

Integração do índice OEE e o método Heijunka: uma análise sobre uma possível relação

Integration of the OEE index and the Heijunka method: an analysis of a possible relationship

Pedro Vieira Souza Santos* - pedrovieirass@hotmail.com
José Américo Fernandes de Souza** - joseamerico.ep@gmail.com
Eduína Carla da Silva*** - eduinac@gmail.com
Ciro Henrique de Araújo Fernandes* - ciro.fernandes@aol.com

*Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina, PE

**Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA

***Universidade Federal de Campina Grande – (UFCG), Campina Grande, PB

Article History:

Submitted: 2019 - 01 - 06

Revised: 2019 - 05 - 08

Accepted: 2019 - 06 - 15

Resumo: Nas últimas décadas, a Produção Enxuta tornou-se um conceito muito utilizado entre as indústrias que visam melhorias nos processos e eliminação de desperdícios. Associado a produção enxuta, a eficiência no uso de materiais e máquinas está ganhando importância na estratégia operacional das empresas. Considerando a necessidade das empresas investirem constantemente recursos e esforços buscando melhoria contínua de seus processos, aplicando técnicas e novos conhecimentos que as tornem mais competitivas, este artigo tem como objetivo evidenciar os ganhos de eficiência (demonstrados pelo cálculo do OEE) derivados da aplicação do método Heijunka numa empresa de serviços. O estudo de caso foi realizado numa empresa do setor de serviços, caracterizando-se como um Centro de Distribuição de bebidas, situada na Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) em Pernambuco. A partir dos dados calculados, pôde-se perceber que é possível ter melhor produtividade derivada de uma melhor eficiência das operações, explicitada pelo *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), índice de eficiência global. Tal fato advém, dentre outros fatores, do nivelamento da produção proposto pelo método Heijunka.

Palavras-chave: Lean; Overall Equipment Effectiveness; Heijunka.

Abstract: In the last decades, Lean Production has become a widely used concept among industries that aim to improve processes and eliminate waste. Associated with lean production, the efficiency in the use of materials and machines is gaining importance in the operational strategy of the companies. Considering the need of companies constantly investing resources and efforts to continuously improve their processes, applying techniques and new knowledge to make them more competitive, this article aims to highlight the efficiency gains (demonstrated by the OEE calculation) derived from the application of the method Heijunka in a service company. The case study was carried out in a service company, characterizing itself as a Drink Distribution Center, located in the Integrated Administrative Development Region (RIDE) in Pernambuco. From the calculated data, it was possible to perceive that it is possible to have better productivity derived from a better efficiency of the operations, as evidenced by Overall Equipment Effectiveness (OEE), overall efficiency index. This fact results, among other factors, from the leveling of production proposed by the Heijunka method.

Keywords: Lean; Overall Equipment Effectiveness ; Heijunka.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a Produção Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, baseado no Sistema Toyota de Produção, tornou-se um conceito muito utilizado entre as indústrias que visam melhorias nos processos e eliminação de desperdícios (Santos e Santos, 2018). Essas filosofias são essenciais para a competitividade das empresas em um ambiente marcado pela alta concorrência. Com a globalização da economia e o aparecimento de novos mercados de compra e venda, as empresas veem-se obrigadas a aperfeiçoar o seu desempenho para serem cada vez melhores (Santos e Rocha, 2017).

De acordo com Fleischer *et al.* (2006) e Santos e Pinheiro (2017) esta competitividade inerente às empresas depende da disponibilidade e produtividade de suas instalações de produção, o que induz a prática e adoção de medições de desempenho local com vistas à aumentar a capacidade produtiva. Com intuito de se manterem estáveis, as organizações buscam por inovações em seus processos a fim de reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos (Bento e Paulillo, 2010; Santos e Lima, 2018).

A filosofia *Lean Manufacturing* vai ao encontro dessa necessidade por pregar a busca da melhoria contínua através do aperfeiçoamento de técnicas, procedimentos e eliminação de desperdícios nos processos buscando a eficiência produtiva. Isto permite às empresas alcançarem melhores custos, flexibilidade, qualidade e aumento da produtividade. De forma simplificada, melhorar um sistema baseando-se em princípios *Lean*, significa identificar todos os desperdícios a fim de eliminá-los (Bercaw, 2012).

Esses desperdícios, na ótica de Ohno (1997), são interpretados como um conjunto de elementos do processo produtivo que não agregam valor e geram aumento das despesas na organização. A eliminação desses desperdícios é o suporte para uma diminuição dos custos e para a liderança da organização frente ao mercado.

Associado à produção enxuta, a eficiência no uso de materiais e máquinas está ganhando importância na estratégia operacional das empresas, Silva (2014) aponta que o desempenho dos equipamentos é fundamental para determinar a produtividade dos processos e/ou operações, além de contribuir para o nível de qualidade dos produtos, podendo ainda influenciar na eficiência da mão de obra e na satisfação dos clientes. Nesse sentido, o modelo de manufatura enxuta traz uma série de ferramentas para conquistar esses objetivos. De acordo com Oliveira *et al.* (2012), o índice de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) vem se

tornando indispensável nos processos de produção para a redução dos custos de fabricação, sendo ainda, uma das principais técnicas para medir o desempenho produtivo na indústria.

O OEE, para Ribeiro *et al.* (2010), proporciona ganhos de qualidade e produtividade, pois auxilia a entender os processos e comportamentos na manufatura e a definir a máxima eficácia alcançável. Oliveira e Helleno (2012) afirmam que os resultados obtidos a partir da implantação do OEE permitem atuar nas perdas de produção, possibilitando ganhos de produtividade e reduzindo investimentos com aquisições de equipamentos.

Por outro lado, tem-se o Heijunka, que é um dos alicerces da base do Sistema Toyota de Produção para produção nivelada (Eaton, 2013). Heijunka, para Silveira (2014), é o ato de nivelar a variedade ou o volume de itens produzidos em um processo ao longo de um período de tempo, sendo assim, um conceito que está interligado à programação da produção e tem como finalidade gerar estabilidade nos processos produtivos. Isso evidencia a grande importância que essa ferramenta exerce na manutenção do *lean* na empresa.

Para resolver o problema de instabilidade, Heijunka incorpora os conceitos de nivelamento e balanceamento de linha. Nivelamento envolve balancear a necessidade de carga de trabalho nos processos para que a capacidade da empresa, em termos de máquinas e mão de obra, seja suficiente para permitir que as tarefas sejam completadas (Coleman e Vaghefi, 1994). Isso significa suavizar o volume de produção bem como o seu mix para que haja pouca variação de período a período. Já o balanceamento de linha consiste em buscar equalizar a quantidade de trabalhos necessários em cada etapa para atender a produção total.

Considerando a necessidade das empresas investirem constantemente recursos e esforços buscando melhoria contínua de seus processos, aplicando técnicas e novos conhecimentos que as tornem mais competitivas, este artigo tem como objetivo evidenciar os ganhos de eficiência (demonstrados pelo cálculo do OEE) derivados da aplicação do método Heijunka numa empresa de serviços, localizada em Pernambuco.

