

APLICAÇÃO DE INDICADORES EM UMA MÁQUINA APLICADORA DE SILICONE EM LUMINÁRIAS LED VISANDO PROPOSTA DE MELHORIAS DA QUALIDADE NO PROCESSO, COM FOCO EM AÇÕES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, ESPECIFICAÇÕES DE PROCESSO E POKA YOKE

SILVA, José Lucas Reis¹; SILVA, Alan Bueno da²; MODESTO, Davi Barros³; MEIRA, Paulo Vinicius⁴; PINTO, Jefferson de Souza⁵.

<https://doi.org/10.60035/1678-0795.momentum-v1n22-497>

RESUMO

A proposição deste trabalho é analisar as falhas em um dos processos de fabricação ao qual, após o estudo, serão sugeridas soluções com o auxílio de utilização de indicadores com o intuito de aumentar a qualidade dos produtos e serviços da fábrica, sendo que esses fatores são determinados pela capacidade de satisfazer os clientes e de manter um processo robusto, confiável e que não gere desperdícios devido a falhas. No contexto de uma fábrica de luminárias, mais especificamente no processo de aplicação de silicone nas canaletas de lentes para a vedação dos componentes internos, a qualidade se dá por meio da satisfação dos requisitos de capacidade de vedação, velocidade do processo, quantidade de retrabalho e desperdício de material. Para se chegar às soluções, foi feita uma pesquisa aplicada, que tem por objetivo gerar os conhecimentos necessários sobre indicadores e sua relação com performance para que seja possível direcionar as propostas de solução dos problemas encontrados no processo produtivo em análise.

Palavras-chave: qualidade; processo; melhoria de processo; manutenção preventiva; indicadores.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the failures in one of the manufacturing processes where, after the study, solutions will be suggested with the aid of the use of indicators in order to increase the quality of the products and services of the factory. These factors are certain for the ability to receive customers and maintain a robust, reliable process that does not generate waste due to failures. In the context of a lighting factory, more specifically in the process of applying silicone to the lens grooves to seal the internal components, quality is achieved by meeting the requirements of safety capacity, process speed, amount of rework and waste of material. To arrive at the solutions, applied research was carried out, as it aims to generate the necessary knowledge about indicators and their relationship with performance so that it is possible to direct the proposals for solving the problems encountered in the productive process under analysis.

Keywords: quality; process; process improvement; preventive maintenance; indicator.

¹ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação – IFSP. *E-mail:* joselucasreissilva@gmail.com

² Bacharel em Engenharia de Controle e Automação – IFSP. *E-mail:* alanbueno.tk@gmail.com

³ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação – IFSP. *E-mail:* davi.modesto@yahoo.com.br

⁴ Bacharel em Engenharia de Controle e Automação – IFSP. *E-mail:* pviniciusmeira@hotmail.com

⁵ Pós-doutor, doutor e mestre em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. Professor colaborador e pesquisador colaborador na Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas; Professor associado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) - campus Bragança Paulista. *E-mail:* jeffsouzap@ifsp.edu.br

INTRODUÇÃO

Segundo a norma NBR ISO 9000, “a qualidade dos produtos e serviços de uma organização é determinada pela capacidade de satisfazer os clientes e pelo impacto pretendido e não pretendido nas partes interessadas pertinentes” (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015, p. 2).

No contexto de uma fábrica de luminárias, mais especificamente no processo de aplicação de silicone, a qualidade se dá por meio da satisfação dos requisitos de produto e performance de processo.

Takashina e Flores (1999) definem os indicadores como maneiras quantificáveis de representar as características de produtos e processos, além de serem utilizados para gerir e otimizar a qualidade e desempenho nesses setores.

O trabalho parte de um processo de aplicação de silicone que não possui nenhum tipo de monitoramento e indicador, ou seja, não possui nenhuma métrica para medir e melhorar seu desempenho. A falta de um indicador de qualidade nesta máquina resulta na queda de desempenho de todo o processo, já que erros operacionais, paradas de linha e refugo geram custos desnecessários para a empresa.

