

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

GABRIEL ALVES DA ROCHA

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA KANBAN
NA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS**

**VOLTA REDONDA
2021**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA KANBAN
NA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário de Volta Redonda UniFOA, como requisito a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Aluno:

Gabriel Alves da Rocha

Orientador:

Prof.^a Dra. Janaina da Costa Pereira
Torres de Oliveira

VOLTA REDONDA

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ESTUDO DOS IMPACTOS DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA KANBAN NA MANUTENÇÃO DE LOCOMOTIVAS**

Elaborado por Gabriel Alves da Rocha - Matrícula: 201910927, foi apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora via Plataforma *Microsoft Teams*, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia de Produção.

Aprovada em 24 de junho de 2021.

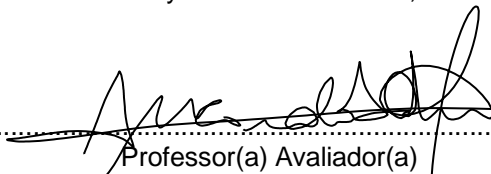
Banca Avaliadora:



.....
Professor(a) Orientador(a)
Prof.ª Dra. Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira, UniFOA



.....
Professor(a) Avaliador(a)
Prof.ª Me. Byanca Porto de Lima, UniFOA



.....
Professor(a) Avaliador(a)
Prof. Me. Sergio Ricardo Bastos de Mello, UniFOA

Com a graça de Deus finda-se mais uma etapa. Com isso, dedico este trabalho aos meus pais que são meus maiores exemplos, influenciadores e apoiadores, razão de todo o meu viver. A minha esposa, meu filho e meus avós que me dão ânimo e forças para seguir em frente, meu ponto de equilíbrio e fé. Aos familiares próximos que torceram por meu sucesso. Por fim, a professora Janaina que batalhou junto comigo para que tudo transcorresse bem.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao que sempre ocupa o primeiro lugar em minha vida, meu Criador e meu Deus, que me confere forças e dá leveza ao fardo que muitas das vezes parece pesado demais, que com sua infinita graça, amor e misericórdia me permite viver coisas grandiosas e firmes. Aos meus pais, Paulo Sérgio da Rocha e Elaine Alves de Faria da Rocha, agradeço de todo meu coração e alma por sempre me priorizarem em suas vidas e não medirem esforços para que eu estivesse hoje completando minha graduação e como tudo que tenho em minha vida, afirmo que para toda noite longa existe um belo amanhecer. A minha esposa, Taísa Winter de Azevedo da Rocha que me encorajou todos os dias a prosseguir, mesmo quando pensei em desistir, e que sempre foi meu ponto de apoio e equilíbrio. Ao meu filho, Benício, ainda no ventre por mesmo não sabendo, ser a maior inspiração para que eu pudesse concluir minha graduação e por toda força que me transmitiu me tornando o homem mais feliz do mundo. Aos familiares e amigos próximos por sempre se preocuparem e transmitirem boas energias. Por fim, minha eterna gratidão a professora Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira que não se cansou e não desistiu de me apoiar, não hesitou em momento algum em transferir seu conhecimento, sem ela nada disto seria real, afirmo que encontrei uma grande amiga para a vida, e espero que outros possam ser agraciados com seus ensinamentos.

RESUMO

Nos tempos atuais, a necessidade de consolidação no mercado competitivo das empresas tem feito com que os gestores busquem mais e mais ferramentas que auxiliem na manutenção de seus componentes, garantindo assim maior excelência operacional. Essas ferramentas não auxiliam apenas uma etapa de atividade no ambiente operacional, e sim todos os processos, desde a organização do local, aproveitamento da mão de obra e até a garantia de que os equipamentos não irão falhar. Desta maneira, este trabalho veio como um estudo da aplicação e melhoria do sistema Kanban em uma oficina de locomotivas a partir do levantamento de dados dos materiais que mais impactam no processo de manutenção, gerando maior ociosidade dos colaboradores com relação ao tempo de espera na entrega dos mesmos, e análise dos impactos positivos que este gerou aos indicadores de produtividade e redução de tempo de espera na entrega de materiais necessários para a operação. Foi implantado o sistema Kanban, este dividido de acordo com todas as especialidades de manutenção desenvolvida na oficina, são elas: mecânica, elétrica, pneumática, bordo e truque, e posteriormente coletados os dados de redução de tempo ocioso derivado da espera de entrega dos componentes e conseqüentemente o impacto positivo para a liberação das locomotivas dentro do prazo previsto. Por fim, averiguou-se que a implantação e melhoria da ferramenta Kanban na Oficina de Locomotivas trouxe impactos como: redução de 63,14 horas na espera da entrega de juntas, que representa 3,68% do tempo total para realização de atividades em 22 locomotivas em um mês, aproveitamento de 385,02 horas, antes ociosas para a manutenção devido ao tempo de espera da disponibilidade de materiais, agora úteis para realização de atividades, reduzindo assim 25,6% do tempo improdutivo na oficina, economia de R\$ 20.848,68 na requisição de Graxeiros para as locomotivas, redução de 8 horas e 33 minutos de espera para os itens que compõe o Kanban de truque implementado e criação de um ambiente mais limpo, organizado e de fácil acesso aos colaboradores, facilitando assim a identificação dos materiais e mais agilidade ao processo.

Palavras-chave: Oficina mecânica. Estoque. Produtividade.

ABSTRACT

Nowadays, the need for consolidation in the competitive market of companies has made managers look for more and more tools that help in the maintenance of their components, thus guaranteeing greater operational excellence. These tools do not only assist one stage of activity in the operational environment, but all processes, from the organization of the place, use of labor and even the guarantee that the equipment will not fail. In this way, this work came as a study of the application and improvement of the Kanban system in a locomotive workshop based on the data collection of the materials that most impact the maintenance process, generating greater idleness of the collaborators in relation to the waiting time in delivery of them and analysis of the positive impacts that this generated to the productivity indicators and reduction of waiting time in the delivery of materials necessary for the operation. The Kanban system was implemented, divided according to all maintenance specialties developed in the workshop, which are mechanical, electrical, pneumatic, board and trick, and subsequently collected downtime reduction data derived from the components delivery wait and consequently the positive impact for the release of the locomotives within the predicted period. Finally, it was found that the implementation and improvement of the Kanban tool in the Locomotive Workshop had impacts such as: a reduction of 63.14 hours in waiting for the delivery of joints, which represents 3.68% of the total time for carrying out activities in 22 locomotives in one month, use of 385.02 hours, previously idle for maintenance due to the waiting time for the availability of materials, now useful for carrying out activities, thus reducing 25.6% of unproductive time in the workshop, saving R\$ 20,848.68 in the request for Graxeiras for locomotives, reduction of 8 hours and 33 minutes of waiting for items that make up the implemented trick Kanban and creation of a cleaner, more organized environment with easy access to employees, thus facilitating identification materials and more agility to the process.

Keywords: Mechanical workshop. Stock. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Manutenção.....	17
Figura 2 - Comparativo de custos de manutenção por tipo.....	19
Figura 3 - Um modelo de custos associados com manutenção mostra um nível ótimo de esforços de manutenção	21
Figura 4 - Os oito pilares da TPM.....	24
Figura 5 - O planejamento e controle JIT visa atender à demanda instantaneamente com qualidade perfeita e sem desperdícios	26
Figura 6 - O JIT como uma filosofia, um conjunto de ferramentas e técnicas e um método de planejamento e controle	27
Figura 7 - Uma amostra de Kanban	31
Figura 8 - Fluxo das etapas do estudo de caso.....	40
Figura 9 - Ordem de serviço de troca de filtro	54
Figura 10 - Identificação do local de alocação e graxeira.....	59
Figura 11 - Materiais de truque e sua alocação	62
Figura 12 - Kanban de mecânica e elétrica antes do 5S.....	65
Figura 13 - Cartões de identificação de estoque	66
Figura 14 - Organização do Kanban após 5S	67
Figura 15 - Organização de materiais no Kanban após 5S.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Mudança de Paradigma na Manutenção	18
Gráfico 2 - Plano detalhado de manutenção mensal de locomotivas.....	42
Gráfico 3 - Impactos da substituição de graxeiros antes da implantação do Kanban	60
Gráfico 4 - Ganhos após implementação da Graxeira no Kanban	61
Gráfico 5 - Impacto da requisição dos materiais de truque antes do Kanban	63
Gráfico 6 - Impactos de melhoria na requisição de materiais de truque após o Kanban	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os papéis e responsabilidade do pessoal de operação e de manutenção na manutenção produtiva total	22
Quadro 2 - Perfil profissional e suas atribuições	24
Quadro 3 - Condições desfavoráveis a utilização do sistema Kanban e seus motivos	34
Quadro 4 - Funções e regras de utilização do Kanban	35
Quadro 5 - Tipos de manutenção utilizadas e suas descrições	41
Quadro 6 - Grupos de locomotivas e seus respectivos modelos.....	42
Quadro 7- Plano de Hh por Especialidade para Cálculo de Giro Normalizado	46
Quadro 8 - Faixa de pontuação de Giro Normalizado a título de bonificação	49
Quadro 9 - Levantamento de materiais elétricos.....	51
Quadro 10 - Levantamento de materiais mecânicos	51
Quadro 11 - Levantamento de materiais de bordo	52
Quadro 12 - Levantamento de materiais de truque	52
Quadro 13 - Tempo total de espera na entrega de materiais elétricos.....	56
Quadro 14 - Tempo total de espera na entrega de materiais mecânicos.....	56
Quadro 15 - Tempo total de espera na entrega de materiais de bordo.....	56
Quadro 16 - Tempo total de espera na entrega de materiais de truque	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Giro semanal de liberação de locomotivas.....	43
Tabela 2 - Previsão de liberação em (D).....	45
Tabela 3 - Tempo Sislog	45
Tabela 4 - Previsão de Liberação.....	47
Tabela 5 - Giro Normalizado	48
Tabela 6 - Horários de requisição x Entrega dos materiais requisitados.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	<i>Just in Time</i>
TPM	Manutenção Produtiva Total
CCQ	Círculo de Controle da Qualidade
ZD	Defeito Zero
COR	Corretiva
IC	Inspeção
CI1	Complemento de Inspeção 1
CI2	Complemento de Inspeção 2
CI3	Complemento de Inspeção 3
Hh	Homem-hora
km	Quilômetro
PML	Programação Mensal de Locomotivas
OS	Ordem de serviço

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema de Pesquisa	15
1.2 Justificativa.....	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Manutenção	17
2.1.1 Manutenção Corretiva.....	18
2.1.2 Manutenção Preventiva	20
2.1.3 Manutenção Preditiva	21
2.2 TPM – Manutenção Produtiva Total.....	22
2.2.1 Objetivos da TPM.....	23
2.2.2 Pilares da TPM.....	24
2.3 Planejamento e Controle <i>Just in Time</i>.....	25
2.3.1 <i>Just in Time</i> (JIT).....	25
2.3.1.1 Eliminar os Desperdícios.....	27
2.3.1.2 Envolvimento de Todos	28
2.3.1.3 Aprimoramento Contínuo	29
2.3.2 Técnicas do Planejamento e Controle JIT.....	29
2.4 Controle Kanban.....	29
2.4.1 Características Físicas do Sistema Kanban	30
2.4.2 Seleção dos itens para o Kanban	31
2.4.3 Localização de postos <i>Kanban</i> no local de trabalho	32
2.4.4 Determinação do número de Kanbans	33
2.4.5 O uso incorreto do Sistema Kanban.....	34

2.4.6 Vantagens da utilização do Sistema Kanban.....	35
2.4.7 Esquema de implantação do Kanban	36
2.5 5S.....	37
3 METODOLOGIA	38
4 ESTUDO DE CASO	40
4.1 A Empresa.....	40
4.2 Oficina de Locomotivas	41
4.2.1 Giro Semanal	43
4.2.2 Previsão de Liberação de locomotivas que serão liberadas em cada dia do mês (D)	44
4.2.3 Tempo <i>Sislog</i>	45
4.2.4 Previsão de Liberação.....	47
4.2.5 Giro Normalizado.....	48
4.3 A ferramenta Kanban na Oficina de Locomotivas.....	50
4.3.1 Definição dos materiais por especialidades	50
4.3.2 Implantação e melhoria da ferramenta Kanban.....	57
4.3.3 Melhoria dos Kanban's existentes.....	64
4.3.4 Ganhos para a Oficina de Locomotivas após implantação e melhoria da ferramenta Kanban.....	68
5 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A competitividade e a necessidade das empresas de se consolidarem e manterem-se no mercado atual gerando lucros e satisfação dos clientes, fizeram com que a atenção dos gestores fosse direcionada ao conceito de manutenção, que pode ser dividido em diferentes tipos dependendo da necessidade de cada local.

Pensar no conceito de manutenção é referir-se as práticas adotadas pelas organizações para evitar falhas ou sanar as mesmas caso ocorra, e para que se obtenha excelência nos resultados da técnica existem ferramentas de produtividade e organização que auxiliam todo o processo, quando escolhidas de forma inteligente e bem pensada, de acordo com o ambiente de trabalho que está sendo inserida.

Com o avanço dos estudos e das maneiras com que a manutenção tem sido aplicada nos ambientes operacionais, hoje podemos destacar três tipos importantíssimos da técnica, são eles: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

Na manutenção corretiva vemos um tipo de atividade que tem objetivo de sanar defeitos que já ocorreram e que muitas das vezes já impactaram todo o processo produtivo do ambiente corporativo. Devido a isto, muitos escritores e doutores no assunto classificam este tipo de manutenção como de alto custo e que precisa ser evitado, caso não haja um bom plano de ação rápida e eficiente na organização.

Já a prática da manutenção preventiva é associada aos cuidados que se tem para evitar a falha do material e a parada dos equipamentos. Tal ramificação da manutenção exige que a empresa tenha profissionais muito bem qualificados para realizar bons planejamentos de substituição de componentes antes deles falharem, e gastos com troca de equipamentos elevados, mas no geral é uma prática de bons resultados, visto que bloqueiam as paradas dos equipamentos por falhas.

E a manutenção preditiva é aquela que é utilizada somente quando os equipamentos necessitarem dela, baseada em estudos de monitoramento dos

materiais e equipamentos para que se tenha conhecimento pleno dos mesmos e para que quando necessário a manutenção seja rápida, segura e de qualidade.

Lado a lado com a manutenção foram desenvolvidas técnicas para auxiliar a aplicação da ferramenta nas organizações, chamadas de JIT – *Just in Time*, que são um conjunto de ferramentas ligadas ao planejamento e controle da produção no ambiente de trabalho e especificamente a metodologia do controle Kanban que é uma técnica japonesa com objetivo de controlar o fluxo de materiais nos diferentes estágios de operação nas empresas. A prática de aplicação do sistema Kanban vem ganhando espaço nos ambientes organizacionais, muito pelo fato das mesmas precisarem de maior agilidade e disponibilidade de materiais durante as execuções das tarefas, garantindo assim maior rapidez ao processo.