A principal motivação demonstrada pela organização em submeter-se ao estudo foi a necessidade apontada pela alta administração em rever o processo de administração estratégica, derivando em objetivos de desempenho que garantam a melhor execução das operações e, conseqüentemente, obter vantagem competitiva. A empresa decidiu aplicar o Heijunka após perceber que, para garantir a eficiência das operações e seus respectivos equipamentos, seria necessário o nivelamento e padronização do volume de produtos processados diariamente.

Portanto, a ferramenta Heijunka foi a indicada pelo grupo de gestores e autores do artigo como o método que mais se adequara à necessidade da empresa. Com isso, o trabalho aqui desenvolvido é pioneiro em citar a integração do Heijunka com o OEE, de modo que ambos possam ser aplicados para melhoria dos processos produtivos.

2. Abordagem teórica

2.1. A filosofia Lean

A manufatura enxuta, também chamada de *Lean Manufacturing* (LM), foi introduzida originalmente na obra *The Machine that Changed the World*, de Womack, Jones e Roos, em 1992, como resultado de um minucioso e profundo estudo sobre a indústria automobilística mundial, realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ao longo da década de 80, no qual se evidenciaram as vantagens no uso do Sistema Toyota de Produção (Pacheco, 2013; Santos e Araújo, 2018).

Segundo Ghobakloo e Azar (2018), a manufatura enxuta é considerada a ferramenta mais importante para melhorar o desempenho dos negócios, pois seu foco principal consiste em alcançar o sucesso por meio da redução incessante de resíduos. O propósito da filosofia *Lean Manufacturing*, baseia-se na eliminação de todo e qualquer desperdício, isto é, tudo aquilo que não é capaz de agregar valor ao produto ou serviço e que impõe barreiras às melhorias incrementais do processo devem ser extintos (Womack et al., 2004). A manufatura enxuta busca dispor todos os recursos necessários ao processo produtivo – no tempo certo, no lugar certo, na quantidade certa e na qualidade requerida –, que levará a uma redução nos custos e, conseqüentemente, a um aumento nos lucros, melhorando assim, o desempenho global da organização (Ghobakloo e Azar, 2018).

Conforme Rodrigues (2016), “no sistema Lean, valor é o princípio inicial e que norteia todos os outros. Valor de um produto é o que atende plenamente a necessidades, expectativas e desejos do cliente final”. Em outras palavras, valor é tudo aquilo criado pela organização, capaz de satisfazer os requisitos do cliente.

Assim, o intuito da filosofia Lean reside em minimizar o impacto dessas perdas no processo produtivo. Para tanto, o STP, sustenta-se em dois pilares principais: i) a autonomia, também chamada de *jidoka*, que consiste em dotar máquinas e equipamentos de inteligência humana, conferindo tanto a máquina quanto ao indivíduo, a autonomia de parar a

produção sempre que necessário; e ii) o *just in time*, uma sistemática de produção que tem por objetivo gerar níveis de estoques reduzidos, produzindo apenas a quantidade solicitada pelo cliente (Ohno, 1997). O *Lean* possui diversas frentes que dão base à filosofia, no entanto, daremos, no presente estudo, maior destaque ao conceito *Heijunka*, um dos principais alicerces do STP.

2.2. Heijunka

O modelo convencional de acompanhamento da demanda incorpora incertezas da previsão de demanda, podendo comprometer o nível de serviço e/ou a competitividade do negócio em virtude da falta ou do excesso de mercadorias, forçando assim, as organizações a produzirem em grandes volumes para atenderem a essa demanda formada em um maior espaço de tempo (Araujo et al., 2018). É neste contexto, que emerge o conceito *Heijunka*, um termo usado em japonês para o nivelamento da produção, cujo foco principal consiste em evitar picos e vales no cronograma de produção (Korytkowski et al., 2014).

Para Silva e Pasqualini (2016), são dois os objetivos fundamentais do *Heijunka*: i) alocar de forma prioritária a produção sob pedidos sequenciados; e ii) nivelar o processo puxador alocando posteriormente os itens ditos “niveladores”. Nesse caso, após a produção dos produtos sob pedidos, o saldo de capacidade é direcionado aos itens niveladores. Caso o saldo de capacidade seja maior que o requerido para atender à demanda dos niveladores no horizonte planejado, o excedente produzido é adicionado ao estoque nivelador. Caso contrário, retiram-se itens do saldo de estoque nivelador para atendimento da demanda do intervalo de planejamento. Isto é, o *Heijunka* se traduz numa lógica de programação da produção baseada no sequenciamento e nivelamento dos recursos produtivos como alternativa as incertezas da demanda, suavizando assim a produção.

Segundo Earley (2016), o *Heijunka*, quando implementado corretamente, fornece previsibilidade ao nivelar a demanda, diminuindo o tempo de transição e aumentando a estabilidade. Além disso, implica na redução da quantidade de lotes processados, da quantidade inventariada, do lead time, do capital congelado, bem como culmina na melhoria da organização do fluxo de valor e confere maior rapidez no tempo de resposta ao cliente (Chiarini, 2013).

Korytkowski et al. (2014), corroboram também que a utilização do modelo traz melhorias consideráveis na eficiência operacional nos mais diversos objetivos de desempenho

– flexibilidade, custo, rapidez, confiabilidade e qualidade – maximizando o nível de serviço oferecido aos clientes.

O conceito *Heijunka* pode ser visto ainda como um dos pré-requisitos essenciais para o sucesso da implementação do LM, sendo considerado um dos alicerces do STP. “Uma empresa não conseguirá implementar o Lean sem antes conseguir estabilizar os processos através do nivelamento e balanceamento, além disso o resultado pode ser ainda mais desastroso quando se busca implementar o Lean sem o conceito Heijunka” (Araujo et al., 2018).

De acordo com Liker (2005), um plano de acompanhamento da demanda sem o nivelamento, pode se tornar um problema, pois o mesmo está sujeito à oscilações, que resultam, na maioria das situações, em momentos de sobrecarga e momentos de ociosidade, comprometendo a qualidade, a produtividade, a manutenção da melhoria contínua e dificultando a criação de processos padronizados, tal como a aplicação do *just-in-time*.

2.3. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O indicador de eficiência global traz a função de conceituar perdas tanto nos equipamentos quanto gerenciais, como a falta de insumo, por exemplo. O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é o principal indicador utilizado para medição da eficiência global, o qual permite analisar como os equipamentos se comportam no cotidiano por meio da verificação do cálculo de três fatores: (i) paradas; (ii) ritmo e (iii) produtos defeituosos (Santos, 2018).

Estes fatores são denominados Disponibilidade, *Performance* e Qualidade, e a partir deste cálculo é possível identificar as origens das perdas de eficiência. Este ainda considera 3 tipos de perdas no processo produtivo: (i) Perdas de tempo (devido a paradas), referente à disponibilidade; (ii) Perdas de velocidade (máquina operando abaixo da velocidade ideal), referente à performance, o seu desempenho; (iii) Perdas de qualidade (máquina produzindo peças defeituosas), que se refere à qualidade (Proença e Tubino, 2010).