Este processo de aplicação de silicone é fundamental para garantir a qualidade e funcionalidade do produto. A partir de uma análise dos dados e falhas no processo, dentre elas: erros operacionais, refugo e horas paradas, foi realizado um estudo de caso para propor melhorias por meio da aplicação de indicadores de desempenho, *Poka Yoke* e padronização de processos. Portanto, o artigo se trata de um estudo de caso realizado nesta fábrica e está em fase de implementação com o objetivo de aplicar os conceitos do OEE para monitoramento do desempenho do processo. A partir dos dados obtidos, o trabalho visa propor melhorias para reduzir os principais desperdícios e ineficiências encontradas.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com base nos temas abordados no trabalho, esta seção é dedicada a apresentar a fundamentação referente a qualidade, manutenção, indicadores e *Poka Yoke*.

1.1 Qualidade

Considerando qualidade, esta é definida de diversas maneiras. Segundo Paladini (2009), a definição de qualidade está em constante mudança. A depender do período, determinados aspectos passam a ser vistos como sinônimos de qualidade, enquanto outros perdem seu valor. Porém, algo que é comumente apontado com relação à definição de qualidade é que podem ser

consideradas diferentes abordagens. Uma delas, que se enquadra no tema abordado neste artigo, é com relação aos processos, que se referem a princípios internos da organização (Bond, 2012).

Parte-se do pressuposto de que todo processo visa produzir produtos que atendam aos seus requisitos de qualidade, podendo ser dimensional, aspecto visual, composição etc. Falhar neste aspecto nem sempre está associado diretamente ao cliente. Ferramentas de detecção de modos de falha e controle de qualidade existem para evitar que as falhas aconteçam e sigam até a última etapa do fluxo, o cliente. Porém, produzir produtos não conformes implica consequências internas, como aumento de custos associados a má qualidade e baixos índices de desempenho de equipamentos, tornando-os ineficientes. Ambos resultam na diminuição da lucratividade da empresa (Cardoso, 2017).

Dentro do contexto da aplicação de silicone em luminárias led, os custos da má qualidade estão associados a inspeção, retrabalho, desperdício de matéria-prima e descarte de produtos que, por motivos diversos, não atendem aos requisitos técnicos. Quanto à eficiência do equipamento, as paradas inesperadas resultam em inatividade, ou seja, a máquina fica parada enquanto deveria estar produzindo, afetando diretamente nos indicadores de desempenho e, conseqüentemente, na entrega do produto para o cliente final.

1.2 Manutenção

Manutenção é a combinação de tarefas, sejam técnicas ou administrativas, realizadas para manter ou restaurar um item para o estado em que consiga desempenhar sua função estabelecida (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994). Dentro de um ambiente produtivo, estes itens podem ser interpretados como tudo aquilo que está presente e tenha uma função determinada, desde luminárias até máquinas que compõem processos.

No contexto da manutenção, existem três definições relacionadas à capacidade de um item desempenhar sua função estabelecida: defeito, falha e pane.

Defeito se refere ao estado do item quando este, por algum motivo, começa a apresentar problemas funcionais. Neste estado, não ocorre a parada do item, porém este problema poderá acarretar uma falha, que, por sua vez, é o evento no qual o item perde a capacidade de desempenhar sua função. Neste momento, este apresentará uma pane, que é definida como a incapacidade de desempenhar sua função de forma correta (Passami, 2007).

Ter ciência do estado atual do item é de extrema importância para determinar ações de manutenção, podendo ser corretivas, preventivas ou preditivas. Considerando o objeto de estudo, o foco do trabalho será nas ações corretivas e preventivas.

A manutenção corretiva se trata de ações com o objetivo de atuar quando ocorre a falha. A principal característica é que nenhum item é monitorado ou substituído até que se torne incapaz de realizar sua função, sendo necessária sua troca imediata. Portanto, este tipo de manutenção pode acarretar paradas indesejadas, produtos defeituosos, custos elevados e até mesmo acidentes (Telmo; Almeida, 2007).

Diferente dessa, a manutenção preventiva tem por objetivo realizar intervenções programadas nos itens para evitar a ocorrência de falhas. Sendo assim, esse tipo de manutenção trabalha com ações planejadas com foco na identificação das possíveis falhas, por meio de histórico interno (indicadores) ou por dados dos fornecedores. Com a identificação de uma possível falha, é programada a substituição antecipada dos itens, prevenindo paradas indesejadas por falhas conhecidas (Oliveira, 2016).

