



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
MBA Executivo em *Lean Manufacturing*

ANA LUÍSA BRITO SANTANA
MARIA CLARA NOVAIS CARNEIRO

**IMPLANTAÇÃO DO MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA
HOMEM PARA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DO
PROCESSO DE MISTURAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
PNEUS DO ESTADO DA BAHIA**

Salvador (BA)
2018



**ANA LUÍSA BRITO SANTANA
MARIA CLARA NOVAIS CARNEIRO**

**IMPLANTAÇÃO DO MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA
HOMEM PARA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DO
PROCESSO DE MISTURAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
PNEUS DO ESTADO DA BAHIA**

Artigo apresentado ao MBA
Executivo em *Lean Manufacturing*
do CENTRO UNIVERSITÁRIO
SENAI CIMATEC como requisito
parcial para obtenção do título de
Pós-graduado em *Lean
Manufacturing*.

Orientador(a): Prof. Lucas de
Freitas Gomes

Salvador (BA)
2018

IMPLANTAÇÃO DO MONITORAMENTO DA EFICIÊNCIA HOMEM PARA ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DO PROCESSO DE MISTURAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PNEUS DO ESTADO DA BAHIA

IMPLANTATION OF LABOR EFFICIENCY MONITORING TO ANALISE PRODUCTIVITY ON
MIXING PROCESS OF TIRE INDUSTRY LOCATED AT BAHIA STATE

SANTANA, Ana Luísa Brito ¹

CARNEIRO, Maria Clara Novais ²

RESUMO

A busca por um melhor nível de desempenho vem se tornando cada vez recorrente na maioria das empresas, fazendo-se necessário monitorar a eficiência para obter ganhos em produtividade da força de trabalho, assim como tomar decisões céleres e assertivas. Neste contexto, o indicador Eficiência Global do Trabalhador (OLE) permite quantificar o desempenho dos colaboradores. Dessa forma, o presente artigo compreende um estudo de caso sobre a implantação do OLE e seu monitoramento no processo de misturação de uma indústria de pneus do estado da Bahia, a fim de demonstrar os resultados obtidos a partir com esse acompanhamento, principalmente no que tange a produtividade da empresa. O estudo comprovou que, fundamentando-se teoricamente sobre o OLE, definindo a forma de mensuração e analisando os dados coletados, é possível concluir sobre o impacto do monitoramento desse indicador na produtividade da empresa objeto de estudo.

Palavras-chave: OLE, Indicadores de desempenho, Produtividade.

ABSTRACT

The search for a better level of performance is becoming more and more recurring in most companies, it is necessary to monitor efficiency to obtain gains in workforce productivity, as well as to make quick and assertive decisions. In this context, the indicator Overall Labor Effectiveness (OLE) allows to quantify the performance of employees. In this way, the present article includes a case study on the implementation of OLE and its monitoring in the process of mixing a tire industry in the state of Bahia, in order to demonstrate the results obtained with this monitoring, mainly regarding the productivity of the company. The study showed that, theoretically based on OLE, defining the form of measurement and analyzing the data collected, it is possible to conclude on the impact of the monitoring of this indicator on the productivity of the company under study.

Keywords: OLE, Performance indicators, Productivity.

¹ Pós-graduanda em *Lean Manufacturing* pelo SENAI CIMATEC/BA, turma 2017 – analuisabsantana@gmail.com

² Pós-graduanda em *Lean Manufacturing* pelo SENAI CIMATEC/BA, turma 2017 – mariacarla_novais@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

No passado as indústrias direcionavam os recursos e atenção para alcançar melhorias em equipamentos como estratégia de aumentar a competitividade e a lucratividade. Em alguns setores era uma estratégia bem-sucedida, no entanto, muitas vezes o tempo de retorno do esforço empregado para atingir essas melhorias era extremamente lento (GONÇALVES et al., 2016). Atualmente, gestores experientes perceberam que os seus colaboradores podem ser o motor que impulsiona a empresa um próximo nível de desempenho (CHIAVENATO, 2010).

Lima e Urbina (2002) afirmam que para muitos executivos de manufatura, lidar com uma força de trabalho em constante mudança, competir com um mercado global e manter a lucratividade são fatores de sobrevivência corporativa, e, essas metas serão alcançadas somente se puderem otimizar o desempenho do recurso humano.

No entanto, para otimizar o desempenho da mão de obra, é necessário antes medi-la e avaliá-la. Dessa forma, a utilização de métodos que permitam mensurar a eficiência é um grande desafio da atualidade industrial.

Existem indicadores bem conhecidos e empregados mundialmente para avaliar o desempenho de um equipamento, um dos mais empregados é o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) ou Eficiência Global do Equipamento (KRONOS, 2007). No entanto, a abrangência da aplicação de indicadores de desempenho dos colaboradores, como o *Overall Labor Effectiveness* (OLE) ou Eficiência Global do Trabalhador é pouco divulgada devido a escassez de estudos publicados sobre o assunto.

Gordon (2011) argumenta que as vantagens geradas pelo OEE já são muito exploradas pelas organizações e focar na melhoria desse indicador gera um retorno baixo. O elemento humano possui grande potencial de melhoria para as empresas industriais e, por isso, é preciso detectar maneiras para ajudar a força de trabalho a ser mais produtiva.

Devido ao crescente interesse pelo tema, este artigo pretende apresentar um estudo de caso sobre a implantação do monitoramento da eficiência homem em uma empresa de pneus. A empresa é uma multinacional com mais de 100

anos de mercado e possui uma planta localizada no estado da Bahia. Este estudo foi delimitado para o processo denominado misturação, o qual será detalhado na seção 4, onde estão envolvidos cerca de 150 colaboradores. Os resultados que compuseram a pesquisa foram coletados no primeiro semestre de 2018, no entanto, a concepção ocorreu seis meses antes.

Diante desse contexto, o estudo tem como objetivo geral demonstrar a aplicação do indicador OLE para o monitoramento da eficiência homem no processo da misturação em uma indústria de pneus do estado da Bahia. E possui os seguintes objetivos específicos:

- Fundamentar teoricamente o indicador de eficiência global do trabalhador para medir a produtividade do operador;
- Evidenciar a forma em que o OLE foi mensurado e calculado na empresa objeto de estudo;
- Apresentar os resultados e benefícios após aplicação do OLE.

Ainda, essa pesquisa apresenta a seguinte questão norteadora: o monitoramento da eficiência homem pode contribuir para o aumento de produtividade de uma indústria de pneus?