Este trabalho, através de um estudo de caso, visa implantar e melhorar o sistema Kanban em uma oficina de locomotivas, analisando todos os materiais que mais proporcionam tempo ocioso na manutenção para os colaboradores, todos divididos por especialidades executadas no ambiente de trabalho. Logo após, analisar a viabilidade de custo para implantação do sistema e sendo assim aplicá-los.

Após os Kanban's serem inseridos na oficina, avaliar-se-á todos os impactos que estes geraram nos indicadores de produtividade da organização e a redução do tempo de espera da entrega dos materiais pelo almoxarifado obtido após implantação da ferramenta, concluindo se a aplicação teve ganhos significativos ou não para a manutenção de locomotivas.

1.1 Problema de Pesquisa

Como aumentar a utilização das locomotivas, no transporte de carga, através do gerenciamento dos diferentes materiais utilizados na manutenção de locomotivas em uma oficina de locomotivas?

1.2 Justificativa

Este trabalho se justifica devido a necessidade que uma oficina de locomotivas tem em ser eficiente e eficaz em suas tarefas diárias para que as locomotivas tenham o seu máximo de utilização no transporte de cargas, respeitando o potencial de cada locomotiva.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem por finalidade implantar um conjunto de Kanban's e melhorar os já existentes em uma oficina de locomotivas nos pontos estratégicos das especialidades de manutenção que são desempenhadas, garantindo assim maior agilidade e menor fila de espera dos materiais a serem disponibilizados pelo almoxarifado.

1.3.2 Objetivos Específicos

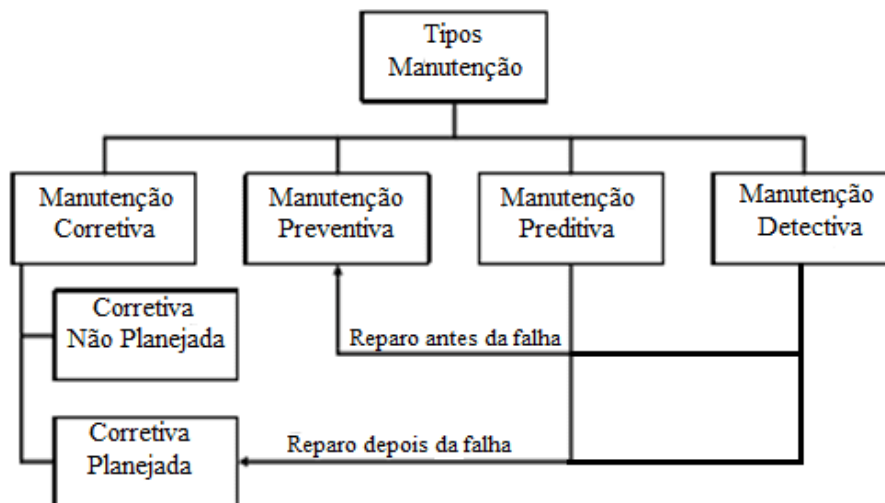
- a) Realizar um levantamento dos materiais mais requisitados por especialidades (mecânica, elétrica, pneumática, bordo e truque).
- b) Fazer um levantamento do tempo de espera, do colaborador, para cada item requisitado.
- c) Selecionar itens, por especialidades, com maior impacto, ociosidade, para compor o Kanban.
- d) Analisar por meio de indicadores de produtividade e tempo de manutenção os impactos gerados pela implantação do Kanban.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

A busca pela excelência operacional e a entrega de produtos e serviços que fidelizem seus clientes tem sido a meta das organizações para garantia de seu funcionamento e consolidação de seu espaço no mercado. Para que os objetivos sejam alcançados podemos destacar a escolha e aplicação de um plano de manutenção nas instituições, que atenda às necessidades do setor e traga bons resultados, conforme Figura 1 (SANTOS *et al.*, 2019).

Figura 1 - Tipos de Manutenção



Fonte: Santos *et al.* (2019)

A NBR 5462 (ABNT, 1994, p. 37) define manutenção como a “combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Basicamente, a atividade de manutenção visa o bom funcionamento dos conjuntos de componentes que compõe uma corporação, garantindo a eles maior durabilidade e redução da taxa de falhas, proporcionando maior utilização dos recursos disponíveis, sem perda de tempo e de performance (XENOS, 2014).

A escolha do tipo de manutenção a ser utilizada é um dos fatores cruciais para que não haja perdas de desempenho, mão de obra e custos desnecessários nas

empresas, como observado no Gráfico 1. “Historicamente, a manutenção é classificada em preventiva e corretiva. Mais recentemente, surgiram os conceitos de manutenção preditiva e manutenção produtiva total (TPM), já utilizados em várias empresas” (MARTINS; LAUGENI, 2015, p. 468). Cabe aos responsáveis a escolha do tipo a ser utilizado, a partir dos seus conhecimentos e necessidades observadas no dia a dia da companhia.

Gráfico 1 - Mudança de Paradigma na Manutenção

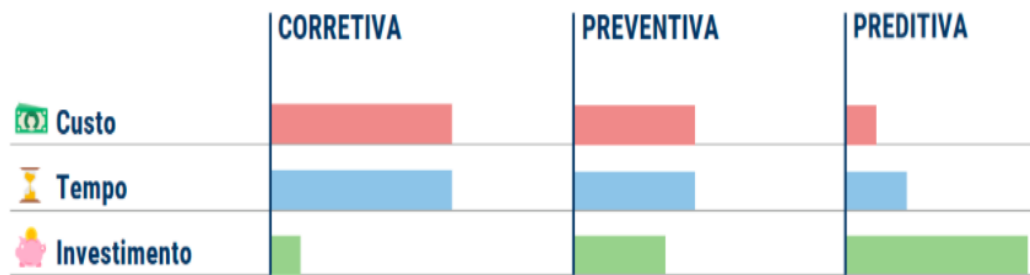


Fonte: Kardec, Nascif (2012)

2.1.1 Manutenção Corretiva

Utilizada como uma técnica de manutenção para sanar defeitos que já ocorreram, e provavelmente já impactaram em todo o sistema, este tipo de técnica é uma das que mais custam a empresa, como observado na Figura 2, visto que, necessita da paralização do equipamento e interrupção das atividades. Devido a isto, a equipe deve trabalhar de maneira eficaz para que a manutenção corretiva não seja usual e constante em seu cotidiano (NETO; LIMA, 2002).

Figura 2 - Comparativo de custos de manutenção por tipo



Comparativo de custos de manutenção por tipo



Fonte: TOTVS (2019)

Segundo Slack *et al.* (2018, p. 491) “esta abordagem significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a falha ter ocorrido”. Para evitar a necessidade de aplicação desta ferramenta repetidamente existem métodos que podem ser utilizados dentro das organizações, como exemplos:

- ✓ Análise das causas de falha, suas origens e seus efeitos para que haja maior controle do maquinário e de sua capacidade de atuação;
- ✓ Investimento em mão de obra especializada para que todos os equipamentos sejam utilizados de forma correta evitando falhas por mau uso;
- ✓ Gerenciar de forma eficiente todos os recursos disponíveis para execução e manutenção das atividades.

Ainda segundo Slack *et al.* (2018, p. 492), mesmo que as empresas busquem com afinco a redução do número de atividades corretivas a serem executadas, em algum momento a aplicação dela será inevitável. Para que o resultado da correção feita seja satisfatório, alguns fatores são cruciais na equipe de manutenção, são alguns deles:

- ✓ Equipamento de qualidade: ferramentas de reparo, equipamentos e pessoal especializado;
- ✓ As peças de reposição devem ser de qualidade e estarem disponíveis sempre que necessárias, ou seja, em todo o tempo. Não há margens para a

possibilidade de espera quando o assunto se trata de manutenção corretiva, onde o reparo tem de ser de imediato;

- ✓ A organização da oficina deve ser bem estruturada, ordens de serviço devem ser emitidas para que o trabalho seja executado com qualidade.

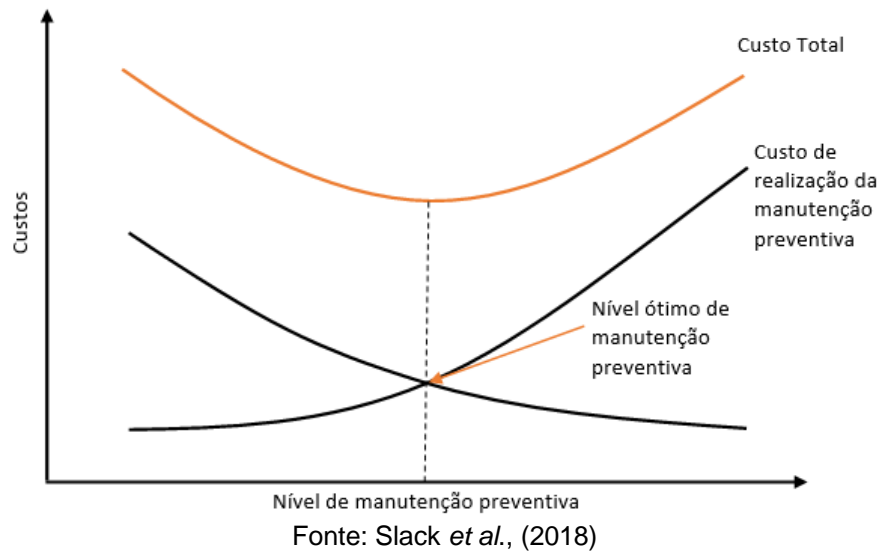
Munidos do conhecimento da ferramenta da manutenção corretiva pode se observar que a técnica é um ótimo artifício para ações rápidas onde não se pode evitar a falha. Entretanto, por ser um meio de custo elevado e que demanda a paralisação do equipamento para os reparos, este tipo de manutenção deve ser evitado, a menos que a oficina tenha um bom plano de ação e correção frente a falha e desgaste do material (KARDEC; NASCIF, 2012).

2.1.2 Manutenção Preventiva

“A manutenção preventiva visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos pré-planejados” (SLACK *et al.*, 2018, p. 492). Consiste em tarefas periódicas como inspeções, reformas e trocas de peças antes do período de vida útil do material vencer, ou seja, é um método de evitar falhas a partir da manutenção precoce dos equipamentos e ferramentas.

Quando aplicada tal técnica nota-se uma diminuição das ocorrências de falha e das paradas inesperadas de operação e aumento significativo da disponibilidade dos equipamentos e ferramentas. Avaliando os custos gerados para aplicação da manutenção preventiva, conforme Figura 3, os mesmos podem ser elevados, porém menores comparados a ferramenta corretiva, visto que, a equipe de manutenção possui conhecimento da parada do equipamento e não fica sujeito a interrupções não programadas (XENOS, 2014).

Figura 3 - Um modelo de custos associados com manutenção mostra um nível ótimo de esforços de manutenção



Podemos destacar algumas vantagens que tal tipo de manutenção oferece para a empresa, por exemplo:

- ✓ Redução das paradas inesperadas dos equipamentos;
- ✓ Maior disponibilidade dos equipamentos, visto que, aumenta a vida útil deles;
- ✓ É programada de acordo com as necessidades e disponibilidades da fábrica;
- ✓ Reduz custos de reparos;
- ✓ Cria o conceito de prevenção nas áreas existentes na empresa.

Assim sendo, a ferramenta preventiva é uma ótima opção para quando as paradas dos equipamentos não podem ser longas e gerarem grandes impactos e perdas no ambiente de trabalho. Pequenas ações como o retoque da pintura, a limpeza dos equipamentos, a substituição de pequenas peças como parafusos e porcas são bons exemplos de atos de manutenção preventiva no ambiente de trabalho, para garantir a conservação e funcionabilidade dos instrumentos (SLACK *et al.*, 2018).

2.1.3 Manutenção Preditiva

Consiste no tipo de manutenção com maior valor agregado, visto que, necessita de tecnologias e equipamentos específicos para a sua aplicação correta no ambiente de trabalho. Definindo melhor este tipo de manutenção dizemos que:

A manutenção preditiva consiste em monitorar certos parâmetros ou condições de equipamentos e instalações de modo a antecipar identificação de um futuro problema. Assim, pela análise química do óleo de corte de uma máquina-ferramenta, podem-se detectar problemas de desgaste nas ferramentas de corte. Pela análise de fotos infravermelhas de um painel elétrico, podem-se detectar pontos de superaquecimento que logo provocariam uma interrupção no fornecimento de energia elétrica. Para componentes críticos, como o eixo de uma turbina a monitoração das vibrações é feita em tempo real, com a utilização de sensores e *softwares* específicos que interpretam os dados colhidos transformando-os em informações gerenciáveis (MARTINS; LAUGENI, 2015, p. 468).

O monitoramento dos parâmetros torna-se imprescindível para a tomada de decisões relativas ao tempo de operação dos equipamentos e de quando a intervenção será executada. Como explicitado no Quadro 1, existem fatores que podem ser acompanhados para determinar a necessidade de intervenção de manutenção (SLACK *et al.* 2018).

Quadro 1 - Os papéis e responsabilidade do pessoal de operação e de manutenção na manutenção produtiva total

	Pessoal de manutenção	Pessoal de operação
Papéis	Para desenvolver:	Para assumir:
	Ações preventivas	Domínio das instalações
	Manutenção corretiva	Cuidado com as instalações
Responsabilidades	Treinar os operadores	Operação correta
	Planejar a prática de manutenção	Manutenção preventiva de rotina
	Solução de problemas	Manutenção preditiva de rotina
	Avaliar a prática operacional	Detecção dos problemas

Fonte: Slack *et al.*, (2018)

2.2 TPM – Manutenção Produtiva Total

Por definição de Kardec e Nascif (2012, p. 193), temos:

A TPM teve início no Japão, através da empresa Nippon Denso KK, integrante do grupo Toyota, que recebeu em 1971 o Prêmio PM, concedido a empresas que se destacaram na condução desse programa. No Brasil, foi apresentada pela primeira vez em 1986(KARDEC; NASCIF, 2012, p. 193).

Ainda de acordo com Kardec; Nascif (2012), em 1970 pressões econômicas-sociais fizeram com que as exigências feitas, as empresas ficassem ainda mais rigorosas, fazendo com que se tornassem cada vez mais competitivas. Devido a isto, elas foram pressionadas a:

- ✓ eliminar desperdícios;
- ✓ garantir maior desempenho dos equipamentos;
- ✓ reduzir paradas de produção e quebras de equipamentos;
- ✓ reestruturar o perfil de conhecimento profissional dos seus empregados;
- ✓ redefinir a estrutura de trabalho.