1.3 Indicadores

Conforme apresentado por Takashina e Flores (1999, p.1), “indicadores são ferramentas essenciais ao planejamento e controle dos processos das organizações”. Isso se deve ao fato de que os resultados apresentados por indicadores dão o retrato operacional real da produção, o que é de extrema importância em termos de planejamento, já que é possível estabelecer metas a serem atingidas.

No que se refere ao controle, a utilização dos indicadores tem suma importância, pois são fundamentais para se estabelecer uma análise crítica do desempenho e assim auxiliar nas tomadas de decisões, a fim de tornar processos mais robustos e menos suscetíveis a problemas de produção (Takashina; Flores, 1999).

1.3.1 OEE

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), traduzido como classificação da efetividade de equipamento, tem como base três parâmetros, sendo eles disponibilidade, capacidade e qualidade. O produto de cada um desses pilares resulta neste indicador. A base de cálculos está descrita nas Equações 1, 2, 3 e 4 (Nakajima, 1989; Gomes, 2018).

Disponibilidade

$$= \frac{TPP - TPNP}{TPP} \quad \text{Equação 1}$$

TPP = Tempo de produção planejado

TPNP = Tempo das paradas não planejadas

Capacidade

$$= \frac{TC \times QPP}{TPP - TPNP} \quad \text{Equação 2}$$

TC = Tempo de ciclo padrão

QPP = Quantidade de produtos processados

TPP = Tempo de produção planejado

TPNP = Tempo das paradas não planejadas

Qualidade

$$= \frac{QPP - QPR}{QPP} \quad \text{Equação 3}$$

QPP = Quantidade de produtos processados

QPR = Quantidade de produtos refugados

OEE

$$= \text{Disponibilidade} \times \text{Capacidade} \times \text{Qualidade} \quad \text{Equação 4}$$

1.3.2 MTBF

O MTBF (*mean time between failures*), traduzido como tempo médio entre falhas, é um indicador que tem por objetivo apontar o tempo médio para que um item falhe novamente (Mendes, 2011).

Em sistemas de manutenção preventiva, sua utilização pode ser crucial, pois, além de ser uma das ferramentas utilizadas para avaliar os serviços realizados pelo setor da manutenção, auxilia na determinação do momento de substituição de determinados itens levando em consideração os registros internos da organização. Portanto, os valores obtidos pelo cálculo do MTBF (Equação 5) podem ser os determinantes na realização de paradas programadas e substituição de itens antes que ocorram as suas falhas e, conseqüentemente, antes que os processos parem em momentos não planejados (Megiolaro, 2015).

$$MTBF = \frac{TD - TM}{N} \quad \text{Equação 5}$$

TD = Tempo de disponibilidade

TM = Tempo de manutenção

N = Número de paradas

1.4 Poka Yoke

Poka Yoke é uma palavra de origem japonesa que pode ser entendida como “À prova de falhas”. Dispositivos *Poka Yoke* são caracterizados por prevenirem de maneira absoluta a ocorrência de falhas. Muitos exemplos de aplicações deste tipo de solução estão associados a erros operacionais (Nogueira, 2010).

Processos de montagem e posicionamento de peças de forma manual são exemplos de processos em que dispositivos *Poka Yoke* são de grande importância. Um dispositivo será *Poka Yoke* quando impedir que a mão de obra consiga posicionar os componentes de maneira errada. Portanto, o operador só conseguirá montar na posição correta, garantindo uma montagem adequada.

2 MÉTODO

No que se refere às classificações de pesquisa do trabalho desenvolvido, quanto ao seu objetivo, trata-se de uma pesquisa exploratória, definida por Gil (2008) como sendo uma pesquisa que visa ter maior familiaridade com o problema de modo a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses, que, neste caso, se referem à proximidade com indicadores e soluções.