A relevância dessa pesquisa apresenta-se na necessidade de monitorar a eficiência para otimizar a força de trabalho, impactando na performance das empresas. Diversos problemas relacionados ao homem podem reduzir a eficiência de uma fábrica, como por exemplo: elevado índice de absenteísmo de indivíduos críticos para o desempenho do processo; treinamento não realizado ou ineficiente, que prejudica a qualidade e desacelera a produção; dificuldade de alocação de pessoas certas quando e onde suas habilidades específicas são necessárias, e muitos outros. Fatores como esses chamam a atenção para a mão-de-obra, destacando-a como o próximo elemento crítico para otimização no mundo atual.

Os recursos financeiros, equipamentos, instalações são imprescindíveis para uma empresa, entretanto, as pessoas são o recurso mais importante, uma vez que planejam e fabricam os produtos, executam, controlam, corrigem, comercializam, estabelecem estratégias e objetivos para a instituição (CHIAVENATO, 2010). Ponchirolli (2000) complementa que os colaboradores

podem ser reconhecidos, avaliados e desenvolvidos, possibilitando que o seu valor cresça com o tempo.

A realização desta pesquisa justifica-se em virtude do ineditismo, o que contribui significativamente para a comunidade acadêmica uma vez que são limitados os estudos referentes a utilização do indicador de eficiência homem, bem como a conceituação e aplicação do OLE.

O estudo está dividido em 5 capítulos. Neste capítulo foram expostos os objetivos, a descrição e relevância do problema, e a delimitação do trabalho. A segunda seção apresenta a fundamentação teórica, que contempla os seguintes temas: produtividade, indicadores, *Total Productive Maintenance* (TPM), OEE e OLE. A seção seguinte define a metodologia de pesquisa aplicada no trabalho, através da classificação da pesquisa quanto aos fins (exploratória, descritiva, explicativa) e quanto aos meios (pesquisa de campo, bibliográfica, estudo de caso). Já o capítulo 4 apresenta uma breve explicação da produção de pneu e do processo escolhido, a definição da mensuração do indicador OLE e, a análise e discussão dos dados coletados neste trabalho. Por fim, o capítulo 5 contempla uma síntese final com as principais considerações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produtividade

A definição de produtividade passou a ser aplicada nas empresas com a finalidade de mensurar e avaliar a sua performance. Segundo Singh et al. (2000) a mensuração da produtividade se dava pela relação entre o total da produção e a quantidade de funcionários, entretanto, com o passar do tempo foram aparecendo novas formas de calcular, utilizando no denominador outros recursos além do homem.

A produtividade é quantificada pela razão entre o total que foi produzido (produção efetiva) e o recurso utilizado para tal, alguns exemplos de parâmetros são: peças/hora-máquina, carros produzidos/funcionário-ano, etc (CONTADOR, 1998). Ainda, ela pode ser utilizada para calcular um desempenho individual (homem, máquina, matéria-prima) ou da empresa como um todo. Isto se dá através de indicadores, os quais serão explicados na próxima seção.

O conceito para produtividade considera a relação entre saídas (produto/serviço gerado) e entradas (recursos empregados) de uma organização (CHIAVENATO, 2004). Esse conceito é bem simples e pode ser esquematizado, conforme Byrne (1991), pela equação 1.

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída Produzida}}{\text{Entrada Consumida}} \quad (1)$$

Avaliar a produtividade na empresa permite que seja realizada uma medição da eficiência e eficácia dos processos e que seja tomada decisões baseadas em dados concretos, possibilitando assim, que a empresa entenda onde precisa intervir, visando uma melhoria contínua. Conforme Carvalho e Laurindo (2003) a eficiência está diretamente relacionada com o potencial de transformar entrada em saída e, eficácia trata da qualidade das saídas, se estas atendem aos requisitos estabelecidos.

A busca pela melhoria contínua da produtividade é possível através da reengenharia do processo, otimização dos recursos ou utilização de metas, segundo BYRNE (1991). Porém, existem fatores que interferem na produtividade e precisam ser monitorados: “Trabalho x Capital (Investimentos); Escassez de recursos; Mudanças na força de trabalho; Efeitos de trocas e reguladores; Qualidade no ambiente de trabalho” (MONKS, 1987). O último ponto citado é crucial para o bom desempenho de uma empresa, já que funcionários motivados e engajados estão mais sujeitos ao alcance de resultados.

2.2 Indicadores de Produtividade

Os indicadores são utilizados para acompanhar e aprimorar a qualidade e a performance de uma empresa como um todo, possibilitando assim uma melhoria contínua dos produtos ou serviços ofertados gerando por consequência um aumento da produtividade e competitividade.

Segundo Souza et al. (1994), os indicadores consistem em quantificações de informações que são geradas através de medições e avaliações da produção,

processos e produtos, sendo uma ferramenta importante para à tomada de decisão.

Dentre as diversas classificações e subclassificações de indicadores, os indicadores de produtividade são os de maior importância para este artigo. Segundo os autores Souza et al. (1994) estes “são os que medem o desempenho dos processos, através de relações elaboradas a partir dos recursos utilizados e respectivos resultados atingidos”. Um exemplo de indicador de produtividade será abordado no item 2.4.

No que diz respeito a indústria, existem diversos indicadores utilizados para controlar os processos de produção e a gestão do dia a dia. Neste segmento, os indicadores são também chamados de *Key Performance Indicators* (KPIs) e ajudam a fornecer dados estratégicos para a tomada de decisão, pois geram informações importantes sobre a eficiência das suas operações.

Alguns indicadores utilizados na indústria são: número de produtos produzidos, produtividade homem-hora, número de lotes rejeitados, tempo médio de reparo de uma máquina, tempo médio entre falhas e eficiência total do equipamento (OEE). O último indicador citado é o de principal interesse neste trabalho, e será abordar nos próximos tópicos, no entanto, primeiramente é necessário explicar sobre a ferramenta TPM (*Total Productive Maintenance*), a qual originou o indicador OEE.

2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

Segundo Takahashi e Osada (1993), TPM ou MPT (Manutenção Produtiva Total) “é um conjunto de atividades de gerenciamento voltadas para o equipamento, visando atingir a sua utilização máxima. Para tal, promovem a integração de todos os funcionários”.

A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão durante a década de 70, mas começou a ser apresentada no Brasil apenas no final de 1986 (NAKAJIMA, 1989). Atualmente a ferramenta já está bem disseminada nas empresas brasileiras.

As finalidades do TPM conforme estabelecido pelo *Japanese Institute of Plant Maintenance*, são: busca pela eficiência máxima da produção; busca por zero acidentes, defeitos; envolvimento de todas as áreas na implantação da ferramenta; inclusão de todos na empresa, da alta direção aos operadores; estabelecimento de ações direcionadas a meta “Zero perdas” (SUZUKI, 1992). Desse modo, Kardec et al. (2009) resume como objetivo do TPM o aumento da eficiência das empresas através de melhorias dos trabalhadores (qualificação) e das máquinas.

