processo de Envase de Água Mineral

Flávia Azevedo Silva Resende ¹

Graduanda em Engenharia da Produção pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), flaviazevedo@uol.com.br

João Paulo Teixeira de Melo Franco ²

Graduando em Engenharia da Produção pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), joaopaulo.mfranco@gmail.com

Luiz Bandeira de Mello Braga ³

Mestre em Administração (FEAD), docente do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), luiz.braga@izabelahendrix.metodista.br

Resumo

O OEE (Eficiência Global de Equipamentos) indicador utilizado para medir o desempenho de equipamentos é calculado pelo produto de três índices: disponibilidade (ID), performance (IP) e qualidade (IQ). A identificação das causas de perdas no cálculo do OEE possibilita a elaboração de propostas de intervenção no equipamento. O objetivo deste estudo de caso foi verificar a efetividade de uma máquina de envase de água mineral, em uma empresa localizada em Minas Gerais. As perdas no processo de envase foram qualificadas e quantificadas. Os valores percentuais calculados de IP, ID e IQ foram 71,51%; 93,17% e 96,92%, respectivamente e o valor do OEE encontrado foi de 64,57%, resultado que está operando abaixo do limite aceitável. Foi elaborado um plano de ação no formato 5W1H, priorizando eliminar as perdas que mais afetaram a Eficiência Global do Equipamento analisado. Destaca-se a necessidade de verificação do OEE após implantação do plano para melhor avaliação da efetividade das ações sugeridas. **Palavras-chave:** : OEE. Disponibilidade. Performance. Qualidade.

Abstract

The OEE is an indicator used to measure the performance of machines and equipment, calculated by the product of three indexes: availability (ID), performance (IP) and quality (IQ). The identification of the causes of losses is the most important activity in the calculation of the OEE and allows the elaboration of proposals to intervention on the equipment. The objective of the present case was to verify the effectiveness of a mineral water filling machine in a company located in Minas Gerais. The losses in the packaging process were qualified and quantified. The calculated percentages of IP, ID and IQ were 71.51%; 93.17% and 96.92% respectively, and the value of the OEE found was 64.57%, result shows the machine is operating below the acceptable limit. A 5W1H action plan was drawn up, prioritizing eliminating the losses that most affected IP, the most critical value among the OEE components. Then the same was done for the ID and IQ. It is worth noting the need to verify the OEE after implementation of the plan to better evaluate the effectiveness of the suggested

¹Graduada em Engenharia da Produção pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), E-mail : flaviazevedo@uol.com.br

²Graduado em Engenharia da Produção pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH), E-mail: joaopaulo.mfranco@gmail.com

³Graduado em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações (PUC); Pós-graduado Engenharia da Qualidade (PUC MG), Engenharia Econômica (FDC) e Engenharia de Telecomunicações (UFJF); Mestre em Administração - (FEAD).E-mail: luiz.braga@izabelahendrix.metodista.br



1 Introdução

A superfície da Terra é constituída de um material essencial à vida, que é a água. Estima-se que o planeta seja constituído de 75% de água. Do total desse volume, apenas 2% constitui as geleiras e calotas polares e menos de 1% estão nos rios, lagos e águas subterrâneas. Apenas a parcela mínima é potável, ou seja, possui qualidade suficiente para o consumo humano. (ROSA, 1999).

O Brasil é o país que possui a maior reserva de água doce do planeta com cerca de 11% do total, segundo Assirati (2014), porém ocupa a quinta colocação no mercado mundial de água mineral, vindo atrás de China, Estados Unidos, México e Indonésia.

Conforme Correia *et al.* (2008), dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e da Associação Brasileira de Indústria de Água Mineral (ABINAM), mostram que o consumo de água mineral vem apresentando crescimento na ordem de 20% ao ano no Brasil. De acordo com a CODEMIG (2016), entre os estados brasileiros, Minas Gerais, contribui com 10% do total de água produzida no país, ocupando a segunda posição no *ranking* nacional.

Diversos fatores como a globalização, criação de novas tecnologias, surgimento de novas empresas nacionais e fora do país, entre outros, exigem cada vez mais processos de excelência para que as empresas possam competir por seu espaço e se perpetuar no seu mercado de atuação. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), as atividades da administração da produção contribuem significativamente para o sucesso de qualquer organização, oferecendo vantagens quando uma operação é eficaz e eficiente, tais como: redução de custos de produção de produtos e serviços, aumento da receita, redução do montante do investimento e fornecimento de inovação. A mensuração constante da eficácia e da eficiência das atividades deve ser uma prática fundamental nas organizações, pois contribui positivamente para a correta tomada de decisão de seus administradores.

Neste contexto da necessidade de busca constante de eficiência, esta pesquisa analisou e propôs ações para melhorar a efetividade de uma máquina de envase de galões de água mineral em uma empresa situada no estado de Minas Gerais, utilizando-se do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Global de Equipamentos). Para



isso, foram medidos os índices de disponibilidade, de *performance* e qualidade atual do equipamento e identificadas as perdas e suas respectivas causas.