Quanto às estratégias de pesquisa, as utilizadas foram a bibliográfica, considerando a busca de materiais para fundamentar os assuntos que vieram a ser apresentados durante análise e proposta, e estudo de caso, que, conforme apresentado por Yin (2001), é considerada quando o foco da pesquisa está em fenômenos atuais dentro do contexto da vida real, representado pelo objeto de estudo analisado, um processo produtivo real que apresenta problemas de performance (Lakatos; Marconi, 2003; Gil, 2008).

No que se refere à classificação perante o tempo de pesquisa, qualifica-se como transversal. Nesta fase o objetivo foi propor as possíveis melhorias para o processo de modo

que este melhore seu desempenho. Portanto, não se aplica uma análise de dados considerando um intervalo de tempo, pois não está sendo analisada a implementação das propostas e a validação de que trouxeram retorno (Hulley *et al.*, 2015).

Quanto à abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois apesar de apresentar valores sobre o estado atual do processo e fórmulas, estes são utilizados para base de argumentação, não havendo uma análise matemática ou estudo comparativo dos indicadores antes e após a implementação das melhorias sugeridas (Mazucato, 2018).

A respeito do método amplo, é o indutivo. A partir de informações particulares, ou seja, das informações do processo atual, a pesquisa busca chegar a uma conclusão ampla baseada naquilo que se acredita impactar diretamente nos indicadores de rendimento do processo que, conseqüentemente, trarão melhorias (Mazucato, 2018; Lakatos; Marconi, 2010).

Sobre a natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, que tem por objetivo gerar os conhecimentos necessários sobre indicadores e sua relação com desempenho para que seja possível direcionar as propostas de solução dos problemas encontrados no processo produtivo em análise (Silva; Menezes, 2005).

3 ANÁLISE

3.1 Objeto de estudo

Esta sessão tem como objetivo realizar a apresentação do Estudo de Caso, evidenciando as falhas de qualidade recorrentes no processo de aplicação de silicone nas lentes das luminárias, para que posteriormente seja realizada a proposta de aplicação analítica dos indicadores de qualidade e desempenho, a fim de identificar os problemas que geram baixa qualidade no processo.

3.1.1 Descrição da máquina e processo

O *dispenser* automático de silicone é uma máquina de origem chinesa que deposita silicone em superfícies programáveis. A Figura 1 ilustra a máquina utilizada no processo.



Figura 1 – Dispenser automático de silicone

Fonte: Dados da Empresa (2022)

A aplicação do silicone nas lentes das luminárias tem como objetivo vedar os componentes e circuitos eletrônicos. A lente é um componente da luminária responsável por definir o ângulo de luz emitido pelo LED. A Figura 2 ilustra um exemplo de lente utilizada no processo.

Os principais componentes da máquina são: bomba de silicone, inversor de frequência, robô 3 eixos, válvula de aplicação e IHM de programação e configuração.

A programação dos ciclos de aplicação é feita por coordenadas cartesianas e é executada com o auxílio da IHM de programação e configuração. Esse processo de aplicação de silicone nas lentes é executado por um operador, responsável por posicionar as lentes na bandeja da máquina e realizar o ciclo de aplicação do silicone. Finalizado o ciclo, as lentes com silicone são retiradas da máquina e posicionadas na luminária.

O responsável pelo posicionamento e fixação da lente vai variar de acordo com o balanceamento da linha, ou seja, o operador da máquina poderá realizar esta tarefa ou disponibilizar a lente para outro posto de trabalho.



Figura 2 – Lente focal

Fonte: Dados da Empresa (2022)

A Figura 3 ilustra o processo de aplicação de silicone e posicionamento das lentes na bandeja.



Figura 3 – Aplicação de silicone e posicionamento das lentes na máquina

Fonte: Dados da Empresa (2022)

Como pode-se observar, o lado esquerdo da Figura 3 ilustra uma lente com o silicone aplicado, e no lado direito está sendo posicionada uma nova lente para iniciar a aplicação.

3.1.2 Fatores que ocasionam os defeitos de qualidade e descrição

Os defeitos e falhas nos processos de aplicação de silicone impactam diretamente na qualidade do produto final. Sua não conformidade pode resultar na redução da vida útil das luminárias em campo.