O sistema de medição de desempenho é um procedimento crucial para a colaboração do progresso e que culmina na motivação da equipe de trabalho. O OEE sobreveio do aprimoramento da metodologia TPM (*Total Production Maintenance*) desenvolvida por Nakajima (1993). O objetivo do TPM é atingir o desempenho ideal e perdas zero, e assim, quantificar a acumulação de desperdício de tempo se evidencia como a melhor maneira de medir eficácia do equipamento.

O TPM possibilita a análise por parte das empresas em relação às suas reais condições quanto a sua eficiência e utilização de equipamentos a partir da identificação das seis grandes perdas existentes no funcionamento de qualquer equipamento, causadoras de queda na eficiência (Nakajima, 1989). Ainda de acordo com Nakajima (1989), a pretensão é de um OEE de 85% para os equipamentos. Para a obtenção desse percentual de OEE é imprescindível se ter os seguintes índices: (i) 90% para disponibilidade; (ii) 95% para performance e (iii) 99% para qualidade.

OEE considera para em seu processo de formulação os seguintes aspectos:

- ✓ Qual tempo útil o equipamento tem para executar, ou seja, produzir;
- ✓ A eficiência apresentada ao longo do funcionamento, isto é, a capacidade de produzir ao ritmo habitual;
- ✓ A qualidade do produto alcançado pelo processo no qual o equipamento está inserido.

De acordo com Huang *et al.* (2003, *apud* Garza-Reyes, 2015) o OEE identifica as perdas de produção e outros custos indiretos e “ocultos”. Conforme Prabowo *et al.* (2018), o OEE trabalha com seis grandes perdas, as quais são normalmente as causas de equipamentos não operantes em sua funcionalidade normal na produção, sendo elas:

1. Perda de Inicialização, categorizada como perda de qualidade devido a um refugo e/ou rejeição durante a produção de inicialização causada pela máquina de configuração de erro;

2. *Setup*, categorizado como perda de tempo de inatividade devido a tempo "roubado" devido ao longo tempo de preparação causado pela troca de produto, falta de material, ausência de operador (falta de operador), ajuste da máquina, etc.;

3. Perda de tempo do ciclo, categorizada como perda de velocidade devido a uma diminuição na velocidade do processo causada por várias situações, por exemplo: a máquina está desgastada, sob a capacidade escrita em sua placa de identificação, abaixo da capacidade esperada, ineficiência do operador e assim por diante;

4. Perda de velocidade, categorizada como perda de velocidade devido à parada menor, isto é, o motor para com uma duração curta, normalmente não superior a cinco minutos e não requer manutenção, por exemplo: reinicialização da máquina, limpeza/verificação, obstrução do sensor, obstrução de entrega e assim por diante;

5. Perda por quebra, categorizada como perda de tempo de inatividade devido à falhas de equipamentos da máquina, manutenção não programada e assim por diante.

6. Perda de Defeito, categorizada como perda de qualidade devido à rejeição e retrabalho durante as execuções de produção.

Essas perdas são formuladas como uma função de um número de componentes mutuamente exclusivos, a saber: disponibilidade, desempenho e qualidade. Diante disto, o cálculo do OEE é obtido a partir dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade. A Figura 1 apresenta e os parâmetros que são usados para sua obtenção do OEE.



Figura 1 - Diagrama OEE

Fonte: Adaptado de Bento *et al.* (2012).

O cálculo do OEE é um resultado da multiplicação dos índices de disponibilidade (1), índice de desempenho (2) e índice de qualidade (3), os quais são evidenciados nas equações abaixo:

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo Produtivo}}{\text{Tempo Disponível}} \quad (1)$$

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo Produtivo Efetivo}}{\text{Tempo Produtivo Pretendido}} \quad (2)$$

$$\mu_3 = \frac{P_{\text{Produtos Bons}}}{P_{\text{Produtos Totais Produzidos}}} \quad (3)$$

Logo,

$$OEE = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3$$

Uma das razões que contribuíram para que o OEE seja a medida de desempenho mais usada em ambientes de produção é a sua capacidade de integrar vários fatores de desempenho, a disponibilidade, o desempenho e a qualidade, dentro de uma medida global e única.

3. Aspectos metodológicos

3.1. Da caracterização da pesquisa

O presente estudo, do ponto de vista metodológico, enquadra-se como um estudo de caso. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Assim, esse trabalho é recomendado para desenvolver a teoria de forma indutiva, analisando o caso, aqui descrito, como uma experiência distinta.

A pesquisa foi realizada numa empresa do setor de serviços, caracterizando-se como um Centro de Distribuição de bebidas, situado na Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) em Pernambuco. Trata-se de uma instituição comercial que atua há 14 anos no ramo e que processa diversos produtos, compostos por mix diferentes. O estudo destaca-se ainda como explicativo, buscando identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (Gil, 2007). Assim, a pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados obtidos. Para Gil (2007), uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

3.2. Das etapas da pesquisa

Para atender aos objetivos do estudo, a seguinte sequência de atividades foi executada:

✓ Apresentação da proposta de trabalho: nessa primeira etapa foi discutido, junto à gestão da empresa, o método a ser proposto e as vantagens que poderiam ser obtidas por meio da aplicação no processo local; aqui os objetivos foram definidos. Ainda nessa fase, foram alocados funcionários da administração para acompanhar o estudo e fornecer informações aos pesquisadores, sendo ao total oito

pessoas da empresa envolvidas diretamente na pesquisa. Destas, quatro do setor financeiro, duas do setor de almoxarifado e duas do setor de expedição. A escolha das pessoas foi feita por meio de sorteio dos funcionários que se auto declararam interessados em colaborar com o estudo;

✓ Escolha do processo: como a empresa se enquadra no setor de serviço, buscou-se intervir no processamento executado nos setores de recebimento, armazenagem e separação. Para cada um desses, uma operação e seu respectivo equipamento foram escolhidos para submissão aos cálculos de eficiência por meio do OEE. Importante ressaltar que os setores se relacionam de forma direta, sendo o recebimento a etapa inicial, logo após a armazenagem dos itens recebidos e registrados e, na sequência, a separação. Isto é, todos os três setores demandam um fluxo de informações e de materiais, constantemente. O critério para escolha das máquinas foi o volume de processamento efetivo de itens. Assim, as máquinas de cada processo (recebimento, armazenagem e separação) foram escolhidas para submissão a análise do OEE.