Nakajima (1989) afirma que existem oito princípios (pilares) que são fundamentais para a implantação e sustentação do TPM e comuns para todas as empresas, independente da estratégia de implantação de cada uma, são eles:

- 1) Manutenção Autônoma;
- 2) Manutenção Planejada;
- 3) Melhoria Específica;
- 4) Educação e Treinamento;
- 5) Controle Inicial;
- 6) Manutenção da Qualidade;
- 7) TPM *Office*;
- 8) Segurança, Saúde e Meio ambiente.

Além disso, o mesmo autor afirma que a implementação do TPM acontece normalmente através das etapas principais: Preparação, Introdução, Implantação e Consolidação.

Para medir os resultados obtidos com a implantação do TPM são utilizados indicadores, sendo o principal deles, o OEE que será explanado no próximo tópico.

2.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

A eficiência dos sistemas produtivos tem destaque nas empresas uma vez que seu acompanhamento e monitoramento permite identificar as causas de ineficiência e criar um plano de ação para aprimorar o desempenho. Para tal, é preciso coletar e examinar os dados dos recursos envolvidos na produção (PASSOS et al., 2004).

Como foi visto na seção anterior, o TPM é uma das metodologias utilizadas pelas empresas para melhoria de desempenho. Um dos indicadores aplicados por essa metodologia é o OEE, também conhecido como Eficiência Global de Equipamentos.

Davis (1995) afirma que os principais objetivos do OEE são medir o desempenho da máquina/equipamento, mensurar as perdas operacionais predominantes e acompanhar o avanço na diminuição destas perdas, buscando melhorias para os equipamentos.

O OEE é obtido através do produto de três parâmetros, a saber: disponibilidade, performance e qualidade. Conforme Moraes (2004), cada parâmetro do OEE é dado da seguinte forma:

- Índice de Disponibilidade: Refere-se à relação percentual entre o tempo de operação efetiva e o tempo total em que o equipamento estava disponível para produzir.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo total} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}}{\text{Tempo total} - \text{paradas planejadas}} \times 100 \quad (2)$$

- Índice de Performance: Expressa a relação percentual entre o tempo teórico do padrão e tempo de ciclo real do equipamento.

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo} \times \text{total de peças produzidas}}{\text{Tempo total} - \text{paradas planejadas} - \text{paradas não planejadas}} \times 100 \quad (3)$$

- Índice de Qualidade: Representa a capacidade de fazer o produto conforme especificado.

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Total de peças produzidas} - (\text{Total de refugos} + \text{retrabalhos})}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100 \quad (4)$$

Sendo assim, o OEE pode ser calculado através da equação 5, considerando para Disponibilidade “D”, Desempenho “P” e Qualidade “Q”.

$$\text{OEE} = D \times P \times Q \quad (5)$$

Cada índice utilizado no cálculo do OEE é obtido abatendo-se as perdas retratadas pelo TPM. A figura 1 enumera três classes principais de perdas: A. Perdas de Disponibilidade; B. Perdas de Desempenho; e C. Perdas de Qualidade e seus desdobramentos.

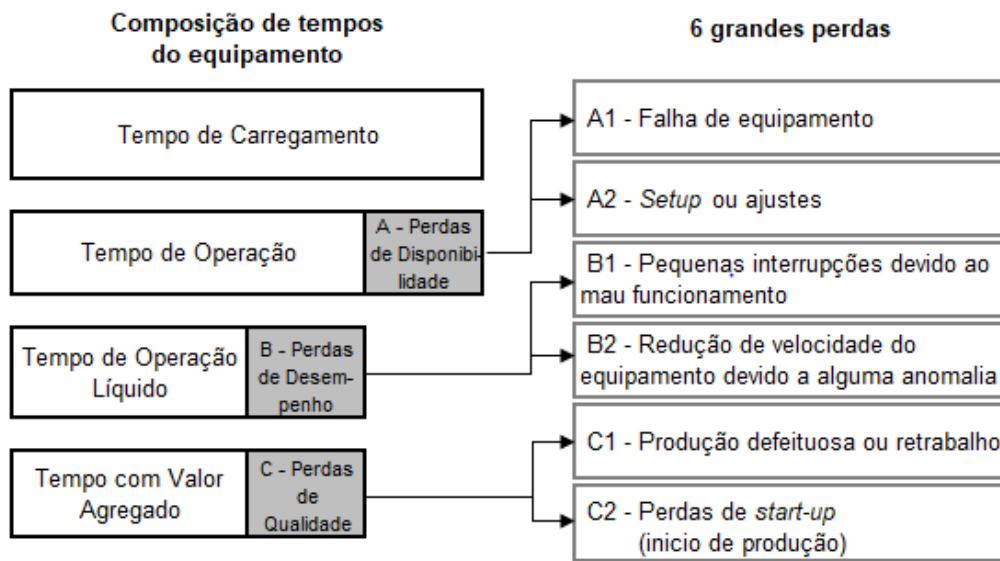


Figura 1 – Estrutura das seis grandes perdas de tempo observadas no indicador de OEE.
 Fonte: (Braglia et al. (2009) adaptada por Busso, 2012).

É possível ainda calcular o OEE através da relação entre a quantidade de produtos que atendem os critérios de qualidade e a quantidade de produto que poderia ser produzido durante o tempo total disponível, conforme equação 6 (KWON; LEE, 2004).

$$OEE = \frac{\text{Tempo de Produtos Bons}}{\text{Tempo disponível total} \times \text{Capacidade de Produção Teórica por Hora}} \quad (6)$$

A coleta de dados é um ponto muito importante para o cálculo correto do OEE e outros fatores além do equipamento, como o operador, insumos, formulação do produto podem interferir no indicador.

O resultado do OEE considerado bom está na faixa entre 75% a 85%, mesmo que o valor esperado para empresas Classe Mundial é de 85%. Para

equipamentos com resultados de OEE inferior a 65%, fica claro que este possui altos índices de perdas (HANSEN, 2002).

O indicador de eficiência global dos equipamentos retrata as verdadeiras condições das máquinas nas empresas e, através dos resultados obtidos é possível analisar as perdas existentes na fábrica. Entretanto, somente monitorar esse indicador não irá resolver todos os problemas. É importante utilizar outras ferramentas que permitam identificar as causas-raízes e eliminá-las antes que venham acontecer novamente.