O trabalho foca em três causas principais que geram os defeitos de qualidade no processo de aplicação:

- (a) Quebra repentina dos bicos aplicadores;
- (b) *Setup* entre modelos de lentes;
- (c) Erros operacionais no posicionamento das lentes nas bandejas.

3.1.2.1 Quebra repentina dos bicos aplicadores

O bico aplicador de silicone é um componente fixado na ponta da válvula que, quando acionado, deposita o silicone na canaleta da lente. Por se tratar de um componente plástico, sua quebra é consequência do uso constante nas aplicações.

Devido à vida útil do componente não ser monitorada, ocorrem pequenas rachaduras no bico plástico, causando um vazamento de silicone pela lateral do bico. Esse vazamento de silicone contamina a ótica focal da lente. Resulta, portanto, em retrabalho e muitas vezes refugo, pois o silicone mancha a lente, deixando-a com um aspecto fosco.

A Figura 4 ilustra o bico com uma pequena trinca lateral, que gera o deslocamento de silicone na lente.

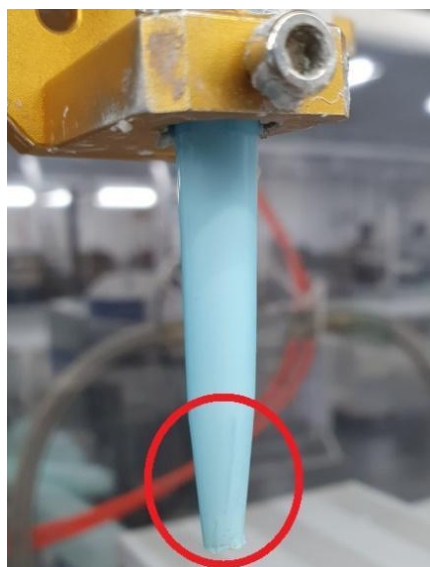


Figura 4 – Bico com trinca devido a desgaste

Fonte: Dados da Empresa (2022)

O círculo vermelho indica a trinca no bico, por onde ocorre o vazamento lateral de silicone. A Figura 5 exhibe uma peça em processo de retrabalho com silicone sobre a ótica, devido à não conformidade ilustrada na Figura 4.



Figura 5 – Retrabalho de lente contaminada com silicone

Fonte: Dados da Empresa (2022)

3.1.2.2 Setup entre modelos de lentes

Por se tratar de uma linha que absorve a produção de diferentes produtos, os *setups* no robô dosador de silicone são frequentes. Atualmente o processo conta com aproximadamente 15 tipos diferentes de lentes para se aplicar silicone. Durante o *setup* a troca do programa na máquina é relativamente simples, porém existem diferentes tipos de lentes, com diferentes espessuras de canaletas, ou seja, o processo exige uma quantidade variada de silicone a ser depositada.

Existem duas formas de regular a vazão do silicone pelo bico. A primeira é pela velocidade de movimentação dos eixos do robô, e a segunda é pelo inversor da bomba elétrica que se encontra atrás da máquina. Contudo, devido ao inversor ficar na caixa elétrica, o operador da máquina não pode ter acesso ao local, portanto, a forma utilizada para regular a vazão é através da mudança da velocidade dos eixos, com o auxílio da IHM da máquina.

Após realizado o ajuste, o operador aplica o silicone e em seguida fixa a lente na luminária para verificar se a quantidade de vedação está adequada. A Figura 6 evidencia uma não conformidade na quantidade de silicone após a fixação da lente na luminária.

Nota-se que na Figura 6 o operador reduziu a velocidade e houve um excesso de silicone na lente, obstruindo o led e a óptica. Esse defeito gera retrabalho e o refugo da lente.



Figura 6 – Lente com excesso de silicone

Fonte: Dados da Empresa (2022)

3.1.2.3 Erro operacional no posicionamento das lentes

Conforme ilustra a Figura 3, o posicionamento da lente no robô é de forma manual e permite erros operacionais.

Caso a lente não encoste nos cantos da bandeja, o silicone é depositado fora da canaleta. Devido à distração do operador da máquina e do montador, muitas vezes ocorre a fixação da lente com o silicone fora de posição, conforme ilustra a Figura 7.