Utilizando as técnicas como a CCQ – Círculos de Controle da Qualidade e ZD – Defeitos Zero foram criados e compartilhados as bases de conceito do TPM, são eles:

- ✓ exercer individualmente o autocontrole;
- ✓ ser dono e protetor de sua própria máquina;
- ✓ homem, máquina e empresa devem estar juntos;
- ✓ a manutenção dos meios da empresa é responsabilidade de todos.

2.2.1 Objetivos da TPM

A técnica tem por objetivo garantir excelência das empresas por meio de maior qualificação de seus empregados e melhoramento de seus equipamentos. Busca preparar e desenvolver pessoas para estarem prontas a conduzir as fábricas do futuro (OHNO, 1997).

Sendo assim, como visto no Quadro 2, o perfil dos funcionários deve ser adequado através de treinamentos, desenvolvimento e capacitação de acordo com suas funções exercidas. Pessoas treinadas e capacitadas possuem bagagem para aplicar seus conhecimentos nas máquinas e equipamentos, obtendo melhoria no resultado do local de aplicação (KARDEC; NASCIF, 2012).

Quadro 2 - Perfil profissional e suas atribuições

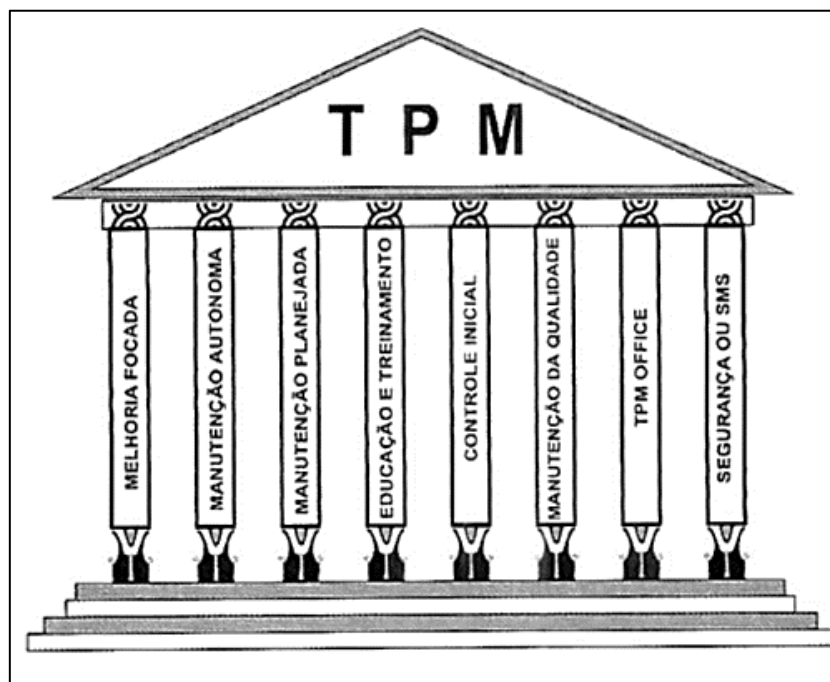
Função	Atribuições
Operadores	Execução de atividades de manutenção de forma espontânea
Mantenedores	Execução de tarefas na área de mecatrônica
Engenheiros	Planejamento, projeto e desenvolvimento de equipamentos que "não exijam manutenção"

Fonte: Kardec; Nascif (2012)

2.2.2 Pilares da TPM

A Figura 4 mostra a casa da TPM, apoiada sobre os oito pilares que visam estabelecer um sistema de maior eficiência produtiva.

Figura 4 - Os oito pilares da TPM



Fonte: Kardec; Nascif (2012)

Segundo Kardec; Nascif (2012), cada pilar possui sua função dentro da TPM, e eles serão descritos a seguir:

- ✓ Melhoria Focada – Foca na melhoria global do negócio, com o objetivo de reduzir os problemas para melhorar o desempenho.

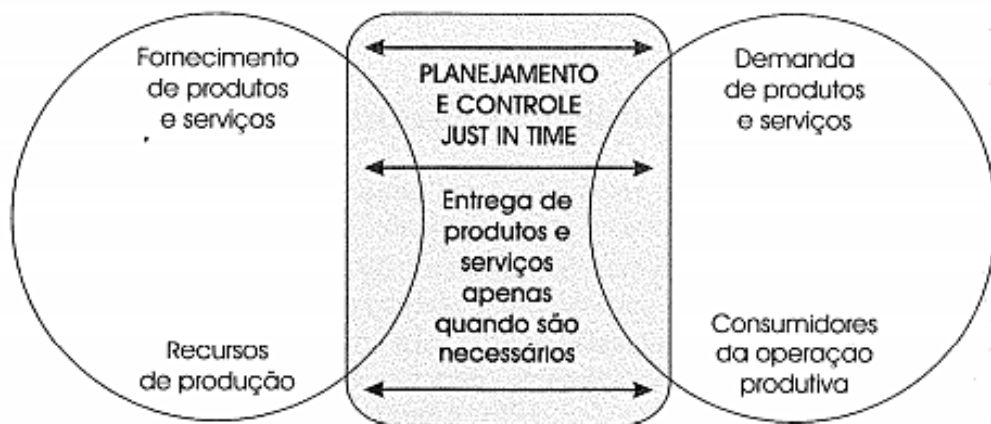
- ✓ Manutenção Autônoma – Possuir controle individual sobre seus equipamentos e serviços, liberdade de agir, elaborar e cumprir padrões, absorver e conscientizar a respeito da filosofia do TPM.
- ✓ Manutenção Planejada – Possuir planejamento e controle de todas as atividades executadas, tendo conhecimento de técnicas adotadas e prevendo paradas inesperadas.
- ✓ Educação e Treinamento – Garantir a capacitação e desenvolvimento de todo o pessoal que compõe a organização.
- ✓ Controle Inicial – Eliminar falhas no início do projeto e operação. Garantir um sistema de monitoramento inicial das atividades.
- ✓ Manutenção da Qualidade – Estabelecer uma filosofia e programa de zero defeitos.
- ✓ TPM Office – Garantir um programa de TPM nas áreas administrativas com objetivo de aumentar sua eficiência.
- ✓ Segurança ou SMS – Estabelecer um sistema de saúde, segurança e meio ambiente.

2.3 Planejamento e Controle *Just in Time*

2.3.1 *Just in Time* (JIT)

A ferramenta JIT em seu conceito básico significa produzir no tempo certo, dando ênfase na redução dos desperdícios. Significa fabricar bens e serviços no momento exato em que é necessário, não antes para se tornar estoque e nem depois para que deixem os clientes esperando, como observado na Figura 5.

Figura 5 - O planejamento e controle JIT visa atender à demanda instantaneamente com qualidade perfeita e sem desperdícios



Fonte: Slack *et al.* (2018, p. 354)

Segundo Slack *et al.* (2018, p. 355) podemos definir com maior abrangência o conceito da ferramenta JIT, como:

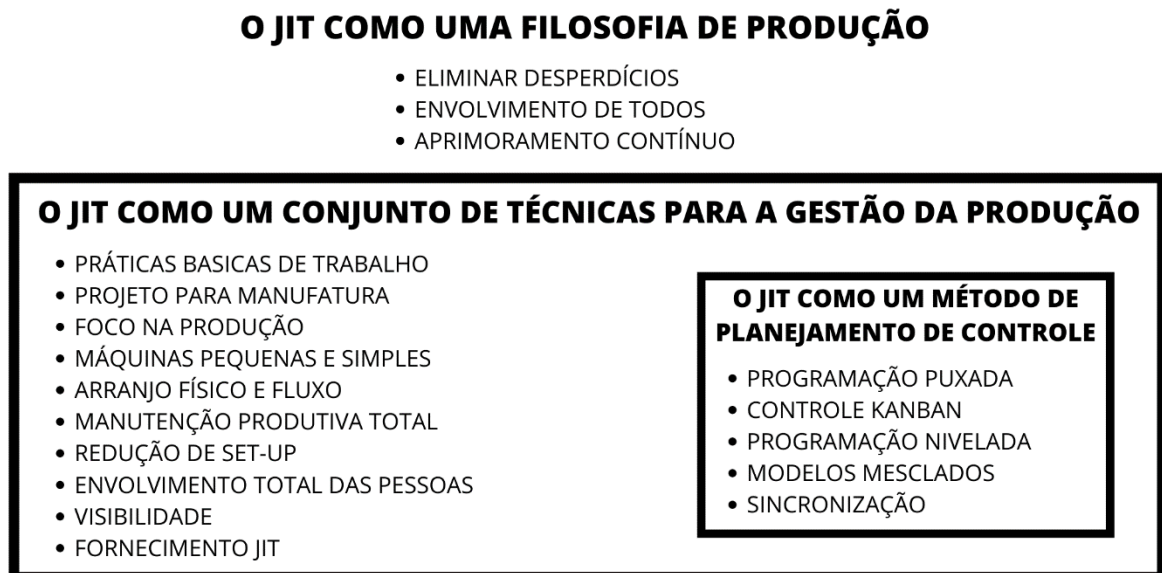
Uma abordagem disciplinada, que visa aprimorar a produtividade global e eliminar os desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custo, assim como o fornecimento apenas da quantidade necessária de componentes, na qualidade correta, no momento e locais corretos, utilizando o mínimo de instalações, equipamentos, materiais e recursos humanos. O JIT é dependente do balanço entre a flexibilidade do fornecedor e a flexibilidade do usuário. Ele é alcançado através da aplicação de elementos que requerem um envolvimento total dos funcionários e trabalho em equipe. Uma filosofia-chave do JIT é a simplificação (SLACK *et al.*; 2018, p. 355).

Por ser uma ferramenta de conceitos e aplicações muito abrangentes e com resultados diferentes com relação ao tipo e local de aplicação ela possui diversas frases e termos para descrever sua abordagem. Como por exemplo:

- ✓ Manufatura de fluxo contínuo;
- ✓ Manufatura de alto valor agregado;
- ✓ Produção sem estoque;
- ✓ Produção com pouco estoque;
- ✓ Manufatura veloz;
- ✓ Manufatura enxuta;
- ✓ Processo induzido de resolução de problemas.

O JIT pode ser classificado em dois aspectos, o primeiro como uma filosofia e o segundo como um conjunto de técnicas a serem executadas como observado na Figura 6. Ao ser considerado uma filosofia, o JIT proporciona uma visão clara, que pode ser utilizada para guiar as ações dos gerentes de produção nas diversas atividades a serem empenhadas na empresa. Ao ser analisado como um conjunto de ferramentas e técnicas, o JIT fornece as condições operacionais para suportar a sua filosofia. Muitas dessas ferramentas são conhecidas até mesmo fora do campo do JIT, porém, suportam e dão apoio as atividades operacionais para que os objetivos sejam alcançados.

Figura 6 - O JIT como uma filosofia, um conjunto de ferramentas e técnicas e um método de planejamento e controle



Fonte: Slack *et al.* (2018, p. 354)

O JIT é um termo ocidental utilizado para classificar a filosofia e o conjunto de técnicas criadas pelos japoneses, que tem por fundamento fazer bem as coisas simples, fazê-las sempre melhor e eliminar os desperdícios gerados em cada etapa dos processos desenvolvidos no ambiente em que se é aplicada. É fundamentada em três razões-chave que são o coração da filosofia JIT. São elas: a eliminação dos desperdícios, o envolvimento dos funcionários na produção e o esforço de aprimoramento contínuo.

2.3.1.1 Eliminar os Desperdícios

Pode-se classificar os desperdícios como toda e qualquer atividade e processo que não agrega valor a produção e ao ambiente empresarial. Foram identificados pela Toyota sete tipos de desperdícios que são comuns no ambiente de produção, são eles:

- ✓ Superprodução – produzir mais do que é necessário no momento e para as próximas etapas da produção é uma das causas mais contributórias para os desperdícios;
- ✓ Tempo de Espera – constitui uma importante contribuição nos desperdícios. Uma delas é o tempo gasto pelos operadores na produção de itens desnecessários as próximas etapas do processo;
- ✓ Transporte – a movimentação de materiais dentro da fábrica, bem como o deslocamento impróprio de itens do estoque dentro da empresa gera desperdícios, diante disso, um bom planejamento e implantação de ferramentas JIT ajudam a mitigar esses impactos;
- ✓ Processo – algumas operações existem devido apenas em função de um projeto ou manutenção ruins, portanto, podendo ser eliminadas;
- ✓ Estoque – todo estoque é alvo para ser eliminado. No JIT define-se uma empresa excelente de uma medíocre através do montante de estoque que ela carrega;
- ✓ Movimentação – toda movimentação desnecessária deve ser eliminada, um bom exemplo, é um operador locomovendo-se a procura de uma caixa desaparecida ou indo até a sala do gestor novamente para receber uma nova ordem;
- ✓ Produtos Defeituosos – produtos com qualidade ruim geram um índice de refugo alto, o que eleva os custos de material e de mão-de-obra.

2.3.1.2 Envolvimento de Todos

Normalmente vista como um sistema total, a filosofia JIT visa fornecer diretrizes que incluam todos os funcionários e todos os processos na organização. Uma organização coesa e com bom processo de comunicação entre seus funcionários e processos, tende a alcançar com maior facilidade e excelência seus objetos e metas.

2.3.1.3 Aprimoramento Contínuo

Segundo Slack *et al.* (2018), os objetivos do JIT são geralmente expressos como ideais, definido por: “atender à demanda no momento exato com qualidade perfeita e sem desperdícios”. Sabemos que as ações das empresas reais, propriamente ditas, estão longe de tal realidade, porém, uma crença fundamental do JIT é de que é possível aproximar-se deles ao longo do tempo. Devido a isto, o conceito de aprimoramento contínuo se faz muito importante na filosofia JIT. Como os objetivos do JIT são estabelecidos em cima desses ideais, os quais as organizações podem nunca alcançar, o foco então é a forma como as organizações aproximam-se deste estado de ideal.

2.3.2 Técnicas do Planejamento e Controle JIT

São todas as ferramentas e técnicas utilizadas especificamente para o planejamento e controle da produção, que são métodos de se fazer o sistema funcionar dentro do estabelecido, reduzindo desperdícios e perda de tempo. São algumas delas:

- ✓ Controle kanban;
- ✓ Programação nivelada;
- ✓ Modelos mesclados;
- ✓ Sincronização.

2.4 Controle Kanban

Segundo Martins; Laugeni (2015, p. 408):

O kanban é um método de autorização da produção e movimentação do material no sistema. Na língua japonesa a palavra kanban significa um marcador (cartão, sinal, placa, ou outro dispositivo) usado para controlar a ordem dos trabalhos em um processo sequencial. O kanban é um subsistema do JIT (MARTINS, LAUGENI; 2015, p. 408)

O objetivo do controle é assinalar a necessidade de materiais e garantir que eles serão produzidos e entregues antes dos próximos processos serem executados,

garantindo que não haverá parada do processo por falta de material. O bom funcionamento e manutenção do sistema garante ganhos no processo, tanto em relação a tempo quanto em mão de obra executando atividades.