2 OEE – Eficiência Global de Equipamentos

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE ou Eficiência Global de Equipamentos) é definido por Raposo (2011) como um indicador utilizado para medir o desempenho de equipamentos e máquinas com o objetivo de se identificar oportunidades de melhorias. É calculado pelo produto de três índices que representam a realidade do processo produtivo: disponibilidade, *performance* e qualidade (eficácia).

Santos e Santos (2007) afirmam que o OEE permite que as empresas avaliem as reais condições da utilização de seus ativos a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril. Andrade e Scherer (2009) e Proença e Tubino (2010) relacionam os três índices com os tipos de perdas, ilustrados na Figura 1:



Figura 1 – Relação dos três índices com os tipos de perdas

Fonte: Andrade e Scherer (2009)

Para Chiaradia (2004), a identificação das perdas é a atividade mais importante no processo de cálculo do OEE, pois auxilia na identificação dos pontos críticos e indica possibilidades de intervenção para o restabelecimento das condições originais dos equipamentos conforme fabricante.

Moellmann *et al.* (2006) afirmam que todas as perdas de produção devem ser registradas: data, hora, motivo da parada de linha e duração. Desta maneira, é possível



realizar uma classificação das mesmas e visualizar os fatores que podem afetar a produtividade de determinado equipamento.

Nakajima (1989) afirma que os índices de disponibilidade, *performance* e qualidade são calculados a partir da estratificação das perdas, conforme ilustrado na Figura 2 e o OEE é obtido através do produto dos índices, representado pelas Equações (1) e (2):

Figura 2 – Esquema de cálculo de OEE

		TEMPO TOTAL PLANEJADO DE PRODUÇÃO			
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B/A	A	Tempo Planejado de Produção (TPP)		Paradas Planejadas (Tpp)
		B	Tempo Disponível de Produção (TDP)		Perdas de Disponibilidade: Quebra de máquina; Setup; regulagens; ociosidade
	Performance = D/C	C	Produção Teórica		Perdas Totais
		D	Produção Real	Perdas de Performance: Velocidade reduzida; pequenas paradas	
	Qualidade = F/E	E	Boas + ruins		
		F	Boas	Perdas de Qualidade: Refugos; Retrabalho	

Fonte: Adaptado pelos autores (2017)

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade (ID)} \times \text{Performance (IP)} \times \text{Qualidade (IQ)} \quad (1)$$

$$\text{OEE (\%)} = \frac{B}{A} \times \frac{D}{C} \times \frac{F}{E} \quad (2)$$

Onde, $\frac{B}{A}$ = ID (índice de disponibilidade); $\frac{D}{C}$ = IP (índice de *performance*); $\frac{F}{E}$ = IQ (índice de qualidade).

De acordo Andrade e Scherer (2009), o cálculo do índice da disponibilidade de um equipamento é dado pela razão entre o tempo em que o equipamento deveria estar disponível para produção e o tempo planejado de produção, apresentado pela Equação (3):

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo Disponível de Produção (TDP)}}{\text{Tempo Planejado de Produção (TPP)}} \times 100 \quad (3)$$



Conforme Sujkowski (2008), o Tempo Disponível para Produção (TDP) é a diferença entre o Tempo Planejado de Produção (TPP), que representa o tempo no qual a planta industrial está disponível para uso da produção, e os Tempos de Paradas Não Planejadas (TPnP), ou Perdas, tais como quebra de máquina, regulagens e *setup*, ociosidade, conforme Equação (4):

$$\text{TDP} = \text{TPP} - \text{TPnP} \quad (4)$$

Já o Tempo Planejado de Produção (TPP) é a diferença entre o Tempo Total Planejado de Produção (TTPP) e os Tempos de Paradas Planejadas (Tpp), relacionadas às manutenções programadas, calendário de trabalho, troca de turnos, almoço, entre outras, representado pela Equação (5):

$$\text{TPP} = \text{TTPP} - \text{Tpp} \quad (5)$$

O cálculo do índice de *Performance*, segundo Cardoso (2013), é dado pela razão entre a Produção Real e sua capacidade de produção definida pelo fabricante, conforme Equação (6):

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Produção Real}}{\text{Produção Teórica}} \times 100 \quad (6)$$

A Produção Real é a produção média quantificada em um determinado período de tempo. Já a Produção Teórica representa a capacidade de projeto do equipamento, definida por Slack, Chambers e Johnston (2009), como sendo a capacidade máxima que uma unidade produtiva pode produzir em um intervalo definido de tempo sem levar em consideração qualquer tipo de perda. Normalmente, a Produção Real é inferior a Produção Teórica devido à quantidade de itens que deixam de ser produzidos, ocasionada pelas perdas não planejadas no processo, tais como redução de velocidade do equipamento, pequenas paradas, falta de energia e falta de material.

O cálculo do índice da Qualidade é dado pela razão entre itens conformes (peças boas) e o total produzido (soma das peças boas e ruins), conforme Andrade e Scherer (2009), como evidencia a Equação (7):

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Peças boas} + \text{peças ruins}} \times 100 \quad (7)$$



Hansen (2006) indica que uma meta ideal a ser alcançada para um OEE de um equipamento é de 85%. Abaixo de 65% é considerado um índice inaceitável e medidas devem ser tomadas o mais rápido possível; entre 65% e 75%, são índices considerados aceitáveis dependendo do segmento no qual atua a empresa, e entre 75% e 85% são índices bons.