Figura 7 – Lente com silicone fora de posição

Fonte: Dados da Empresa (2022)

O deslocamento do silicone ilustrado na Figura 7 gera uma deficiência na quantidade de silicone na lente e, possivelmente, falha de vedação, ou seja, problema de qualidade na vida do produto.

3.1.3 Retrabalho e Scrap

Como relatado nas seções anteriores, todos os modos de falha estudados geram retrabalhos. O Quadro 1 apresenta o índice de retrabalho no período de março a abril de 2022.

Quadro 1 – Retrabalhos por falha na aplicação de silicone na lente

Linha	Turno	Qtd na OP	Descrição do Defeito	Família	Qtd processo	Total defeitos
2	2	504	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	2	2
3	2	400	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
2	1	300	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
2	1	300	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
1	1	100	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	5	5
1	1	967	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
1	1	198	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	11	11
1	1	700	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	2	2
2	1	670	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
1	1	890	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	1	1
2	1	240	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	3	3
3	1	670	Silicone no LED/Lente	MONTAGEM	2	2

Fonte: Dados da Empresa 1 (2022)

Com relação aos custos gerados pelo refugo das lentes, o Quadro 2 exibe o índice e o valor dos *scraps* de março a maio de 2022.

Quadro 2 – Custo do *scrap* de lente

(continua)

Status	Operação	Classificação	Descrição do defeito	Quantidade	Custo
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 12,91
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	10	R\$ 91,70
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 6,68
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	3	R\$ 38,72
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 15,80
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 18,66
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone na ótica	2	R\$ 10,34
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone na ótica	1	R\$ 10,67
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone na ótica	5	R\$ 32,55
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 13,86
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 3,96
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 18,68
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 27,72
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	1	R\$ 3,19
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 13,02

(conclusão)

Status	Operação	Classificação	Descrição do defeito	Quantidade	Custo
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 7,92
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	2	R\$ 13,15
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	3	R\$ 9,56
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	4	R\$ 25,00
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	16	R\$ 104,16
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	7	R\$ 46,02
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	12	R\$ 166,32
SCRAP	Produção PA	Processos	Silicone seco	19	R\$ 118,77

Fonte: Dados da Empresa 1 (2022)

3.1.4 Downtime

Os *downtimes* investigados pelo trabalho são referentes às paradas de máquina por manutenções corretivas para realizar a substituição dos bicos quando estes começam a apresentar falhas na aplicação de silicone, como ilustra a Figura 4.

De acordo com o que foi relatado na seção 3.2.1, a quebra repentina dos bicos plásticos resulta em falhas de qualidade no processo e, conseqüentemente, é necessário paralisar a produção e efetuar a troca do bico com defeito.

As paradas referentes às manutenções corretivas dos bicos no período de março a abril de 2022 estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 – Downtime para troca do bico danificado

Máquina	Data da falha	Falha	Detalhamento da parada	Tempo (s)	Tipo de parada
Aplicadora de silicone	02/03/2022	Quebra do bico	Bico trincado	536	NPROGRAMADA
Aplicadora de silicone	07/03/2022	Quebra do bico	Bico com silicone seco	628	NPROGRAMADA
Aplicadora de silicone	11/03/2022	Quebra do bico	Bico trincado	521	NPROGRAMADA
Aplicadora de silicone	21/03/2022	Quebra do bico	Bico trincado	682	NPROGRAMADA
Aplicadora de silicone	23/03/2022	Quebra do bico	Bico quebrado	644	NPROGRAMADA
Aplicadora de silicone	29/03/2022	Quebra do bico	Bico trincado	620	NPROGRAMADA

Fonte: Dados da Empresa 1 (2022)

Quando é necessário realizar uma troca de bico, o processo é feito pelo técnico da linha. Nos *downtimes* descritos no Quadro 3 estão inclusos o tempo de deslocamento do técnico e a troca e reconfiguração da máquina.

4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Para a melhoria dos índices relacionados a qualidade e desempenho nesse processo, são propostas algumas soluções fundamentadas sobre manutenção, indicadores e *Poka Yoke*.

Como foi apresentado, o OEE será utilizado como medidor de qualidade e desempenho neste processo da empresa. Nas próximas seções serão tratados os desperdícios do processo e sua solução, a fim de reduzir os índices de baixa qualidade.

4.1 Quebra dos bicos aplicadores

O primeiro desperdício a ser tratado é a quebra dos bicos aplicadores de silicone. Como foi dito, o uso constante do bico de plástico resulta em fissuras que comprometem a efetividade do processo. Essa falha gera retrabalho e refugo devido a seu tempo de vida útil não ser monitorado.

Ao analisar pela perspectiva do OEE, esse ponto de falha encontrado no processo interfere nas três variáveis que compõem esse indicador. Começando pela disponibilidade, seu valor é afetado, uma vez que o tempo de parada não planejada para realizar a troca dos bicos não agrega valor. A capacidade é afetada pelo tempo de paradas não planejadas, o que resulta na diminuição da produtividade do equipamento. Por fim, a taxa de qualidade é prejudicada de modo que a quantidade de produtos refugados aumenta devido à falha no bico.

Uma forma de mitigar esse problema é por meio da aplicação de indicadores de manutenção, mais especificamente, o MTBF. Sendo assim, a equipe de manutenção deve monitorar o tempo de funcionamento da máquina até que ocorram as falhas. De forma mais específica, a partir dos dados de produção diária apontados pelos operadores e manutentores, os quais são carregados nos servidores da empresa por meio do sistema de gerenciamento de produção, o time de manutenção deverá fazer uma estratificação dos dados de parada e seus motivos. A partir dos tempos entre as falhas de quebra de bico, o setor de manutenção deverá programar de forma preventiva sua substituição visando reduzir as paradas não programadas durante a produção.

Desta forma, retrabalhos e refugo por conta de fissuras no bico aplicador diminuirão, melhorando a Eficácia Geral do Equipamento.

4.2 Setup entre modelos de lentes

Outro ponto que afeta a qualidade e o desempenho do equipamento é o *setup* para os diferentes modelos de lente. O *setup* é realizado por meio de testes e ajustes de velocidade sem um padrão pré-definido. Sendo assim, até que se atinja a velocidade adequada para o modelo, gera-se desperdício de tempo e matéria-prima.

Dessa maneira, o valor do OEE é afetado negativamente, visto que a disponibilidade e capacidade serão impactadas pelo fato de haver um tempo desnecessário gasto com ajuste da máquina. Vale destacar que as lentes não conformes são submetidas a retrabalho, afetando o indicador de qualidade da máquina.

Como solução para o problema é proposto que, a partir de um alinhamento entre PCP e Engenharia de Manufatura, sejam inseridos períodos de máquina parada, de forma que o time técnico consiga determinar as velocidades dos eixos do *dispenser* para os diferentes tipos de lentes. Sendo assim, os valores estabelecidos deverão ser gravados como forma de receita na máquina e documentados como forma de registro das informações. Desta forma, no início de cada produção, o operador responsável pelo processo conseguirá carregar o programa determinado pelo time de Engenharia e conferi-lo com os valores documentados. Destarte, decorre da melhoria a redução do tempo de *setup*, liberação do processo e diminuição do desperdício de material.

Tendo os programas padronizados, o *setup* da máquina na troca de modelos se torna mais rápido, resultando em melhorias nos fatores disponibilidade, capacidade e qualidade, tornando-se, portanto, mais eficiente.

4.3 Erro operacional no posicionamento das lentes

Com relação aos erros operacionais no posicionamento das lentes nas bandejas, a aplicação do silicone não é realizada corretamente, causando perdas de desempenho e qualidade no produto.

Se a vedação da lente não está em conformidade com os requisitos de qualidade, estas são submetidas a retrabalho, podendo ser refugadas dependendo do local onde o silicone foi depositado. Como foi relatado, o retrabalho e refugo das lentes impactam negativamente no medidor de eficácia geral do equipamento.

Frente a esse problema, a proposta de abordagem é que seja adicionado um sistema de sensoriamento na máquina, ou seja, a partir da utilização de sensores fotoelétricos, o time de Engenharia de Manufatura deverá posicionar e programar a máquina de modo que não permita

continuar o fluxo de processo caso a lente esteja posicionada de forma incorreta no berço de montagem. A configuração dos sensores e quais deverão estar ativados estarão relacionados com as receitas de produção, que por sua vez está associada também com a velocidade do *dispenser*. A validação de que estes sensores estão funcionando corretamente será feita no início de cada turno por meio de peças padrão, ou seja, a máquina deverá ter um ciclo de validação no qual o operador posicionará propositalmente lentes incorretas e fora de posição, e a máquina identificará o erro operacional através da não identificação da peça posicionada corretamente. Essa proposta é baseada nos princípios de dispositivos *Poka Yoke*, pois, uma vez que seja impossível continuar o processo de aplicação de silicone, o dispositivo será à prova de falhas.

Se os retrabalhos e refugos por mau posicionamento das lentes são extintos, o tempo do processo será melhor aproveitado, proporcionando melhorias na disponibilidade, capacidade e qualidade do processo, tendendo a apresentar avanços significativos nos valores de medição de desempenho e qualidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado, o estado atual do processo descrito apresenta uma série de problemas que geram impactos na produção. Trazendo para o contexto deste artigo, tais problemas afetam diretamente a performance do processo.

Todas as propostas apresentadas se baseiam no impacto que os detratores geram nos indicadores que medem a efetividade de equipamentos, o OEE. Dessa forma, as soluções são pautadas naquilo que gerará maior impacto no que se refere ao aumento da disponibilidade do equipamento, melhoria da capacidade e qualidade, resultando em menos peças refugadas e as produzindo dentro do tempo de ciclo determinado.

Dessa forma, conclui-se que quantificar processos a partir da utilização de indicadores é uma tarefa de extrema importância, já que torna possível analisá-los de uma maneira mais palpável e objetiva. A partir destes indicadores, é possível propor soluções e melhorias baseadas naquilo que causará impacto direto no rendimento. Por fim, com a implementação dos indicadores, faz-se possível comparar os resultados obtidos após implementação das melhorias e assim validar se elas trouxeram resultados positivos, auxiliando na busca em atender às metas traçadas pela empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR- ISO 9000**. Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BOND, B. T; BUSSE, A; PUSTILNICK, R. **Qualidade total**: o que é e como alcançar. Curitiba: Intersaberes, 2012.

CARDOSO, F. E; BATISTA, E. D. W. **Fundamentos da qualidade**. Santa Catarina: Uniasselvi, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, L. C. CORREA, R. G. F. Utilização de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) em células de manufatura considerando o takt time. **GEPROS**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 276-294, 2018.

HULLEY, S. B.; CUMMINGS, S. R.; BROWNER, W. S.; GRADY, D. G.; NEWMAN, T. B. **Delineando a pesquisa clínica**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAZUCATO, T. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico**. Penápolis: Funep, 2018.

MEGIOLARO, M. R. O. **Indicadores de manutenção industrial relacionados à eficiência global de equipamentos**. 2015. 87p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR.

MENDES, A. A. **Manutenção centrada em confiabilidade**: uma abordagem quantitativa. 2011. 85f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – PR, 2011.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**. Cambridge, Mass: Productivity Press, 1989.

NOGUEIRA, L. J. M. **Melhoria da qualidade através de sistemas Poka-Yoke**. 2010. 51f. Tese (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Universidade do Porto, Porto - Portugal.

OLIVEIRA, M. G. A. **Estudo de caso sobre o gerenciamento da manutenção em uma serraria**. 2016. 70p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira). Universidade Estadual Paulista, Itupeva – SP.

PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da qualidade**: princípios, métodos e processos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

PASSAMI, B. D; CASTILHO, G. B. **Nova metodologia de análise de falha em empresa de refrigerante:** proposta e estudo de caso. 2007. 80p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. rev. Florianópolis: UFSC, 2005.

TAKASHINA, N. T; FLORES, M. C. X. **Indicadores da qualidade e do desempenho:** como estabelecer metas e medir resultados. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

TELMO, F. A; ALMEIDA, M. F. Gestão estratégica da produção: uso da manutenção enquanto ferramenta para o desenvolvimento organizacional. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 27., 2007. **Anais [...].** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007. p. 1-9. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570432_9763.pdf. Acesso em: 21 dez. 2024.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.