O indicador OEE já está sendo aplicado em muitas empresas industriais atualmente. De acordo com Gordon (2011), na busca de melhorar a produtividade de outros recursos além do equipamento, identificou-se o homem como um grande potencial para obter melhorias na produção. Nesse sentido, surgiu o indicador que será apresentado na próxima seção, o OLE (*Overall Labor Effectiveness*).

2.5 Overall Labor Effectiveness (OLE)

A busca por um melhor desempenho e otimização do homem no trabalho requer a utilização de métodos que permitam mensurar a eficiência do mesmo, para então analisar e diagnosticar. Nesse sentido, surgiu um indicador, análogo ao OEE, para mensurar a eficiência do homem, o OLE. Este mede a disponibilidade, performance e qualidade da força de trabalho para avaliar o impacto da produtividade.

Gordon (2011) afirma que o OLE não é apenas um indicador de produtividade com objetivo de aumentar a produção em número. Sua aplicação permite identificar as causas reais para baixa produtividade através do monitoramento dos parâmetros de desempenho e qualidade. Além disso, possibilita mensurar o retorno do investimento em capacitações e treinamento.

O OLE, como citado, tem como precursor o indicador OEE e como o mesmo, é obtido pelo produto de três parâmetros, que segundo Kronos (2007) são:

- Disponibilidade: corresponde a porcentagem de tempo que o operador gasta fazendo contribuições efetivas. O cálculo está representado na equação 7.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo que os operadores estão produzindo}}{\text{Tempo programado}} \quad (7)$$

- Performance: referente a quantidade de produto entregue, conforme equação 8.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Saída real produzida pelos operadores}}{\text{Saída esperada}} \quad (8)$$

- Qualidade: representado pela porcentagem de produto sem defeito ou vendável, esquematizado pela equação 9.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças vendáveis}}{\text{Total de peças produzidas}} \quad (9)$$

Muitos fatores podem influenciar diretamente em cada um dos parâmetros do OLE, alguns deles estão citados abaixo:

- Disponibilidade: percentual de uso, ausência da força de trabalho, eficácia na escolha do operador e atividades inesperadas como avarias de máquinas;
- Desempenho: treinamento efetivo, instruções de trabalho documentadas, ferramentas e materiais adequados, equipe de suporte disponíveis (qualidade, manutenção, supervisão, segurança etc.);
- Qualidade: definição dos indicadores e parâmetros de qualidade, bem como seus limites de aceitação, treinamento, disciplina na execução de procedimentos para evitar o retrabalho, rápido diagnóstico de anomalias e ações corretivas pré-estabelecidas.

Melhorias realizadas em quaisquer desses parâmetros podem influenciar demasiadamente a lucratividade de uma empresa, que tem como desafio evitar que um esforço para aperfeiçoar um parâmetro provoque retrocesso em outro.

Por exemplo, uma iniciativa para melhorar a qualidade pode acabar prejudicando o desempenho ao desacelerar uma linha de produção.

Através do OLE é possível enxergar essas interrelações e fornecer uma visão em tempo real do progresso, possibilitando aos gerentes manter os três parâmetros em equilíbrio (KRONOS, 2007).

Entende-se assim que o OLE complementa o OEE, já que desvios relacionados ao homem não são facilmente detectados apenas com o OEE, pois estes não estão diretamente ligados com a capacidade do equipamento. O OLE pode ser ainda a única alternativa, no caso de processos industriais que não envolvem máquinas, onde são utilizados somente o trabalho manual ou intelectual do homem.

Na implantação do OLE, a resistência das pessoas quanto ao monitoramento e mensuração da sua eficiência de maneira similar as máquinas é uma barreira a ser superada. Esta relutância pode ser ainda maior quando o OLE é implementado em ambientes não industriais. Uma das estratégias para mitigar esta dificuldade é manter uma comunicação clara e constante do porquê da mensuração e os possíveis ganhos com a mesma.

3 REFERENCIAL METODOLÓGICO

A metodologia da pesquisa utilizada para a construção deste artigo está classificada quanto a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, conforme mostrado na figura 2 abaixo.

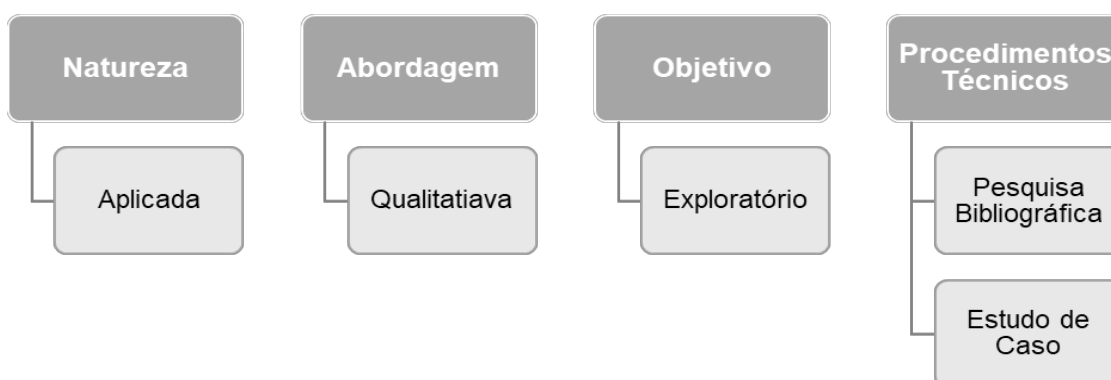


Figura 2 – Classificação metodológica do estudo.
Fonte: (Própria, 2018).

Quanto à natureza da pesquisa, é classificada como aplicada e a sua abordagem é qualitativa. Segundo Gil (1999), esse tipo de natureza busca a resolução de problemas de forma prática produzindo conhecimento a respeito de dilemas específicos.

As principais referências para escolha do método de pesquisa foram Lakatos e Marconi (2008). De acordo com os autores os estudos exploratórios são os que objetivam encontrar ideias e soluções para levantar hipóteses e aproximar o autor ao ambiente do estudo.

No que tange aos procedimentos técnicos, o presente trabalho engloba pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Segundo Severino (2000), a pesquisa bibliográfica é a reunião de conhecimento a partir de diversas fontes de publicações que objetiva edificar o autor sobre o tema, para assessorá-lo na elucidação de ideias para desenvolvimento da pesquisa. O levantamento bibliográfico foi fundamentado nos principais autores que versam sobre OLE e OEE, são eles: Nakajima (1989), Moraes (2004), Gordon (2011) e Kronos (2007). No decorrer desta etapa, foi possível estruturar conhecimento para posteriormente, aplicar os conceitos de OLE na empresa estudada.