✓ Levantamento de dados: por meio de coleta, *in loco*, os dados necessários para os cálculos dos índices foram anotados e registrados em planilha eletrônica. Os equipamentos definidos para submissão ao estudo foram: o equipamento de leitura do código de barras tipo Code-128, denotado no presente estudo como equipamento 01. O equipamento 02 é a empilhadeira, e está associado a operação de armazenagem. Para o processo de separação, o equipamento 03 foi o LPE240 (um tipo de empilhadeira elétrica utilizada no setor devido à suas características técnicas). Esta fase foi executada entre os meses de maio e novembro de 2018;

✓ Cálculo do OEE (cenário 1): sabido os dados necessários para aplicação da fórmula matemática, os indicadores referentes a disponibilidade ($\mu 1$), desempenho ($\mu 2$) e qualidade ($\mu 3$) foram determinados e o OEE individual foi estipulado;

✓ Aplicação do *Heijunka* (nivelamento): nessa fase, o método *Heijunka* foi aplicado. Fase responsável pela intervenção na programação da produção e suas respectivas operações; para implementação do *Heijunka* foi necessário observar algumas ações e pressupostos. O *Heijunka* foi escolhido para aplicação devido ao enquadramento dessa ferramenta aos objetivos traçados pela empresa, isto é, de

nivelar a produção e comprovar com o OEE, o aumento da eficiência das operações locais;

✓ Operacionalização do Heijunka: a princípio, esta fase foi executada por meio da definição de volume do produto, isto é, nivelar as quantidades a serem produzidas. Num segundo momento, verificar o mix de produtos, ou seja, o nivelamento dos tipos de itens produzidos, buscando, dentro de um período, a produção de todos os produtos. E, por fim, a sequência de produtos, tratando da ordem de produção dos tipos de produto, com o intuito de atingir o fluxo unitário de peças;

✓ Seleção de produtos: nessa etapa, selecionou-se nove (09) produtos comercializados pela empresa, sendo essa seleção baseada no histórico de vendas e níveis de estoque, conforme dados fornecidos pela empresa. Os dados retratam o cenário local a partir da média dos últimos seis meses (maio - novembro) do ano de 2018;

✓ Sequenciamento do processamento: esta fase é importante, pois a partir do sequenciamento da produção, observando o comportamento dos produtos em razão dos pedidos dos clientes e da política de estoque adotada pela empresa, espera-se ter níveis mais ajustados e, conseqüente, ganhos de eficiência, objeto desse estudo; para isso, considerou-se os dados apresentados na etapa de “seleção de produtos” como base para obtenção da sequência;

✓ Treinamentos: As ações educativas e de conscientização foram adotadas para que conteúdos associados ao tema de administração geral fossem difundidos entre os setores e seus respectivos colaboradores. Após dois meses de difusão do conhecimento, por meio de treinamentos, campanhas e cursos de curta duração ministrados aos colaboradores, pôde-se notar as evoluções obtidas nas operações locais;

✓ Visualização de resultados: coletou-se novamente dados de processamento em função da demanda em comparação com o processado; os dados reportam o período de novembro e dezembro de 2018, sendo a média entre os dois meses;

✓ Definição do cenário 2: novos cálculos do OEE foram executados para comparação do cenário 1 (sem *Heijunka*) com o estado atual (pós nivelamento);

Plano de ação: como complemento ao estudo, um conjunto de ações foi definido com o propósito de definir atividades que nortearão a gestão da empresa a aumentar a eficiência dos equipamentos estudados, ao mesmo tempo que mantem o processamento nivelado.

4. Resultados e discussão

4.1. Do processo local (operações e equipamentos)

Com vistas à aplicação do estudo, selecionou-se três processos no centro de distribuição: recebimento, armazenagem e separação. Para cada um desses, uma operação foi escolhida para submissão aos cálculos de eficiência por meio do OEE. Logo, para o recebimento foi selecionado o equipamento de leitura do código de barras tipo Code-128, denotado no presente estudo como equipamento 01. O equipamento 02 é a empilhadeira, e está associado a operação de armazenagem. Para o processo de separação, o equipamento 03 foi o LPE240 (modelo de empilhadeira utilizado na empresa), utilizado pela empresa especificamente nessa operação.

4.2. Cálculo do OEE

A princípio, foi calculado o indicador relacionado a disponibilidade ($\mu 1$), sabendo que este retrata o tempo que os equipamentos estiveram dispostos para execução da operação em relação à quantidade programada pelo setor. Nesse cálculo, considerou-se, principalmente, as paradas não planejadas, como por exemplo, a quebra da máquina, falta de operador e outros. Logo, na Tabela 1, para a unidade de tempo definida em horas (h), tem-se:

Tabela 1 – Cálculo do indicador de disponibilidade ($\mu 1$)

$\mu 1$	
Equipamento	Cálculo
01	$\mu 1 = (360 - 44) / 360$ $\mu 1 = 87,77 \%$
02	$\mu 1 = (360 - 58) / 360$ $\mu 1 = 83,88 \%$
03	$\mu 1 = (360 - 60) / 360$ $\mu 1 = 83,33 \%$

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Na sequência, após os devidos procedimentos de coleta de dados, obteve-se os valores para o indicador de desempenho ($\mu 2$). Basicamente, este índice considera o tempo de ciclo por peça e quantidade de itens produzidos. Assim, tem-se, na Tabela 2, os respectivos valores por equipamento. Considera-se, nesse cálculo, fatores como perda por pequenas paradas e perdas por queda de velocidade.

Tabela 2 – Cálculo do indicador de desempenho ($\mu 2$)

$\mu 2$	
Equipamento	Cálculo
01	$\mu 2 = 144 / 210$ $\mu 2 = 68,57 \%$
02	$\mu 2 = 122 / 210$ $\mu 2 = 58,09 \%$
03	$\mu 2 = 130 / 210$ $\mu 2 = 61,90 \%$

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Uma vez obtidos os dados referentes ao índice de qualidade, o terceiro indicador, associado a qualidade ($\mu 3$) foi determinado. Esse indicador associa em sua memória de cálculo o número completo de itens processados em conformidade, comparado com o número

total de produtos processados. A Tabela 3 apresenta os valores por equipamento. Salienta-se que, no caso das empilhadeiras, o cálculo de qualidade está associado com perdas por retrabalhos, registrados pelos operadores.

Tabela 3 – Cálculo do indicador de qualidade ($\mu 3$)

$\mu 3$	
Equipamento	Cálculo
01	$\mu 3 = (380 - 48) / 380$ $\mu 3 = 87,37 \%$
02	$\mu 3 = (380 - 67) / 380$ $\mu 3 = 82,36 \%$
03	$\mu 3 = (380 - 64) / 380$ $\mu 3 = 83,16 \%$

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Considerando os indicadores acima obtidos por cada equipamento, o dado referente ao valor do indicador de eficiência global (OEE) é calculado por meio do resultado do produto entre os três índices, empregando a fórmula particular para tal. Portanto, os valores do OEE, por equipamento, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valor OEE por equipamento

OEE					
Equipamento	$\mu 1$ (%)	$\mu 2$ (%)	$\mu 3$ (%)	OEE (%)	Aceitabilidade
01	87,77	68,57	87,37	52,58	Não aceitável
02	83,88	58,09	82,36	40,13	Não aceitável
03	83,33	61,90	83,16	42,89	Não aceitável

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

De acordo com a literatura do OEE, os valores do OEE são classificados como inaceitáveis. Algumas razões para essa classificação obtida são falta de matéria prima, falta de operador, defeitos nos equipamentos e baixa relação entre a velocidade real que a máquina operou e a velocidade padrão a que ela deveria trabalhar.