3 Metodologia

O presente Estudo de Caso foi de natureza aplicada, pois os resultados verificados foram utilizados para solucionar os problemas reais recorrentes em uma máquina de envase de galões de 20 litros de água mineral, em uma empresa aqui denominada A (GIL, 2010).

A pesquisa foi explicativa, pois teve como objetivo identificar fatores que contribuíram para ocorrência de fenômenos, tais como quebras, perdas e paradas. Adotou-se uma abordagem quantitativa, visto que os dados numéricos coletados permitiram a análise das ocorrências e informações necessárias para calcular a efetividade do equipamento analisado, e qualitativa, visto que foi realizado um levantamento de informações que explicaram as causas para ocorrências de problemas na máquina estudada (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O universo deste estudo de caso foi a empresa A, de pequeno porte, com 25 funcionários, localizada na cidade de Mário Campos, Minas Gerais, que desde 2000 atua no ramo de envase e comercialização de água mineral em garrafas de 330 ml, 510 ml, 1,5 litros e galões de 20 litros. O objeto de estudo desta pesquisa foi o equipamento de envase de galões de 20 litros, que apresentava baixa produtividade, segundo os proprietários da empresa.

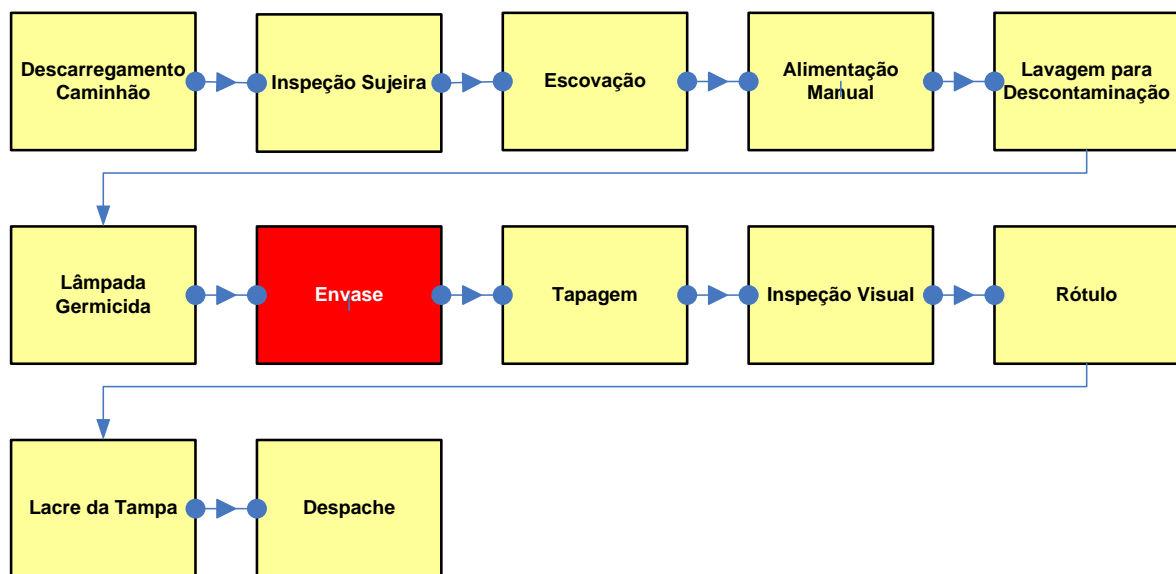
A coleta de dados foi realizada no período entre julho e agosto de 2017, onde foram anotadas as causas das perdas e os respectivos tempos de duração que interferiram no funcionamento da máquina, as quantidades de galões envasados por dia, além das causas de refugo e retrabalho ocorridos no processo.

Para a realização deste estudo de caso, elaborou-se primeiramente o fluxograma do processo de envase de galões de 20 litros de água mineral com o objetivo de se identificar as relações e interfaces existentes entre as diversas etapas.



O processo inicia-se com o descarregamento do caminhão, inspeção de sujeira e escovação dos galões. Em seguida, acontece a alimentação manual, onde os galões são colocados, dois de cada vez, por um operador, em uma máquina responsável pela lavagem e descontaminação. Ao sair da máquina, os galões são posicionados em uma esteira rolante, passam por um equipamento contendo duas lâmpadas germicidas, responsáveis pela desinfecção e seguem em direção à máquina de envase. Nesta etapa, são posicionados em suportes individuais, oito no total, que se elevam e encaixam os galões nos bicos injetores para o enchimento de água mineral, realizando uma trajetória circular. Em seguida, os galões passam pelos processos de tapagem, de inspeção visual, colocação de rótulo, lacre da tampa e são imediatamente carregados no transporte enviado pelo cliente. O Diagrama de Blocos da Figura 2 representa o fluxograma do processo de envase:

Figura 3 - Fluxograma do processo de envase



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Em seguida, foi feito um acompanhamento sistemático do equipamento responsável pelo envase, no qual foram coletados os dados necessários para se calcular os índices da Disponibilidade (ID), da *Performance* (IP), da Qualidade (IQ) e, posteriormente, o OEE.