Já o estudo de caso permite que seja investigada uma situação real com base nos dados atuais da indústria de pneu. Miguel (2010) diz que a utilização do estudo de caso deve estar correlacionada com a literatura e com os objetivos traçados visando os resultados alcançados.

Em resumo, tanto o trabalho científico quanto o método de investigação por meio do estudo de caso em um evento, tiveram como referência a pesquisa bibliográfica, mitigando relações incoerentes, possibilitando estruturação e fluxo lógico das informações apresentadas.

4 ANÁLISE DE DADOS

No capítulo 2 foi fundamentado teoricamente o conceito de OEE e OLE. A presente seção objetiva explicar brevemente o processo produtivo do pneu e definir como foi mensurado a eficiência homem na indústria objeto do estudo, a qual chamaremos de Empresa XY para preservar a sua identidade. Por fim, será

apresentada uma comparação dos resultados obtidos antes e após o monitoramento do OLE.

O processo de fabricação do pneu é bastante complexo, pois o mesmo é constituído de vários componentes e matérias primas. São necessárias diversas etapas de produção para chegar ao produto final. As seis principais etapas serão descritas a seguir.

A primeira etapa de fabricação, a misturação (Figura 3), tem por finalidade processar a borracha natural ou sintética com diversos produtos químicos (enxofre, negro de fumo, pigmentos e outros) a uma temperatura e pressão definidas para obter uma borracha com propriedades físico-químicas específicas. Esta mistura deve ser resfriada para seguir para a próxima etapa.



Figura 3 – Etapa de Fabricação do pneu: Misturação.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007).

Na etapa de extrusão (Figura 4) a borracha processada anteriormente é aquecida e extrudada, para então passar por perfis que a deixarão com o formato desejado de cada parte do pneu, sendo uma delas a cinta de rodagem.

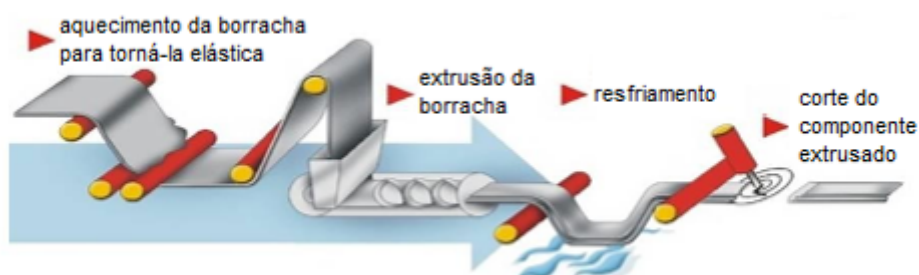


Figura 4 – Etapa de Fabricação do pneu: Extrusão.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007).

A figura 5 abaixo representa a etapa de calandragem. Nela, fios têxteis ou metálicos são cobertos por camadas de borracha e cortados, formando lonas que darão sustentação ao pneu.

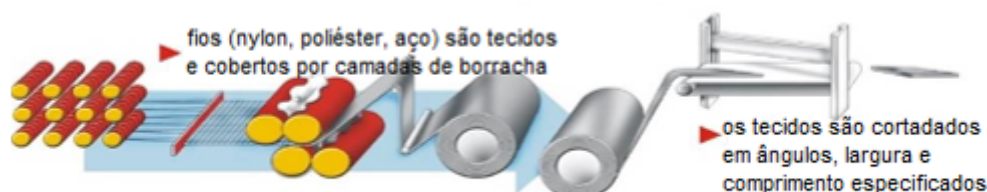


Figura 5 – Etapa de Fabricação do pneu: Calandragem.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007).

A etapa onde ocorre a união de todos componentes previamente fabricados é conhecida como construção (Figura 6). Dentre os componentes dessa fase, temos o talão, que são fios de aço revestidos de borracha com finalidade de fixar o pneu na roda.



Figura 6 – Etapa de Fabricação do pneu: Construção.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007).

A figura 7 demonstra as etapas de vulcanização e inspeção. Na etapa de vulcanização o pneu em “verde”, gerado anteriormente, é aquecido em uma prensa com molde específico, obtendo o *design* final. Já na etapa de inspeção, última fase da fabricação, as diversas características físicas do pneu acabado são analisadas, se necessário cabe repará-las, aprovando aqueles que atendem a qualidade esperada.



Figura 7 – Etapas de Fabricação do pneu: Vulcanização e Inspeção.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2007).

O processo escolhido para ser objeto de estudo foi a misturação. Nele, o processamento da borracha é realizado em uma máquina chamada misturador. A figura 8 apresenta uma vista geral do equipamento. Na parte superior estão os silos (1) com químicos que serão pesados e injetados automaticamente na câmara de misturação, juntamente com as borrachas alimentadas e pesadas pelos operadores (2). A câmara é composta por dois rotores que giram em direções opostas provocando o aquecimento e homogeneização da mistura, a qual será resfriada e armazenada em pallets (4). Toda produção se dá em bateladas com peso e tempo de ciclo específicos.

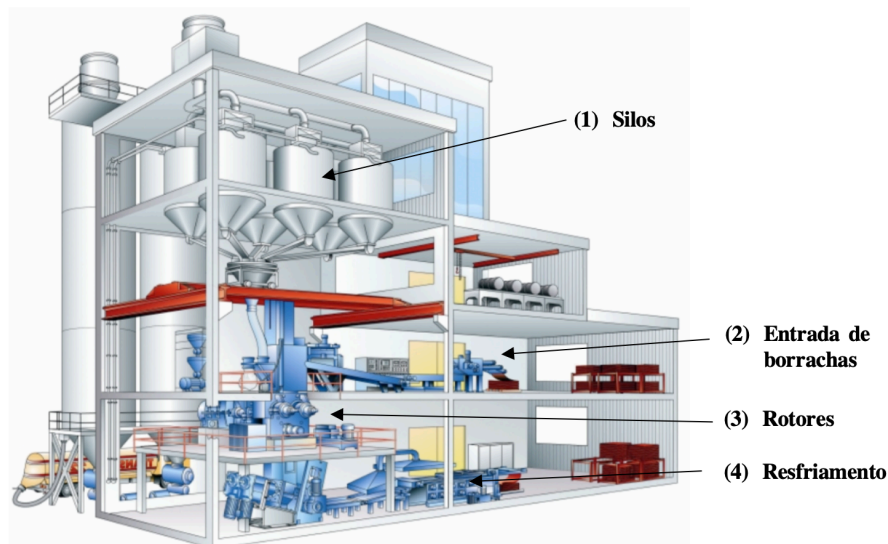


Figura 8 – Vista geral de um misturador.

Fonte: Adaptado de HF Mixing Group (2018).