Como apontado na Tabela 4, os valores para o OEE assumiram faixa inaceitável, tendo em vista o parâmetro de aceitabilidade contido na literatura citada. Nota-se que, em termos de indicadores, o índice de desempenho (μ_2) foi o que apresentou menor conjunto de valores. O indicador (μ_2) tem em seu cálculo informações coletadas em termos de relação entre a velocidade real que o equipamento local operou em função da velocidade padrão que ele deveria operar. Nesse caso, ações que favoreçam o melhoramento desse indicador devem ser traçadas prioritariamente, com foco na mitigação de perda por pequenas paradas e perdas por queda de velocidade.

Os índices, referem-se ao período do estudo, de novembro e dezembro de 2018. A expectativa era de que, os índices, no geral, alcançassem o patamar intitulado de “aceitável”, pois, de acordo com a organização, as operações adequam-se a capacidade e possuem padrões que, em certo nível, induziam ao bom uso dos equipamentos. Tal fato, portanto, não foi comprovado pelos números calculados, reforçando a necessidade do presente estudo.

4.3. Aplicação do *Heijunka* (nivelamento)

Tendo em vista a proposição de melhorar o desempenho das operações no contexto da empresa estudada, o método *Heijunka* foi aplicado. Trata-se de um conceito que está associado à programação da produção e suas respectivas operações, sendo uma importante ferramenta direcionada para gerar estabilidade nas operações.

Para implementação do *Heijunka* nos três setores, foi necessário observar algumas ações e pressupostos, indicados ainda na literatura acerca do tema, sendo:

- ✓ Preferencialmente foram nivelados os itens mais frequentes e de maior volume, em termos de armazenagem e vendas;
- ✓ O ritmo de execução nas operações e o tamanho dos intervalos de processamento foram estabelecidos e mantidos atualizados;
- ✓ A constância de demanda por processamento dos itens e o quantitativo do estoque final de itens foram estabelecidos;
- ✓ Os tempos de *setup* (dos três equipamentos selecionados) foram observados, com o intuito de serem mantidos baixos;
- ✓ Buscou-se implementar ações que visem o trabalho com operações padronizadas;

✓ Requisitou-se a utilização de dados de controle das operações para posterior sustentabilidade da produção nivelada.

Nesse sentido, criou-se uma agenda nivelada de produção. No contexto da empresa, as operações trabalham com um mix relativamente alto de produtos (aproximadamente 115 itens), o que torna um ponto chave no estudo, isto é, trata-se de buscar nivelar o mix. Particularmente, o método atua como um classificador que tem o papel de rearranjar os pedidos dos clientes (empregando os cartões *kanban*) numa sequência predefinida por tipo de produto. Selecionou-se nove (09) produtos comercializados pela empresa. Essa seleção foi feita baseada no histórico de vendas e níveis de estoque, isto é, os itens com maior fluxo interno e conseqüentemente, maior demanda, conforme Tabela 5. Os dados retratam o cenário local a partir da média dos últimos seis meses (maio - novembro) do ano de 2018.

Tabela 5 – Registro médio de vendas e estoque

Produto	Vendas mensais (lote)	Desvio padrão σ	Estoque total mantido (lote)	Desvio padrão σ
A	34	3,6	38	7,1
B	32	5,5	33	5,3
C	28	4,1	30	1,3
D	28	4,0	31	5,6
E	25	2,4	29	6,0
F	26	2,8	28	3,7
G	21	3,0	28	2,9
H	30	6,6	35	7,2
I	30	5,9	35	2,8
Média	28,22	-	31,89	-
Total	254	-	287	-

Fonte: Dados da empresa (2017/2018)

O desvio padrão é uma medida que expressa o grau de dispersão do conjunto de dados inerentes à vendas e estoque total mantido na empresa. Logo, percebe-se que a faixa de variação do desvio para vendas é relativamente menor que o desvio do estoque total mantido.

Com isso, pode-se dizer que as vendas e o estoque total mantido no local, permanecem nos níveis de 25 a 34 e de 1,3 a 7,2, respectivamente. Com essa informação, pode-se perceber o grau de homogeneidade dos dados e, a partir disso, prever demandas futuras e comportamentos esperados nas vendas.

Ademais, a partir da observação dos dados históricos em termos de vendas e estoque no estudo, priorizou-se uma sequência para minimizar o tempo de troca total e para ramificar grandes lotes de demanda e distribuí-los pela jornada de trabalho diária. Ainda com base nos registros de dados da empresa, observou-se o comportamento da demanda (nos dois anos) em função do volume produzido (ou seja, a produção total executada), ainda sem aplicação do *Heijunka* (Cenário 1), exposto no Gráfico da Figura 2.

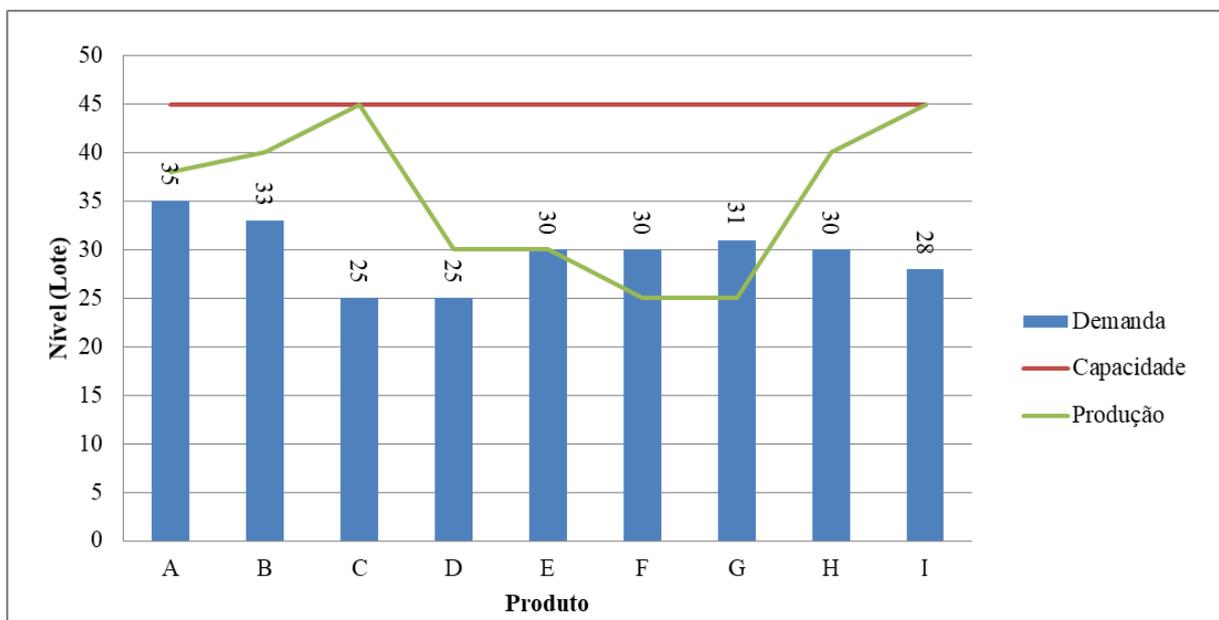


Figura 2 – Gráfico Demanda versus Capacidade versus Produção

Fonte: Dados da empresa (2017/2018)

Percebe-se, nitidamente, que há um desnivelamento entre o que é demandado em função da produção, considerando ainda a limitação de processamento (denotado aqui por capacidade). Logo, espera-se que a partir do sequenciamento da produção, observando o comportamento dos produtos em razão dos pedidos dos clientes e da política de estoque adotada pela empresa, tenha-se níveis mais ajustados e, conseqüente, ganhos de eficiência, objeto desse estudo.