Para calcular o ID foram coletados os tempos no qual havia produção e os intervalos de tempo nos quais a produção foi interrompida, para tal utilizou-se cronômetros. Estas medições foram registradas em Folha de Verificação, elaborada pelos autores, no



formato de planilha do Excel. Os intervalos de tempo nos quais a produção foi interrompida (paradas) foram discriminadas conforme a natureza das mesmas, tais como: quebra de máquina, regulagens, falta de material, intervalos, manutenção, etc. Os tempos de início e fim do período de produção também foram anotados. Assim, a Disponibilidade foi calculada através da divisão do Tempo Disponível para Produção pelo Tempo Planejado de Produção conforme Equação (3).

O IP foi calculado convertendo-se o número de galões envasados e a capacidade produtiva nominal do equipamento em tempo, conforme Equação (8).

O IQ foi calculado através da relação entre a quantidade de galões conformes e o total de galões envasados no período conforme Equação (10).

O valor do OEE do equipamento estudado foi obtido pelo produto dos valores dos índices da disponibilidade, da *performance* e da qualidade conforme Equação (1).

Durante a coleta de dados, foram identificadas as causas geradoras de perda de disponibilidade, *performance* e qualidade e mensurados seus respectivos tempos de duração. Por meio do Diagrama de Pareto, elas foram estratificadas com o objetivo de se identificar a causa raiz. Feito isso, foram elaboradas propostas visando o incremento do OEE, organizadas em um plano de ação no formato *5W1H* e apresentado à empresa.

Caso este plano seja aprovado pela empresa, nova coleta de dados deverá ser realizada com o objetivo de se comparar os valores do indicador de OEE antes e depois da implantação do plano para avaliar se as ações propostas foram efetivas ou não.

4 Resultados e discussão

4.1 Análise do Índice de Disponibilidade (ID)

A fábrica analisada opera em turno único, de segunda a sexta-feira, onde o Tempo Total Planejado de Produção (TTPP) obtido no período de coleta de dados foi de 550.800 segundos. Deste tempo, descontaram-se 91.800 segundos relativos a Tempos de Paradas Planejadas (Tpp), referentes a almoço e dois intervalos para lanche. Desta forma, o Tempo Planejado de Produção (TPP) encontrado foi 459.000 segundos, conforme Equação (5):

$$TPP = TTPP - Tpp \quad (5)$$



$$TPP = 550.800 - 91.800$$

$$TPP = 459000 \text{ segundos}$$

O Tempo Disponível de Produção (TDP) foi calculado pela Equação (4) através da subtração do TPP pelos Tempos de Paradas não Planejadas (TPnP), mensuradas no período de coleta de dados. Assim, tem-se:

$$TDP = TPP - TPnP \quad (4)$$

$$TDP = 459.000 - 31.334$$

$$TDP = 427.666 \text{ segundos}$$

O índice de disponibilidade (ID) foi obtido através da Equação (3), onde:

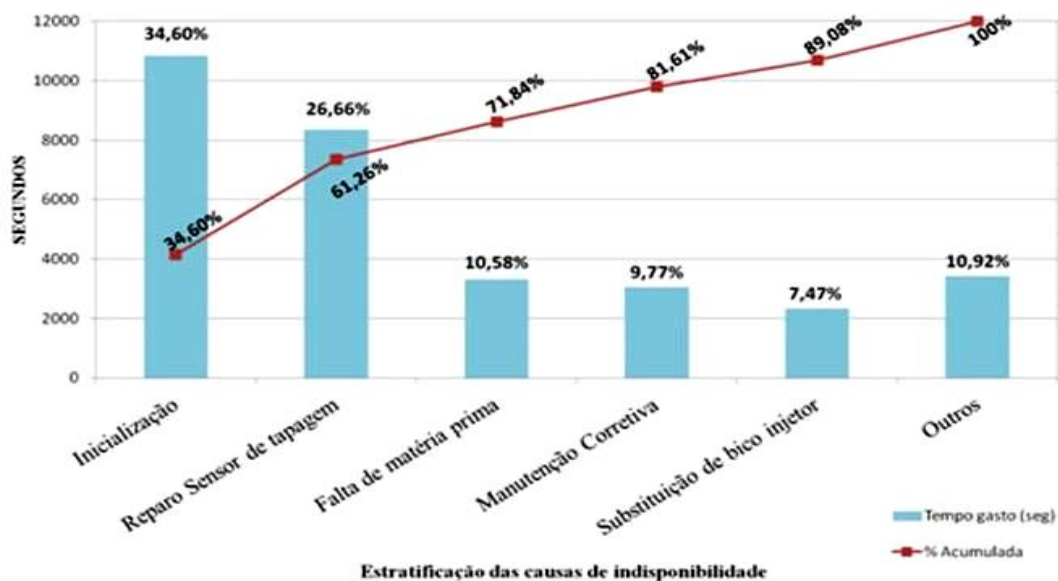
$$ID (\%) = \frac{TDP}{TPP} \times 100 \quad (3)$$

$$ID (\%) = \frac{427.666}{459.000} \times 100$$

$$ID = 93,17\%$$

O gráfico 1 apresenta o Diagrama de Pareto relativo ao tempo de indisponibilidade e estratificação de suas causas, identificadas durante a coleta de dados:

Gráfico 1 - Diagrama de Pareto e estratificação das causas de indisponibilidade



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



Observa-se que as causas que mais influenciaram a perda de disponibilidade foram a inicialização, o reparo do sensor de tapagem, falta de matéria prima e manutenção corretiva, responsáveis por 81,61% do tempo total de paradas. Ações corretivas para estas perdas foram propostas no plano de ação apresentado à empresa.

4.2 Análise do Índice de *Performance* (IP)

O índice de performance foi calculado utilizando-se a Equação (8):

$$IP (\%) = \frac{TUEG}{TDP} \times 100 \quad (8)$$

Para calcular o Tempo Utilizado para Encher Galões (TUEG), utilizou-se a Equação (9), onde foi subtraído do Tempo Disponível de Produção (TDP) o valor total dos Tempos Causadores de Perdas de *Performance* (TCPP), detalhados na tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo dos Tempos Causadores de Perdas de *Performance*

Abrev.	Designação Tempo	Valor	Unidade
TTPP	Tempo Total de Pequenas Paradas	13.585	segundos
PQV	Perdas por Queda de Velocidade	102.499	segundos
ppbm	Perda por produzir com um bico a menos	5.743	segundos
TCPP	Tempos Causadores de Perdas de <i>Performance</i>	121.827	segundos

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Assim, encontrou-se:

$$TUEG = TDP - TCPP \quad (9)$$

$$TUEG = 427.666 - 121.827$$

$$TUEG = 305.839 \text{ SEGUNDOS}$$

Desta forma, o índice de *performance* (IP) obtido a partir da Equação (8) foi:

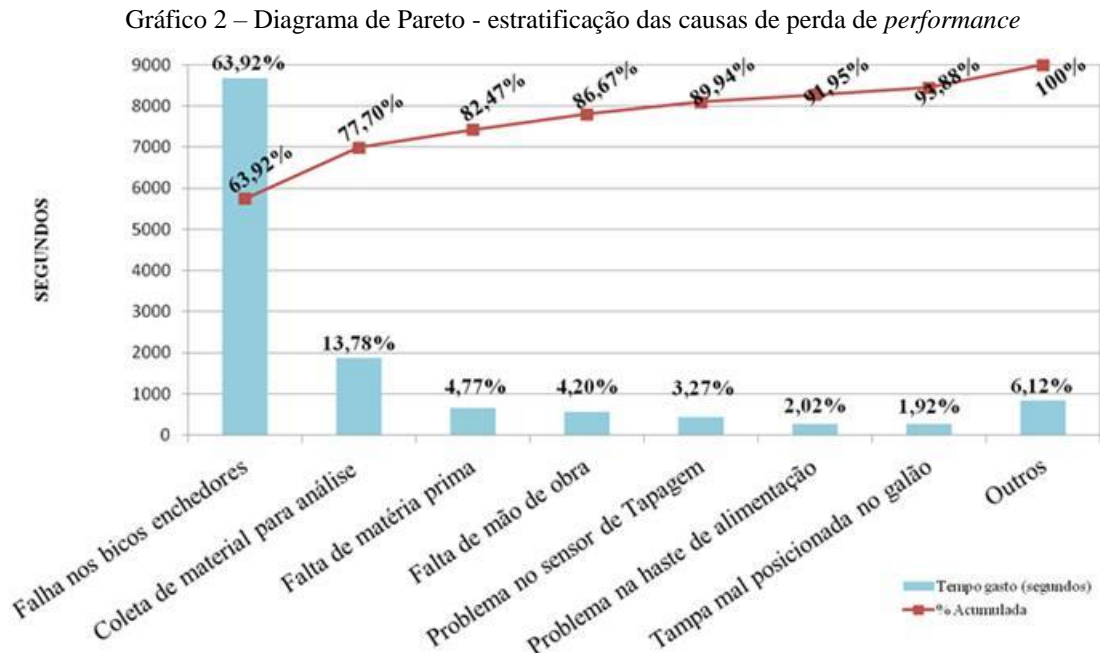
$$IP(\%) = \frac{305.839}{427.666} \times 100$$

$$IP = 71,51\%$$

As causas que mais afetaram o índice de *performance* foram: falhas nos bicos de enchimento de galões, coleta de água para análise de qualidade e falta de matéria prima, que representaram 82,47% das perdas.