O maior envolvimento humano na máquina acontece na etapa (2), e por isso o monitoramento da eficiência homem foi focado nestes operadores. Portanto, atendendo ao objetivo geral deste artigo, esse estudo demonstrará a

aplicação do indicador OLE para o monitoramento da eficiência homem no processo de misturação em uma indústria de pneus do estado da Bahia.

A empresa optou pelo desenvolvimento de uma plataforma informatizada para acompanhamento do OLE, que permite a coleta de dados e o cálculo diariamente. Esta plataforma apresenta duas visões. A visão dos operadores permite o acompanhamento da sua performance do dia anterior e ao longo do mês. Já na visão dos gestores, é possível observar um resumo geral de OLE por operador, por máquina e por turma, possibilitando diferentes análises de desempenho dos colaboradores. Os resultados do OLE na empresa XY estão relacionados ao sistema de bonificação da operação, e tanto os operadores quanto os gestores podem fazer o monitoramento dos resultados.

Para viabilizar o cálculo informatizado, foi necessário o desenvolvimento de outros sistemas e acesso a base de dados da máquina, a qual registra a produção e os tempos de ciclo. Todo o racional do cálculo do OLE será explanado a seguir, juntamente com uma breve descrição dos sistemas e dos indicadores que o compõe.

Como foi explicado na seção 3, tanto OLE quanto OEE são obtidos através do produto de três indicadores: disponibilidade, desempenho e qualidade.

A disponibilidade é representada pela relação do tempo que o operador se encontra na máquina apto a produzir e o tempo programado para estar na máquina, conforme a equação 10.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo efetivo na máquina}}{\text{Tempo programado na máquina}} \quad (10)$$

Onde:

- Tempo efetivo na máquina: é o tempo que o operador está com *login* ativo na máquina, quando a mesma estiver em produção. Para obter o tempo efetivo, foi criado um sistema de *login* chamado Sistema de Controle de Acesso, onde o operador ao chegar no posto de trabalho faz o *login* com sua matrícula e uma senha individual fornecida anteriormente. Quando o operador se ausenta

da máquina devido a uma parada não planejada (atrasos e quebras), deve efetuar o *logout*, de forma que o sistema ao final do turno forneça o tempo que o operador estava na máquina produzindo. Para as paradas planejadas, há uma reclassificação do tempo utilizado como produtivo, já que durante este período o operador realiza manutenção autônoma, atividade que agrega valor para a empresa XY, aumentando sua disponibilidade.

- Tempo programado na máquina: é o tempo total do operador na fábrica (obtido a partir da base de dados do sistema de ponto, onde é coletado o horário que o operador bateu o ponto na chegada e na saída) menos o tempo de refeição (obtido através do horário que passaram pela catraca do refeitório).

A figura 9 resume os tempos definidos anteriormente.

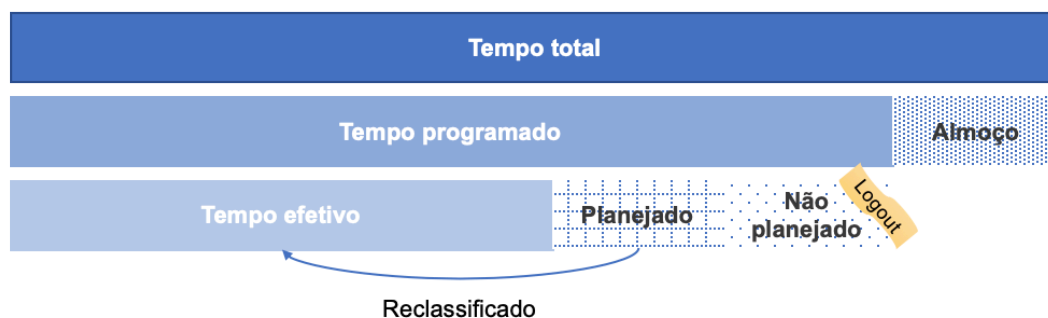


Figura 9 – Diagrama resumo da Disponibilidade.

Fonte: Autor.

Já o desempenho é apresentado pela relação do tempo produtivo real (tempo de ciclo multiplicado pelo total de bateladas) e o tempo efetivo na máquina, conforme equação 11.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de ciclo teórico} \times \text{total de bateladas produzidas}}{\text{Tempo efetivo na máquina}} \quad (11)$$

Onde:

- Tempo de ciclo teórico: é o obtido pelo departamento responsável, Engenharia Industrial, para cada receita produzida e cadastrado no

sistema da máquina. Vale destacar que é adicionado ao tempo de ciclo um percentual de fadiga, já que o trabalho do operador na máquina, de carregamento das borrachas, envolve esforço físico. O cálculo de fadiga foi realizado avaliando cada receita da máquina, mas não é objetivo de estudo deste artigo.

- Total de bateladas produzidas: é obtido através do registro da quantidade de bateladas produzidas no mesmo período em que o operador estava com *login* ativo na máquina.

A qualidade é expressa pela relação entre o total de bateladas dentro da especificação e o total de bateladas produzidas, como pode ser vista na equação 12.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Total de bateladas produzidas} - \text{Bateladas fora de especificação}}{\text{Total de bateladas produzidas}} \quad (12)$$

Toda batelada produzida passa por uma análise físico-química e o resultado desta análise é registrado no sistema da máquina de modo que o indicador de qualidade é obtido automaticamente através da base de dados.

A figura 10 apresenta a relação entre os sistemas envolvidos e os indicadores que compõem o OLE.