Portanto, para a empresa, montou-se o sequenciamento firmado, apresentado na Figura 3. A montagem aqui exposta, foi feita seguindo os padrões operacionais da empresa, que predispunham dessa informação.

Para isso, considerou-se os dados apresentados na Tabela 5 como base para obtenção da sequência abaixo, sendo:



Figura 3 – Sequenciamento definido

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O entendimento sobre esta sequência se dá a partir do fato de que, para processar os itens conforme o sequenciamento acima, pode-se analisar de forma padrão a variação na eficiência das operações. Isto é, trata-se de um padrão de processamento que traz valores de *input* para o cálculo do OEE. Caso a sequência não existisse, a determinação da porcentagem de tempo de processamento verdadeiramente produtivo não seria feita de forma equivalente.

Com o firmamento da sequência apontada na Figura 3, espera-se que os níveis de desempenho das operações e seus respectivos equipamentos seja aumentado, tornando-se aceitáveis e/ou satisfatórios. Para apoiar o sequenciamento definido, criou-se um *Quadro Kanban box* (Figura 4), elemento que possui como *input* o *kanban* e torna possível a programação visual, auxiliando os operadores por meio do controle dos estoques de produtos processados, indicando a quantidade que deve ser operacionalizada.

HEIJUNKA BOX												
ProdA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ProdB	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodc	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodd	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prode	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodf	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodg	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodh	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Prodi	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 4 – Quadro Kanban
Fonte: Dados da pesquisa (2018)

A caixa acima será preenchida de acordo com o comportamento de vendas e demanda local por período definido de acordo com a gerência, podendo ser separado por turno ou por dia. Isso significa que a administração utilizará essa ferramenta para acompanhar o ritmo de produção e adequá-lo ao princípio proposto pelo *Heijunka*, ou seja, nivelar a produção de acordo com a demanda. Para cada linha horizontal tem-se um produto distinto, onde, a partir das 3 faixas (verde, amarela e vermelha), tem-se visualmente a real situação do processamento, ou seja, reflete a situação em que estão os produtos. Isto é:

- ✓ Faixa verde: indica que não há necessidade de produzir o item;
- ✓ Faixa amarela: significado que é preciso processar o item;
- ✓ Faixa vermelha: a proteção está sendo consumida; ou seja, o produto mais crítico é aquele que possuir mais cartões próximos à essa faixa.

A partir de informações como: distribuição de produtos, a quantidade programada e a capacidade alocada do recurso, pode-se alimentar o quadro de nivelamento. Assim, a administração poderá perceber os ganhos em eficiência e produtividade nos processos locais. Para efeito de comprovação dos melhores resultados obtidos, o OEE é utilizado.

Logo, observados pressupostos necessários para implementação do *Heijunka* após dois meses de difusão do conhecimento, por meio de treinamentos, campanhas e cursos de curta duração ministrados aos colaboradores, coletou-se novamente dados de processamento em função da demanda em comparação com o processado, ilustrado no Gráfico 2 (Figura 5).

Salienta-se que, devido ao grande número de dados utilizados pela empresa no preenchimento dos quadros de nivelamento, não foi viável apresenta-los aqui. Contudo, os dados abaixo reportam o período de novembro e dezembro de 2018, sendo a média entre os dois meses.

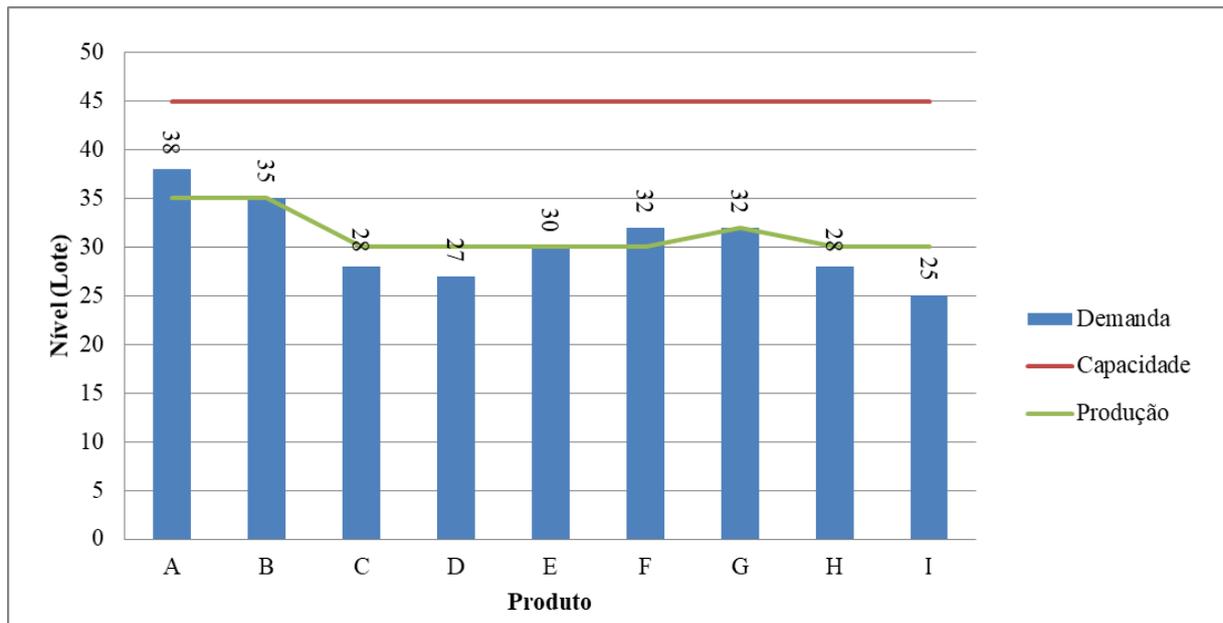


Figura 5 – Gráfico Demanda versus Capacidade versus Produção

Fonte: Dados da empresa (2018)

Percebe-se, por meio do Gráfico exposto acima que o nível de processamento do mix de produtos da empresa melhorou significativamente. Com isso, novos cálculos do OEE foram executados para comparação do cenário 1 (sem *Heijunka*) com o estado atual (pós nivelamento). A Tabela 6 demonstra os valores obtidos nos indicadores de disponibilidade ($\mu 1$), qualidade ($\mu 2$) e desempenho ($\mu 3$), assim como o OEE.