Vale lembrar, um fato importante que deve ser compreendido, que são denominados diferentes tipos de atividades pelo termo Kanban:

- ✓ Um sistema de controle do fluxo de material ao nível da fábrica (Kanban Interno) e que pode-se estender, em alguns casos, ao controle do material distribuído ou recebidos de fornecedores (Kanban Externo).
- ✓ Um sistema para melhorar a produtividade, mudando-se o equipamento, os métodos de trabalho e as práticas de movimentação de material que usa o sistema de controle de material por cartões (kanbans) para identificar as áreas com problemas e avaliar os resultados das mudanças (FARIA *et al.* 2006, p. 3).

Segundo Slack *et al.* (2018), os kanbans podem ser inseridos de diferentes formas nas empresas, alguns constituídos de marcadores plásticos, ou até mesmo de bolas de *ping-pong* coloridas com diferentes cores representando diferentes componentes. Afirma também que há diferentes tipos de kanbans, vistos abaixo:

- ✓ O kanban de transporte – utilizado para avisar o estágio anterior que material pode ser retirado do estoque e transferido para um destino específico;
- ✓ O kanban de produção – é um sinal para um processo produtivo de que ele pode começar a produzir um item para que possa ser colocado em estoque;
- ✓ O kanban do fornecedor – são utilizados para avisar aos fornecedores da necessidade de enviar material para um estágio da produção.

Independentemente do tipo de kanban a ser utilizado o objetivo será sempre o mesmo, disparar o transporte, a produção ou o fornecimento de uma unidade ou um conjunto de unidades de um produto para o processo. Também é envolvido com a quantidade, ou seja, caso dois kanbans sejam recebidos, logo dois contenedores serão enviados. Os cartões servem também como uma autorização para a realização dessas ações (VELOSO, 2006).

2.4.1 Características Físicas do Sistema Kanban

Por definição de Ohno (1997, p. 46), tem-se:

O método de operação do sistema Toyota de Produção é o Kanban. A forma mais frequentemente usada é um pedaço de papel, Figura 7, dentro de um envelope de vinil retangular.

Neste pedaço de papel a informação pode ser dividida em três categorias: (1) informação de coleta, (2) informação de transferência, e (3) informação de produção. O Kanban carrega a informação vertical e lateralmente (OHNO, TAIICHI; 1997, p. 46).

Figura 7 - Uma amostra de Kanban

Hora da Entrega 10:30  Fundação Ohashi Prateleira nº 1 – Embaixo	Área de Estocagem <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;">A</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; text-align: center;">1 - 1</div> </div>		Fábrica Central da Toyota Motors <hr/> Montagem nº 2 <hr/> <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">50</div>
	Número do Item 53018-60011	Identificação Usado em FJ Carro tipo (I)	
	Nome do Item Linha de pressão do radiador	Tipo de caixa Especial Capacidade da caixa 30	
	21		
Kanban de pedido de peças			

Fonte: Ohno (1997)

A utilização de papéis para a sinalização da necessidade de materiais em uma empresa foi designada como kanban e aprimorada até os dias de hoje. A utilização correta desse sistema de forma hábil tem resultados positivos como a unificação ou sistematização de todos os movimentos dentro de uma fábrica. Afinal, um pedaço de papel fornece informações extremamente importantes em um curto período, como: quantidade de produção, método, quantidade a ser transferida, tempo de transferência, destino, ponto de estocagem, e assim por diante.

Pode-se afirmar que o Kanban impede totalmente a superprodução sendo uma ferramenta de extrema importância dentro da filosofia *Just in Time*. Como consequência não há necessidade de estoque, eliminando assim custos de material parado, o que se deve ser evitado. Reduz também a necessidade de pilhas de papel para controle de diferentes tipos de atividades.

2.4.2 Seleção dos itens para o Kanban

De acordo com Ribeiro (1989, p. 46) “apesar de não existir limitação para a implantação do kanban, através do uso de cartões, verificou-se que o sistema é mais eficiente quando os itens controlados possuem alta rotatividade, repetibilidade e pequena variação nas quantidades consumidas”. Vale ressaltar que o sistema possui como objetivo minimizar os estoques dos materiais em processo, e todos os conceitos apresentados ajudam na seleção dos itens que irão compor o kanban.

Seguindo ainda as afirmações feitas por Ribeiro (1989), as escolhas dos itens para compor o sistema kanban devem ser baseadas em dois índices, são eles:

- 1) Coeficiente de repetibilidade $\left(\frac{\bar{X}}{Q}\right)$ que é a relação entre o valor médio do consumo de peças, em dez dias (\bar{X}) e o valor do lote econômico de produção (Q).
- 2) Coeficiente de Variação $\left(\frac{S}{\bar{X}}\right)$ que é a relação entre o valor do desvio padrão do consumo das peças em dez dias (S) e o valor médio deste mesmo consumo (\bar{X}) (Ribeiro, Paulo; 1989, p. 47).

De maneira a avaliar os coeficientes apresentados, afirma-se que as peças escolhidas para compor o kanban deverão ter alto coeficiente de repetibilidade e baixo coeficiente de variação, o que representa em termos práticos:

- ✓ $\frac{\bar{X}}{Q} > 1$ – significa que quanto menor o lote econômico de produção (Q), comparado com o valor médio do consumo de dez dias (\bar{X}), mais se justifica o sistema;
- ✓ $\frac{S}{\bar{X}} < 1$ – significa que quanto menor for a variação do valor médio do consumo de dez dias (S) em relação ao valor médio (\bar{X}), mais se justifica o sistema.

2.4.3 Localização de postos *Kanban* no local de trabalho

Pode-se afirmar que até mesmo se o chefe de uma determinada empresa for coletar os cartões kanban com frequência, ele pode se atrasar para alguma dessas coletas.

O chefe pode se atrasar para a coleta de kanban por diversos motivos. Pode haver, por exemplo, uma pequena diferença de tempo entre ele ir

caminhando até o posto de kanban em sentido horário ou em sentido anti-horário. Além disso, como o chefe pode ser convocado repentinamente, ele pode acabar coletando os cartões kanban um pouco mais tarde do que o horário estabelecido (MONDEN, 2015; p. 288).

Para que tal inconveniente seja resolvido uma análise deve ser feita para definir a melhor posição do posto de kanban, levando em conta aspectos como: área que mais necessita do material em dado momento, bem como distância a ser percorrida e melhor rota a ser feita, que minimize o tempo de reposição e fadiga durante locomoção. Também se pode utilizar de métodos mais tecnológicos na hora da montagem do sistema, que facilite a identificação mais rápida de que o produto esteja acabando e necessita de reposição. Um bom exemplo dado é em um posto de kanban que possua duas caixas para receber kanban cada uma possuir uma lâmpada embutida. As caixas que precisem de reposição devem permanecer acesas enquanto as que estão abastecidas permanecem apagadas (MONDEN; 2015).

2.4.4 Determinação do número de Kanbans

A pergunta de quantos kanban utilizar é uma questão básica ao administrar um sistema Kanban. Segundo Shingo (2007) “a resposta corresponde ao número de paletes no sistema do ponto de pedido descrito anteriormente”. Deste modo, pode-se calcular o número de Kanban a partir da equação 1:

$$(N) = \frac{(Q + \alpha)}{(n)} \quad (1)$$

(N) = Número de Kanban

$(Q + \alpha)$ = Estoque máximo

(n) = Capacidade de um paleta

Além de se analisar os indicadores abordados na fórmula que são importantes, Shingo (2007) afirma que “as questões seguintes devem ser respondidas quando da determinação do número de Kanban a ser utilizado”:

- Quantos produtos podem ser carregados em uma paleta?
- Quantos lotes de transferência são necessários dada a frequência relativa de transporte?

- O transporte será dedicado a um produto único ou será utilizado transporte misto? (SHINGO, 2007, p. 2016).

2.4.5 O uso incorreto do Sistema Kanban

Como toda ferramenta de melhoria traz bons resultados, a sua incorreta aplicação e desconhecimento de seus objetivos pode acarretar problemas para o local ao qual será implantada (OHNO, 1997).

O Kanban é uma destas ferramentas que se aplicada de maneira incorreta pode acarretar vários problemas, devido a isto como visto no Quadro 3, existem condições desfavoráveis a aplicação do mesmo. Para se utilizar a ferramenta de maneira correta deve-se ter conhecimento pleno de seus objetivos e criar regras para sua utilização (JUNIOR; FILHO, 2008).

Quadro 3 - Condições desfavoráveis a utilização do sistema Kanban e seus motivos

Condição Desfavorável	Motivo
Produção desnivelada	Cria intervalos irregulares entre as ordens controladas pelo sistema Kanban e a necessidade de manter níveis de estoque maiores
Instabilidade dos tempos de processamento	Ocasiona a escassez de certos itens e excesso de outros, a menos que se mantenham níveis altos de estoque; e o sistema produtivo é constantemente interrompido, a menos que se mantenham níveis altos de estoque
Não padronização das operações	Gera muita variação nos tempos de processamento, tempos de espera, tempos de <i>setup</i> e de operação dos trabalhos realizados em cada estágio produtivo, gerando, portanto, instabilidade e necessidade de manter altos níveis de estoque
Tempos de <i>setup</i> grandes e/ou lotes mínimos de produção com muitas peças	Geram aumento dos estoques em função do aumento do lote de produção e conseqüentemente desregula o nivelamento
Grande variedade de itens	Aumenta a complexidade do fluxo de materiais, dificulta a adaptação dos painéis de cartões, cria irregularidades nos tempos e diminui a repetibilidade do sistema produtivo
Demanda instável	Cria a necessidade de manter altos níveis de estoque, gera instabilidade interna nas operações e dificulta o nivelamento da produção
Incertezas no abastecimento de matéria prima	Impõem a necessidade de manter altos níveis de estoque de matérias-primas

Fonte: Junior; Filho (2008)

O Kanban controla o fluxo de mercadorias dentro de uma empresa, desta forma, reflete os desejos de produção de determinado local. Para que funcione corretamente e atinja seus objetivos algumas regras de utilização são impostas de acordo com sua função, com observado no Quadro 4 (OHNO, TAIICHI; 1997).

Quadro 4 - Funções e regras de utilização do Kanban

Funções do Kanban	Regras para Utilização
Fornecer informações sobre apanhar ou transportar	O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo Kanban no processo precedente
Fornecer informações sobre a produção	O processo inicial produz itens na quantidade e sequencias indicadas pelo Kanban
Impedir superprodução e/ou transporte excessivo	Nenhum item é produzido ou transportado sem um Kanban
Servir como uma ordem de produção afixada as mercadorias	Serve para afixar um Kanban as mercadorias
Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz	Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado são mercadorias 100% perfeitas
Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques	Reduzir o número de Kanbans aumenta sua sensibilidade aos problemas

Fonte: Ohno (1997)

2.4.6 Vantagens da utilização do Sistema Kanban

Pode se afirmar que existem diversas vantagens relacionadas à utilização do sistema Kanban (GUEDES, 2010), mostradas a seguir:

- ✓ Redução dos desperdícios;
- ✓ Redução do tempo de duração do processo (*lead-time*);
- ✓ Aumento da resposta aos clientes;
- ✓ Ajuste dos estoques;
- ✓ Diminuição dos lotes em produção;
- ✓ Integração do controle de produção nos demais mecanismos de flexibilidade da empresa;
- ✓ Maior facilidade na programação da produção.

Com isso, para que se tenha o funcionamento de pleno e promova os benefícios destacados acima, faz-se necessário que o sistema de produção opere dentro de uma lógica funcional e sistematizada por regras.

2.4.7 Esquema de implantação do Kanban

Segundo Ribeiro (1989, p. 55), “o esquema de implantação do kanban, embora não seja rígido, deverá passar por algumas etapas consideradas fundamentais”, são elas:

- ✓ Definir os itens a serem controlados pelo Kanban – sendo um bom sistema aquele que controla itens padronizados, com níveis constantes de produção, a escolha dos itens para o kanban deverá seguir estes critérios inicialmente, antes de seguir para questões mais complexas.
- ✓ Determinar o tipo de container e a quantidade de peças por container – a movimentação dos materiais deve ser pensada de modo que não gere esforço excessivo por parte de quem os movimenta. O nível das peças no container não deverá ultrapassar a borda superior, nem permitir que o fundo do mesmo quando empilhado atinja as peças do que lhe é imediatamente inferior.
- ✓ Calcular o número de cartões kanban – o número de cartões deve ser calculado e pode sofrer alguns ajustes para adaptação às condições inerentes ao processo.
- ✓ Instalar as facilidades necessárias – visa prover os meios para o funcionamento do kanban. Nela destaca-se a preparação do cartão kanban, instalação de prateleiras e a otimização dos sistemas de movimentação.
- ✓ Preparar os manuais de treinamento – possui dois objetivos: suporte para o treinamento e meio de divulgação ao pessoal da operação.
- ✓ Treinar o pessoal envolvido – apesar de ser considerado um sistema de fácil compreensão e funcionamento, a operacionalização do kanban está fortemente baseada na parte comportamental. O treinamento se mostra muito importante na etapa de implantação do sistema.
- ✓ Expandir o sistema – após a comprovação dos resultados e absorção da cultura kanban pelos funcionários é que o sistema deve ser ampliado.

2.5 5S

O 5S surgiu no Japão em meados do século XX e consiste basicamente no empenho das pessoas em organizar o local de trabalho por meio de manutenção apenas do necessário, da limpeza, da padronização e da disciplina na realização do trabalho, com o mínimo de supervisão possível (CAMPOS *et al.*, 2005).

A ferramenta 5S é um dos métodos mais aplicados de manufatura enxuta, por conta de seu método simples de aplicação, ainda que seus resultados proporcionem muitas vantagens por meio dos resultados obtidos de cada um dos 5S (SILVA; SILVA, 2020).

Podem ser definidos cada um dos 5S sucintamente como:

- ✓ Seiri – manter no local de trabalho apenas as coisas necessárias, eliminando as indesejadas ou sem utilidade do local;
- ✓ Seiton – significa manter as ferramentas ou instrumentos no local apropriado;
- ✓ Seiso – senso de limpeza e arrumação no local de trabalho;
- ✓ Seiketsu – senso de padronização, ou seja, implantação de ideias que aumentem a qualidade;
- ✓ Shitsuke – rege a disciplina do novo modo de vida para manter a implantação do 5S.

Desta maneira, o 5S pode ser explicado como um esforço para organizar o ambiente de trabalho por meio de identificação e colocação de ordem, limpeza na área de trabalho e dos instrumentos utilizados a fim de criar um trabalho eficiente e seguro, aumentando a produtividade.