O gráfico 2 apresenta o Diagrama de Pareto relativo a estratificação das causas de perda de *performance* e seus respectivos tempos identificados durante a coleta de dados, onde ações corretivas para estas perdas foram propostas no plano de ação:



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

4.3 Análise do Índice de Qualidade (IQ)

O índice de qualidade (IQ) foi calculado pela razão entre a quantidade Total de Galões Aprovados (TGA), e o volume Total de galões Produzido (TP) no período de coleta de dados, conforme apresentado na Equação (10):

$$IQ (\%) = \frac{TGA}{TP} \times 100 \quad (10)$$

O volume Total de galões Produzido (TP) foi calculado de acordo com a Equação (11):

$$TP = TGA + Retr + Ref \quad (11)$$

Onde:

- TGA = Total de galões aprovados no período;
- Retr = Total de galões retrabalhados no período;
- Ref = Total de galões refugados no período.

A tabela 2 apresenta estes valores:



Tabela 2 – Total Produzido (TP) no período de coleta de dados

Abrev.	Designação Perdas	Ocorrências	Unidade
Retr	Retrabalho	218	galões
Ref	Refugo: prazo de validade vencido	101	galões
Ref	Refugo: galão danificado	50	galões
Ref	Refugo: galão contaminado	21	galões
TGA	Total de Galões Aprovados	12.286	galões
TP	Total Produzido	12.676	galões

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Substituindo estes valores na Equação (11), temos:

$$TP = 12.286 + 218 + 172$$

$$TP = 12.676 \text{ galões}$$

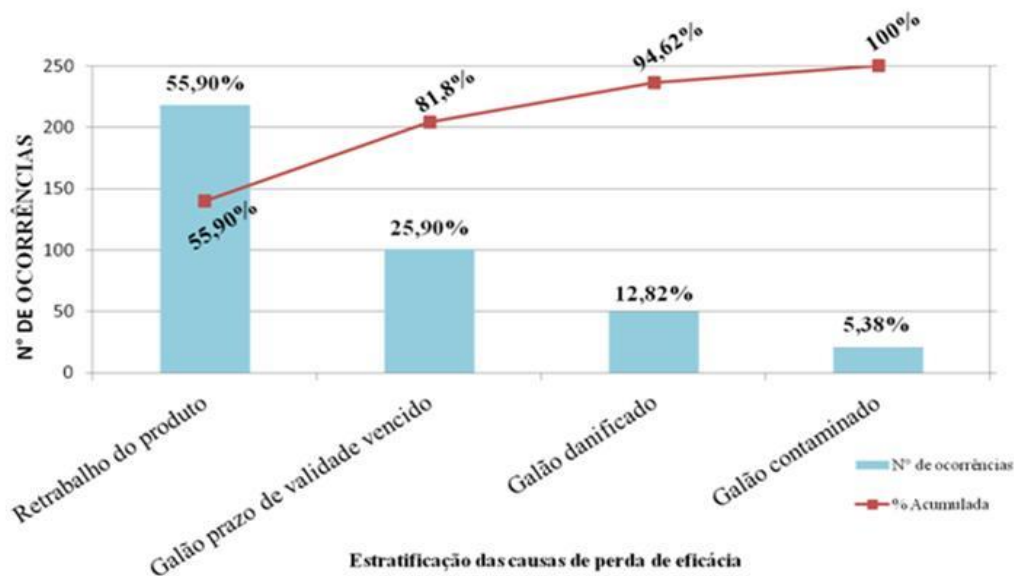
Assim, o índice de qualidade (IQ) obtido no período foi calculado a partir da Equação (10):

$$IQ (\%) = \frac{12.286}{12.676} \times 100$$

$$IQ = 96,92\%$$

O gráfico 3 mostra o Diagrama de Pareto referente a estratificação das causas de perda de eficácia no processo pesquisado:

Gráfico 3 - Diagrama de Pareto – estratificação das causas de perdas de eficácia



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



As causas que mais afetaram a eficácia do processo de envase foram retrabalho do produto final, ocasionadas por limpeza mal realizada nas etapas anteriores, e refugo da matéria prima (galão) devido ao prazo de validade expirado, responsáveis por 81,80% das perdas de eficácia. Propostas foram realizadas, no plano de ação, para eliminar essas perdas.

4.4 Cálculo do índice de OEE

O índice percentual de OEE no processo de envase foi calculado pela Equação (1), multiplicando-se os índices de disponibilidade, *performance* e qualidade:

$$OEE = ID \times IP \times IQ \quad (1)$$

Onde: ID = 93,17%; IP = 71,51%; IQ = 96,92%

$$OEE = 93,17\% \times 71,51\% \times 96,92\%$$

OEE = 64,57%

Nogueira *et al.* (2017) consideram que uma meta de 85% é a desejável para o indicador de OEE de equipamentos industriais. Valores menores que 65% são considerados inaceitáveis, assim, ações corretivas foram propostas para o incremento do OEE na empresa pesquisada.

4.5 Plano de Ação, Propostas e Correção

O valor percentual do índice de OEE do equipamento de envase apresentou-se abaixo do considerado aceitável, segundo Nogueira *et al.* (2017). A partir dos valores percentuais dos índices calculados (IP = 71,51%; ID = 93,17%; IQ = 96,92%), estabeleceu-se uma ordem de prioridade de propostas de ações com o intuito de incrementar o OEE, apresentados no Quadro (2).