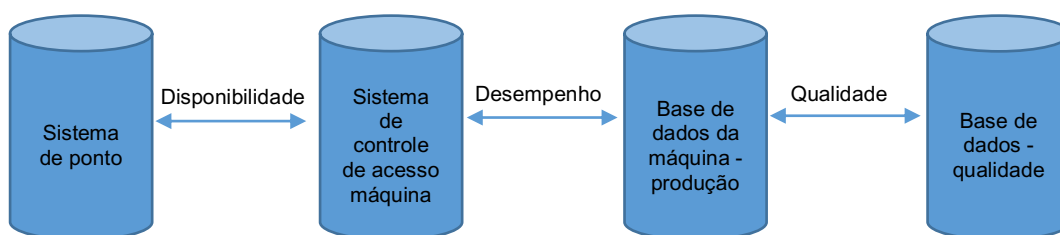


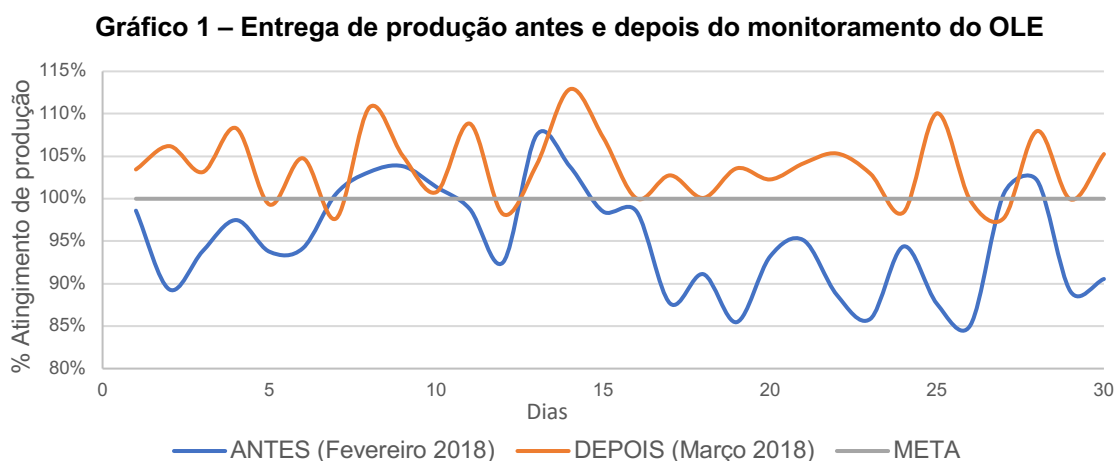
Figura 10 – Sistemas componentes da plataforma do OLE.

Fonte: Autor.

Após a fase de definição do cálculo e coleta de dados do OLE, iniciou-se o monitoramento da eficiência homem na empresa XY e, por consequência a análise dos seus impactos. O objetivo desta análise é responder à pergunta norteadora do estudo: o monitoramento da eficiência homem pode contribuir para o aumento de produtividade de uma indústria de pneus? Para tal, foi avaliado o resultado da produção e seu percentual de atingimento, percentual de

falta de borracha no processo seguinte e os resultados de OEE da área. Além destas, foi medida a evolução do indicador OLE ao longo dos meses.

O primeiro aspecto analisado foi o resultado da produção. O gráfico 1 mostra a evolução do atingimento da produção 30 dias antes e 30 dias depois da implantação do indicador.

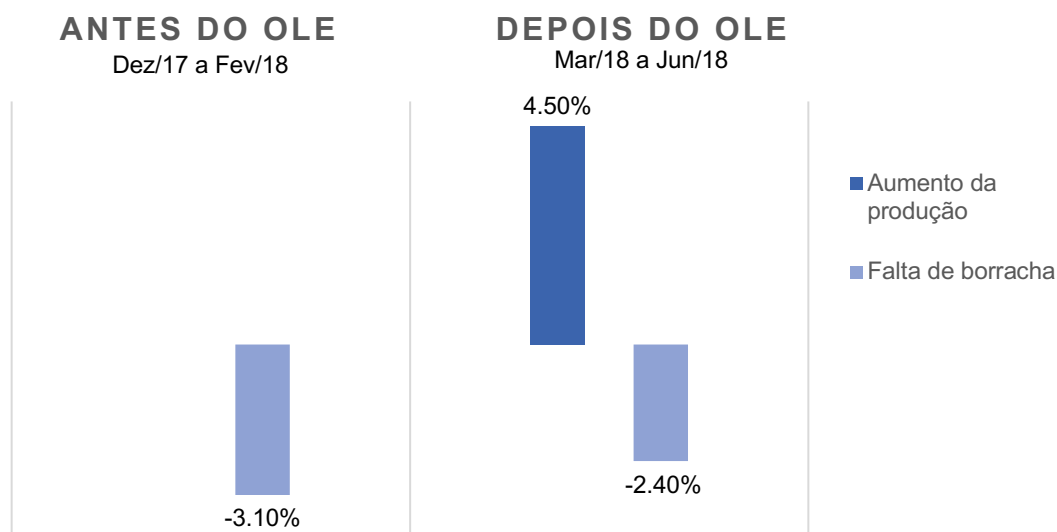


Fonte: Autor.

Comparando os períodos é possível perceber que houve uma melhora na performance da área. No mês de fevereiro, antes da implantação do OLE, a maioria dos dados encontravam-se abaixo da meta. Este cenário foi revertido após a disponibilização dos resultados de eficiência homem.

Expandindo o período da análise, verificou-se um aumento de 4,5% da produção e uma queda na falta de borracha no processo seguinte de 3,1% para 2,4% (redução de 22,5%), ilustrados no gráfico 2.

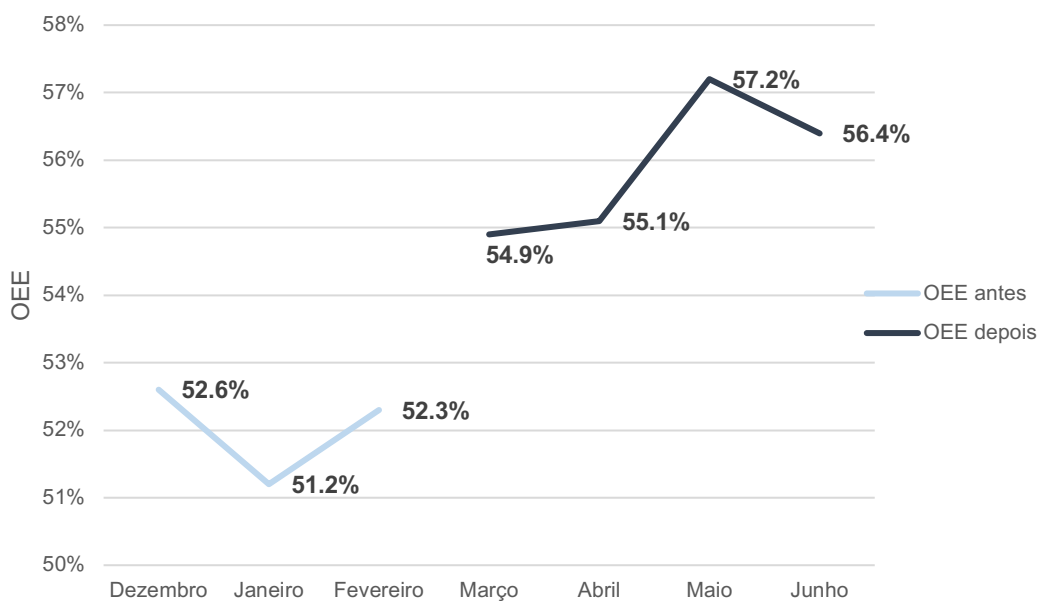
Gráfico 2 – Resultados obtidos antes e depois do monitoramento do OLE.