Tabela 6 – Valor OEE por equipamento (pós nivelamento)

OEE					
Equipamento	$\mu 1$ (%)	$\mu 2$ (%)	$\mu 3$ (%)	OEE (%)	Aceitabilidade
01	91,70	88,60	91,00	73,93	Bom
02	90,55	90,09	92,34	75,33	Bom
03	92,03	89,31	90,44	74,33	Bom

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Em termos numéricos, obteve-se melhoria de 40,60% no indicador OEE no equipamento n° 1, 87,71% para o equipamento n° 2 e 73,30% no valor do OEE no equipamento de n° 3. No Gráfico da Figura 6, nota-se tal evolução comparando os cenários 1

e 2, sem o *Heijunka* e pós nivelamento (considerando a sequência de produção), respectivamente.

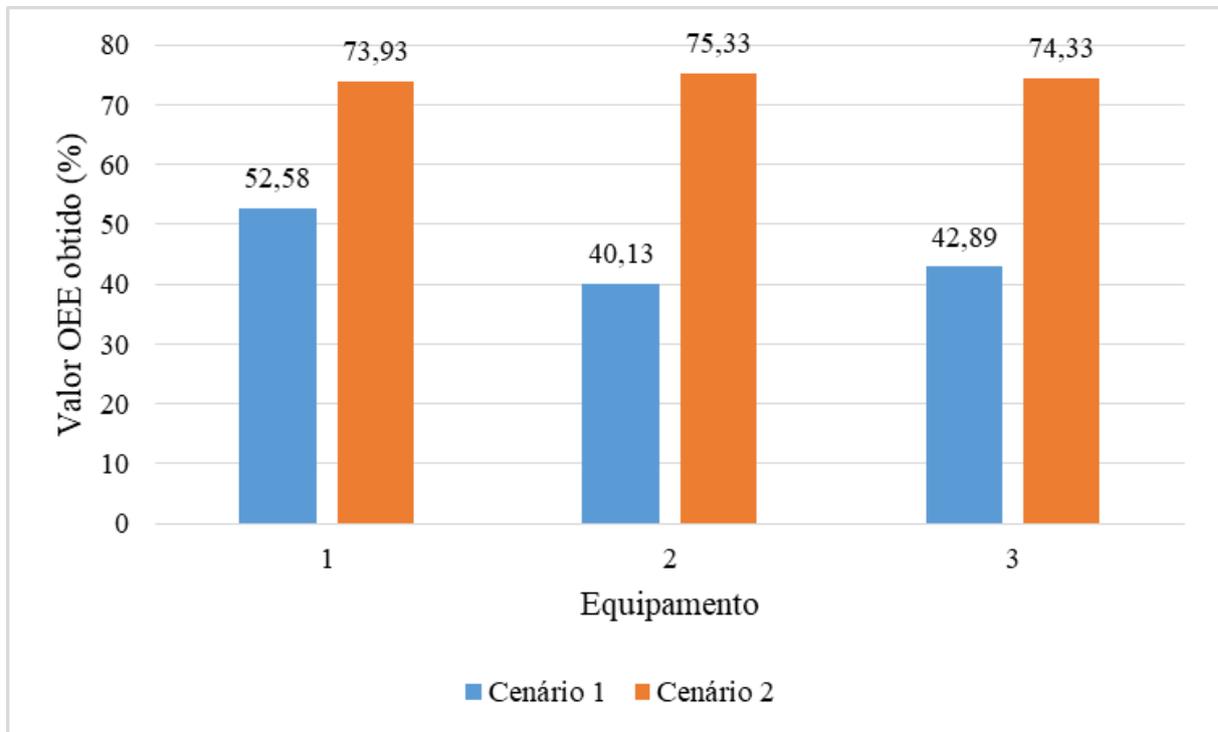


Figura 6 – Evolução do OEE

Fonte: Dados da empresa (2018)

Com a melhoria no OEE foi possível notar ganhos técnicos-financeiros em termos de disponibilidade, isto é, houve uma redução do número de eventos que pararam o processamento local dos produtos e impactavam diretamente na disponibilidade dos equipamentos, como tempo de *setup* e falta de materiais. Com isso, as operações são executadas de uma melhor forma, buscando atingir níveis de produtividade maiores e, automaticamente, as despesas são reduzidas em função da menor ociosidade dos equipamentos.

Em relação a qualidade, percebeu-se que os produtos finais obtiveram características dentro dos padrões estabelecidos (ou seja, atendiam aos requisitos técnicos de qualidade, como peso, volume, entre outros), o que foi explicitado pela evolução positiva no índice de qualidade. Consequentemente, menor número de perda por refugo foi contabilizada, aumentando os ganhos financeiros da empresa. Ademais, a velocidade de processamento aumentou em relação a velocidade nominal, fato derivado da minimização da ineficiência dos operadores locais, menor nível de materiais fora de especificação e capacitações e

treinamentos dos funcionários. Assim, com o nivelamento da produção, obteve-se um avanço significativo no OEE calculado, em função do melhor nível de eficiência denotado pelos indicadores que o compõe.

4.4 Pontuações acerca do estudo

Espera-se que os níveis de desempenho locais, para os equipamentos selecionados, assim como dos demais (que não foram submetidos ao estudo) possam continuar a evoluir e atingir patamares de excelência, conforme objetivo da corporação. Contudo, verifica-se uma evolução considerável em termos de eficiência global, refletida pelo OEE em todos os equipamentos.

Entretanto, além dos ganhos de eficiência observado, outros aspectos puderam ser apontados pela alta administração como benefícios oriundos do cenário 2, ou seja, após o nivelamento e a sequência de produção, como:

- ✓ Rapidez na satisfação dos clientes;
- ✓ Diminuição de estoques;
- ✓ Menor ocupação do armazém;
- ✓ Processamento mais flexível.
- ✓ Maior resposta a demanda;
- ✓ Melhor utilização da capacidade;
- ✓ Integração de diversas áreas da organização;
- ✓ Eliminando desperdícios no sistema local;

Por outro lado, apontam-se como ações a serem desenvolvidas:

- ✓ Revisar a forma de comprar do fornecedor, observando principalmente o estoque disponível;
- ✓ Estudar formas de projetar o emprego das máquinas e equipamentos, de forma que possa desenvolver melhor os processos de trabalho;
- ✓ Consequentemente, com novas formas de utilização dos equipamentos em prol do melhor processamento local, pode-se planejar melhor os recursos humanos, isto é, as equipes de trabalho por setor. Sugere-se um estudo de balanceamento de linha;

✓ Para que o processamento continue eficiente, além do *Heijunka*, o *Kanban* deve ser ferramenta indispensável, recomendando treinamentos constantes para a difusão da ferramenta nos setores.

6. Considerações finais

A partir dos dados expostos na sessão anterior, pôde-se perceber que é possível ter melhor produtividade derivada de uma melhor eficiência das operações, explicitada pelo *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), índice de eficiência global. Tal fato advém, dentre outros fatores, do nivelamento da produção proposto pelo método *Heijunka* e a sequência de produção.