3 METODOLOGIA

Compreende-se por metodologia o estudo das maneiras de se buscar conhecimento. Demo (2003, p. 19) afirma que metodologia “é uma preocupação instrumental. Trata das formas de se fazer ciência. Cuida dos procedimentos, das ferramentas, dos caminhos”.

Ao entendermos o quão importante é a Metodologia, percebemos que não existe uma única forma e sim diversas maneiras que procuram atender as necessidades conforme o assunto e a finalidade da pesquisa, bem como as várias atividades das ciências (ARAGÃO, NETA, 2017).

Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se uma pesquisa de natureza aplicada, pois possui objetivo de investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas por modelos teóricos, e a partir dos resultados comprovar a viabilidade da implantação do sistema Kanban e seus benefícios na oficina de locomotivas aplicada.

A respeito da forma de abordagem, o trabalho se apresenta como quantitativo pois traduz em números as opiniões e informações dos impactos do Kanban para serem classificadas e analisadas durante toda a etapa de implantação e uso. E qualitativo, pois foi possível analisar as necessidades de melhoria e mudanças a partir do levantamento de informações coletadas com os trabalhadores da oficina e feedback positivo ou negativo da diferença gerada no trabalho após a implantação do método.

A respeito dos objetivos, a pesquisa se classifica como descritiva, pois exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987). Os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados. Para isso o Método Kanban teve suas definições e características aplicados e expostos nos detalhes. Também se classifica como exploratória por poder proporcionar maior familiaridade com o tema proposto e seus conceitos através de outras fontes como: livros, artigos e sites oficiais, para coleta e levantamento de

dados. Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2017).

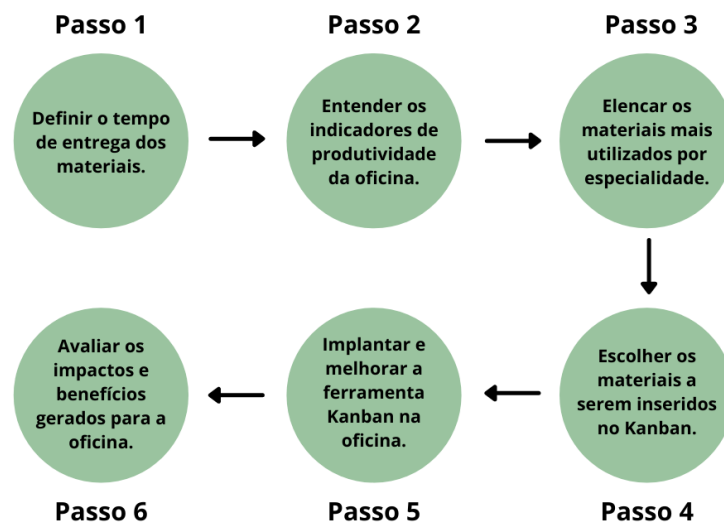
Por fim, o trabalho se refere a um estudo de caso, onde o objeto de estudo foi uma oficina de manutenção de locomotivas, com o intuito de se realizar um estudo específico da aplicação do sistema Kanban. Pode-se definir como estudo de caso:

Um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002, p. 33).

4 ESTUDO DE CASO

Para a elaboração do presente estudo de caso, as etapas apresentadas na Figura 8 foram seguidas, e todas as informações coletadas, bem como todos os resultados obtidos foram inseridos sequencialmente neste trabalho.

Figura 8 - Fluxo das etapas do estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

4.1 A Empresa

Criada em 1996, quando o governo transferiu a posse das malhas ferroviárias à iniciativa privada, a empresa X transporta cargas focadas na ferrovia com uma malha de aproximadamente 1643 km entre os estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, estados estes que concentram mais da metade do PIB nacional, ela se destaca como uma das maiores ferrovias de cargas do mundo e cerca de 20% de toda produção nacional passam pelos seus trilhos. Por possuir produção diversificada, seus principais transportes são: contêineres, siderúrgicos, cimento, bauxita, agrícolas, coque, carvão e minério de ferro.

Para garantir que toda a logística funcione, a empresa possui setores bem divididos e estruturados, e para aplicação deste estudo, feito no período de novembro

de 2020 a abril de 2021, foi escolhido a Oficina de Manutenção de Locomotivas que sustenta todo o processo de transporte a partir da disponibilidade de locomotivas aptas para circular em por toda a malha, garantindo que não haverá falhas e perdas relacionadas ao ativo durante o transporte.

4.2 Oficina de Locomotivas

A Oficina de Locomotivas da empresa X situada em Barra do Piraí, no estado do Rio de Janeiro, ponto estratégico devido a sua localização que abre caminho para três estados distintos (Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo), é responsável pela manutenção das locomotivas que atendem ao fluxo de transporte até os principais portos do país, sendo eles o Porto de Santos, SP e o de Guaíba localizado em Mangaratiba, RJ.

No que diz respeito às atividades, são realizadas manutenções corretivas, inspeções e revisões, estas divididas em CI1, CI2 e CI3, bem como adaptações e implantação de novos sistemas e melhorias em suas locomotivas, serviço este denominado Projetos, vide Quadro 5.

Quadro 5 - Tipos de manutenção utilizadas e suas descrições

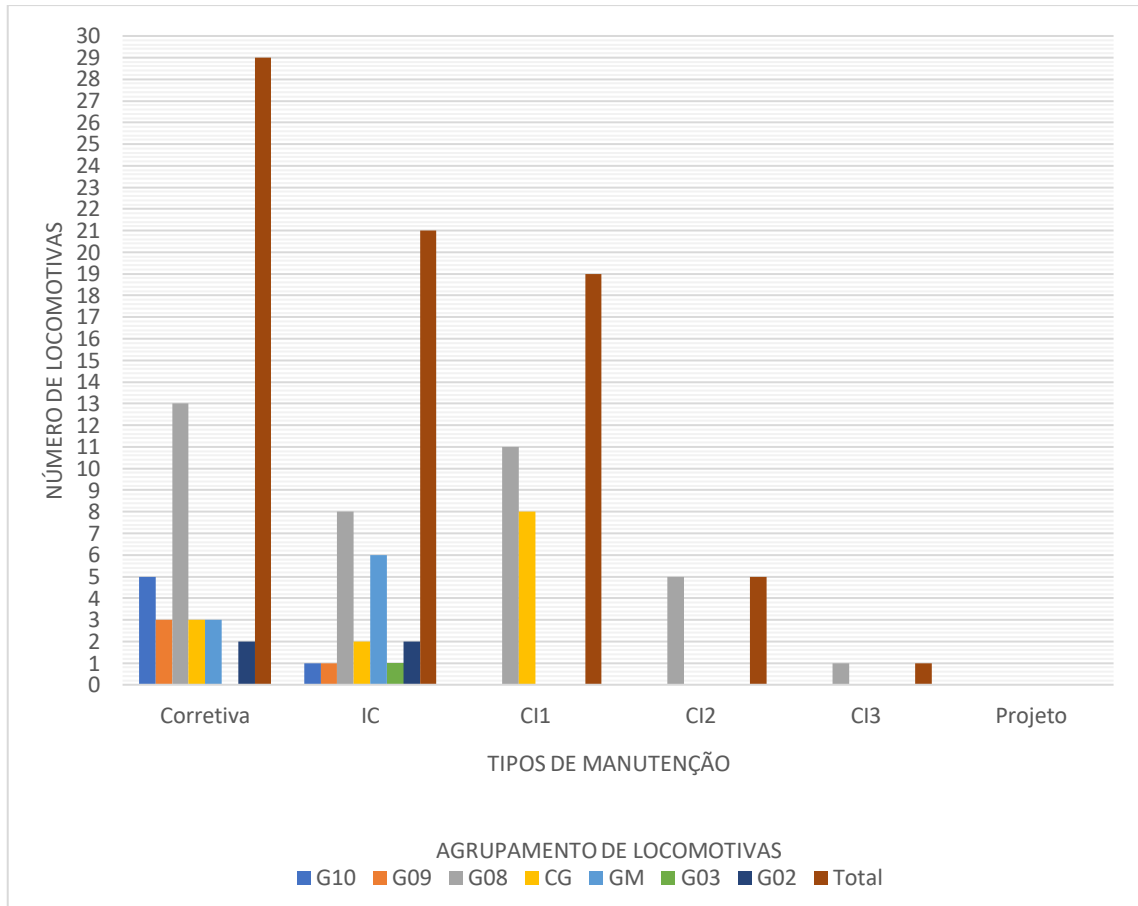
Tipos de Manutenção	Sigla	Descrição
Corretiva	COR	Atividade realizada para corrigir erros já existentes que impactaram no transporte, gerando assim um tempo de falha (MKBF - medidor da quilometragem percorrida pelo ativo até a falha)
Revisão	CI1	Atividade de revisão leve
	CI2	Atividade de revisão média
	CI3	Atividade de revisão pesada
Projeto		Atividade realizada com intuito de melhorias e implantação de novos sistemas, materiais e adequações no ativo

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para que sejam aplicados os tipos de manutenção a oficina em questão recebe um plano detalhado de manutenção mensal de locomotivas, Gráfico 2, a fim de que todas sejam realizadas em tempo hábil e estejam as locomotivas aptas a voltarem ao ciclo de transporte de cada grupo a que pertence, Quadro 6. Os grupos de locomotivas existem para que sejam identificadas as que representam maior impacto de

disponibilidade das frotas e necessitam de atendimento prioritário. Quanto maior o grupo a qual pertence, mais importante é considerada a locomotiva visto que são mais novas e dotadas de maior tecnologia, facilitando assim a manutenção e o transporte.

Gráfico 2 - Plano detalhado de manutenção mensal de locomotivas



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 6 - Grupos de locomotivas e seus respectivos modelos

Grupo	Modelo de Locomotiva
G01	STADLER / HITACHI EL
G02	EFCB/ HITACHI DI/ GE-U5B/ GE-U6B/ GE-720HP
G03	GE-U20C/ GE-U23C1
G04	GE-U23C/ GE-U23CL/ GM-SD18
G05	GE-C26/ GE-C26M/ GE-C26ML
G06	GE-C30M1/ GM-SD40-2
G07	GE-C30/ GE-C30MZ/ GE-C30M/ GM-SD40-3
G08	GE-C36M/ GE-C36MZ/ GE-C36MLZ/ GE-C36MI/ GE-C36MILZ/ GE-C36MIL
G09	GE-C44MIL
G10	GE-AC44MIL
CG	Locomotivas que transportam apenas carga geral e não minério de ferro
GM	SD38/ SD40/ SD40-3

Fonte: Elaborado pelo autor

Para realizar todas as atividades, conseqüentemente todas as metas de liberações serem atingidas, alguns indicadores de produtividade são verificados diariamente, facilitando assim o monitoramento da utilização de mão de obra e reiterando que todo o plano de manutenção será alcançado, são eles: Giro Semanal, Previsão de Liberação de locomotivas que serão liberadas em cada dia do mês (D), Tempo Sislog, Previsão de Liberação e Giro Normalizado.

Tendo como base os conceitos apresentados no referencial teórico dos Pilares da TPM, especificamente os pilares de Manutenção Planejada e Controle Inicial, que dizem respeito ao planejamento e controle de todas as atividades executadas e monitoramento de todas as atividades, a seguir será apresentado os principais indicadores da oficina de locomotivas no qual o trabalho foi executado. Estes indicadores regem todas as atividades e permitem que o plano de liberações e metas mensais da oficina sejam controlados e alcançados. Indo além, a apresentação destes indicadores será útil também na avaliação das vantagens da implantação do sistema Kanban, visto também no referencial teórico, que é o foco principal deste trabalho.

4.2.1 Giro Semanal

O Giro Semanal é utilizado para prever um número base de locomotivas a serem liberadas durante as semanas do mês, Tabela 1, divididas em 4 semanas, sendo do primeiro ao sétimo dia, a semana 1, do oitavo ao décimo quarto dia, a semana 2, do décimo quinto ao vigésimo primeiro dia, a semana 3, do vigésimo segundo ao último dia do mês, a semana 4, visto que esta semana essa última semana apresenta 9 dias pois o mês possui 30 dias.

Tabela 1 - Giro semanal de liberação de locomotivas

Giro semanal	Meta de liberação de locomotivas	Quantidade de locomotivas liberadas	Desvios
1ª semana (7 dias)	18	18	0
2ª semana (7 dias)	18	9	-09
3ª semana (7 dias)	18	0	-18
4ª semana (9 dias)	21	0	-21
Total do mês	75	27	-48

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Durante elaboração da Tabela 1 é importante ressaltar que a empresa se encontrava na segunda semana de liberações de locomotivas do mês, não sendo computados resultados das semanas seguintes. A análise da Tabela 1 é feita a partir da premissa de que durante as semanas estipuladas a meta de liberação de locomotivas seja alcançada, caso não sejam cumpridas, o número de locomotivas não liberadas entra como desvios, para posteriormente serem avaliadas as causas que levaram a perda e possível remanejamento de sua liberação para as semanas seguintes.

O cálculo do plano de liberações semanais é realizado conforme Equação 2:

$$n^{\circ} \text{ de locomotivas por semana} = \frac{\sum \text{Locomotivas PML}}{\sum \text{Dias do Mês}} \times \sum \text{dias da semana} \quad (2)$$

Se em determinado mês o plano mensal de liberação é de 75 locomotivas e o mês possui 30 dias, desmembrando a equação 2 e calculando o número de locomotivas para cada dia do mês, tem-se:

$$n^{\circ} \text{ de locomotivas por dia} = \frac{75 \text{ locomotivas}}{30 \text{ dias no mês}} = 2,5 \text{ locomotivas por dia}$$

As primeiras, segundas e terceiras semanas de cada mês contam com 7 dias completos:

$$n^{\circ} \text{ de locomotivas por semana} = \frac{75 \text{ locomotivas}}{30 \text{ dias no mês}} \times 7 \text{ dias} = 17,5 = 18 \text{ locomotivas}$$

Para a 4ª semana, temos:

$$n^{\circ} \text{ de locomotivas para a 4ª semana} = (75 - 18 - 18 - 18) \text{ locomotivas}$$

$$n^{\circ} \text{ de locomotivas para a 4ª semana} = 21 \text{ locomotivas}$$

4.2.2 Previsão de Liberação de locomotivas que serão liberadas em cada dia do mês
(D)

A Previsão de Liberação de locomotivas que serão liberadas em cada dia do mês (D) pode ser vista em parte da Equação 2. A assertividade na programação das locomotivas do dia, e a garantia de suas liberações impactam positivamente o plano de liberação semanal e mensal, Tabela 2. Em contrapartida, deixar de liberar as locomotivas previstas para o dia impacta negativamente, visto que, o saldo negativo gerado terá que ser corrigido nos dias seguintes.

Tabela 2 - Previsão de liberação em (D)

Locomotiva	Escopo	Data e Hora de Liberação
903822	Revisão Leve	28/02/2021 - 23:00
903877	Inspeção	28/02/2021 - 23:00
903605	Inspeção	28/02/2021 - 23:00
903225	Corretiva	28/02/2021 - 23:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na Tabela 2 observa-se o número de identificação da locomotiva, coluna 1, usado como nomenclatura individual para reconhecer cada locomotiva em específico. Seguindo, é apresentado o escopo de manutenção, coluna 2, que está sendo realizado na intervenção da mesma e na coluna 3, a data e hora prevista para que a locomotiva seja liberada e retorne ao processo de transporte.

4.2.3 Tempo *Sislog*

O Tempo *Sislog* é o tempo em que a locomotiva fica parada dentro da oficina para realizar a manutenção, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo *Sislog*

% de tempo gasto em uma locomotiva liberada	Faixa de pontuação da oficina	Horas sobressalentes a serem corrigidas
160%	50%	49 h e 42 min

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na Tabela 3, a coluna 1 representa a porcentagem de horas real gasta por uma locomotiva durante a manutenção, ou seja, uma locomotiva que entra em oficina para realizar manutenção do tipo IC possui meta de 78 horas disponíveis, via Quadro 7, para realizar atividades o que garante 100% do tempo total. Se após liberação é observado que a mesma gastou 125 horas para realizar as atividades programadas a mesma terá um total de 160% do tempo gasto, excedendo 60% do tempo disponível

como mostrado na Equação 2. Na coluna 2 é representado a faixa de pontuação atual da oficina, 50%, calculada a partir da soma de todos os tempos Sislog das locomotivas liberadas no mês dividido pelo tempo programado de escopo real de cada uma. Vale lembrar que essa meta é inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o tempo Sislog, melhor, pois quanto menos horas a locomotiva fica parada em manutenção, maior será sua disponibilidade de utilização. Já na última coluna, coluna 3, representa a quantidade em horas, 49 horas e 42 minutos, que a locomotiva da coluna 1 ultrapassou durante o processo de manutenção, o que deve posteriormente ser corrigido para que a oficina se enquadre na meta novamente.

Quadro 7- Plano de Hh por Especialidade para Cálculo de Giro Normalizado

Escopo	Meta de Hh
IC	78
COR	25
CI1	120
CI2	140
CI3	190

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para que sejam apurados os valores do indicador, temos por base a Equação 3:

$$\text{Tempo Sislog} = \frac{\sum \text{Tempo Sislog Real}}{\sum \text{Tempo Sislog Meta}} \times 100\% \quad (3)$$

Cada visita, que corresponde a um conjunto numérico utilizado para identificar a locomotiva dentro da oficina, tem um tempo planejado para liberação, por exemplo, uma IC, conforme Tabela 7, tem 78 horas de meta, ou seja, 3,8 dias para a liberação da locomotiva. Então, tendo como base as informações a seguir, de entrada e saída de uma locomotiva da oficina com o escopo de inspeção para manutenção:

Entrada: 01/01/20 às 10:00

Meta de Liberação: 05/01/20 às 07:18

Saída: 06/01/20 às 15:00

Inserindo a carga horária na Equação 3, tem-se como tempo Sislog real o somatório de horas gastos do dia que a locomotiva entrou na oficina até sua saída, e

como tempo Sislog de meta temos as cargas horárias pré-estabelecidas no Quadro 7, aplicando os valores temos:

$$\text{Tempo Sislog} = \frac{125 \text{ horas}}{78 \text{ horas}} \times 100\% = 160\%$$

Este resultado, 160%, representa um percentual negativo ao indicador pois mostra que excedeu o tempo de manutenção previsto para a locomotiva e que isto impactará na meta apurada no mês. Vale ressaltar que os pontos de atraso na manutenção devem ser avaliados, com o intuito de sanar os possíveis erros que geraram todo o atraso.

4.2.4 Previsão de Liberação

A Previsão de Liberação garante que as locomotivas planejadas para o dia sejam entregues à operação no horário previsto. Para que o indicador seja acompanhado de forma mais eficaz são realizados cálculos, conforme Equação 4, e computados em uma tabela como apresentado na Tabela 4.

$$\text{Previsão de liberação} = \frac{\sum \text{Previsões Aderentes}}{\sum \text{Locomotivas Previstas}} \times 100\% \quad (4)$$

Tabela 4 - Previsão de Liberação

Aderência a faixa de pontuação	Faixa de pontuação mínima	Faixa de pontuação máxima
80%	85%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Na coluna 1 observa-se a aderência de liberação de 80% em relação a meta de 100%, coluna 3, de um dia de liberação. É importante que todas as locomotivas previstas sejam liberadas dentro do prazo estipulado, pois a não liberação de uma delas geram grande impacto no percentual calculado, deixando assim o indicador fora da meta estabelecida que pode estar entre 85% e 100% conforme apresentado nas colunas 2 e 3.

A seguir é apresentado um exemplo utilizando a Equação 4, se há cinco locomotivas na previsão de liberação e por algum motivo (pesquisa de defeito, falta de material, atraso na entrega de materiais, falta de colaborador, etc.) uma delas não for liberada, tem-se:

$$\text{Previsão de liberação} = \frac{4 \text{ locomotivas liberadas}}{5 \text{ locomotivas previstas}} \times 100\% = 80\%$$

4.2.5 Giro Normalizado

O Giro Normalizado é utilizado para estimular o crescimento da produtividade, Tabela 5, juntamente com o equilíbrio do homem-hora (Hh), que é a capacidade produtiva do ambiente de trabalho.

Tabela 5 - Giro Normalizado

Hh Meta	Hh Real	Aderência à 100% das horas disponíveis	Faixa de pontuação real
6020	7000	86%	50%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ele é basicamente um total de horas pré-estabelecidas disponíveis por escopo de locomotivas para se atuar na manutenção, conforme já apresentado no Quadro 7. Quanto menor a utilização das horas disponíveis, melhor a performance, garantindo assim aderência de 86% a metade 100% estabelecida pelo indicador. Para melhor compreensão observa-se a Equação 5, onde a meta de liberação é composta pelo somatório dos tempos de escopo, componentes, projetos e Hh extra.

$$\text{Giro Normalizado} = \frac{\sum \text{Tempo de Escopo}}{\sum \text{Tempo Sislog}} \times 100\% \quad (5)$$

Para uma melhor compreensão do indicador, será utilizado como exemplo a Tabela 5, onde na coluna 1 observa-se a quantidade de Hh programada, equivalente à 6020 horas, para realizar os diferentes tipos de manutenção das locomotivas do mês. Na coluna 2 é apresentado o total de Hh real, 7000 horas, para realizar os planos de manutenção, que podem ter extrapolado devido a fatores como falta de material,

atraso na entrega dos materiais pelo almoxarifado, falta de ferramenta, ausência de colaboradores, etc. Na coluna 3 observa-se a porcentagem alcançada, 86%, dentro do indicador, vale lembrar que quanto maior for a quantidade de horas extrapoladas menos pontuação (faixa de acompanhamento do desenvolvimento das atividades atrelada as metas pré-estabelecidas pela empresa) será alcançada, pois isso representa máquinas paradas ao invés de estarem transportando. Já na última coluna observa-se a porcentagem real a título de indicadores de ganho de bonificação salarial calculados mês a mês e computados todos juntos no fim do ano. Para que essa porcentagem seja calculada, os resultados obtidos na coluna 3, de 86% aderente a meta, da Tabela 5, são comparados ao Quadro 8. Observa-se que a aderência de 86% ao indicador garante para a oficina apenas 50% da bonificação salarial total disponível, valor este encontrado quando comparado a coluna 3 da Tabela 5, 86%, a linha 4 do Quadro 8 que é a faixa de encaixe do respectivo valor.

Quadro 8 - Faixa de pontuação de Giro Normalizado a título de bonificação

Aderência à 100% das horas disponíveis	Faixa de pontuação real
0% a 50%	0%
51% a 75%	25%
76% a 90%	50%
91% a 99%	75%
100%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Em um mês realizou-se vinte e cinco IC, trinta COR, doze CI1, oito CI2 e quatro CI3, logo o cálculo somatório do tempo de escopo (meta de Hh), que é o numerador da Equação 5, é realizado a seguir:

$$\sum \text{Tempo de Escopo} = (25 \times 78 + 30 \times 25 + 12 \times 120 + 8 \times 140 + 4 \times 190)$$

$$\sum \text{Tempo de Escopo} = 6020 \text{ horas}$$

E para calcular o Giro Normalizado foi utilizado a Equação 5 juntamente com o somatório do tempo Sislog, somatório de Hh trabalhadas no mês, que é de 7000 horas, logo, tem-se:

$$\text{Giro Normalizado} = \frac{6020 \text{ horas}}{7000 \text{ horas}} \times 100\% = 0,86 \times 100\% = 86\%$$

Pode-se observar que a partir do cálculo dos escopos (tipos de manutenção), realizados no mês na oficina, conforme já apresentado no Quadro 7, que contém a quantidade de tempo disponível para que os colaboradores atuem nas locomotivas, a meta de quantidade de Homem-hora (Hh) para o mês é de 6020 horas (tempo de escopo). Após o término das atividades e liberação das locomotivas foi observado a partir das ordens de serviço (OS) que o tempo Sislog (tempo real com a manutenção) foi de 7000 horas, portanto como visto na Equação 5 tem-se um resultado de 86% aderente à meta.

4.3 A ferramenta Kanban na Oficina de Locomotivas

4.3.1 Definição dos materiais por especialidades

Para um melhor entendimento de como os materiais foram escolhidos é necessário que seja abordado a janela de tempo de entrega dos materiais do almoxarifado para a oficina, Tabela 6.

Tabela 6 - Horários de requisição x Entrega dos materiais requisitados

Linha	Horário de Requisição (h:min)	Janela de espera	Horário de Entrega (h:min)
1	01:11 às 02:10	1h	03:00
2	02:11 às 03:10	1h	04:00
3	03:11 às 04:10	1h	05:00
4	04:11 às 05:10	1h	06:00
5 (troca de turno)	05:11 às 07:10	2h	08:00
6	07:11 às 08:10	1h	09:00
7	08:11 às 09:10	1h	10:00
8	09:11 às 10:10	1h	11:00
9	10:11 às 11:10	1h	11:50
10 (refeição)	11:11 às 13:10	2h	14:00
11	13:11 às 14:10	1h	15:00
12	14:11 às 15:10	1h	16:00
13	15:11 às 16:10	1h	17:00
14	16:11 às 17:10	1h	18:00
15 (troca de turno)	17:11 às 19:10	2h	20:00
16	19:11 às 20:10	1h	21:00
17	20:11 às 21:10	1h	22:00
18	21:11 às 22:10	1h	23:00
19	22:11 às 23:10	1h	23:50
20 (refeição)	23:11 às 01:10	2h	02:00

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Como observado, na Tabela 6, a janela de espera, tempo em que o colaborador fica ocioso aguardando entrega do material, da disponibilidade dos materiais aos colaboradores é de elevado tempo dada a necessidade de se cumprir as tarefas sem que ultrapasse o tempo Sislog (tempo de liberação) das locomotivas, principalmente nos horários de troca de turno, e refeições onde esse tempo dobra, como observado nas linhas 5 e 15 (troca de turno), 10 e 20 (refeição), e todo esse tempo ocioso gera perda de produtividade, atraso na manutenção e liberação das locomotivas, e diversos outros impactos negativos ao setor de trabalho.

Os Quadros 9, 10, 11 e 12 apresentam o levantamento dos materiais separados por especialidades (elétricos, mecânicos, de bordo e de truque, respectivamente) juntamente com a informação da espera dos materiais. Esses dados foram coletados pelo aprovisionador, profissional responsável pelo contato oficina x almoxarifado no que envolve materiais, a partir das requisições mais recorrentes realizadas.

Quadro 9 - Levantamento de materiais elétricos

Linha	Material	Código	Custo (R\$)	Janela de espera (h:min)	Média de tempo (h:min)	Média de tempo (h)
1	farol 75v	N573610001	114,77	01:10/01:26/01:32	01:22	1,37
2	farol 30v	N575440022	86,76	01:36/01:43/01:30	01:36	1,60
3	escova verde	N573001035	60,25	01:38/01:26/01:25	01:29	1,48
4	bocal marrom	N578690026	34,63	01:46/01:26/01:37	01:36	1,60
5	isolador louça	N574950058	126,00	01:29/01:36/01:45	01:36	1,60
6	identificador aceleração	N574835023	318,00	01:07/01:25/02:24	01:38	1,63
7	identificador dinâmico	N574835022	415,00	02:19/01:07/01:15	01:33	1,55
8	resistor 25W e 1000Ω	N578063058	130,00	02:00/01:45/01:36	01:47	1,78
					Total =	12,64

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 10 - Levantamento de materiais mecânicos

Linha	Material	Código	Custo (R\$)	Janela de espera	Média de tempo (h:min)	Média de tempo (h)
1	bico rápido	N579035145	62,80	01:32/01:18/1:00	01:16	01,28
2	capa proteção bico rápido	N494010122	8,46	01:32/01:18/01:00/01:46	01:24	01,40
3	bujão ¼	N041712029	1,69	01:45/01:52/01:26	01:41	01,68
4	bujão ¾	N041712002	4,34	02:06/1:14/1:38	01:39	01,65

5	pino lubrificação 5/16	N577028127	1,00	00:52/00:52/01:03	00:55	00,92
6	pino lubrificação 1/4	N577028118	2,26	00:52/00:52/01:03	00:55	00,92
7	pino lubrificação mancal	N577028116	0,68	00:52/00:52/01:03	00:55	00,92
8	junta bateria de filtro 10 elementos/ AC44	N570360004	111,34	01:07/01:30/01:15/ 01:30/02:10	01:30	01,50
9	AEP9	N574260281	40,33	01:23/01:30/02:00/ 01:20/01:45	01:35	01,58
10	junta bateria de filtro GM	N564260403	66,50	01:26/01:52/01:39/ 02:00	01:44	01,73
11	junta combustível	N570360170	38,69	01:03/01:47/01:41/ 01:04	01:23	01,38
12	junta regulagem bomba (papel)	N574260247	3,86	01:00/01:27/01:38	01:21	01,35
13	junta bomba efi	N575280008	19,70	01:28/01:49/01:36/ 2:11	01:46	01,77
14	junta bomba mecânica	N570928007	9,68	01:28/01:49/01:36/ 2:11	01:46	01,77
					Total =	19,87

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 11 - Levantamento de materiais de bordo

Linha	Material	Código	Custo (R\$)	Janela de espera	Média de tempo (h:min)	Média de tempo (h)
1	junta icom	N575280194	231,00	01:50/01:40/01:05	01:45	01,75
2	junta locotrol	N310110023	135,00	01:48/01:23/01:48	01:40	01,67
3	abraçadeira bordo	N214510003	1,74	01:36/0:50/01:50	01:12	01,20
4	niple 1/2	N041745002	5,32	02:14/01:09/01:30	01:51	01,85
5	conduite 3/4	N040710001	6,09	01:40/01:30/01:16	01:28	01,47
6	abraçadeira do ptt	N570101844	2,29	1:36/1:10/1:30	01:25	01,42
7	niple 3/4	N041745025	7,64	0:55/01:50/01:40	01:15	01,25
8	kit trp	N210502131	0,13	01:40/01:55/01:30	01:41	01,68
					Total =	12,29

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 12 - Levantamento de materiais de truque

Linha	Material	Código	Custo (R\$)	Janela de espera	Média de tempo (h:min)	Média de tempo (h)
1	parafuso de fixação graxeira U23CA-C30	N576915295	22,93	01:12/01:07/02:20	1:46	1,77

2	parafuso graxeira (grande)	N576910015	55,18	01:35/01:00/01:24	1:20	1,33
3	parafuso pedestal	N576910002	15,00	01:30/01:17/01:56	1:34	1,57
4	porca $\frac{3}{4}$ auto travante	N567180007	1,20	01:34/01:17/01:40	1:30	1,50
5	arruela lisa $\frac{3}{4}$	N211501008	2,25	01:34/01:17/01:40	1:30	1,50
6	chapa axial GE	N571640015	16,40	01:25/01:40/01:50	1:38	1,63
7	Bujão 1	N041712003	5,03	01:40/01:55/01:20	1:38	1,63
8	arruela pressão 1	N211503017	0,22	01:30/01:20/01:35	1:29	1,48
9	arruela pressão 1 $\frac{1}{4}$	N570512004	0,90	01:30/01:20/01:35	1:29	1,48
10	1 par de graxeira GE	N495005185	3.474,78	01:04/01:24/01:37	1:22	1,37
11	selo interno	N574465010	346,0	01:04/01:24/01:37	1:22	1,37
12	selo externo	N574465011	463,7	01:04/01:24/01:37	1:22	1,37
13	rabicho (selo MT)	N578570035	1,65	01:04/01:24/01:37	1:22	1,37
Total =						19,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A escolha dos materiais foi baseada no conceito da sua repetibilidade durante o período de um mês, e os materiais demonstrados nos quadros apresentaram uma frequência de requisição de no mínimo seis unidades por provedor, o que dentro do período representam vinte e quatro requisições, visto que a oficina dispõe de quatro turmas, cada uma com seu respectivo provedor.

Para continuar o levantamento foram coletados os três maiores tempos de espera, visto que a variabilidade do tempo não é muito alta entre elas, e logo após, retirada uma média desses valores para se ter conhecimento da ociosidade dos colaboradores enquanto esperam a disponibilidade dos componentes para sequência no serviço. Vale ressaltar que os itens demonstrados nas linhas 13 e 14 do Quadro 10, junta bomba efi e junta bomba mecânica; e 11, 12 e 13 do Quadro 12, Selo interno, Selo externo e Rabicho (selo MT), compõe kits pré-estabelecidos.

No caso de substituição de itens específicos, para os itens 13 e 14 são necessários uma unidade de cada item, no caso de substituição de bombas injetoras, cada locomotiva dispõe de doze ou dezesseis unidades, da mesma, dependendo do modelo. Para os itens 11, 12 e 13 são necessários uma unidade de cada no caso de substituição de motor de tração e rodeiros e cada locomotiva possui seis unidades deles.

De posse das informações, nota-se que estes itens precisam de uma maior atenção, visto que pelo menos uma locomotiva realiza a substituição desses componentes no mês, o que aumenta ainda mais o tempo ocioso da parte do colaborador até que os componentes sejam disponibilizados e demanda uma maior articulação do provisionador com almoxarifado para que estes sejam disponibilizados o mais rápido possível.

Um fator similar também ocorre com os itens 8 e 11 do Quadro 10, junta bateria de filtro 10 elementos/AC44 e junta combustível, que são necessários em todos os escopos de locomotivas que não sejam corretivas, o que representam quarenta e oito locomotivas mensais em média, como foi apresentado no Gráfico 2. A fim da compreensão do impacto do tempo de espera do item 8 do Quadro 10, a Figura 9 demonstra a OS (ordem de serviço), na qual este item é utilizado com o seu respectivo tempo pré-estabelecido. Vale ressaltar que este tempo é programado para todas as atividades em que a mesma é realizada, independente do modelo de locomotiva.

Figura 9 - Ordem de serviço de troca de filtro

Ordem de Serviço: OS13576180
 Descrição: LOC.11.11021.A43.001.Substituir elemento
 Filtro - óleo lubrificante (bateria/mechiana)
 Unidade: 907336 N.º Série: 907336 Item: LOCOMOTIVA GE
 Exigência de Manutenção: Classe Cont.: 5M0124
 Data Inicial Programada: 28/04/2021 08:05:00 Data Final Programada: 28/04/2021 10:05:00
 Data Inicial Real: Data Final Real:



Seqüência	Código	Descrição	Hch Planejado	DT/HR Inicial	DT/HR Final	Colaborador
1	LOC.11.11021.A4 3.001	Substituir elemeto do filtro - filtro de óleo lubrificante-óleo lubrificante	1.00			
Observação:						

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Como observado na Figura 9, o tempo necessário para realizar a atividade que utiliza o item 8 do Quadro 10 é de uma hora, porém, o tempo de espera do material é de 1 hora e 30 minutos demonstrado na última coluna do Quadro 10, o que significa um impacto negativo na realização da atividade, visto que o tempo de espera é maior o que o tempo programado para a atividade.

Como demonstrado no Quadro 7, as locomotivas entram na oficina com seus escopos de manutenção previamente estipulados e cada escopo dispõe de seu tempo específico para que as atividades sejam executadas. Tomando como exemplo a informação de que uma locomotiva que realiza inspeção possui 78 Hh disponíveis e de que em um mês foram realizados 22 escopos de inspeção na oficina, conforme já foi apresentado no Gráfico 2, e a informação de que todas as locomotivas exceto as que realizam escopo de corretiva utilizam os itens 8 e 11, junta bateria de filtro 10 elementos/AC44 e junta combustível, do Quadro 10 e a informação do tempo de espera de entrega do material contido na coluna 6, 1 hora e 30 minutos e 1 hora e 23 minutos, tem-se a seguinte informação a respeito do tempo ocioso gerado:

$$78 \text{ Hh} \times 22 \text{ locomotivas} = 1716 \text{ Hh disponíveis}$$

$$22 \text{ locomotivas} \times 1,5 \text{ h (tempo de espera do material 8)} = 33 \text{ horas}$$

$$22 \text{ locomotivas} \times 1,38 \text{ h (tempo de espera do material 11)} = 30,14 \text{ horas}$$

$$33 \text{ horas (material 8)} + 30,14 \text{ horas (material 11)} = 63,14 \text{ horas}$$

A partir dos cálculos realizados observa-se que de 1716 horas disponíveis para realizar a inspeção em 22 locomotivas, que representam 100% do tempo total disponível, 63,14 horas foram gastas apenas esperando a entrega dos materiais 8 e 11 do Quadro 10, o que representa cerca de 3,68% de ociosidade quanto à espera dos materiais pelos colaboradores.

Como observado nos Quadros 9, 10, 11 e 12 existem muitos materiais que são utilizados com frequência para desempenhar as diversas atividades por especialidades na oficina e como citado anteriormente, os mesmos foram selecionados por terem uma frequência de requisição de pelo menos seis vezes em um mês por cada aprovisionador, e a oficina conta com quatro destes. Dado as informações da média do tempo de espera de cada item, o somatório total de tempo ocioso por cada especialidade por aprovisionador é apresentado nos Quadros 13, 14, 15 e 16.

Quadro 13 - Tempo total de espera na entrega de materiais elétricos

Somatório da média de espera dos materiais Elétricos	Frequência mínima de requisição dos materiais em um mês	Tempo total de espera da entrega dos materiais em um mês
12,64 horas	6	$12,64 \times 6 = 75,84 \text{ horas}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 14 - Tempo total de espera na entrega de materiais mecânicos.

Somatório da média de espera dos materiais Mecânicos	Frequência mínima de requisição dos materiais em um mês	Tempo total de esperada entrega dos materiais em um mês
19,87 horas	6	$19,87 \times 6 = 119,22 \text{ horas}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 15 - Tempo total de espera na entrega de materiais de bordo

Somatório da média de espera dos materiais de Bordo	Frequência mínima de requisição dos materiais em um mês	Tempo total de espera da entrega dos materiais em um mês
12,29 horas	6	$12,29 \times 6 = 73,74 \text{ horas}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Quadro 16 - Tempo total de espera na entrega de materiais de truque

Somatório da média de espera dos materiais de Truque	Frequência mínima de requisição dos materiais em um mês	Tempo total de espera da entrega dos materiais em um mês
19,37 horas	6	$19,37 \times 6 = 116,22 \text{ horas}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para a elaboração dos quadros anteriores foram somados os tempos médios de espera dos materiais por especialidades representados nos Quadros 9, 10, 11 e 12, todos convertidos na unidade de hora, logo após multiplicado pela quantidade mínima de requisição deles pelos aprovacionadores (responsáveis pela requisição e controle dos materiais na oficina) que é de seis materiais para cada aprovacionador; vale ressaltar que se multiplicado os resultados individuais pela quantidade de 4 aprovacionadores estes números irão aumentar. Para que seja feita uma melhor análise do impacto do tempo de espera nos indicadores apresentados anteriormente, como Tempo Sislog e Giro Normalizado é útil que se some o tempo total de espera de todas as especialidades, visto na Equação 6.

$$\text{Tempo total de espera} = \sum \text{tempo total de cada especialidade} \quad (6)$$

$$\text{Tempo total de espera} = 75,84 + 119,22 + 73,74 + 116,22$$

Tempo total de espera = 385,02 horas

Sabendo que o tempo Sislog é o tempo que uma locomotiva permanece parada em oficina para realizar manutenção, pode-se observar que quanto maior o tempo de espera de entrega de material, maior o impacto negativo no indicador, pois quanto mais rápida for a entrega da locomotiva para a operação, mais carga será transportada pela empresa. Fazendo ainda uma análise comparada a meta de giro normalizado apresentado na Tabela 5 de um mês que possui 6020 Hh disponíveis no mês, o tempo total de espera dos materiais, 385,02 horas, representa 6,40% de todo o tempo disponível, por provedor, o que aparentemente pode parecer baixo, mas junto com outros imprevistos como falta de operários, quebra de maquinários, tempo de treinamento, trocas de turno e refeições, geram um impacto significativo para as atividades de manutenção. Se multiplicados esses valores individuais pela quantidade de provedores existentes na oficina (que são quatro) o percentual de impacto negativo na espera dos materiais a serem entregues para a oficina aumenta para 25,6%. Vale ressaltar também, que esses dados podem flutuar de acordo com a demanda e gerar impactos ainda mais negativos nos indicadores.

Para que os materiais levantados possam realmente compor os Kanban's existe uma análise preliminar de custo a ser feita pelo analista financeiro, juntamente com a gerência da oficina estudada, visto que a mesma possui um pacote orçamentário mensal pré-estabelecido.

Os materiais requisitados diretamente nas suas respectivas locomotivas não impactam o centro de custo da oficina especificamente, e sim o da empresa como um todo. Já os materiais alocados no Kanban passam a ser responsabilidade do centro de custo da oficina, por isso é necessária uma análise prévia do impacto dos materiais no centro de custo da oficina para determinar quais materiais poderiam compor o Kanban.

4.3.2 Implantação e melhoria da ferramenta Kanban

Após o levantamento dos materiais que geraram impacto na manutenção com suas respectivas especialidades e análise do custo que estes gerariam se fossem

selecionados para o Kanban, notou-se que poderia ser criado o Kanban para a especialidade de truque (especialidade esta responsável por todo o serviço realizado na vala falsa e que diz respeito aos motores, rodeiros e cilindros de freio das locomotivas) com alguns dos materiais listados no Quadro 12 e aprimorado os Kanban's de Mecânica e Elétrica já existentes na oficina, com adequações de suas respectivas localizações, melhoria de suas instalações e acréscimo de alguns materiais aprovados, listados nos Quadros 9 e 10.

Dando ênfase, em específico, primeiramente aos materiais de truque, foram aceitos dentro do custo de implantação, a seleção dos itens 1, 2, 4, 5, 7, 8 e 10 do Quadro 12. Vale ressaltar que como alternativa ao custo elevado do item 10, estudou-se a alternativa de que durante a execução da atividade de manutenção nas locomotivas fosse disponibilizado uma unidade desse item, inicialmente no *pallet*, destinado à sua alocação, Figura 10, e como a locomotiva possui seis unidades do material, os posteriores fossem destinados até o lavador para ser realizado o processo de retirada de toda a graxa impregnada e lavagem do material para que este ficasse apto novamente para aplicação e pudessem ser retornados a locomotiva.

A utilização do primeiro material disponibilizado no *pallet* próximo à vala falsa (local onde é realizado os serviços de truque) elimina o tempo de espera para realização da atividade e garante tempo para que as unidades subsequentes possam ser lavadas e retornadas para locomotiva, sendo a última unidade sobressalente retornada ao *pallet* para uso posterior, garantindo assim sempre uma unidade do material disponível no Kanban para aplicação nas próximas locomotivas e eliminando os próximos gastos de requisição.

Figura 10 - Identificação do local de alocação e graxeira



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ainda no levantamento dos impactos da utilização do material 10 do Quadro 12, observou-se que para realizar a troca do componente, o colaborador gasta cerca de 30 minutos para realizar a raspagem do material e retirar a graxa velha e impurezas impregnadas na mesma e a ergonomia ao realizar a atividade é inadequada podendo causar dores e desconforto ao mesmo. Foi constatado ainda, que em 2019 realizou-se 233 trocas do material e que um colaborador realiza a limpeza de 3 componentes, em média, dos 6 existentes na locomotiva, devido ao tempo do serviço e trocas de turno. No Gráfico 3, são apresentados os impactos da substituição de graxeiras antes da implantação do Kanban.

Gráfico 3 - Impactos da substituição de graxeiras antes da implantação do Kanban



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Com a implantação da alternativa apresentada, de sempre disponibilizar um sobressalente do item 10 (Quadro 12) lavado no *pallet*, é possível a redução do tempo de espera de uma unidade do material que é de 1 hora e 22 minutos. Considerando que uma locomotiva possui seis unidades deste mesmo item e que caso não fosse realizado a implantação da ferramenta Kanban seria necessário a requisição e espera da entrega dessas seis unidades, pode se afirmar que tal ação impactou positivamente o processo reduzindo o tempo de espera de uma unidade do material em 1 hora e 22 minutos e do conjunto completo em 8 horas e 12 minutos, além do impacto na redução dos custos de requisição de material, visto que a lavagem do mesmo possibilita a sua reutilização nas locomotivas, que antes eram descartadas. Destaca-se ainda, a economia de 117 Hh durante a realização da atividade, o que em um ano compara-se com a realização de cinco escopos de corretiva em ganho de Hh, bem como uma economia de R\$ 20.848,68 reais na requisição das seis unidades por locomotiva, a melhor ergonomia gerando melhor conforto ao colaborador e um ambiente de trabalho mais limpo e organizado, esses ganhos são apresentados no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Ganhos após implementação da Graxeira no Kanban



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Com a aprovação para implantação do Kanban de truque e a escolha dos itens 1, 2, 4, 5, 7, e 8 do Quadro 12, foi dada a sequência no processo de escolha do local a ser instalado o mesmo e confeccionado os suportes para alocação dos materiais aprovados com suas respectivas identificações, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Materiais de truque e sua alocação



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Conforme apresentado no Gráfico 5, antes da implementação do Kanban do truque, o colaborador gastava aproximadamente 10 minutos para se deslocar até o provedor, onde a requisição é feita, gastando assim 541 passos durante o deslocamento. Foi levantado ainda que no ano de 2019 o colaborador precisou realizar este trajeto 397 vezes para solicitar algum destes materiais. Ainda com base na Quadro 12, o ganho com o novo Kanban e materiais que o compõe no quesito tempo de espera na entrega dos materiais é de 8 horas e 33 minutos para cada provedor, o que significa um ganho significativo para a manutenção e tempo Sislog das locomotivas.

Gráfico 5 - Impacto da requisição dos materiais de truque antes do Kanban



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após a implantação do Kanban observou-se uma redução do tempo de deslocamento do colaborador para retirar o material que antes era de 10 minutos para 11 segundos, bem como a redução da quantidade de passos dados pelo mesmo, de 541 para 20 passos, como mostrado no Gráfico 6. Ainda vale ressaltar que o Kanban impactou positivamente nos indicadores de Tempo Sislog e Giro Normalizado, pois o mesmo reduziu o tempo de espera dos materiais que juntos somam no mínimo 33 horas e 32 minutos em um mês na oficina.

Gráfico 6 - Impactos de melhoria na requisição de materiais de truque após o Kanban



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

4.3.3 Melhoria dos Kanban's existentes

A existência dos Kanban's de mecânica e elétrica facilitaram o processo de aprovação da inserção de alguns materiais contidos nos Quadros 9 e 10, sendo os materiais contidos nas linhas 1, 2, e 8 do Quadro 9 e os materiais contidos nas linhas 1, 2, 3, 8, 10 e 12 do Quadro 10. Com base nas informações contidas nos Quadros 9 e 10, a inserção destes itens pouparam cerca de 71 horas e 26 minutos de tempo ocioso durante a espera da entrega do material do colaborador.

Vale ressaltar que como já existiam os Kanban's para tais especialidades, Figura 12, foi dado enfoque na melhoria dos tais atrelados ao conceito do 5S.

Figura 12 - Kanban de mecânica e elétrica antes do 5S



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Ainda atrelados ao conceito do senso de organização e limpeza (5S) notou-se que mudanças como melhor disposição dos materiais, novas identificações, novos locais de acondicionamento, melhor organização dos mesmos por especialidades e adequação do local de instalação, seriam de grande impacto positivo e benefícios para a manutenção, visto que um ambiente limpo e organizado traz mais agilidade para o processo.

Com base nisto, como observado na Figura 13, foram criados cartões de identificação com objetivo de informar ao provisionador quando o material estiver acabado e a necessidade de reposição do mesmo para que os processos adjacentes não fiquem parados, aguardando o material. Ainda na Figura 13, pode-se observar que também foram confeccionados cartões que informam a falta do material no estoque, ou seja, quando o mantenedor condiciona a placa de falta de material é de responsabilidade do provisionador realizar o pedido de mais itens daquele material para reabastecimento, porém, ao realizar esta etapa do processo pode acontecer do estoque ter zerado. Nesta fase, o provisionador condiciona a placa de “item zerado no estoque” para dar informação ao processo de que o pedido do material deve ser

realizado. Ao informar a falta do material no estoque e acondicionar o respectivo cartão, os responsáveis pela disposição dos serviços aos mantenedores ficam cientes de que a atividade que necessita daquele item não poderá ser executada enquanto o estoque não for reabastecido, conseqüentemente o Kanban volte a sua normalidade.

Figura 13 - Cartões de identificação de estoque



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Para definição exata de um melhor local para acondicionar os Kanban's de mecânica e elétrica já existentes, foi consultado o líder de cada equipe e os provisionadores da oficina, visto que, eles têm experiência de distribuição dos serviços e necessidade de materiais que estes geram. Em consequência disto, definiu-se que os Kanban's deveriam estar dentro da área já existente na oficina, Figuras 14 e 15, designada "área verde" (onde ficam localizados os líderes, provisionadores e quadro de ordens de serviço), facilitando assim o acesso ao material por parte do colaborador, que já recebe a OS do líder, identifica o material necessário para realizar a atividade e já tem ao lado o Kanban referente a especialidade que está desenvolvendo. Junto a isto, os Kanban's estando perto dos

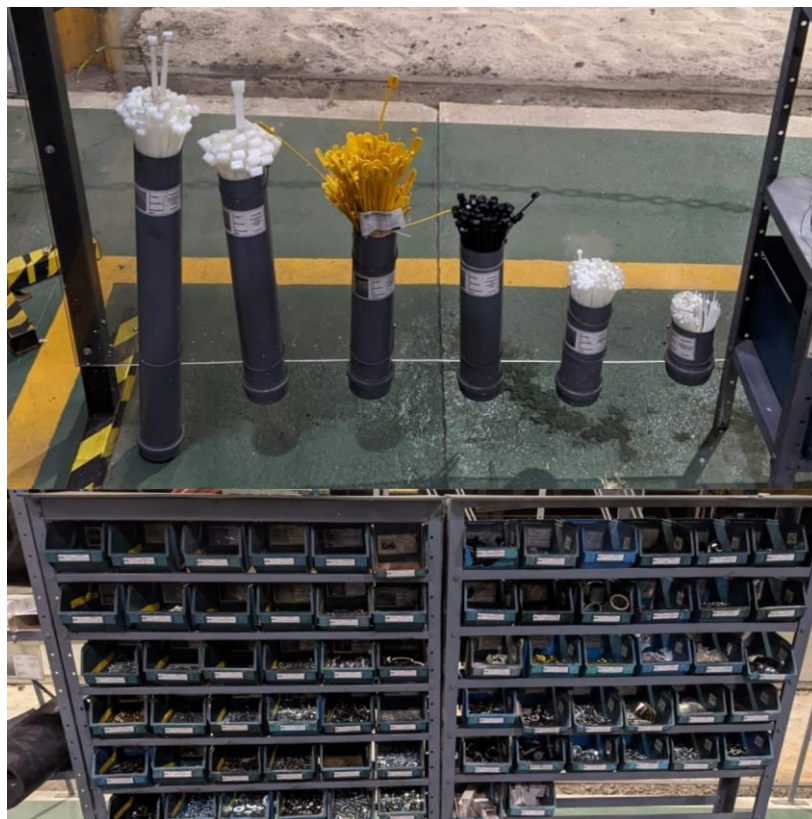
aprovisionadores facilita a identificação da necessidade dos itens quando estes estiverem acabando.

Figura 14 - Organização do Kanban após 5S



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Figura 15 - Organização de materiais no Kanban após 5S



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

4.3.4 Ganhos para a Oficina de Locomotivas após implantação e melhoria da ferramenta Kanban

Após implantação e melhoria do sistema Kanban na oficina de locomotivas pode-se observar diversos impactos positivos para a manutenção e indicadores de produtividade, conforme descrito a seguir, destacam-se:

- ✓ Eliminação do tempo de espera de 1 hora e 30 minutos do material junta bateria de filtro 10 elementos/AC44, tornando assim possível a execução da atividade de substituição do mesmo, dentro do tempo previsto de 1 hora.
- ✓ Redução de 63,14 horas de espera dos materiais junta bateria de filtro 10 elementos/AC44 e junta combustível, o que em um mês com 22 locomotivas realizando escopo de inspeção, representa 3,68% do tempo total disponível para realizar as atividades.
- ✓ Aproveitamento de 385,02 horas, que antes eram horas improdutivas para a manutenção, devido à espera dos materiais, visto que todos os materiais dos Quadros 9, 10, 11 e 12 foram acrescentados no Kanban, gerando uma redução de 25,6% do tempo ocioso na espera dos materiais na oficina.
- ✓ Redução do tempo de espera de 8 horas e 12 minutos na entrega de Graxeiras para cada locomotiva e economia de 117 Hh durante a execução da atividade, visto que para a execução leva-se em conta o tempo de espera da entrega do material, o tempo de raspagem e todo o processo de deslocamento do colaborador durante o processo.
- ✓ Economia de R\$ 20.848,68 por locomotiva na requisição de Graxeiras novas, visto que cada locomotiva possui seis unidades do material, e com o processo de lavagem e disponibilidade no Kanban a reutilização é viável.
- ✓ Redução de 8 horas e 33 minutos de espera na entrega dos materiais selecionados para compor o Kanban de Truque, bem como, satisfação dos colaboradores com a redução do tempo de deslocamento, que antes era de 10

minutos, desde a solicitação do material e o trajeto a ser feito. Após a inserção do Kanban de Truque o tempo para aquisição dos materiais passou para 11 segundos e o número de passos reduziu para apenas 20.

- ✓ Reorganização dos Kanban's de mecânica e elétrica tornando o ambiente mais limpo, organizado e de fácil acesso aos colaboradores, facilitando a identificação dos materiais e garantindo mais agilidade ao processo.

Tais informações impactaram diretamente nos indicadores de produtividade da oficina, ênfase no Tempo Sislog e Giro Normalizado, pois quanto menos tempo a locomotiva fica parada em oficina para realizar manutenção melhor é, disponibilizando assim mais delas para o transporte. Juntamente com isto, quanto mais locomotivas forem liberadas, mais rápido outras podem entrar em oficina para realizar manutenção, o que melhora o Giro Normalizado, ajudando que as horas programadas para manutenção sejam cumpridas.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou o entendimento de como a ferramenta Kanban atua dentro das organizações, facilitando no processo de manutenção para entrega de resultados efetivos, explorando também conceitos importantes de manutenção dentro das organizações e como a aplicação destes impactam diretamente no produto final.

Durante o desenvolvimento do estudo de caso pode-se observar um real impacto positivo atrelado à implantação e uso da ferramenta Kanban, como: redução no tempo ocioso do colaborador, fato este devido à redução do tempo de espera da entrega dos materiais pelo almoxarifado à oficina, ganhos de performance, atrelada à execução das atividades dentro do prazo pré-estabelecido, o que se deve ao fato de o material já estar disponível para o cumprimento das tarefas. Também foram notados ganhos nos indicadores de produtividade da oficina explicitados durante a execução do trabalho. Houve redução do tempo Sislog, tempo de locomotiva parada para realizar manutenção, visto que a realização das atividades previstas dentro do prazo, ou até mesmo em tempo menor que o estipulado, estimula a liberação da locomotiva para o transporte dentro do prazo e sem perdas de tempo, como no atraso da disponibilidade de materiais. Houve também menor taxa de perdas de OS de locomotivas previstas para o dia, pois a realização das atividades dentro do prazo garante aderência à data de liberação pré-estabelecida. Notou-se também maior satisfação da parte dos colaboradores com relação ao tempo que ficavam esperando pelos materiais e redução da quantidade de passos dados por eles para que pudessem buscar os itens. Pode-se destacar também o fato da garantia de um ambiente de trabalho mais organizado e limpo para realização das atividades.

Diante de todo o exposto, conclui-se que o presente trabalho foi de grande importância e impactos positivos para a empresa, conseguindo tornar as atividades desenvolvidas dentro do ambiente organizacional mais eficiente e com maiores ganhos para o processo de manutenção, o que ratifica os conceitos da ferramenta Kanban demonstrados no referencial teórico deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, José Wellington Marinho de.; NETA, Maria Adelina Hayne Mendes. **Metodologia Científica**. Salvador: UFBA, Faculdade de Educação, Superintendência de Educação a Distância, 2017. 51 p.: il.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

CAMPOS, Renato. *et al.* **A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total**. SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Renato-Campos-3/publication/268011854_A_Ferramenta_5S_e_suas_Implicacoes_na_Gestao_da_Qualidade_Total/links/56b347d508ae3d06a2664086/A-Ferramenta-5S-e-suas-Implicacoes-na-Gestao-da-Qualidade-Total.pdf

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. 6. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

FARIA, Vanderlei. *et al.* **Implantação do Kanban na Linha de Montagem de Sistema e Equipamentos Hidráulicos e Eletromecânicos**. Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica – UNITAU. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de novembro de 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/542.pdf

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUEDES, Débora Barbosa. **A Aplicabilidade do Kanban e suas Vantagens enquanto Ferramenta de Produção numa indústria calçadista da Paraíba**. XXX Encontro Nacional De Engenharia De Produção. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_113_745_15156.pdf

JUNIOR, Muris Lage; FILHO, Moacir Godino. **Adaptações ao sistema Kanban: revisão, classificação, análise e avaliação**. Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Gest. Prod., São Carlos, v. 15, n. 1, p. 173-188, jan-abr 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/p68tNyxMxZvvVmt8fkcW3hG/?lang=pt>

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2012.

MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NETO, João Cirilo da Silva; LIMA, Antônio Marcos Gonçalves de. **Implantação do controle de manutenção**. Revista Mantener, Argentina, v. 11, 2002.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. 1. ed. Brasil: Bookman, 1997.

RIBEIRO, Paulo Décio. **KANBAN – Resultados de uma implantação bem sucedida**. 4. ed. Rio de Janeiro: COP Editora, 1989.

SANTOS, Luís Márcio Alves. *et al.* **A Importância da manutenção industrial e seus indicadores**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 11, v. 01, pp. 108-128. Novembro de 2019. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/manutencao-industrial>

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção: o ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

SILVA, Expedito Henrique Rodrigues da; SILVA, Ethel Cristina Chiari da. **Um Estudo Sobre a Implantação do Sistema Kanban em uma Empresa do Setor Metalúrgico: Lições aprendidas**. CnBRepro – Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2020. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09272020_180947_5f710013bd225.pdf

SLACK, Nigel; JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. 2018. Brasil: Editora Atlas S. A, 2018.

TOTVS. **Manutenção corretiva**. 2019. Disponível em: <https://tdn.totvs.com/pages/releaseview.action?pagelId=445645503>>Acesso em 13 de agosto de 2020.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VELOSO, Carlos Eduardo Fernandes. **Uma proposta de aplicação do Kanban no controle de estoque de uma empresa comercial de pequeno porte**. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, UFJF, Juiz de Fora, 2006.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora EDG, 2014.