Fonte: Autor.

Neste mesmo período, é possível comparar outro aspecto, o OEE do processo de misturação, retratados no gráfico 3. A média do OEE dos três meses antes o monitoramento era de 52%, e após 56%. Nota-se um aumento de aproximadamente 7% deste indicador.

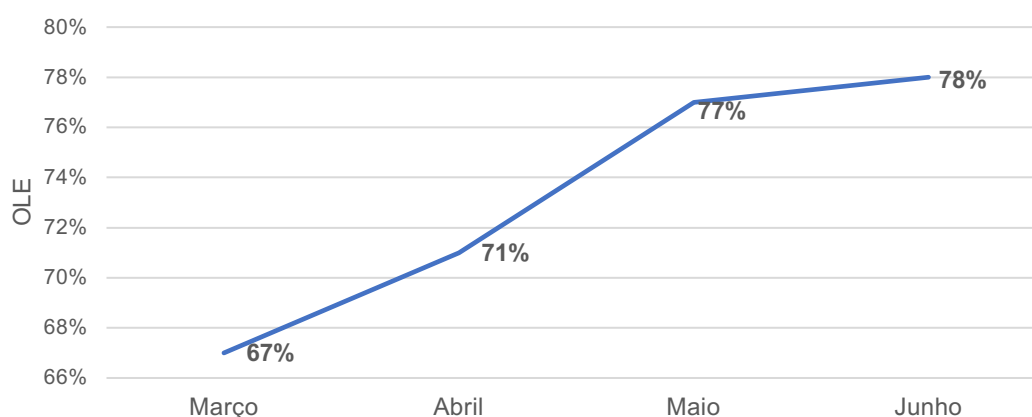
Gráfico 3 – Resultados OEE do processo de Misturação antes e depois da aplicação do OLE.



Fonte: Autor.

Além de avaliar os impactos causados na área pelo monitoramento do OLE, foi necessário analisar a evolução deste indicador propriamente dito. O gráfico 4 apresenta a evolução do OLE no processo de misturação ao longo de quatro meses de implantação. É notória a evolução da eficiência homem, pois houve um aumento de 14% em junho em relação ao primeiro mês, sugerindo que o monitoramento do indicador gera uma motivação para o operador, e conseqüentemente um aumento da performance da área. Resultado que converge com o que foi apresentado anteriormente nos gráficos 1, 2 e 3.

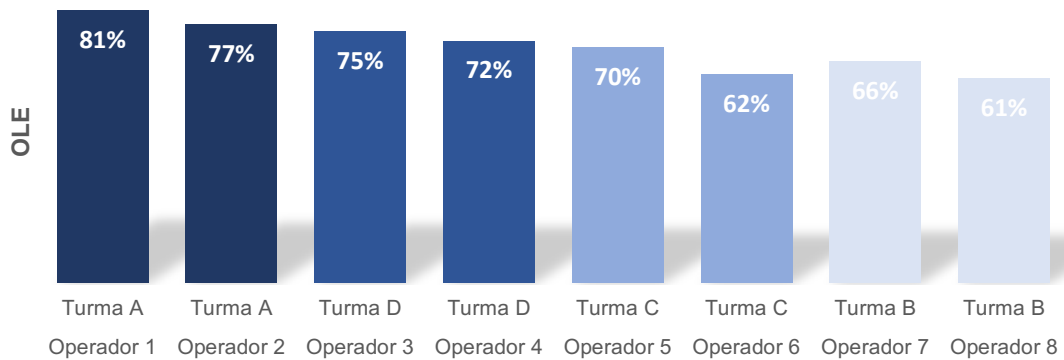
Gráfico 4 – OLE médio do processo de Misturação após 3 meses de implantação.



Fonte: Autor.

Além dos ganhos quantitativos, a implantação do monitoramento do OLE gerou dados e informações para o desenvolvimento dos operadores. Os gestores, ao final do mês, têm acesso a performance de todos os seus subordinados e ao perceber uma grande diferença entre os primeiros e últimos colocados, podem tomar diversas ações para o aprimoramento daqueles colaboradores que estão com baixa performance. O gráfico 4 apresenta um exemplo de como estas informações são disponibilizadas aos gestores. É importante salientar que o operador tem acesso apenas ao seu resultado de OLE e a média da sua turma.

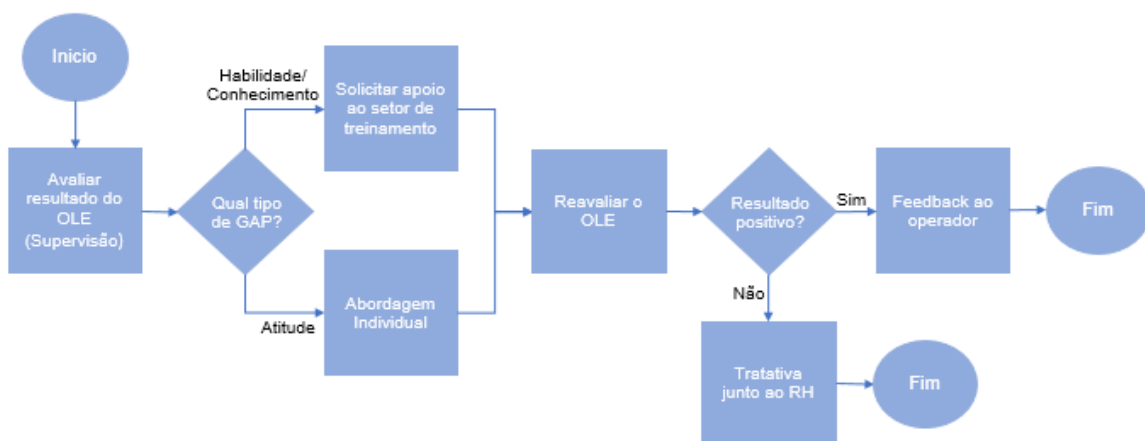
Gráfico 5 – OLE máximo e mínimo por turma em junho/18.



Fonte: Autor.

Nos casos onde são percebidas grandes diferenças de OLE entre operadores da mesma turma, como por exemplo a turma C que apresenta uma diferença de 8% entre o operador de maior eficiência e o de menor, foi criado um fluxograma, representado no fluxograma 1, para orientar as tratativas que serão dadas pelo supervisor.

Fluxograma 1 – Orientação para tratativa de baixa eficiência do operador.



Fonte: Autor.

Conforme fluxograma 1, nos casos como da turma C, após a supervisão avaliar os resultados, é necessário identificar qual tipo de aprimoramento que o operador necessita, sendo este classificado como habilidade/conhecimento ou