Observa-se que o valor percentual do índice de *performance* foi o mais crítico dos três índices calculados. Desta forma, as ações propostas no plano de ação deverão priorizar a eliminação e correção das causas de perdas *performance*.

Já o índice de qualidade calculado apresentou o maior valor percentual dentre os índices calculados. As causas de perdas que mais influenciaram a eficácia do processo foram o retrabalho do produto e refugo por causa de prazo de validade vencido, de acordo com a portaria nº 387/09 do DNPM. Propostas para melhoria do processo de recebimento, limpeza e inspeção dos galões foram realizadas no plano de ação (Quadro 1).



What O que será feito?	When Quando será feito?	Where Onde será feito?	Why Por que será feito?	Who Quem será o responsável?	How Como será feito?
Troca dos bicos enchedores	Imediatamente após apresentado e aprovado o plano pela empresa	Na máquina de envase	Essa falha é responsável por 63,92% das atividades de <i>performance</i> da máquina porque os bicos enchedores estão danificados	Manutenedor	Serão adquiridos 8 novos bicos e instalados na máquina. Foi proposto um plano de manutenção preventiva para este item, o qual deve ser introduzido com frequência de ação baseadas no volume de envase e não no tempo de atuação.
Correção da metodologia do processo de coleta de material para análise de qualidade	Imediatamente após aprovado pela diretoria	Em sala de treinamento e posteriormente no chão de fábrica	Observou-se durante as coletas de dados que não havia procedimento padronizado para a coleta de água. Diversas vezes o operador parava a máquina e realizava outras atividades antes de colher a amostra.	Supervisor de operações	Foi elaborado procedimento para coleta de material a ser analisado objetivando reduzir o tempo para no máximo 1 minuto. Todos os operadores serão treinados para execução desse novo procedimento. A supervisão será responsável por interromper a produção.
Corrigir procedimento de alimentação da matéria prima água no processo	Após aprovado pela diretoria	No reservatório de água, na bomba da fonte e no chão de fábrica	Verificou-se interrupções do processo devido a falta de água para envase de galões. Com a correção desse procedimento a disponibilidade da máquina poderá aumentar. Verificou-se que a falta de matéria prima no sistema foi responsável por paralisações no processo de envase.	Supervisor de operações e Operadores	Automatização e controle do nível de água no reservatório que alimenta a fábrica, de forma a não depender de ação humana para esta função e não faltar água.
Redução do tempo de inicialização do processo	Após aprovado pela diretoria	Em sala de treinamento e no chão de fábrica	Observou-se que esta falha é responsável por 34,60% das causas de indisponibilidade da máquina. A redução deste tempo é fundamental para o incremento do OEE.	Supervisor de operações e operadores	Foi elaborado um procedimento para troca das cargas baseado nas técnicas de SMED elaboradas por Shingo (1996) com o objetivo de reduzir para no máximo 3 minutos o tempo de inicialização do processo. As atividades de descarregamento da carga, inspeção e limpeza dos galões deverão ser otimizadas de forma a atender o objetivo proposto. Todos os operadores serão treinados para execução do procedimento.
Troca do sensor de tapagem	Após aprovado pela diretoria	Na máquina de envase	Durante o período de coleta de dados, verificou-se que o sensor de tapagem não está funcionando corretamente.	Manutenedor	Será adquirido e instalado um novo sensor para a tapagem dos galões, o qual deverá ser submetido a um plano de manutenção preventiva baseado no volume de envase e não no tempo de operação.
Melhoria do processo de recebimento, limpeza e inspeção dos galões	Após aprovado pela diretoria	Na área de recebimento de galões	Verificou-se que alguns galões entravam no processo para envase sem condições adequadas de uso conforme portaria nº 387/09 do DNPM.	Supervisor de operação e operadores de inspeção	Foi elaborado novo procedimento para o processo de recebimento, limpeza e inspeção de galões conforme portaria nº 387/09 do DNPM, projetando redução do índice de retrabalho. O supervisor e todos os operadores serão treinados. Supervisor será responsável pelo controle das atividades participando diretamente dos processos em questão.
Elaborar e implantar um plano de manutenção preventiva para a máquina de envase	Após aprovado pela diretoria	Oficina de manutenção	Notou-se que a máquina de envase não possui plano de manutenção preventivo. As manutenções são reativas e realizadas após a falha. A elaboração e implantação correta de um plano preventivo elevará a disponibilidade do equipamento.	Manutenedor	Foi elaborado um programa de manutenção preventiva e de itens de reposição baseado no estado do equipamento e periodicidade de uso, obedecendo as especificações do fabricante. O prazo para sua implantação está estimado em 90 dias após aprovação pela diretoria.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



5 Considerações Finais

Este Estudo de Caso analisou e propôs ações para melhorar a efetividade de uma máquina de envase de galões de água mineral em uma empresa situada no estado de Minas Gerais, utilizando-se do indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness* ou Eficiência Global de Equipamentos), o qual é calculado pelo produto de três índices que representam a realidade do processo produtivo: disponibilidade (ID), *performance* (IP) e qualidade (IQ).

Após coleta de dados, mensuração das perdas e sua análise, demonstrou-se que a disponibilidade (ID) deste processo era igual a 93,17%, sua eficácia (IQ) igual a 96,92%, e o índice mais crítico foi a *performance* (IP), igual a 71,51%, que utilizados para calcular o OEE do processo sob estudo resultou no valor percentual de 64,57%.

De acordo com Hansen (2006) e Nogueira *et al.* (2017), o valor considerado desejável para este indicador em processos industriais é 85% e valores menores que 65% são considerados inaceitáveis.

Durante o período de coleta de dados foram observados e quantificados o número de ocorrências das causas de perdas de efetividade e, principalmente, seus tempos de duração. Com ajuda de gráficos de Pareto, foram classificadas as mais importantes a serem priorizadas no plano de ação apresentado para a empresa.

As causas de perdas que mais interferiram no índice de *performance* foram as falhas nos bicos enchedores, o processo de coleta de água para análise de qualidade e falta de matéria prima no sistema. Já as perdas que mais influenciaram o índice de disponibilidade foram os tempos de inicialização, de reparo do sensor de tapagem, a falta de matéria prima (água) e de manutenção corretiva. E as maiores causas de perdas de eficácia foram o retrabalho do produto e prazo de validade de galões expirado.

O plano de ação elaborado no formato 5W1H apresentado à empresa priorizou as intervenções sobre as causas de perdas que nas análises de Pareto apareceram como as mais significativas. Desta forma, foram estabelecidas ações visando a eliminação ou correção destas causas que interferiram nos índices.

O plano de ação sugerido começou a ser colocado em prática pela empresa com a troca dos bicos enchedores e substituição do sensor de tapagem. Porém, o plano de manutenção preventiva para estes dois itens ainda não foi implantado. Uma limitação deste estudo foi a impossibilidade de acompanhar a aprovação e implantação de todo o



plano de ação a fim de avaliar seus efeitos no incremento do OEE da máquina investigada.

Para desdobramentos futuros deste estudo, sugere-se a realização de uma nova coleta de dados após a implantação das ações recomendadas com o objetivo de se avaliar a efetividade das ações propostas, visando o incremento do OEE no processo pesquisado.

Referências

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; SCHERER, Camila da Silva. **Estudo de caso da aplicação do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) para diagnóstico e melhoria de produtividade em uma linha de produção automotiva**. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador-BA, 2009.

ASSIRATI, Doralice Meloni. **Água Mineral**. 2014. DNPM Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/agua-mineral-sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 04 maio. 2017.

CARDOSO, Caique. **OEE na Prática. Gestão da Produção com o índice OEE**. 1. ed. 2013. Disponível em: <www.kitemes.com.br>. Acesso em: 07 maio. 2017.

CHIARADIA, Áureo José Pillmann. **Utilização do indicador de eficiência global de equipamentos na gestão e melhoria contínua dos equipamentos: um estudo de caso na indústria automobilística**. Porto Alegre: UFRS, 2004. 133 p. Mestrado profissionalizante em engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CODEMIG. **Águas Minerais**, 2016. Disponível em: <<http://www.codemig.com.br/atuacao/aguas-minerais/>>. Acesso em: 04 maio. 2017.

CORREIA, L. A. S.; COSTA, C. B. S.; MILITO, C. M.; DANTAS, A. B. **Processo de extração de água mineral: uma comparação de três empresas alagoanas**. Anais do Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Associação Educacional Dom Bosco, Resende-RJ, p. 1-16, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. DNPM. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnpm/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-358-em-08-10-2009-do-diretor-geral-do-dnpm/view>. Acesso em: 16 nov. 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Orgs). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009. 120 p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HANSEN, Robert C. **Eficiência Global dos Equipamentos: Uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.



MOELLMANN, A. H.; ALBUQUERQUE, A. S.; CONTADOR, J. L.; 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, 2006.

NAKAJIMA, Selichi (Ed.). **TPM development program: implementing total productive maintenance.** Productivity Press, 1989.

NOGUEIRA, K. A.; DAMASCENO, M.T.; MOUSINHO, M. **Análise da aplicação dos indicadores Overall Equipment Effectiveness (OEE) e Total Equipment Effectiveness Performance(TEEP): estudo de caso na indústria.** VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2017.

PROENÇA, E.; TUBINO, D. **Monitoramento Automático e em Tempo Real da Eficácia Global dos Equipamentos (OEE) como Prática de Apoio à Manufatura Enxuta: Um Estudo de Caso.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 30, 2010.

RAPOSO, Cristiane Fátima Cavalcante. **Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do pólo industrial de Manaus.** Revista Produção Online, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011.

ROSA, Fábio Villiger Thomaz. **Elementos para estudo de viabilidade de projetos de exploração de água mineral.** Dissertação de mestrado. UNICAMP, Campinas, 1999.

SANTOS, Ana Carolina Oliveira; SANTOS, Marcos Jose. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção.** 2 ed - Porto Alegre: Bookman, 1996. 296 p

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SUJKOWSKI, Alexandre. **Além do OEE.** Pharmaceutical Technology (Ed. Brasileira), São Paulo, v. 12, n. 3, p. 90-94, jun. 2008.