Logo, o objetivo do estudo pôde ser atingido, demonstrando que para resolver as flutuações oriundas da demanda do cliente e alinhá-las com o objetivo de se ter maior eficiência nas operações, o *Heijunka* associado com o OEE é viável de ser analisado. O *Heijunka* indica a montagem de um mix de itens dentro de cada lote processado, o que faz com que se tenha garantia de que haverá estoque de produtos proporcional à variabilidade na demanda.

Por outro lado, o OEE, ferramenta proposta na metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), é capaz de avaliar o ambiente interno em termos de eficiência, considerando três importantes variáveis associadas a produtividade: a disponibilidade dos equipamentos para processamento, a qualidade do que é processado e a *performance*. A proposta feita neste artigo apresenta-se como importante passo para melhorar o rendimento operacional da empresa, atuando de forma a diagnosticar o cenário atual para saber a realidade na qual a empresa atua, sugerindo o nivelamento da produção como ação estratégica impulsionadora de competitividade e produtividade.

Ficou claro que com o *Heijunka*, o desempenho local aumenta, reduzindo desperdícios, além de ganhos financeiros em razão da necessidade de se ter menos estoque e menor *lead time*, fazendo da organização mais responsiva. Isto é, processa-se o que é necessário, e com o OEE, observa-se a real eficiência (em termos numéricos) obtida nos equipamentos, representando a medida de agregação de valor dos equipamentos na linha de processamento.

Por outro lado, aponta-se como limitações a quantidade de equipamentos estudada. Devido a restrição de acesso a partes da empresa, não foi possível averiguar quantitativamente os índices de disponibilidade, qualidade e *performance* de outros maquinários disponíveis na empresa. Além disso, os autores não tiveram acesso a dados do setor financeiro que pudessem embasar os ganhos financeiros obtidos após o *Heijunka*, sendo apenas indicado melhoras na receita da empresa obtidas em função do nivelamento aplicado.

REFERÊNCIAS

- Araujo, G. P., Cesar, F. I. G., Silva, A. L., & Ignácio, P. S. A. (2018). Aplicação do nivelamento heijunka em uma empresa de equipamentos hospitalares. *Journal of Lean Systems*, 3(3): 02-23.
- Bento, A. R., & Paulillo, G. (2010). Rastreabilidade e Inovação Tecnológica em Cadeias Produtivas na Indústria Automotiva. *Anais do 65º Congresso Internacional da ABM*, Rio de Janeiro, RJ
- Bento, A. R., Maximiliano, C., Melo, J., & Morais, M. B. (2012). Utilização da Tecnologia OEE Como Ferramenta Para Monitorar Centros de Usinagem no Setor Automotivo. IX Congresso Virtual Brasileiro de Administração – CONVIBRA, São Paulo, SP.
- Bercaw, R. (2012). *Taking improvement from assembly line to healthcare: the application of Lean within the healthcare industry*. CRC Press, New York, NY.
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. p. 166. Milan: Springer.
- Coleman, B. J., & Vaghefi, M. R (1994). Heijunka: A key to the Toyota Production System. *Production and Inventory Management Journal*, 35(4): 31 – 35.
- Earley, J. (2016). *The Lean Book of Lean: a Concise Guide to Lean Management for Life and Business*. p. 272. Chichester: Wiley.
- Eaton, M. (2013). *The Lean Practitioner's Handbook*: Kogan Page.
- Fleischer, J., Weismann, U., & Niggeschmidt, S. (2006). Calculation and optimization model for costs and effects of availability relevant service elements, in *Proceedings of LCE*.
- Garza-Reyes, J. A. (2015). From measuring overall equipment effectiveness (OEE) to overall resource effectiveness (ORE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4): 506-527.
- Ghobakloo, M., & Azar, A. (2018). Business excellence via advanced manufacturing technology and lean-agile. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(1): 2-24.
- Gil, A. C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.
- Korytkowski, P., Grimaud, F., & Dolgui, A. (2014). Exponential smoothing for multi-product lot-sizing with heijunka and varying demand. *Management and Production Engineering Review*, 5(2): 20–26.
- Liker, J. K. (2005). *O Modelo Toyota - 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Trad. Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman.
- Nakajima, S. (1989). *TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press. Portland: OR.
- Ohno, T. (1997) *O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman
- Oliveira, M. R., Hemosilla, J. L. G., & Silva, E. C. C. (2012). Implantação do Índice de Eficiência Global dos Equipamentos em uma Célula de Manufatura de uma Empresa de Grande Porte do Setor Automotivo – Segmento de Embreagens. *Anais do XV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI*, São Paulo, SP.
- Oliveira, T., & Helleno, A. (2012). Sistema de Apoio à Gestão da Produção: Indicadores de Eficiência Operacional – Estudo de Caso. *Ciência e Tecnologia*, 17(33).

- Pacheco, D. A. J. (2013). Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*, 20(10).
- Proença, E.; Tubino, D. (2010). Monitoramento Automático e em Tempo Real da Eficácia Global dos Equipamentos (OEE) como Prática de Apoio à Manufatura Enxuta: Um Estudo de Caso. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*, 30.
- Ribeiro, G., Paes, R., & Kliemann, F. (2010). Aplicação da Metodologia OEE para Análise da Produtividade do Processo de Descobertura de Carvão Mineral em uma Mina a Céu Aberto. *Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*, São Carlos, SP.
- Rodrigues, M. V. (2016). *Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2. Ed.
- Santos, P. V. S. (2018). Aplicação do indicador overall equipment effectiveness (OEE): um estudo de caso numa retífica e oficina mecânica. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(3): 1-18.
- Santos, P. V. S., & Araújo, M. A. (2018). Aplicação de ferramentas lean no setor de logística: um estudo de caso. *Revista Gestão em Análise*, 7(2): 168-183.
- Santos, P. V. S., & Lima, N. V. M. (2018). Fatores de impacto para sobrevivência de micro e pequenas empresas (MPEs). *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, 3: 54-77.
- Santos, P. V. S., & Pinheiro, F. A. (2017). O plano de negócios como ferramenta estratégica para o empreendedor: um estudo de caso. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 5(8): 150-165.
- Santos, P. V. S., & Rocha, M. F. de B. (2017). Inovação no processo de desenvolvimento de estratégias competitivas em pequenas e médias empresas. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão*, 2(2): 48 -1-48 – 20.
- Santos, P. V. S., & Santos, L. D. P. G. Dos; (2018). Gestão de indicadores: um estudo de caso no setor de serviços. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(4): 115-133.
- Silva, A., & Pasqualini, F. (2016). *Nivelamento da Produção de Componentes da colheitadeira utilizando Quadros Heijunka: um estudo na empresa AGCO DO BRASIL*. Trabalho de conclusão de curso em Administração da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 62p. Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Silva, J.P.R. (2014). *OEE a forma de medir a eficácia dos equipamentos*. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-A-EFICACIA-DOSEQUIPAMENTOS>>. Acesso em: 05 de jan, 2019.
- Silveira, C. B. (2014). Muda, Mura e Muri: O modelo 3M do sistema Toyota de Produção. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/muda-mura-muri/>>. Acesso em: 5 jan. 2019.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 8. ed.
- Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso – planejamento e métodos*. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman.