UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAULO HENRIQUE CANIATO CAMPOS

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DIRETA: UMA ALAVANCA ESTRATÉGICA PARA UMA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ENXUTA

JUIZ DE FORA
2018

PAULO HENRIQUE CANIATO CAMPOS

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DIRETA: UMA ALAVANCA ESTRATÉGICA PARA UMA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ENXUTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Professora Renata Amaral Fonseca

Co-Orientador: Professor Me. Leonardo Mendes Vianna

JUIZ DE FORA

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Campos, Paulo Henrique Caniato.
Produtividade da mão de obra direta : uma alavanca estratégica para uma gestão da manutenção enxuta / Paulo Henrique Caniato Campos. -- 2018.
89 f. : il.

Orientadora: Renata Amaral Fonseca
Coorientador: Leonardo Mendes Vianna
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2018.

1. Manutenção. 2. Produtividade. 3. Manufatura Enxuta. 4. Indicadores. 5. Planejamento. I. Fonseca, Renata Amaral, orient. II. Vianna, Leonardo Mendes, coorient. III. Título.

PAULO HENRIQUE CANIATO CAMPOS

PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA DIRETA: UMA ALAVANCA ESTRATÉGICA PARA UMA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ENXUTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 20 de Junho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Professora Renata Amaral Fonseca
Universidade Federal de Juiz de Fora

Professor Dr. Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

Professor Me. Leonardo Mendes Vianna
Instituto Militar de Engenharia

“There's a Hero, if you look inside your heart
You don't have to be afraid of what you are
There's an answer, if you reach into your soul
And the sorrow that you know will melt away

And then a Hero comes along, with the strength to carry on
And you cast your fears aside, and you know you can survive
So when you feel like hope is gone
Look inside you and be strong
And you'll finally see the truth
That a Hero lies in you.”
Hero – Mariah Carey / D. Hall

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela Sua Compaixão e por Seu infinito Amor. Obrigado, Senhor, por Ser tão Bom, pois me levantou nas dificuldades, além de me proporcionar a Força e a Confiança necessária para redigir todo este trabalho, feito com dedicação e estudo. Meu Deus, eu venci, e hoje quero Glorificar o Seu Nome! A Ele, toda Honra e Glória!

Aos meus pais, Surama e Sebastião, por todo o Amor, Carinho e Educação a mim direcionados. Hoje essa vitória é nossa! Obrigado por nunca desistirem de mim e por fornecerem toda a estrutura para que este êxito fosse alcançado! E, claro, agradecer a minha irmã e fiel amiga Patrícia, pelos conselhos e por ser um exemplo de ser humana.

Em especial, gostaria de agradecer ao meu Amor, Daniela Lima, por ser o meu anjo da guarda. Você foi enviada pelo Pai para completar o meu ser, e graças ao seu imenso apoio motivacional, este trabalho foi concluído com sucesso! Eu te amo e quero viver com você até os últimos dias de minha vida.

Não poderia deixar de agradecer aos meus familiares e amigos, por todos os momentos de felicidades vividos e pelo entendimento nos períodos de ausência, em função do estudo árduo da faculdade. Ao meu amigo Renan Rage, obrigado pela impecável revisão inglesa do Resumo do Trabalho. Essa vitória também é de vocês! O meu muito obrigado!

Aos meus orientadores, Renata Fonseca e Leonardo Vianna, por toda a paciência e conhecimento. As reuniões trouxeram aprendizado para a minha formação acadêmica, e desejo sucesso a vocês! Agradeço ao Professor Luiz Henrique, membro da Banca, pela atenção ao Trabalho e pelas ótimas aulas de Empreendedorismo e Gestão da Manutenção.

Enfim, agradeço a todos os envolvidos na minha formação acadêmico-profissional, desde o Ensino Fundamental até o Ensino Superior. Em especial, gostaria de agradecer ao Professor Palmer Luís, aquele que me fez apaixonar pela Ciência Matemática, sendo o principal motivo para que eu cursasse Engenharia.

Obrigado a todos!

RESUMO

Os efeitos da globalização, aliado aos desafios econômicos, tornaram complexos os mercados de atuação das organizações e, para manterem-se competitivas, as empresas devem buscar uma constante redução dos seus custos de processamento. A manutenção é uma etapa onerosa na cadeia produtiva, todavia é necessária, pois garante que as instalações produtivas sejam confiáveis e estejam disponíveis para atender a expectativa de demanda dos clientes. Desse modo, a busca por meios que tornem a manutenção uma etapa mais enxuta é necessária. Qualquer ganho de custo na manutenção é um ganho para a Organização. Sob esta perspectiva, é apresentado este Trabalho de Conclusão de Curso, direcionado à produtividade da mão de obra que executa as atividades de manutenção, responsável por cerca de 30% dos custos totais deste setor. O estudo é realizado em uma empresa do ramo ferroviário nacional, especificamente nas oficinas de recuperação de vagões. Serão apresentados os principais conceitos de gestão da manutenção, além de ferramentas de produtividade e melhoria contínua. Posteriormente, os conceitos serão aplicados à realidade da manutenção ferroviária, a partir da criação de um sistema de gerenciamento da mão de obra, a implantação de uma equipe com profissionais experientes no assunto de produtividade e o acompanhamento contínuo nas oficinas. Finalmente, apresentam-se alguns indicadores desenvolvidos com o objetivo de acompanhar a evolução ao longo dos anos, além da realização de análises que comprovam o êxito no investimento em ferramentas de manutenção enxuta, trazendo ganhos significativos para a empresa.

Palavras-chave: Manutenção, Produtividade, Manufatura Enxuta, Indicadores, Planejamento.

ABSTRACT

The effects of globalization, combined with economic challenges, have made the Organization's markets of operation complex, and in order to remain competitive, companies must seek a constant reduction in their processing costs. Maintenance is a costly stage in the production chain, but it is necessary, as it ensures that the production facilities are reliable and available to meet customer demand expectations. Therefore, the search for ways that make Maintenance a leaner step is necessary. Any maintenance cost gain is a gain to the Organization. From this perspective, the undergraduate thesis begins, with a focus on the productivity of the workforce that performs the maintenance activities, responsible for about 30% of the total costs of this sector. The study is carried out in a company of the national railway branch, specifically in the workshops of wagon recovery. It will present the key concepts of maintenance management, as well as productivity tools and continuous improvement. Later, the concepts will be applied to the reality of railway maintenance, from the creation of a management system of the workforce, the implantation of a team with professionals experienced in the subject of productivity and the continuous monitoring in the workshops. Finally, it present some indicators developed with the objective of monitoring the evolution over the years, in addition to the analysis that confirms the success in investing in lean maintenance tools, bringing significant gains to the company.

Keywords: Maintenance, Productivity, Lean Manufacturing, Indicators, Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Investimento nas Malhas Existentes concedidas à Iniciativa Privada 13
Figura 2: Produção Brasileira – Modal Ferroviário 14
Figura 3: Comparação de Matrizes de Transporte de Carga 15
Figura 4: Custo Anual da Manutenção com Base no PIB 16
Figura 5: Composição dos Custos de Manutenção 17
Figura 6: Gestão da Manutenção 24
Figura 7: Giro incompleto e giro completo do PDCA 24
Figura 8: Melhoria Contínua pelo giro do PDCA 25
Figura 9: Resultados X Tipos de Manutenção 31
Figura 10: Processos do PCM 33
Figura 11: Esquematização das Manutenções Preventivas de Vagões 49
Figura 12: Estratificação das Horas de Trabalho 53
Figura 13: Ciclo PDCA para a Equipe de Produtividade 58
Figura 14: Planejamento da Capacidade Produtiva – Curto Prazo 59
Figura 15: Giro de Manutenção – Oficinas 01 e 02 – 2017 64
Figura 16: Giro de Manutenção por Escopo – Oficinas 01 e 02 – 2017 65
Figura 17: Giro Normalizado de Manutenção – Oficinas 01 e 02 – 2017 66
Figura 18: Análise de Produtividade – Oficina 01 – 2014 a 2017 70
Figura 19: Análise de Produtividade – Oficina 02 – 2014 a 2017 71
Figura 20: Análise de Produtividade – Oficina 03 – 2014 a 2017 72
Figura 21: Ganhos Operacionais – Oficina de Vagões – 2014 a 2017 73
Figura 22: Análise de Produtividade – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017 74
Figura 23: Histórico de Liberações – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017 76
Figura 24: Variação percentual do PIB Real Brasileiro – 1990 a 2017 77
Figura 25: Balança Comercial Brasileira – 1993 a 2017 77
Figura 26: Hxh Padrão Médio por Liberação – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017 79
Figura 27: Evolução anual *Performance* – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017 80
Figura 28: Ordens de Serviço por Liberação – Oficina de Vagões – 2014 a 2017 81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais indicadores de desempenho utilizados para o controle da manutenção . 35
Quadro 2: Classificação dos Ativos Ferroviários 48
Quadro 3: Classificação das Manutenções Corretivas e Preventivas 49
Quadro 4: Giro Normalizado por Mantenedor – Oficina 01 – 2017 68
Quadro 5: Giro Normalizado por Mantenedor – Oficina 02 – 2017 68
Quadro 6: Evolução do Giro de Manutenção – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017 78

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários

AUS – Austrália

BRA – Brasil

CAN – Canadá

CHN – China

CNT – Confederação Nacional do Transporte

EUA – Estados Unidos da América

GD – Gerenciamento pelas Diretrizes

HC – *Headcount* Equivalente (Colaborador)

Hxh – Homem-hora (unidade de medição)

JIT – *Just-In-Time*

KPI – *Key Performance Indicators* (Indicadores de Desempenho)

MOD – Mão de Obra Direta

MOI – Mão de Obra Indireta

MTTF – *Mean Time To Failure* (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio Para Reparo)

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global dos Equipamentos)

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PDCA – *Plan / Do / Check / Act* – Planejar / Executar / Checar / Corrigir

PIB – Produto Interno Bruto

RUS – Rússia

TKU – Tonelada Quilômetro Útil Transportada

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS 13

1.1 INTRODUÇÃO 16
1.2 JUSTIFICATIVA 17
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 19
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 19
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 20
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 21

2. PRODUTIVIDADE EM MANUTENÇÃO 22

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO 22
2.1.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS 22
2.1.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO 26
2.1.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA 26
2.1.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA 27
2.1.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA 29
2.1.2.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA 29
2.1.2.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO 30
2.1.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO – PCM 32
2.1.4 PRINCIPAIS INDICADORES DA MANUTENÇÃO 35
2.1.4.1 CONFIABILIDADE 36
2.1.4.2 DISPONIBILIDADE 36
2.1.4.3 OEE 37
2.1.5 FERRAMENTAS DE APOIO À MANUTENÇÃO ENXUTA 38
2.1.5.1 JUST-IN-TIME E LEAN MANUFACTURING 38
2.1.5.2 KANBAN 41
2.1.5.3 KAIZEN 42
2.2 CONCEITOS ADICIONAIS PERTINENTES AO TEMA 43
2.2.1 CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO 43
2.2.2 MOTIVAÇÃO NO POSTO DE TRABALHO 44
2.2.3 DESDOBRAMENTO DE METAS 45

3. PRODUTIVIDADE NA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA 46

3.1 A EMPRESA 46
3.2 O SETOR DE MANUTENÇÃO FERROVIÁRIO 46
3.3 CRIAÇÃO DO CONCEITO DE PRODUTIVIDADE NA MANUTENÇÃO 50
3.3.1 MUDANÇA DE PARADIGMAS 50
3.3.2 SURGIMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO VOLTADO PARA PRODUTIVIDADE 51
3.3.3 DEFINIÇÃO DOS TEMPOS DAS ATIVIDADES – CRONOANÁLISE 54
3.3.4 INDICADOR DE EFICIÊNCIA HXH 55
3.3.5 SURGIMENTO DA EQUIPE DE PRODUTIVIDADE EM MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA 57
3.3.5.1 EQUIPE DE CONTROLE E PLANEJAMENTO – CICLO PDCA 57
3.3.5.2 EQUIPE DO PROJETO DE PRODUTIVIDADE 60
3.3.6 ADAPTAÇÃO À CULTURA DE PRODUTIVIDADE – FERRAMENTAS ADICIONAIS 62
3.4 PRODUTIVIDADE: ANÁLISE DOS PROCESSOS IMPLANTADOS 62
3.4.1 INDICADOR DE GIRO NORMALIZADO 63
3.4.2 INDICADOR DE GIRO NORMALIZADO POR MANTENEDOR 67
3.4.3 ANALISE DOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE (2014 A 2017) 69
3.4.3.1 ANÁLISE DAS OFICINAS DE VAGÕES 69
3.4.3.2 GANHOS OPERACIONAIS COM OS AVANÇOS EM PRODUTIVIDADE 73

4. RESULTADOS ENCONTRADOS 76

4.1 ANÁLISE DO GIRO DE MANUTENÇÃO 76
4.2 PRÓXIMOS DESAFIOS IDENTIFICADOS 81

5. CONCLUSÃO 83

6. REFERÊNCIAS 85

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE 89

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A história da humanidade passou, ao longo das décadas, por constantes revoluções, sejam elas de caráter social, industrial ou econômico. Tais mudanças anteriormente se davam de maneira mais lenta. Entretanto, com o advento da era da informação, tais transformações tornaram-se mais dinâmicas e discutíveis entre todos os elos da sociedade. Além disso, a Revolução Industrial atingiu patamares excepcionais com a introdução da tecnologia da informação e automação dos seus processos, o que possibilitou avanços em diversas áreas: educação, saúde, engenharia, entre outros (AUDINO, 2007).

Nos dias atuais, com a globalização, aumenta-se a necessidade de menores custos de produção, com qualidade satisfatória e maior valor agregado. Essa busca proporciona a empresa maior competitividade no mercado, tornando os preços dos seus produtos em níveis lucrativos. Neste mercado heterogêneo, portanto, faz-se necessário um controle muito rigoroso dos custos de produção (NETO, 2006).

No setor ferroviário brasileiro essa perspectiva não é diferente. Desde 1996, quando o Governo Brasileiro criou as Concessões das ferrovias nacionais para a iniciativa privada, percebe-se o crescimento expressivo dos investimentos no setor, que investiu R$574 milhões em 1996-97 (somando-se União e Concessionárias), passando a investir R$4,989 bilhões em 2012 (ANTF, 2013). A figura 1 detalha a informação.

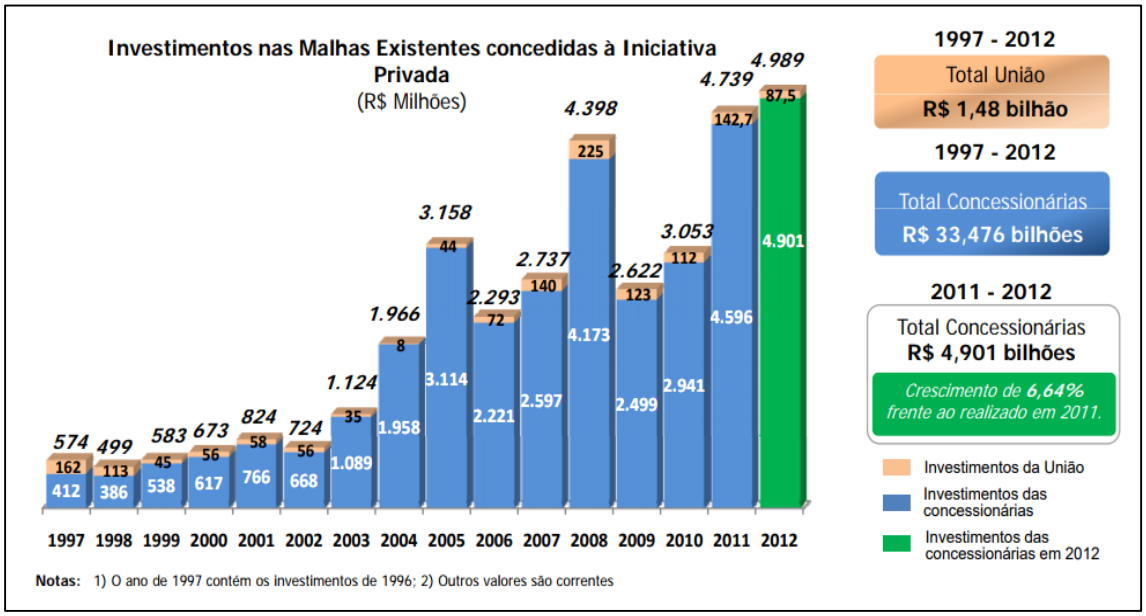

Figura 1: Investimento nas Malhas Existentes concedidas à Iniciativa Privada
Fonte: VILAÇA (2013, p. 8)

Esta magnitude de investimentos refletiu de forma direta na produtividade do setor ferroviário brasileiro. Na figura 2, nota-se a evolução do modal ferroviário com relação à quantidade de Tonelada Quilômetro Útil Transportada (TKU), passando de 137 bilhões de TKU em 1997 para 298 bilhões de TKU em 2012 (crescimento de 117%) (VILAÇA, 2013). Vale ressaltar que o minério de ferro é o grande modelo comercial das ferrovias brasileiras, responsável por boa parte da produção (em torno de 77% nos últimos anos). Entretanto, as projeções de produção deste item tende-se a estabilizar, enquanto a produção de itens de carga geral tende a ganhar espaço no modal, o que ratifica a necessidade de se adaptar às mudanças de um mercado altamente competitivo.

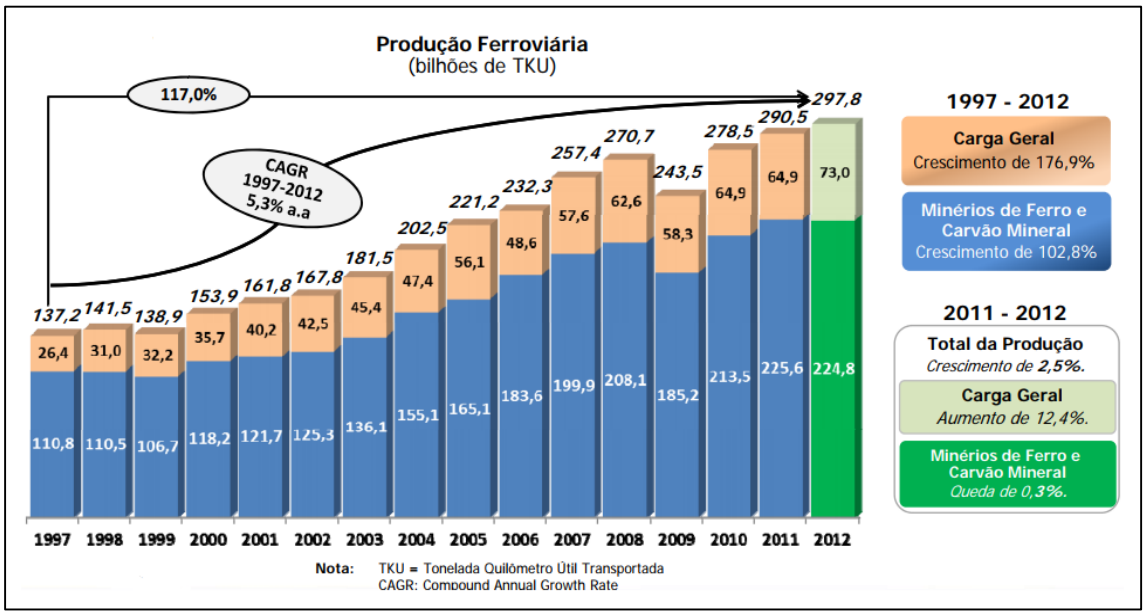

Figura 2: Produção Brasileira – Modal Ferroviário
Fonte: VILAÇA (2013, p. 10)

Apesar dos gráficos anteriores mostrarem um crescimento significativo das ferrovias brasileiras, o setor ferroviário nacional possui participação abaixo do esperado, o que impacta diretamente nos custos de transporte brasileiro, uma vez que este custo pelo modal rodoviário é maior do que pelos modais ferroviários e hidroviários. Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT), o custo logístico nacional – compreende os gastos com transporte, estoque, armazenagem e serviços administrativos – consumiu 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil em 2016, sendo grande parte no transporte: 6,8%; para efeito comparativo, nos Estados Unidos o custo logístico gira em torno de 7,8% do PIB americano, o que mostra o real desafio brasileiro frente ao mundo desenvolvido (CNT, 2016). A figura 3 complementa as informações anteriores, a qual mostra que mesmo com os avanços no setor ferroviário brasileiro, a

participação é discreta frente aos outros modais, se comparado aos países de mesmo porte territorial.

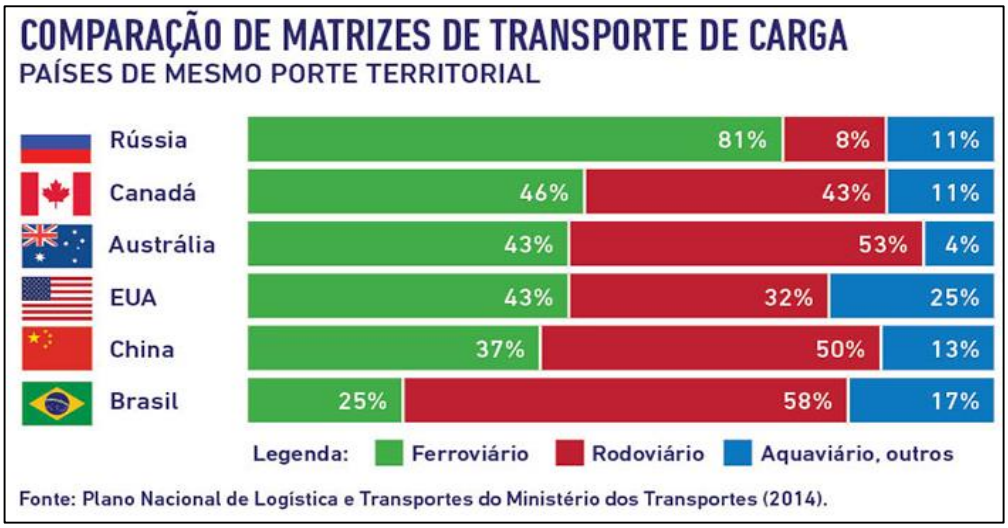

Figura 3: Comparação de Matrizes de Transporte de Carga
Fonte: ANTF, 2017

Para buscar uma maior participação do modal ferroviário no transporte brasileiro, as ferrovias buscam ampliar os seus investimentos de forma constante, através da captação de novos mercados de transportação. Segundo reportagem da Agronotícias (2017), a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF) prevê um crescimento de 30% no transporte de cargas por ferrovias até 2026, além da previsão de investimentos no setor da ordem de R$25 bilhões neste período.

Estas projeções de crescimento, seguido do histórico favorável no setor, estão diretamente ligadas a conceitos de produtividade cada vez mais robustos dentro das empresas. Produzir mais com menos se tornou uma doutrina de sucesso no mercado, dado o atual contexto econômico. Desta forma, a organização precisa traçar uma série de estratégias que a permitem se sustentar, investir e consolidar-se em sua área de atuação (FIEMG, 2016). Esta concepção é atrelada a todos os setores, inclusive no de manutenção.

Baseado nos conceitos acima, este Trabalho de Conclusão de Curso irá desdobrar o assunto produtividade em manutenção ferroviária, focado na mão de obra direta, isto é, a equipe que realiza as manutenções nos ativos de produção, buscando alternativas estratégicas que traduzem melhores resultados em produtividade.

1.1 INTRODUÇÃO

Conforme mencionado nas considerações iniciais, o setor ferroviário brasileiro apresenta prospectivas de crescimento nos próximos anos. Além disso, foi tratada a importância de se buscar melhores práticas que resultem em menores custos para a organização, em todos os setores. A manutenção é uma etapa onerosa, porém necessária em qualquer processo produtivo, pois visa garantir o correto funcionamento de todas as instalações produtivas. Sem manutenção, esperam-se maiores interrupções da produção, devido a quebras inesperadas dos equipamentos (PEREIRA, 2010).

Apesar de a manutenção significar apenas custos para uma organização, sua participação no custo das organizações vem diminuindo relativamente. A figura 4 apresenta um gráfico do Relatório da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), edição 2011. Nesta informação, tem-se que o custo médio da manutenção em 1995 era da ordem de 4,26% do faturamento bruto; já em 2011 esse mesmo indicador representa 3,95%. Entretanto, em termos absolutos, percebe-se que os gastos em manutenção aumentaram – mas os faturamentos tiveram aumentos mais significativos, ressaltando os avanços de se realizar as manutenções de forma menos custosa e mais produtiva.

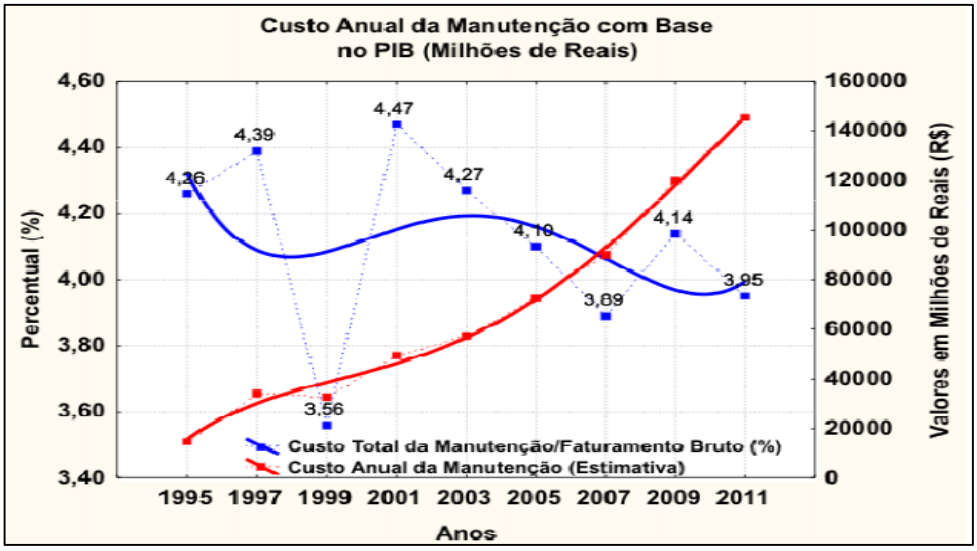

Figura 4: Custo Anual da Manutenção com Base no PIB
Fonte: Relatório ABRAMAN 2011 (p. 13)

Dentro do setor de manutenção, quais são as principais alavancas que podem ser estudadas de forma a trazerem ganhos de custos? De acordo com outro Relatório da

ABRAMAN, edição 2009, tem-se que, em média, mais de 60% dos custos de manutenção estão concentrados em Pessoal e Material. A figura 5 mostra essa distribuição histórica.

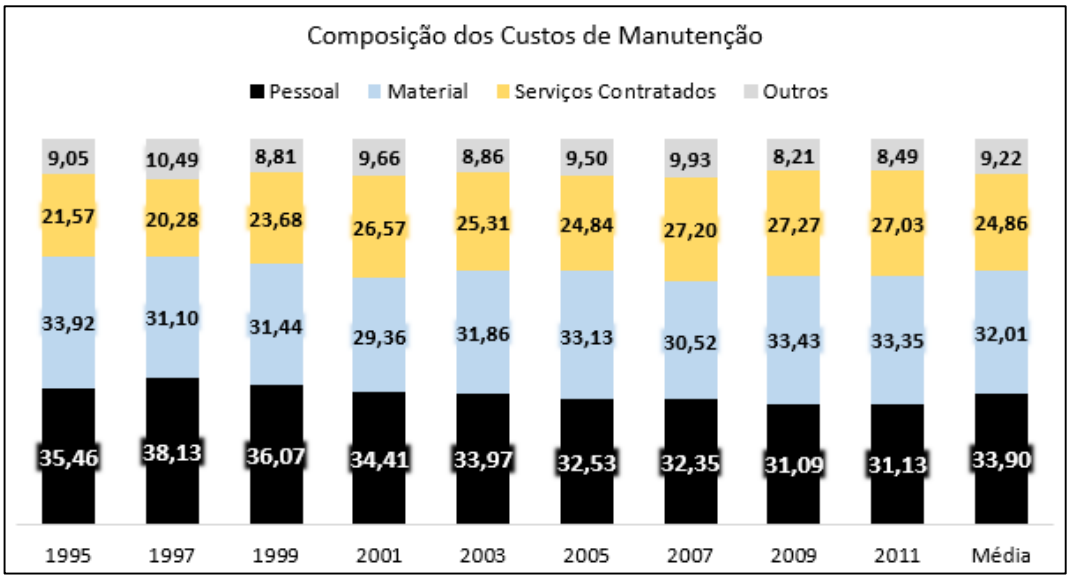

Figura 5: Composição dos Custos de Manutenção
Fonte: Relatório ABRAMAN 2009 (p. 10) (Adaptado)

Desta forma, é notável a oportunidade de redução dos custos de manutenção através do investimento em ações que melhorem a produtividade da mão de obra que executa a manutenção, além da equipe gerencial. É nesta linha em que se norteará o trabalho, analisar práticas de gestão da manutenção que possam conferir uma maior produtividade à mão de obra direta, isto é, aquela que executa a manutenção.

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa inicial para a realização deste trabalho é a crescente importância da manutenção dentro das organizações. Nos dias de hoje, a excelência empresarial não está vinculada apenas aos empreendimentos dos países desenvolvidos. Com o mercado globalizado, os tempos de processamento são menores, os recursos mais escassos e as exigências do cliente maiores. Para as empresas manterem-se competitivas e com margens lucrativas, é necessária uma integração total da equipe de Operação com a de Manutenção, visando um processo produtivo enxuto, confiável e seguro (BANDEIRA, 2009).

A segunda justificativa está relacionada ao dispêndio significativo de se fazer manutenção, no qual os gestores devem pensar continuamente em práticas de redução do custo

de recuperação dos ativos (BARROS, 2013). O time de manutenção, desde o mantenedor até o gestor, compõem apenas os custos operacionais de uma organização. Desse modo, é importante incorporar práticas que em tese são aplicadas pela equipe de Operação, como a manufatura enxuta, definida como um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador, habilitado para enfrentar às necessidades de um mercado em constante mudança (COSTA, 2007).

A terceira justificativa relaciona-se com o potencial de crescimento do setor ferroviário brasileiro, que vem apresentando bons resultados, independente da atual crise econômica brasileira (VALOR, 2017). Nesse contexto de crescimento, mesmo que ainda irrisório, as equipes de manutenção das ferrovias brasileiras devem se adequar, buscando melhores patamares de produtividade e qualidade dos serviços prestados. Todavia, essa contextualização de produtividade da mão de obra da manutenção ferroviária ainda é um conhecimento pouco explorado no território brasileiro, pois se percebe a baixa publicação de artigos e trabalhos relacionados ao tema. Com este trabalho, portanto, espera-se contribuir com este importante assunto em um setor de grande relevância nacional, importante para bons resultados da economia brasileira, além de servir de estímulo para que outros trabalhos de produtividade da manutenção ferroviária possam ser publicados, facilitando a interface do conhecimento.

Por fim, a realização deste trabalho permite uma complementação à formação profissional do acadêmico em Engenharia de Produção. Além disso, espera-se que o trabalho possa contribuir para o desenvolvimento contínuo da empresa objeto de estudo. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 1998, p. 3), o Engenheiro de Produção deve “ser capaz de dimensionar e integrar recursos físicos, humanos e financeiros a fim de produzir, com eficiência e ao menor custo, considerando a possibilidade de melhorias contínuas”, além de “ser capaz de gerenciar e aperfeiçoar o fluxo de informação nas empresas utilizando tecnologias adequadas”. Tais competências exprimem a necessidade de se ter uma Gestão da Manutenção enxuta e controlada, conectada às variações do mercado e com uma equipe treinada e produtiva, minimizando o tempo indisponível das instalações de produção, além de torná-los mais confiáveis.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

Este trabalho é direcionado às áreas de Planejamento e Controle da Produção e Gestão da Manutenção, ambas contidas dentro de uma das dez grandes áreas da Engenharia de Produção, denominada “Engenharia de Operações e Processos da Produção”, de acordo com a ABEPRO (2018), em seu *site* institucional.

Inicialmente, tem-se a apresentação de um referencial bibliográfico que envolva os assuntos pertinentes à produtividade da mão de obra dentro do setor de manutenção industrial, partindo de uma alavanca estratégica: a equipe responsável por manter as instalações/ativos de produção em boas condições de utilização.

Como objeto de estudo, será estudada a “Empresa X”, atuante no segmento ferroviário nacional, que por razão de sigilo não terá o nome divulgado. O foco das análises será nas oficinas de manutenção de vagões.

Serão analisadas as equipes do setor de manutenção, com foco na Mão de Obra Direta (MOD), isto é, a que executa, na prática, os serviços de manutenção. As equipes que realizam outras atividades – gestão, planejamento e programação – terão uma abordagem resumida. Estas recebem o nome de Mão de Obra Indireta (MOI).

Os dados de análise – numéricos e textuais – foram coletados na Empresa X, embora alterados por um fator de multiplicação, visando o resguardo das informações estratégicas. Embora se tenham dados distintos, a coerência dos mesmos permanece inalterada, permitindo-se compreender os avanços que podem ser alcançados com a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta sobre a manutenção ferroviária.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

A principal habilidade esperada de um engenheiro seja ele civil, elétrico, mecânico, de produção, entre outros, é a capacidade para solucionar os diversos problemas que todas as organizações possuem em seu cotidiano. E o gerenciamento de custos é um dos problemas-chefe de uma empresa. O engenheiro que consegue controlar e reduzir os custos de uma organização, mas mantendo os bons resultados de qualidade e segurança, tende a ser um profissional de sucesso.

Sob esta perspectiva em que o acadêmico visa o seu objetivo central: analisar o cenário de manutenção ferroviária da Empresa X após a implantação de práticas de melhoria contínua

dentro das oficinas de manutenção, e como tais técnicas tornaram os processos produtivos enxutos e de acordo com as expectativas da alta administração. Em outras palavras, pretende-se mostrar a importância de se pensar constantemente em inovações que possam alavancar os resultados operacionais, independente se for uma linha de produção ou de manutenção.

Para tornar o objetivo principal possível, são necessários objetivos secundários, detalhados a seguir:

- Primeiramente, buscar os principais conceitos de Gestão da Manutenção, Manufatura Enxuta e Gestão de Pessoas, assuntos primordiais para se alcançar excelentes resultados em equipe;
- Apresentar sucintamente a Empresa X e os principais conceitos técnicos utilizados no planejamento da manutenção dos vagões;
- Dissertar sobre as diversas ações realizadas que mudaram os paradigmas de produtividade dentro das oficinas de manutenção: criação do sistema de informação que automatiza o processo de geração dos dados; criação da equipe de produtividade; criação de projetos nas oficinas voltados para a manufatura enxuta;
- Apresentar os modelos matemáticos desenvolvidos para medição da evolução da produtividade nas oficinas de manutenção;
- Por fim, analisar os resultados dos indicadores medidos durante o quadriênio de 2014 a 2017, e quais são os principais retornos obtidos com esta sequência de atividades.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), uma metodologia de pesquisa é composta por quatro características: natureza da pesquisa, forma de abordagem, objetivos e forma da pesquisa. Com relação à natureza da pesquisa, classifica-se como aplicada, uma vez que busca entender e relacionar os conhecimentos de manutenção e produtividade para aplicá-los na Empresa X. Pesquisas com este tipo de abordagem envolvem verdades e interesses locais, no caso o ramo ferroviário brasileiro.

Quanto à abordagem, entende-se como uma combinação das abordagens quantitativa e qualitativa, porém com predominância quantitativa, pois através da coleta dos dados, indicadores serão correlacionados visando interpretar as mudanças no setor. A análise

qualitativa será a descrição das atividades realizadas para se alcançar os ganhos de produtividade, além da interpretação dos indicadores.

Quanto aos objetivos, classificou-se como exploratória, uma vez que o assunto produtividade em manutenção ferroviária ainda não é muito consolidado, estudado, e pretende-se explorá-lo. O referencial bibliográfico estudado, além dos exemplos práticos, será adotado para facilitar a compreensão do conteúdo.

Por fim, a pesquisa possui perfil documental e bibliográfico, por seu processo de análise ser praticamente embasado em referenciais diversos, encontrados em livros, artigos, jornais, relatório de empresas e documentos oficiais. Os principais dados utilizados são numéricos através de gráficos, coletados na Empresa X, além de dados textuais registrados em conversa com os gestores de manutenção.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro traz a contextualização do tema, com a seguinte prerrogativa: como a manutenção, processo importante para a cadeia produtiva, pode se tornar menos custosa, através de práticas de melhoria contínua. São apresentados os objetivos do trabalho, as justificativas que embasam a sua realização, bem como a metodologia aplicada para se encontrar os objetivos que este TCC se propõe.

O segundo capítulo descreve a revisão bibliográfica dos assuntos pertinentes ao tema, necessários para fundamentar as análises realizadas posteriormente.

O terceiro capítulo contempla o desenvolvimento do trabalho, desde a descrição dos processos de planejamento da manutenção ferroviária, passando pela criação do conceito de manufatura enxuta nas oficinas de vagões, até a etapa de análises dos indicadores de produtividade de manutenção que demonstraram os ganhos obtidos nos últimos anos.

O quarto capítulo traz uma análise complementar ao capítulo três, em que se analisam outros indicadores que justificam determinadas variações não esperadas no processo. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão deste Trabalho.

2. PRODUTIVIDADE EM MANUTENÇÃO

Este capítulo apresenta o referencial bibliográfico pesquisado pelo acadêmico, no qual se busca abordar toda a esfera de conhecimento que esteja diretamente envolvido ao tema principal, a produtividade da mão de obra que realiza a manutenção. Para tanto, o capítulo é dividido em três seções: a primeira versa sobre Gestão da Manutenção, seus principais conceitos e definições; a segunda, conceitos atrelados à Produtividade da mão de obra; e, por fim, a terceira parte, que aborda a Gestão de Pessoas, meio importante para que o objetivo de se produzir mais e melhor seja alcançado.

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

2.1.1 Definições e Conceitos

Toda empresa tem o mesmo objetivo: maximizar os seus lucros. Uma alavanca importante para se atingir este objetivo é a redução máxima dos custos de operação do negócio. A Manutenção é uma parte deste custo, porém necessária, pois as instalações de produção estão constantemente sujeitas às falhas. Portanto, é notável a existência de equipes diretamente ligadas ao processo de manutenção, técnicas e administrativas, alinhadas com a alta administração, visando à redução dos custos de manutenção (NASCIF; DORIGO, 2009).

Segundo Filho (2008), gerir a manutenção significa adequar atos, normas e instruções de procedimentos ligados a um sistema de manutenção, definindo os objetivos que a equipe de manutenção deve cumprir. Além disso, o autor define o termo manutenção como sendo “todas as ações técnicas e administrativas que visem preservar o estado de um equipamento ou sistema, ou para recolocar o equipamento ou sistema de retorno a um estado no qual ele possa cumprir a função” (FILHO, 2008, p. 5).

Manutenção, portanto, é o termo utilizado para descrever a forma como as Organizações buscam evitar falhas nas suas instalações físicas (SLACK *et al*, 2009). Outrora, era visualizada como uma tarefa ingrata e dispendiosa, porém, com o passar do tempo e com o desenvolvimento de novas tecnologias, o processo de recuperar as instalações físicas responsáveis pela produção dos bens finais tornou-se mais complexo, o que fez a manutenção ser projetada como um fator preponderante para a obtenção de sucesso e eficiência num processo produtivo (RAMOS, 2012).

Complementando as definições de manutenção acima supracitadas, Nascif e Dorigo (2009, p.31) afirmam que “a missão da Manutenção é garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de modo a atender a um programa de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”; ou seja, é um processo indispensável para uma organização que pretende se diferenciar no atual mercado, competitivo em todos os detalhes. Entende-se confiabilidade como a probabilidade de um item desempenhar suas atividades para o qual foi projetado, dentro do tempo e condições estabelecidas. Já a disponibilidade é caracterizada por Nascif e Dorigo (2009) como sendo resultado, ou seja, o percentual do tempo em que o item pode ser utilizado no processo produtivo. Tais definições serão tratadas com maiores detalhes adiante, na seção de indicadores de manutenção.

Cuidar dos ativos de produção de forma sistemática traz benefícios consideráveis conforme aponta Slack *et al* (2009): 1) maiores níveis de segurança, pois instalações bem mantidas tem menor probabilidade de se comportar de forma imprevisível ou até ter uma falha total; 2) menos tempo perdido em falhas, o que confere maior confiabilidade da instalação; 3) maior qualidade do produto/serviço gerado, pois as instalações produtivas estão em boas condições e permitem uma melhor desenvoltura do processo; 4) maior controle sob os custos de operação, além de tenderem a ser mais baixos, pois possuem manutenção controlada; 5) maior tempo útil da instalação, além de menores probabilidades de tempos de setup entre os processos para que ajustes nas instalações sejam realizados; e, por fim, o item 6) valor final mais alto, isto é, como o ativo está bem mantido, melhores são suas chances de venda no mercado de segunda mão.

A figura 6 apresenta as condições fundamentais para uma boa gestão da manutenção: estrutura organizacional adequada; equipe dimensionada para as suas atribuições; equipe qualificada e bem treinada; e, por fim, ter metas, projetos e planos de ação bem definidos, com prazos e alinhados com as Diretrizes. Nascif e Dorigo (2009) apontam essas premissas como primordiais para que se tenha uma gestão da manutenção exercida de maneira eficaz direcionada aos resultados esperados pela alta administração. Os autores acima supracitados afirmam que não há como esperar estabilidade na manutenção se não houver uma estrutura organizacional adequada, pessoal capacitado e comprometido, além de uma plausível sistemática de trabalho.

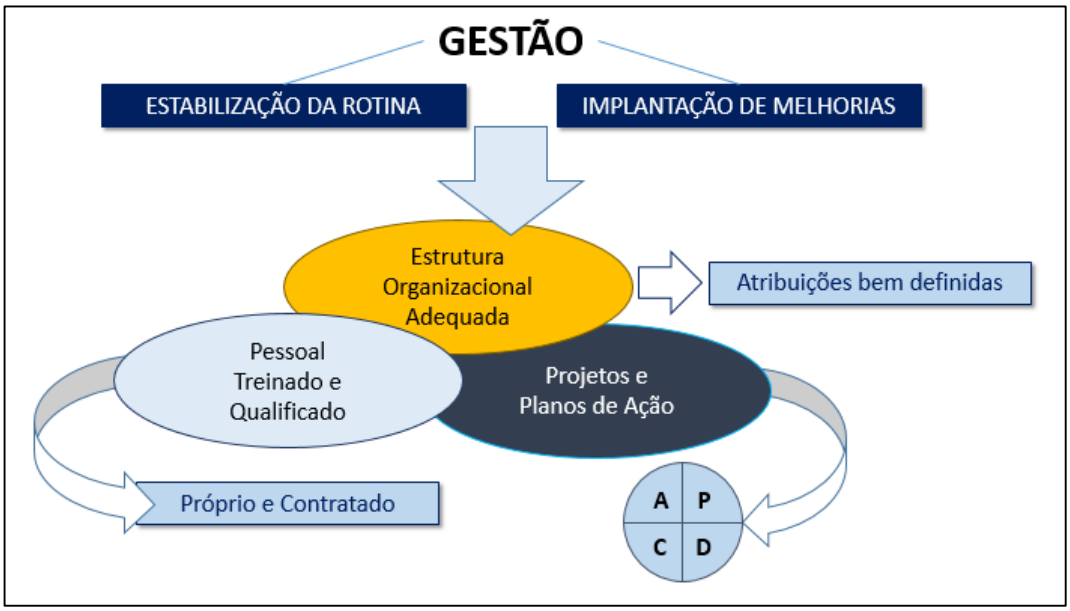

Figura 6: Gestão da Manutenção
Fonte: Nascif; Dorigo (2009, p. 30) (Adaptado)

Outro fator importante citado por Nascif e Dorigo (2009) diz respeito às melhores práticas, como o caminho para se atingir a Excelência na Manutenção, em nível de Classe Mundial. Entretanto, apesar deste conhecimento ser amplamente disseminado entre as equipes de Operação e Manutenção, rotineiramente não são aplicadas. De acordo com Nascif e Dorigo (2009, p. 39), "melhores práticas – não basta conhecer. Temos que aplicá-las".

Cumpre notar que estes autores ainda salientam a má aplicação do ciclo PDCA (*Plan / Do / Check / Act* – Planejar, Executar, Checar, Corrigir) nas empresas, pois normalmente elaboram-se planos (P), parte-se para a execução (D), no entanto as atividades de verificação/avaliação (C) e correção (A) praticamente não são executadas, o que gera, como consequência, uma estagnação no processo de manutenção, sem mudança de patamares, já que os pontos de melhoria não são identificados e nem aplicados. Em outras palavras, "não se faz o giro completo do PDCA" (NASCIF; DORIGO, 2009, p. 40), conforme apresenta a figura 7.

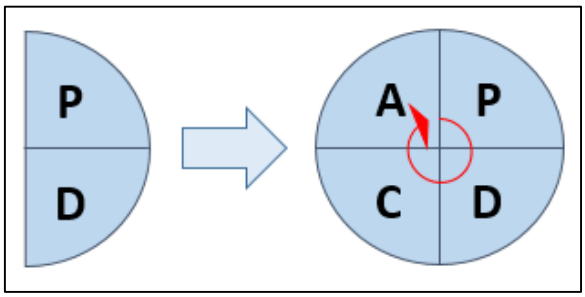

Figura 7: Giro incompleto e giro completo do PDCA
Fonte: Nascif, Dorigo (2009, p.40) (Adaptado)

Ainda sobre o PDCA, Slack *et al* (2009) reitera a importância de manter o ciclo de forma contínua, pois isso caracteriza uma filosofia de melhoramento contínuo, um ponto importante em qualquer gestão empresarial. Após ciclos completos de PDCA podem-se realizar análises das melhorias efetuadas e, caso sejam bem sucedidas, as mesmas são padronizadas e neste momento inicia-se um novo ciclo, em busca de novos desafios para os processos produtivos (NASCIF; DORIGO, 2009). A figura 8 apresenta graficamente essa visão.

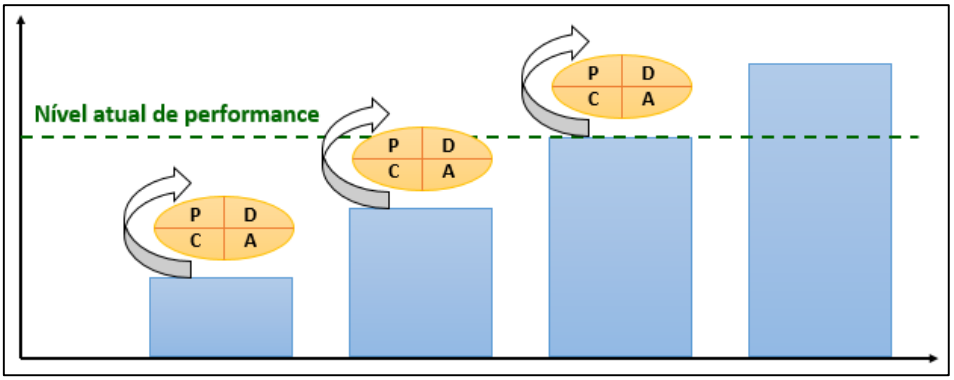

Figura 8: Melhoria Contínua pelo giro do PDCA
Fonte: Nascif, Dorigo (2009, p. 41)

Outro fator importante em uma gestão da manutenção eficiente e eficaz diz respeito aos custos de manutenção. De acordo com Filho (2008, p.17):

> "[...] os custos de manutenção devem ser a principal preocupação de qualquer gerente. Nenhuma ação de manutenção deve ser tomada se não estiver financeiramente respaldada. Não só no custo do reparo. Devem ser considerados os custos de perda de produção, de perdas de matéria prima, de indenizações por acidentes, poluição ambiental (sonora, luminosa e do ecossistema), perturbação da vida de vizinhos e da comunidade, perdas de vidas de colaboradores e usuários. Não esqueça que alguns custos de indenização podem levar uma empresa à falência, além de seus responsáveis a processos bastante complicados na justiça."

Desse modo, é importante que o fator custo seja levado em consideração em qualquer proposta de aperfeiçoamento da gestão da manutenção. Nas próximas seções serão apresentados os tipos de manutenção existentes, bem como outras ferramentas de melhoria contínua, conteúdo essencial para uma gestão da manutenção enxuta com sua mão de obra motivada e produtiva.

2.1.2 Tipos de Manutenção

De acordo com Filho (2008), é recomendado ao gestor de manutenção um planejamento com antecedência das soluções para os problemas diários. Existem variadas formas de aplicação dos recursos de manutenção, de forma que a combinação destes permite um resultado cada vez mais próximo das melhores práticas. O autor ainda sugere que o melhor rendimento vem da utilização de todas as formas, através de um balanceamento com o olhar crítico do gestor.

Os tipos de manutenção a serem apresentados são: manutenção corretiva (planejada e não planejada), manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

2.1.2.1 Manutenção Corretiva

É a estratégia mais simples e primária de manutenção. De acordo com a ABNT-NBR-5462 (1994, *apud* PEREIRA, 2011, p. 102), é uma "manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida". De acordo com Pereira (2011, p. 101), a definição de pane seria o "estado de um item caracterizado pela incapacidade durante a ação requerida [...]", ou seja, se baseia numa proposta de manutenção em que praticamente só é acionada quando o equipamento/ativo não está mais em condições de exercer suas funções. Para complementar a definição apresentada, Filho (2008, p. 6) ressalta a manutenção corretiva como sendo "todo o trabalho de manutenção realizada em máquinas que estejam em falha, para reparar a falha".

Apesar das manutenções corretivas terem um perfil mais imediatista, isto é, sem previsibilidade de ocorrência (espera-se o surgimento de ocorrências de falhas para que seja realizada), existem dois tipos de manutenção corretiva, a planejada e a não planejada.

- Manutenção Corretiva Não Planejada: neste caso, não há um mínimo de planejamento ou programação da manutenção, pois o processo de correção da falha é feito somente quando esta ocorre. Pode acarretar em altos custos, pois como não há previsão exata do momento de falha, pode ocorrer durante os picos de produção da organização, interferindo no nível de atendimento aos clientes, além de outros impactos, conforme aponta Filho (2008, p.6): "contínua e lenta degradação das máquinas e da instalação onde poderá acontecer a perda de produção, risco à integridade das instalações, riscos de degradação do meio ambiente e ainda,

o que é mais grave, trazer riscos à vida humana [...]". Pereira (2011) ressalta a importância de se tratar a manutenção corretiva como um modo de gestão, pois a manutenção preventiva, por vezes, é de alto custo. Para tanto, é apresentado em seguida a manutenção corretiva planejada.

- Manutenção Corretiva Planejada: Desta forma, não se intervém somente após as ocorrências de falhas, mas sim quando o equipamento já apresenta perdas de rendimento ou comportamentos fora do normal, sem necessariamente falhar. A diferença da corretiva planejada para a não planejada é o menor custo e a maior segurança oferecida, pois se evitam paradas do equipamento em momentos indesejáveis (UDOP, 2017). Entretanto, vale ressaltar que não se caracteriza como uma manutenção preventiva, pois não se tem gastos com programas de inspeção ou revisões periódicas (FILHO, 2008). Esta estratégia de manutenção será apresentada na seção seguinte.

Portanto, a manutenção corretiva é a restauração ou correção do funcionamento do equipamento, e não é errada a sua aplicação, pois os custos para manter um sistema preventivo podem ser superiores às condições de determinada empresa. Porém, é preciso atentar-se para eventuais consequências de não se controlar as manutenções com mais precisão. É certo que a manutenção corretiva diminui os custos com manutenção de uma empresa, mas este pode ser maior futuramente, caso aconteça um imprevisto no maquinário que impeça a organização de produzir.

Filho (2008) elenca algumas áreas em que não se pode manter apenas a estratégia de manutenção corretiva: unidades nucleares, aviação, unidades aeroespaciais, indústrias farmacêuticas e a indústria de alimentos – locais em que a eventual falha traz riscos à vida e ao meio ambiente. Pereira (2011) ressalta a necessidade do engenheiro de manutenção elencar um nível crítico para todos os ativos de uma empresa, através da importância destes para o sucesso do negócio. Quanto maior a importância e contribuição de um ativo para o negócio, melhor deve ser o controle de manutenção do mesmo.

Adiante será apresentada a estratégia de manutenção preventiva.

2.1.2.2 Manutenção Preventiva

Conforme registra a ABNT-NBR-5462 (1994, *apud* PEREIRA, 2011, p. 110), a estratégia de manutenção preventiva é "efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do

funcionamento do item". Filho (2008, p. 7) complementa a definição de preventiva ao afirmar ser "todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, ainda que com algum defeito". Portanto, a manutenção preventiva é uma estratégia voltada para reduzir ao máximo a quebra do equipamento durante a sua utilização, através da aplicação de planos antecipados de manutenção com intervalos de tempo previamente definidos (UDOP, 2017).

Em conformidade com SLACK (2009, p. 645), este modelo "visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos pré-planejados". Cabe comentar um exemplo interessante citado por Slack (2009) para diferenciar uma manutenção preventiva de corretiva, com relação aos motores de um avião de passageiros: retirar o avião da operação para realizar manutenção é, sem dúvida, uma alternativa dispendiosa para qualquer empresa aérea, entretanto, possíveis falhas deste componente em serviço geram consequências substancialmente mais sérias. Portanto, em determinados casos faz-se necessária à utilização de uma manutenção planejada e controlada.

Para elaboração desta estratégia, Pereira (2011) sugere cinco etapas: 1) classificação dos ativos de produção: entendimento das características técnicas e a sua participação no processo produtivo; 2) criação dos planos e instruções para a execução: tarefas preventivas e suas respectivas frequências; 3) cadastros em software de manutenção: automatização do controle; 4) definição de itens de controle para melhoria do desempenho: por exemplo, produtividade da mão de obra, disponibilidade de equipamentos, tempo médio entre falhas, tempo médio para reparar, custos de manutenção, percentual de preventiva realizada x planejada, percentual de retrabalho sobre preventiva realizada, percentual de manutenção corretiva, entre outros; e, por fim, 5) criação do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM): equipe qualificada para gerir todo o sistema de manutenção da empresa.

Entretanto, a utilização apenas da manutenção preventiva pode impactar em altos custos. Filho (2008) ressalta que as empresas precisam buscar a lucratividade e, sendo assim, a redução dos custos de manutenção é fundamental. Transformar todo o sistema de manutenção em preventivo pode gerar gastos desnecessários para a empresa; em outras palavras, realiza-se a manutenção em determinados equipamentos antes do esperado, uma vez que este poderia funcionar por mais um tempo e gerar mais valor ao negócio. Além disso, o erro na escolha de qual ativo realizar manutenção preventiva pode gerar novos custos com corretivas, uma vez que

o ativo certo não foi corrigido, indo à falha, e o ativo errado teve um investimento além do necessário (COSTA, 2013).

Para evitar este problema citado acima, pode-se adotar outra estratégia de manutenção, a preditiva, a ser apresentada na próxima seção.

2.1.2.3 Manutenção Preditiva

Conforme registra a ABNT-NBR-5462 (1994, *apud* PEREIRA, 2011, p. 124), a estratégia de manutenção preditiva é aquela que "permite garantir a qualidade do serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva". Complementa-se a definição de manutenção preditiva com Slack (2009, p. 645), o qual sugere que o objetivo dessa estratégia é "realizar manutenção somente quando as instalações precisarem dela". Com tais definições, pode-se concluir que esta manutenção aumenta a precisão da intervenção da equipe de manutenção nas instalações de produção, isto é, atacam somente quando necessário, reduzindo os custos com aplicação de material e trabalho, pois os ativos que realmente estavam com problemas foram tratados. Vale ressaltar que a intervenção ocorre antes da falha, caracterizando-a como uma preventiva, porém mais certeira; em outras palavras, conforme Morenghi (2005, p. 22), "tenta otimizar as tarefas da manutenção preventiva".

Para conquistar uma maior precisão na data de realização da manutenção nas instalações, aproveitando-se ao máximo a vida útil do mesmo, controles de acompanhamento e monitoração das condições de uso são estritamente necessários. Pereira (2011) aponta dois tipos de controle: termografia – controle de temperaturas; e análise de vibrações em sistemas rotativos; Morenghi (2005) complementa com outros exemplos: monitoramento de parâmetros de processos, tribologia (estudo do atrito) e inspeção visual. Por fim, a manutenção preditiva é aceitável nas seguintes condições, assinaladas por Filho (2008): onde o custo da falha é substancial e maior que as despesas com essa técnica de manutenção e, caso não trazer vantagem competitiva e financeira, sua aplicação deve ser revogada.

2.1.2.4 Manutenção Detectiva

Este tipo de intervenção é conceitualmente recente no setor de manutenção, surgindo na década de 90. O termo vem da palavra "detectar", cujos sinônimos são descobrir, encontrar,

perceber. Segundo Pinto e Xavier (1999, p. 40, *apud* MORENGHI, 2005, p. 35), entende-se manutenção detectiva como sendo "a atuação efetuada em sistemas de produção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção". Morenghi (2005) argumenta que este modelo atenderia às instalações cujas técnicas apresentadas anteriormente não solucionariam as falhas (corretiva, preventiva e preditiva), uma vez que existem equipamentos que operam somente em ocasiões especiais, tornando-se complicada a identificação do estado de falha.

Morenghi (2005, p. 35 e 36) cita um exemplo em que se tem a oportunidade de estratégia de manutenção detectiva:

> "Geralmente estes componentes passam por verificações periódicas para saber se ainda estão trabalhando, como exemplo pode-se mencionar sistema de alarme de incêndio. [...] especialistas fazem verificações no sistema, sem tirá-lo de operação, sendo capazes de detectarem falhas ocultas, podendo corrigir a situação. [...] o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis deve ser testado periodicamente para saber se a lâmpada não está queimada".

Por fim, Costa (2013, p. 25) ressalta a importância da manutenção detectiva: "quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não suporta falhas".

2.1.2.5 Engenharia de Manutenção

Esta é uma técnica mais avançada de manutenção e consiste em "antever os possíveis defeitos num estágio anterior a instalação, isto é, no processo de desenvolvimento do projeto" (PEREIRA, 2010, p. 41). De acordo com o autor supracitado, muitos problemas de manutenção podem surgir ao não se realizar a fase de projeto das instalações de produção de forma correta como, por exemplo, utilização de componentes de qualidade duvidosa, o que determina um ciclo interminável de falhas.

A prática da Engenharia de Manutenção requer uma mudança cultural da organização. De acordo com Nascif e Dorigo (2009, p. 189), tal técnica pode ser definida da seguinte forma:

> "É deixar de ficar consertando continuadamente para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, dar *feedback* ao Projeto, interferir tecnicamente nas compras. [...] significa perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo".

A Engenharia de Manutenção, conforme Morenghi (2005) é a segunda quebra de paradigma, uma vez que a primeira seria quando a organização passa a adotar a técnica de manutenção preditiva. Portanto, “no instante em que a função manutenção estiver utilizando para análises, estudos e proposições de melhorias de todos os dados que o sistema de preditiva colhe e armazena, a organização estará praticando a engenharia de manutenção” (MORENGHI, 2005, p. 38). A figura 9 apresenta as melhorias nos resultados à medida que técnicas mais modernas e robustas de manutenção são aplicadas nos processos produtivos.

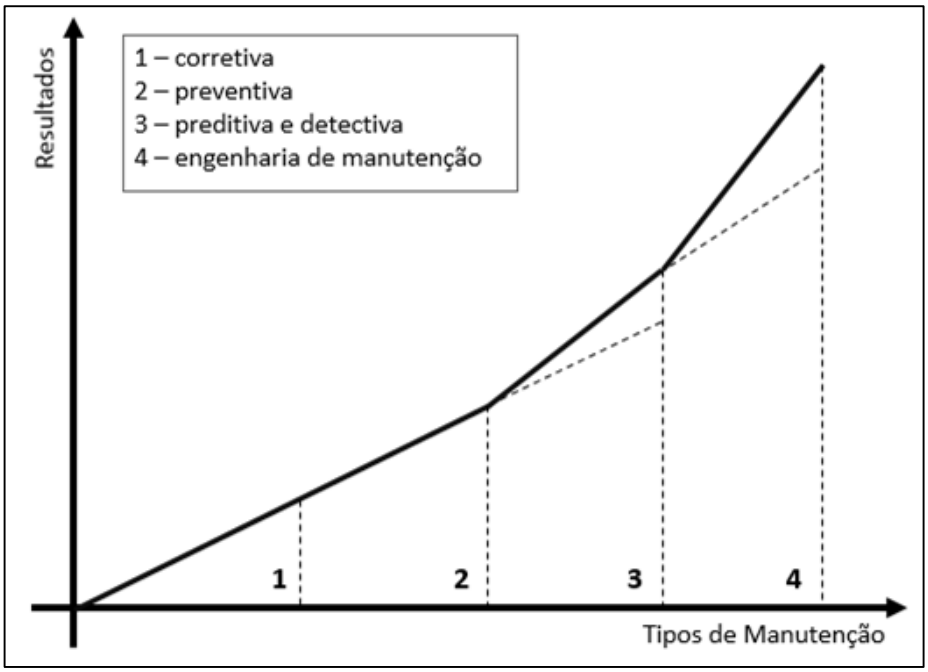

Figura 9: Resultados X Tipos de Manutenção
Fonte: Adaptado de Nascif e Dorigo (2009)

Nascif e Dorigo (2009) complementam Morenghi (2005) ao exaltarem a mudança expressiva nos resultados quando se passam a adotar as estratégias de preditiva/detectiva (3) e engenharia de manutenção (4). Portanto, investir em tecnologias que permitam uma manutenção mais moderna geram bons resultados para a produção, uma vez que a confiabilidade e disponibilidade das instalações tendem a ser mais altas.

Contudo, para gerenciar todas estas técnicas de manutenção, são necessários profissionais qualificados que entendam de planejamento destas tarefas, alinhando disponibilidade das instalações, custos de manutenção, estoque de materiais, entre outras tarefas. Esta equipe recebe o nome de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e será retratada na seção seguinte.

2.1.3 Planejamento e Controle da Manutenção – PCM

Nesta seção são relatados os conceitos pertinentes à equipe responsável por coordenar a manutenção de dentro da organização. Antes, são apresentados os conceitos de alguns termos, de acordo com Filho (2008, p. 81):

- Planejamento: Processo que leva ao estabelecimento de um conjunto coordenado de ações visando à consecução de determinados objetivos;
- Programação: O plano de trabalho de uma empresa ou organização para ser cumprido ou executado dentro de um determinado período de tempo;
- Controle: Fiscalização exercida sobre atividades de pessoas ou departamentos para que não se desviem de normas preestabelecidas. Devem incluir atividades de correção de eventual desvio;
- Manutenção: Todas as ações técnicas e administrativas que visem preservar o estado funcional de um equipamento ou sistema, ou ações para recolocar o equipamento ou sistema de retorno a um estado funcional no qual ele possa cumprir a função para o qual ele foi adquirido ou projetado.

Todos os conceitos acima fazem parte da equipe de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), a qual planeja, prepara, programa e verifica os resultados de execução das tarefas de manutenção contra valores pré-determinados e adota medidas de correção de desvios para que os objetivos e missão da empresa possam ser cumpridos (FILHO, 2008). Nascif e Dorigo (2009, p. 85) complementam o autor supracitado, ao afirmarem que o PCM é o "núcleo de trabalho que garante a otimização dos recursos de Manutenção". Portanto, o PCM é a equipe que busca um sistema de manutenção alinhado com todas as áreas da organização, mantendo – através do planejamento e programação de técnicas de intervenção que sejam desde corretivas até avançadas em engenharia – as instalações de produção aptas a produzir e, assim, contribuindo para os objetivos gerais de uma empresa.

Desta forma, Costa (2013) relata que o PCM harmoniza a função manutenção com a função produção, isto é, a equipe deve ser integrada ao Modelo de Gestão da organização, adequado aos propósitos da mesma, agindo de acordo com as diretrizes desdobradas da alta administração, de forma que as metas possam ser atingidas e que a manutenção possa influenciar diretamente em uma maior margem de lucro da empresa.

A figura 10 apresenta uma esquematização dos processos que são de responsabilidade do PCM. Nascif e Dorigo (2009) relatam que os recursos de uma manutenção – ativos de manutenção, materiais e mão de obra – devem ser planejados, programados, coordenados e, por fim, controlados, para que desta forma se atinja um sistema de manutenção eficaz. Conforme citado no capítulo 1, a soma dos recursos de mão de obra e dos materiais corresponde a mais de 60% dos custos totais em manutenção, daí a importância de se criar uma equipe que gerencie tais recursos de um modo especial.

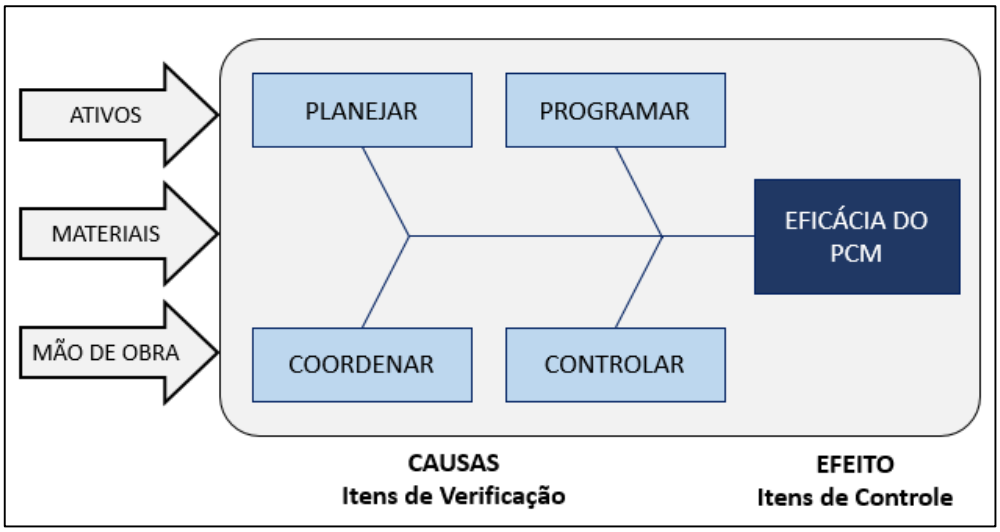

Figura 10: Processos do PCM
Fonte: Nascif e Dorigo (2009)

De acordo com Pereira (2011) e Filho (2008), existem vários fatores de decisão para a criação de uma seção do PCM, a começar pelo porte da empresa, se ela pode suportar uma estrutura de gestão que contenha engenheiros, técnicos, estagiários e auxiliares administrativos. O segundo ponto é a organização da empresa, além da aceitação de todos e o reconhecimento da importância de se criar este setor. Por fim, ambos citam a necessidade de um maior acompanhamento das atividades de manutenção, visando obter maior eficiência na gestão de manutenção. Essa eficiência é obtida se a Manutenção garantir cada vez mais uma maior disponibilidade e confiabilidade das instalações de produção para a Operação, sendo essa a razão primordial de existência do PCM, de acordo com Nascif e Dorigo (2009).

Completando a linha de pensamento acima, Souza (2008, p. 69, *apud* COSTA, 2013, p. 48) diz:

> "Neste sentido, a função manutenção deve promover os cinco elementos básicos de competitividade [...] para poder contribuir de forma significativa para o desempenho da empresa. A gestão da função manutenção com base na qualidade, velocidade,

> confiabilidade, flexibilidade e custos é, sem dúvida, desempenho, à luz de ser relacionamento com a função produção".

Para uma boa execução do PCM, é importante que se tenha os procedimentos de trabalho padronizados, além de um sistema de informação que possa gerenciar a manutenção. Pode-se definir quatro funções fundamentais do PCM, que devem compor o Manual de Gestão através dos Procedimentos Padrões de trabalho. Nascif e Dorigo (2009, p. 87 e 88) apresentam tais funções, detalhadas a seguir:

- Função Planejamento: elaboração da Matriz de Criticidade dos Ativos; elaboração do mapa de 52 semanas; classificação dos ativos no sistema de informação – definem-se os grupos de ativos e engloba-se a matriz de criticidade; aprovisionar os materiais para serviços futuros; negociação de manutenções corretivas com clientes; e detalhar e orçamentar as Ordens de Serviço dos diversos planos de manutenção;

- Função Programação: negocia a execução dos serviços planejados e corretivos de urgência e emergência, gerenciam reuniões semanais sobre os serviços da Manutenção com Operação, Programação de Produção, Segurança e Meio Ambiente;

- Função Coordenação: atividades de campo em que os profissionais de PCM facilitam a execução dos serviços, através do controle de execução dos serviços diários, tendo atuação direta no fornecimento de materiais, máquinas de apoio, liberações, permissões, entre outros; outra atividade importante é a coleta de informações dos serviços de execução visando à melhoria contínua do planejamento e programação;

- Função Controle: consiste no acompanhamento gerencial dos recursos da Manutenção, tendo como principais atividades o controle orçamentário da Manutenção, manter atualizado o Mapa de Gestão à Vista, geração de indicadores que possam traduzir as realidades do processo de Manutenção, entre outros.

2.1.4 Principais Indicadores da Manutenção

Os indicadores têm por objetivo controlar os processos produtivos de uma empresa. Segundo Filho (2006), a partir dos indicadores é possível avaliar o desempenho atual de uma empresa e comparar com resultados anteriores. Funcionam também como fator norteador para metas e objetivos traçados pela Organização. Assim sendo, com os dados revelados pelos indicadores é possível quantificar a eficiência, produtividade, eficácia e qualidade desde o planejamento até a própria execução da manutenção.

Há uma terminologia utilizada para mensurar a *performance* de um processo produtivo, cujo nome é *Key Performance Indicators* (KPI) (CALDEIRA, 2012). No gerenciamento da manutenção, alguns indicadores podem ser levados em consideração para efeito de controle de desempenho. Os seis mais utilizados no cenário da manutenção brasileira, em 2009, segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN), são: Disponibilidade, Confiabilidade, Custos, TMPF (MTTF), TMPR (MTTR) e o Backlog. O quadro 1 visa apresentar os principais indicadores utilizados numa escala de importância.

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)									GI 2009
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	2
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	6
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	7
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	1
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	5
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	10

Quadro 1: Principais indicadores de desempenho utilizados para o controle da manutenção
Fonte: Relatório ABRAMAN (2009, p. 16)

A partir dos dados acima expostos, fica evidente a importância dada à disponibilidade e custos, revelando a relação intrínseca da manutenção e produtividade, tal como assinala Costa (2013). Esses, por sua vez, devem estar intimamente ligados ao indicador qualidade/confiabilidade. Assim, devido às delimitações do presente trabalho, serão abordados os três pilares nas sessões seguintes.

2.1.4.1 Confiabilidade

A partir do crescente desenvolvimento econômico da era globalizada, aumentou-se a demanda por produtos ou sistemas mais produtivos, competitivos e que apresentassem um índice cada vez menor de falhas. Nesse sentido, as indústrias enfatizaram a confiabilidade, que está relacionada "a operação bem sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas" (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Segundo Fogliatto; Ribeiro (2009), a confiabilidade dentro da gestão da manutenção é definida, quantitativamente, como uma probabilidade, apresentando valores entre 0 e 1. Em suma, vemos que a confiabilidade trata-se da previsão em que certo item sobreviverá em funcionamento em determinado intervalo de tempo sem apresentar falhas (SIQUEIRA, 2005).

Cumpre esclarecer que o próprio indicador de confiabilidade está associado a outros conceitos, tais como o de qualidade. Ou seja, são conceitos indissociáveis, apesar de aqui serem abordados separadamente (PINTO; LIMA, 2007).

Assim sendo, faz-se necessário retratar o conceito de qualidade. Para tanto, embasar-se-á nas proposições de Fogliatto; Ribeiro (2009, p.07) que conceitua como "[...] totalidade de características e aspectos de um produto ou serviço que tornam possível a satisfação de necessidades implícitas e explicitas associadas ao produto ou serviço. De forma mais específica, qualidade é definida como cumprimento de especificações de projeto [...]". É importante ressaltar que a qualidade deve ser alcançada em todos os setores de uma companhia e não só na manutenção.

2.1.4.2 Disponibilidade

O conceito de disponibilidade pode ser entendido a partir de Kardec e Nascif (2009), o qual representa o tempo em que determinado sistema/ativo está em condições de produzir.

Corroborando com os autores, Fogliatto e Ribeiro (2009) apontam ainda que a disponibilidade é um conceito que varia de acordo com a capacidade de reparo de determinada unidade. Assim, sendo, no caso de unidades não reparáveis a disponibilidade corresponde à própria confiabilidade. Em se tratando de unidades reparáveis, seus possíveis estados são de operação ou de manutenção, sendo que ambos serão analisados em função do tempo, através de um modelo matemático específico.

De forma sucinta, este modelo é resultante das variáveis dos indicadores de Tempo Médio Entre Falhas (MTTF) e Tempo Médio para Reparo (MTTR) (FOGLIATO E RIBEIRO, 2009). A equação (1) apresenta o cálculo do indicador de disponibilidade:

$$D = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} \qquad (1)$$

A partir do exposto fica nítida a necessidade explanar os conceitos de MTTF e MTTR. MTTF calcula o tempo médio entre uma falha e outra. Já o indicador MTTR, é crucial, uma vez que está associado à própria *performance* da manutenção, pois considera o tempo médio gasto na manutenção de uma unidade (FOGLIATO E RIBEIRO, 2009).

Ambos os indicadores são essenciais para a produtividade, já que ela é estabelecida a partir da "minimização do tempo médio para reparo; maximização do tempo médio entre as falhas" (OLIVEIRA; SILVA, 2013, p.61).

2.1.4.3 OEE

De acordo com Nascif e Dorigo (2009), o OEE é uma espécie de indicador cujo objetivo em medir a eficiência global do processo. Sua filosofia é pautada a responder as seguintes questões: com que frequência os equipamentos dos processos produtivos estão disponíveis para operar? Qual a rapidez do processo produtivo? Qual o percentual de refugos que foram gerados no processo?

Podem-se reescrever as seguintes questões para o cenário de manutenção dos ativos ferroviários: do total de vagões da companhia, quantos estão aptos a circularem? Quando os mesmos estão em manutenção, qual é o tempo gasto nestes processos, tanto em horas quanto em homem-hora? Por quanto tempo médio os vagões operam entre uma manutenção e outra, independente se a mesma é corretiva ou preventiva?

Esses questionamentos abrangem quase que completamente uma boa gestão da manutenção ferroviária, pois possuem focos em produtividade das oficinas, qualidade/confiabilidade da manutenção realizada e disponibilidade dos vagões para a operação ferroviária. Desta forma, o OEE pode ser considerado como uma maneira eficaz de encontrar respostas para mudanças de patamares expressivos de forma global nos processos produtivos em geral (OEE, 2017).

Este conceito passou a ser adotado pelas empresas que implementam a filosofia de produção enxuta (*lean manufacturing*). Atualmente sua utilização é mundial e em alta escala, pois retrata de forma objetiva a efetividade de um equipamento/processo. Em complemento, ele substitui a utilização de indicadores financeiros como tomadas de decisão nas plantas fabris, facilitando a assertividade das decisões (OEE, 2017). No desenvolvimento deste trabalho, será apresentado um modelo de indicador de eficiência que seguem os preceitos do OEE.

2.1.5 Ferramentas de apoio à Manutenção Enxuta

Nesta seção serão abordados conceitos que complementam o objetivo de tornar a manutenção mais enxuta. No setor de Produção, este conhecimento é intitulado Sistema Toyota de Produção, que surgiu após a Segunda Guerra Mundial e é creditada primeiramente à Toyota Motor Company, empresa japonesa que buscava um sistema de administrar sua produção que pudesse torná-la menos custosa e mais adequada às necessidades dos clientes (RICCI, 2013).

O Sistema Toyota de Produção deve atender a dois princípios, de acordo com Maximiano (2008): eliminar os desperdícios da produção, além de fabricar com qualidade. Ambas as formas buscam o aproveitamento máximo dos recursos, uma vez que os mesmos serão utilizados apenas conforme a necessidade de produção, sem gerar retrabalhos. Desta forma, geram-se menos custos e, portanto, um maior retorno para a Organização. É neste sentido que se pretende aplicar os conceitos do Sistema Toyota em Manutenção. Abaixo serão detalhados os processos de *Lean Manufacturing*, *Kanban* e *Kaizen*.

2.1.5.1 Just-in-time e Lean Manufacturing

O *just-in-time* (JIT) é definido por Costa (2007) como sendo uma abordagem gerencial, modelo que garantiu uma supremacia japonesa sobre as empresas ocidentais e consiste em fabricar o produto com uma completa eliminação de elementos desnecessários à produção, com o propósito de redução de custos. Ou seja, “produzir os tipos de unidades necessárias, no tempo necessário e na quantidade necessária” (COSTA, 2007, p. 351). Tal conceito pode ser aplicado de forma análoga à Manutenção, ou seja, realizar a manutenção de apenas nos ativos em que são necessários, dentro do tempo padrão pré-estabelecido e gastando-se a quantidade ideal de materiais. Tais denominações tornam-se um desafio para as equipes de PCM e de execução da manutenção, de forma que se torna necessária à participação de todos no processo para que a redução de desperdícios seja a máxima possível.

Esse conceito também pode ser descrito como *Lean Manufacturing*, termo criado na década de 1980 cujo objetivo é tornar o sistema de produção muito mais eficiente, flexível, inovador, habilitado a enfrentar um mercado competitivo e em constante mudança, algo que o sistema de produção fordista em massa não se adaptava (COSTA, 2007). A essa afirmação, Pereira (2011) ressalta a importância da mudança cultural, pois grande parte dos envolvidos tende a associar o termo "enxuto" a demissões e cortes. Todavia, é tarefa do gestor lidar com tais barreiras e outras dificuldades que possam surgir, caso contrário mudanças que são necessárias dificilmente serão alcançadas.

De acordo com Taiichi Ohno (1988, *apud* PEREIRA, 2011):

> "Os valores sociais mudaram. Agora, não podemos vender nossos produtos a não ser que nos coloquemos dentro dos corações de nossos consumidores, cada um dos quais tem conceitos e gostos diferentes. Hoje, o mundo industrial foi forçado a dominar de verdade o sistema de produção múltiplo, em pequenas quantidades."

Desta forma, para que se tenha um processo produtivo versátil, é importante conhecer detalhadamente cada etapa de produção e evidenciar as oportunidades de otimização, para alcançar melhores resultados. Pereira (2011) complementa esta afirmação ao dizer que nem sempre os competidores mais fortes vencem no mercado altamente competitivo que se tem atualmente, mas sim aqueles que lançam o seu produto no mercado de forma mais rápida e no olhar clínico do cliente. Este conceito pode ser diretamente aplicado no cenário de manutenção, o qual não realiza as mesmas atividades em sequência, pois cada intervenção de correção podem ter cenários diferentes. Desta forma, é preciso saber priorizar qual manutenção trará um maior retorno para a empresa em menor tempo, tornando o sistema mais harmônico com a operação.

No entanto, para que se possa melhorar continuamente um processo, é necessário à compreensão dos potenciais problemas que ele possui. Desta forma, Kayser (2001) ressalta que para alcançar a eficiência e produtividade é preciso que o processo não gere perdas e que a utilização da força de trabalho seja maximizada. Além disso, o autor supracitado complementa que:

> "Para implementar um Sistema Toyota de Produção em nosso próprio negócio, deve haver uma total compreensão das perdas. A menos que todas as fontes de perdas sejam detectadas e eliminadas o sucesso irá sempre tornar-se apenas um sonho." OHNO (1988, *apud* KAYSER, 2001, p. 17).

A base de sustentação do Sistema Toyota de Produção é, portanto, a completa eliminação do desperdício. Ohno (1998, *apud* PEREIRA, 2011, p. 68) apresenta as "sete grandes perdas" encontradas num processo fabril:

- Perdas por superprodução – *a maior fonte de desperdício*: itens produzidos em demasia, de forma que os mesmos tendem a ficar armazenados sem serem vendidos e, em alguns casos, estragam por ter sua validade encerrada;
- Perdas por espera: momento em que trabalhadores e máquinas não estão sendo utilizados produtivamente;
- Perdas por transporte: tempo gasto em deslocamentos desnecessários. Nunca geram valor agregado ao produto, podem ser minimizados se o layout for apropriado;
- Perdas por processamento em si: uso inadequado das instalações de produção podem gerar perdas de capacidade, que podem ser minimizadas com metodologias de engenharia e análise de valor;
- Perdas nos estoques: caracteriza-se como recurso financeiro "parado" no sistema produtivo, ocasionando desperdícios de investimento e espaço. É um desafio para as empresas, pois em determinados momentos se torna uma vantagem, dado que os processos tendem a rodar melhor quando todos os insumos necessários estão disponíveis;
- Perdas no movimento: caracteriza-se como os movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Técnicas de estudo de tempos e métodos são importantes para minimizar esta perda;
- Perdas na elaboração de produtos defeituosos: define-se esta perda como a produção de itens com a qualidade fora da especificação esperada, não satisfazendo os requisitos de uso. Desperdiça materiais, disponibilidade da mão de obra e equipamentos, entre outros.

Por fim, Pereira (2011, p. 63) destaca algumas ideias *Lean* aplicadas à Gestão da Manutenção:

- Gerenciar o negócio Manutenção como se fosse seu: racionalize os gastos;
- Forme *Team Work* (time de trabalho): contribuição de todos;
- Combater o desperdício;
- Seja pontual em todas as tarefas, inclusive em reuniões;
- Avalie constantemente os fornecedores de materiais;
- Tenha critérios para promoção salarial dos subordinados – ser justo;

- Criar métricas de desempenho que agreguem ao negócio manutenção;
- Manutenção autônoma: cuidar dos ativos corretamente;
- Crie gestões visuais e forma de divulgar os resultados: manter a equipe informada e motivada a buscar a meta;
- 5S: treine a equipe, dê o exemplo e posteriormente cobre os resultados;
- Importante ter o senso de urgência para as atividades de manutenção;
- Disciplinar a necessidade de horas extras;
- Criar multiplicadores de habilidades: identifique *experts* em mecânica, hidráulica, eletrônica etc., para que possam ministrar treinamentos internos;
- Ter apenas um Sistema de Gerenciamento de Manutenção – evitar controles paralelos.

Por fim, as ações acima relatam a importância de se buscar constantemente a redução dos desperdícios em um processo produtivo, seja ele tanto de Operação quanto de Manutenção. Para se mostrar a importância desta metodologia e os impactos da mesma, a marca Toyota foi considerada a mais valiosa do mundo no ramo automotivo em 2015 pelo ranking produzido pela *Brand Finance*, avaliada em US$ 35,017 bilhões (EXAME, 2016). A seguir serão retratadas duas ferramentas que também são aplicadas dentro do Sistema Toyota de Produção e adotadas no Projeto de Produtividade, uma etapa descrita no desenvolvimento: Kanban e Kaizen.

2.1.5.2 Kanban

O Kanban é um componente da filosofia JIT, sendo uma palavra de origem japonesa que significa “cartão”. Consiste num sistema em que os estoques são “puxados” pelos centros de trabalho. Durante as etapas de produção, quando algum material do estoque fica indisponível, o cartão sinaliza a necessidade do mesmo. O objetivo final é a máxima redução do estoque em processo. Apesar de ser impossível, costumam-se adotar a meta de estoque zero nos processamentos (COSTA, 2007).

Caracteriza-se como um controle visual dos processos, com o objetivo de antever um problema de suprimento de material antes que ele impeça o andamento natural da produção. Além disso, busca balancear a produção, através de priorização das tarefas, fornecimento de informações sobre o produto e o processo, além de eliminar perdas. O cartão funciona como

um disparador da produção, coordenando-a de acordo com a demanda. Com isso controla-se visualmente o processo produtivo, eliminando perdas que levavam à parada (RIANI, 2006).

2.1.5.3 Kaizen

O Kaizen é uma ferramenta que atualmente é bem utilizada nas empresas. De origem japonesa, significa "melhoria contínua", ou seja:

> "Adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que presume mais e menores passos de melhoramento incremental. [...] O melhoramento contínuo não se preocupa com a promoção dos pequenos melhoramentos. Ele vê os pequenos melhoramentos, todavia, como tendo uma vantagem significativa sobre os grandes: eles podem ser seguidos de forma relativamente indolor por outros pequenos melhoramentos" (SLACK *et al*, 2009, p. 602).

Portanto, toda ação que irá agregar ao processo, por menor que seja, deve ser valorizada e encorajada à equipe, pois se espera que tais mudanças em sequência gerem grandes resultados. O termo Kaizen é definido por Masaaki Imai:

> "Kaizen significa melhoramento. Mais: significa melhoramento na vida pessoal, na vida doméstica, na vida social, e na vida de trabalho. Quando aplicada para o local de trabalho, Kaizen significa melhoramentos contínuos que envolvem todo mundo – administradores e trabalhadores igualmente" (SLACK *et al*, 2009, p. 602).

Pereira (2011) aponta a importância da união de todo o time de manutenção para que o Kaizen possa trazer resultados efetivos. São características de um Kaizen bem aplicado na equipe: cooperação, competitividade, estratégia, treinamento, eliminação de perdas e foco nos resultados. O sucesso do Kaizen está diretamente ligado à maneira como é executado: precisa ser feito no "chão de fábrica", com participação ativa de todos, sendo que é papel do engenheiro de manutenção ser o elemento agregador da união de mantenedores, operadores e gestores diretos. As oportunidades de melhoria, por mais simples que sejam, surgem a todo instante, e é importante que as boas práticas sejam valorizadas e divulgadas para as demais áreas da companhia. Essa "onda" de melhorias provoca o surgimento de novas ideias, tornando o processo de Kaizen um processo incorporado no time de Manutenção e Operação.

Vale ressaltar, portanto, a efetividade do Kaizen e sua facilidade de aplicação, pois é uma técnica caracterizada por ser de baixo custo, uma vez que se aproveita de recursos existentes no departamento ou que foram desabilitados de outro ativo. Além disso, é a própria equipe que executa as melhorias, em virtude de estarem ligadas ao processo e possuir um olhar clínico que por vezes a equipe gestora não o tem. Os conjuntos de pequenas ações que

representem ganhos podem garantir o sucesso da organização em um mercado cada vez mais competitivo (PEREIRA, 2011).

2.2 CONCEITOS ADICIONAIS PERTINENTES AO TEMA

A eficácia na gestão da manutenção dependerá de determinados fatores, como financeiro, o tecnológico, o material e humano. No que tange esse último fator, Fischer (2002) pondera que a maioria das organizações, para obterem sucesso, depende do desempenho humano. Desse modo, o aumento da eficácia da produção está intrinsecamente relacionado com o capital humano.

A partir do exposto, é interessante relacionar a Gestão da Manutenção com a Gestão de Pessoas. Segundo Fischer (2002), o termo Gestão de Pessoas trata-se das estratégias que determinada empresa apresenta para orientar o comportamento humano dentro do trabalho.

O foco desta gestão é o capital humano, através de sua capacitação e criação de motivação para desempenho das funções dentro da empresa. Na era da globalização, essas virtudes proporcionam uma força de trabalho mais competitiva e, consequentemente, *performances* mais produtivas. Nesse sentido, uma manutenção menos onerosa e harmoniosa necessita de uma equipe bem treinada. Chiavenato (2004) sugere seis processos fundamentais e correlativos na Gestão de Pessoas: agregar, aplicar, manter, monitorar, recompensar e desenvolver os colaboradores.

Devido às delimitações deste trabalho, a seguir apresentam-se assuntos relacionados à capacitação/treinamento, motivação e desdobramento de metas, isto é, o processo de recompensar pessoas, manter pessoas e desenvolver pessoas.

2.2.1 Capacitação e Treinamento

Partindo das contribuições de Marchi; Souza e Carvalho (2013), entende-se a capacitação como uma “vantagem competitiva”, uma vez que o desenvolvimento dos colaboradores potencializa os resultados operacionais. Treinamentos são executados para promover a capacitação dos recursos humanos. No entanto, vale ressaltar a diferença entre os termos “treinamento” e “capacitação pessoal”. Enquanto o treinamento é a preparação em curto prazo, para que o sujeito execute dada tarefa, a capacitação pessoal é mais abrangente, e focaliza

não só as demandas atuais do colaborador, mas planos de desenvolvimento em longo prazo (MARRAS, 2009).

Corroborando com as ideias do autor supracitado, Chiavenato (2004, p. 402) pontua que o treinamento trata-se do:

> "Processo educacional de curto prazo aplicada de maneira sistemática e organizada através do qual as pessoas aprendem conhecimentos, habilidades e competências em função de objetivos definidos. O treinamento envolve a transmissão de conhecimentos específicos relativos ao trabalho, atitudes frente a aspectos da organização, da tarefa e do ambiente e desenvolvimento de habilidades e competências".

Portanto, para um desempenho eficaz da manutenção, a combinação de treinamentos e capacitações profissionais aperfeiçoa a mão de obra, estimulando a produção e o protagonismo dos colaboradores. Ademais, outro fator de importância na Gestão de Pessoas é a Motivação ocupacional, descrita a seguir.

2.2.2 Motivação no Posto de Trabalho

A contínua busca pela eficácia e produtividade das organizações sugere uma preocupação com a satisfação do colaborador. Por outra forma, para que os resultados e metas traçadas sejam, de fato, alcançados, é necessário que a organização priorize os seus colaboradores, pois são estes disponibilizam os seus conhecimentos e habilidades, desde o planejamento até execução dos projetos.

A Motivação trata-se de um fator psicológico complexo e sutil. Segundo os autores Cavalcante; Barbosa e Estender (2015, p.4), a motivação é entendida como "um motivo que leva a ação, é tudo aquilo que leva a pessoa a determinado comportamento. Caracteriza-se que desta forma, a motivação é um estimulo, que conduz o indivíduo a ter em vista a execução de um determinado objetivo".

Na diretriz da Gestão de Pessoas devem-se conter processos de recompensação dos indivíduos, tal como aponta Chiavenato (2004). Promoções, benefícios e remunerações estimulam na satisfação do colaborador com o trabalho, além, é claro, das condições ambientais e psicológicas para que o indivíduo realize com destreza as suas tarefas. Sánchez-Sellero *et al* (2014) complementa estes conceitos ao postular que empresas com um bom clima organizacional tendem a ter funcionários mais satisfeitos e, por consequência, mais produtivos.

Os autores ainda salientam a estrita relação entre motivação e desempenho, cuja influência entre ambos é mútua. A partir do exposto, fica clara a importância de um bom gerenciamento do capital humano para alcançar êxitos nos negócios empresariais.

2.2.3 Desdobramento de Metas

A busca por excelência na gestão direciona as equipes a optarem por mecanismos que capacitem a organização para o mercado (MILKOVICH; BOUDREAU, 2000). Por este ângulo, algumas alternativas são adotadas como, por exemplo, o Gerenciamento pelas Diretrizes (GD). Sobre este mecanismo, há de se destacarem alguns benefícios:

- **Alinhamento:** alinhar os esforços de todos os recursos envolvidos nos processos, visando atingir os objetivos inicialmente estabelecidos;
- **Conhecimento coletivo:** promover discussões em todos os níveis da empresa, gerando e disseminando uma base de conhecimento bilateral;
- **Enobrecimento dos empregados:** envolvimento de todos os colaboradores, tornando-os seres pró-ativos em busca de inovações que elevem o patamar;
- **Fortalecimento dos times de trabalho:** mobilização contínua da equipe, com sinergia entre todos os envolvidos no negócio, de forma natural e coesa;

O desdobramento de metas ocorre em todo processo de gerenciamento, sendo a partir deste que há garantias que os esforços dos colaboradores serão engendrados de forma mais homogênea. Isso porque as responsabilidades serão distribuídas entre as equipes, proporcionando um maior foco no alcance dos objetivos globais propostos pela empresa.

Os próximos capítulos abordarão o desenvolvimento do trabalho, bem como as análises realizadas pelo acadêmico, e quais conclusões foram feitas a respeito de todo o conteúdo exposto.

3. PRODUTIVIDADE NA MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA

Este capítulo contempla o desenvolvimento realizado pelo acadêmico, no qual são apresentadas as informações e análises, embasadas pelo referencial teórico apresentado no capítulo 2. Inicia-se com a breve descrição da empresa objeto de estudo e dos conceitos principais de sua gestão da manutenção, e os aspectos que levaram ao estudo da produtividade dentro do setor de manutenção. Em seguida, apresenta-se a equipe que fora responsável pelo aperfeiçoamento das métricas de produtividade nas oficinas e como funciona a metodologia de trabalho, seguindo princípios das ferramentas de planejamento, execução, controle e avaliação (PDCA) e também ferramentas do Sistema Toyota de Produção. Por fim, elucidam-se dois novos indicadores desenvolvidos com a contribuição do acadêmico, tendo em vista uma medição detalhada da produtividade das oficinas e sua evolução ao longo dos anos.

3.1 A EMPRESA

O objeto de estudo do acadêmico ocorre numa organização atuante no segmento logístico ferroviário, descrita neste trabalho como “Empresa X”. Os produtos transportados são divididos em dois grupos: Minério de Ferro e Cargas Gerais.

É importante ressaltar que o conteúdo apresentado nos capítulos 3 e 4 possuem como referência a Empresa X (dados textuais e numéricos, sendo este último alterado por fator de multiplicação sem prejuízo às análises), utilizadas pelo acadêmico para o cumprimento dos objetivos prescritos no capítulo 1.

3.2 O SETOR DE MANUTENÇÃO FERROVIÁRIO

Para que os trens possam circular num estado adequado, atendendo ao cliente de forma impecável e mantendo padrões internacionais de qualidade e segurança, a atividade de manutenção deve seguir um modelo de gestão adequado às necessidades dos ativos, sustentando a confiabilidade e disponibilidade dos mesmos. Na Empresa X, o modelo de Gestão da Manutenção é baseado numa cooperação entre três grandes áreas: Engenharia, PCM e Oficinas de Manutenção, cada qual com suas responsabilidades, listadas a seguir:

- **Engenharia**: setor responsável pela padronização da manutenção, através da especificação das atividades que precisam ser realizadas, de acordo com o grau de manutenção, desde corretivas até preventivas pesadas. Além disso, é a área que define os tempos de manutenção das atividades – o PCM participa desta etapa, através da área de Engenharia Industrial, conforme será abordado adiante;

- **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**: de acordo com os autores Nascif e Dorigo (2009) e Filho (2008), o PCM é definido como o "cérebro" da manutenção: responsável por planejar, programar e controlar a manutenção com base nos parâmetros estabelecidos pela Engenharia e na demanda de utilização dos ativos de produção, mantendo o foco em Produtividade e Redução de Custos. Em outras palavras, o PCM é o estrategista do negócio Manutenção, pois visa garantir a disponibilidade dos ativos e manter o *backlog* (nível de ativos vencidos em circulação) dentro de parâmetros aceitáveis;

- **Oficinas**: após a especificação e planejamento da manutenção, tem-se, por fim, o setor de execução, representado pelas oficinas de manutenção. São nas oficinas que os vagões e as locomotivas são reparados e colocados em bom estado operacional, com especificações técnicas definidas pela engenharia, de forma que possam voltar a agregar valor à companhia, isto é, no transporte de cargas.

Os ativos ferroviários estão divididos em dois grandes grupos, denominados Material Rodante e Malha Ferroviária. A partir desta diferenciação que se formam as equipes de planejamento e execução da manutenção.

O quadro 2 apresenta de forma sucinta os grupos.

Grupo	Subgrupo	Descrição
Material Rodante	Locomotivas	Conforme sugere o nome, compreende os ativos que deslocam e realizam o transporte das cargas: locomotivas e vagões. Além destes, temos os Equipamentos de Via - responsáveis por inspecionar os ativos da Malha Ferroviária - e a Produção Industrial – responsável pela recuperação de todos os componentes aplicados nos ativos (mecânicos, eletrônicos, elétricos, entre outros).
	Vagões	
	Equipamentos de Via	
	Produção Industrial	
Malha Ferroviária	Via Permanente	Os ativos de malha ferroviária são aqueles que dão a sustentação para os trens circularem, isto é, permitem o deslocamento dos trens de forma produtiva e segura. Divididos em três grupos: Via Permanente (trilhos, dormentes), Eletroeletrônica (sinalizações de via, comunicação com Centro de Controle) e Infraestrutura (pontes, túneis).
	Eletroeletrônica	
	Infraestrutura	

Quadro 2: Classificação dos Ativos Ferroviários
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Daqui em diante, foi dado foco em Material Rodante, mais especificamente nos vagões. Serão analisadas três oficinas de manutenção de vagões da Empresa X, descritas sucintamente a seguir:

1. **Oficina 01:** possui foco em manutenções mais pesadas, pois conta com uma infraestrutura adequada para tal atividade;
2. **Oficina 02:** possui foco em giro rápido, isto é, manutenções mais simples e rápidas;
3. **Oficina 03:** enquanto as duas primeiras oficinas atuam na manutenção dos vagões que transportam o Minério de Ferro, esta é voltada aos vagões que transportam os produtos de Cargas Gerais, com manutenções tanto leves quanto pesadas.

As manutenções realizadas nestas oficinas de vagões envolvem desde Corretivas pontuais, até as Preventivas Pesadas, nos quais os ativos são totalmente renovados. No quadro 3 são detalhados os escopos de manutenção, descrição, nomenclatura adotada e o gatilho médio de manutenção – tempo de validade para que o mesmo escopo volte a ocorrer no mesmo ativo, válido para atividades preventivas. É importante entender a diferença dos *checklists* de

manutenção, pois influencia diretamente na definição do tempo total do escopo, assunto a ser retratado posteriormente.

Tipo de Manutenção	Descrição	Nomenclatura	Gatilho Manutenção
Corretiva	Manutenção realizada para correção de alguma anomalia do ativo	CORR	*Sem gatilho* Ocorre por necessidade
Preventiva Leve (Inspeção)	Manutenção periódica, cujo *checklist* é mais simplificado.	INSP	90 dias
Preventiva Média	Manutenção mais robusta que a inspeção, com *checklist* complementar.	V1, V2	V1: 01 ano V2: 02 anos
Preventiva Pesada	Manutenção completa, uma revisão geral do ativo.	V4, VG	V4: 04 anos VG: 08 anos

Quadro 3: Classificação das Manutenções Corretivas e Preventivas
Fonte: Empresa X (Adaptado)

A figura 11 apresenta a esquematização das manutenções preventivas realizadas, cujo gatilho de manutenção auxilia no planejamento da manutenção ao longo do tempo. Vale ressaltar que o diagrama é flexível, com possibilidades de alterações de acordo com mudanças estratégicas da companhia.

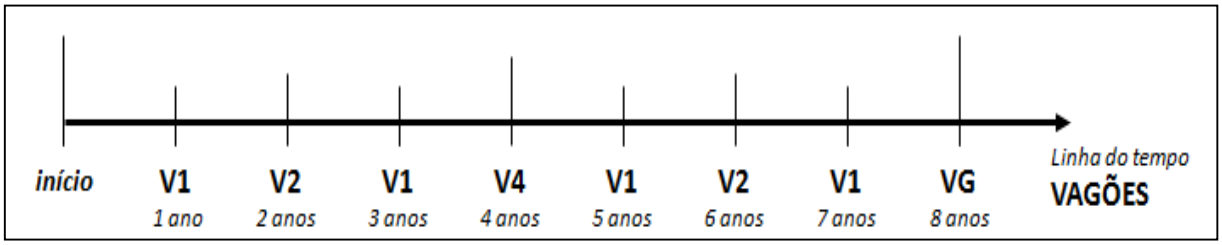

Figura 11: Esquematização das Manutenções Preventivas de Vagões
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Além dos escopos citados, identificam-se outras duas formas de manutenção na companhia: a manutenção preditiva e a engenharia de manutenção. A manutenção preditiva é encontrada em alguns componentes serializados de vagões, cuja troca é feita apenas quando é necessária. O componente possui uma vida útil pré-determinada e pode ser que o ativo passe por manutenção sem que sua troca seja realizada, por ainda ter condições de uso. Alguns exemplos de itens serializados são: rodeiros e truques dos vagões, aparelho de choque e tração e bolsa de mola.

A engenharia de manutenção pode ser vista através do plantel de projetos coordenado pela Engenharia e PCM, os quais buscam soluções que possam aproveitar o ativo de forma mais rentável e, além disso, torná-lo mais adequado para a operacionalização. Como exemplo, pode-se citar a adaptação do banheiro nas locomotivas, visando viagens mais confortáveis aos maquinistas; outro exemplo é o projeto de transformação de vagões, que consiste em adaptar os variados modelos de vagões para transportar os diversos tipos de produtos – por exemplo, os vagões que normalmente transportam minério já foram adaptados para o transporte de contêiner. Este alinhamento preciso entre a área Comercial, Operação, Engenharia e Manutenção mostra a importância de se buscarem inovações que maximizem os resultados da companhia, através de soluções em manutenção dos ativos.

Entretanto, conforme citado nos capítulos 1 e 2, a manutenção é necessária, mas é uma etapa onerosa do processo produtivo, em que o ativo fica temporariamente indisponível para agregar valor ao negócio principal da Empresa X, que é o transporte de cargas. Portanto, diminuir o tempo de indisponibilidade do ativo é um desafio para os gestores de manutenção e, sob esta perspectiva, que o assunto produtividade e manutenção enxuta tornaram-se algo primordial nos últimos anos, conforme será abordado nos próximos capítulos.

3.3 CRIAÇÃO DO CONCEITO DE PRODUTIVIDADE NA MANUTENÇÃO

Este capítulo discorre o surgimento da cultura de produtividade, normalmente relacionada às linhas de produção, dentro do setor de manutenção da empresa em estudo. Primeiramente, explicam-se os aspectos que nortearam a necessidade de melhoria, passando pela criação de ferramentas e adequação dos profissionais às metodologias do assunto, até os dias atuais, em que a realidade da manutenção encontra-se num novo patamar produtivo e enxuto.

3.3.1 Mudança de Paradigmas

Em todo processo produtivo, seja ele simples ou complexo, a mudança de atitudes aspirando melhorias contínuas não é fácil de ser conquistado. Isto sucede porque os processos produtivos são formados por pessoas, cada qual com suas crenças e personalidades, que influenciam diretamente na postura profissional do indivíduo (FISCHER, 2002).

Com relação aos conceitos de produtividade, a dificuldade tende a ser maior, uma vez que vários gestores e funcionários associam o termo “Produtividade” a “Demissões Futuras”. Porém, este conceito não procede. Tornar as pessoas envolvidas em um processo mais produtivas significa torná-las mais capacitadas para executar as atividades, de forma menos custosa e em menor tempo, para que possam executar novas tarefas e, assim, evoluírem como profissionais (PEREIRA, 2011).

Além disso, a busca por uma cultura de produtividade normalmente é encontrada em setores da economia cuja produção é em série, com parâmetros fixos e bem definidos. Não é comum na manutenção, setor que tende a ter alto índice de desperdício em sua execução (COSTA, 2007).

Partindo destes pressupostos, a Empresa X identificara a necessidade de “enxugar” os seus processos de manutenção dos ativos ferroviários. A perda no processo era avantajada, influenciando diretamente na disponibilidade dos ativos. Quanto mais tempo o ativo fica “parado” na oficina, menos tempo está disponível para transportar cargas, o que prejudica o negócio. Sob esta perspectiva, alguns profissionais da Empresa X desenvolveram um projeto até então inovador no setor ferroviário: empreender um cenário de produtividade semelhante ao da indústria automobilística no setor de manutenção.

3.3.2 Surgimento do Sistema de Informação voltado para Produtividade

Com a finalidade de melhorar a produtividade das oficinas, era necessária a existência de indicadores de desempenho que medissem de forma precisa as atividades de manutenção, colaborando com os gestores em suas tomadas de decisão. Para tornar isto possível, uma boa metodologia de coleta de dados era indispensável. Outrora, este processo era completamente manual, no qual os dados de produção eram anotados em papéis e posteriormente lançados em sistema. Esta atividade tornava o processo lento e não permitia uma precisão do tempo real destinado em cada tarefa nas oficinas. Além disso, não havia um controle mais exato sobre a ociosidade dos mantenedores, favorecendo aos cenários de improdutividade.

A falta de uma regularidade no input em sistema dificultava os cálculos mais específicos, como o custo de se realizar uma manutenção específica. Em meio a este cenário, profissionais da Empresa X realizaram um *benchmarking* no mercado e encontraram alternativas para aprimorar este processo produtivo, através da criação de um sistema de informação que automatizaria a etapa de lançamento dos dados no sistema. Através de leitores

ópticos e um sistema de código de barras, cada colaborador realizava seu apontamento individual em um computador alocado dentro das oficinas, através de crachás vinculados às suas matrículas.

O sistema passou a registrar todas as horas de trabalho dos colaboradores de manutenção, desde a entrada até a saída dos turnos. A unidade padrão trabalhada no sistema é Homem-hora (Hxh), que corresponde à quantidade de trabalho realizada por uma pessoa, ou grupo de pessoas, durante uma hora. Por exemplo, se uma atividade de 6 Hxh é realizada por dois mecânicos, significa que a mesma é executada dentro de, no mínimo, três horas consecutivas, desde que não existam pausas para estes mecânicos durante esta atividade. Através do sistema, com parâmetros de apontamento definidos, podem-se estratificar as horas de trabalho, separando-as inicialmente como horas indisponíveis e disponíveis.

As horas indisponíveis, conforme o nome diz, são aquelas em que o colaborador não está no posto de trabalho, sendo considerada uma perda de processo. São elas: férias, refeição e ausências legais (atestado médico, afastamento, entre outros). As horas disponíveis, ao contrário, representam o total de tempo em que o colaborador esteve disponível para a Manutenção. Entretanto, dentro destas horas também existem perdas, detalhadas a seguir, de acordo com a Empresa X:

- Horas Improdutivas: tempo que não agrega valor ao negócio, apesar de ser necessário em alguns momentos (não podem ser totalmente anuladas). Por exemplo, a limpeza executada diariamente nas oficinas é importante, porém é uma pausa improdutiva e não agrega valor ao processo de manutenção. Outros exemplos de hora improdutiva são as paradas da mão de obra em função de falta de equipamentos, materiais, ativos para manutenção ou até fatores externos (problemas estruturais da oficina);

- Horas Produtivas: tempo importante para o processo de manutenção, em que o gestor deve buscar alocar o máximo de sua mão de obra. Apesar da importância, parte deste não gera valor, de fato, ao negócio Manutenção. Entenda-se agregar valor ao negócio em manutenção o giro dos ativos – liberação dos mesmos para que a operação utilize-os. Abaixo se apresenta a subdivisão deste tipo de hora:

- Horas Produtivas Não Rentáveis: apesar de ser um tempo importante para o processo de manutenção, não gera por si só manutenção de ativos, por este motivo não são rentáveis. Como exemplo, temos os treinamentos realizados com os colaboradores, manobras de ativos feita dentro das oficinas, entre outros;

- Horas Produtivas Rentáveis: compreendem, portanto, todas as atividades de manutenção executadas dentro das oficinas. Estas horas agregam valor e geram liberações de ativos.

Além das horas acima, tem-se as horas não apontadas, que são decorrentes de falhas do sistema, embora seja minoria do processo. A figura 12 resume o conceitual apresentado.

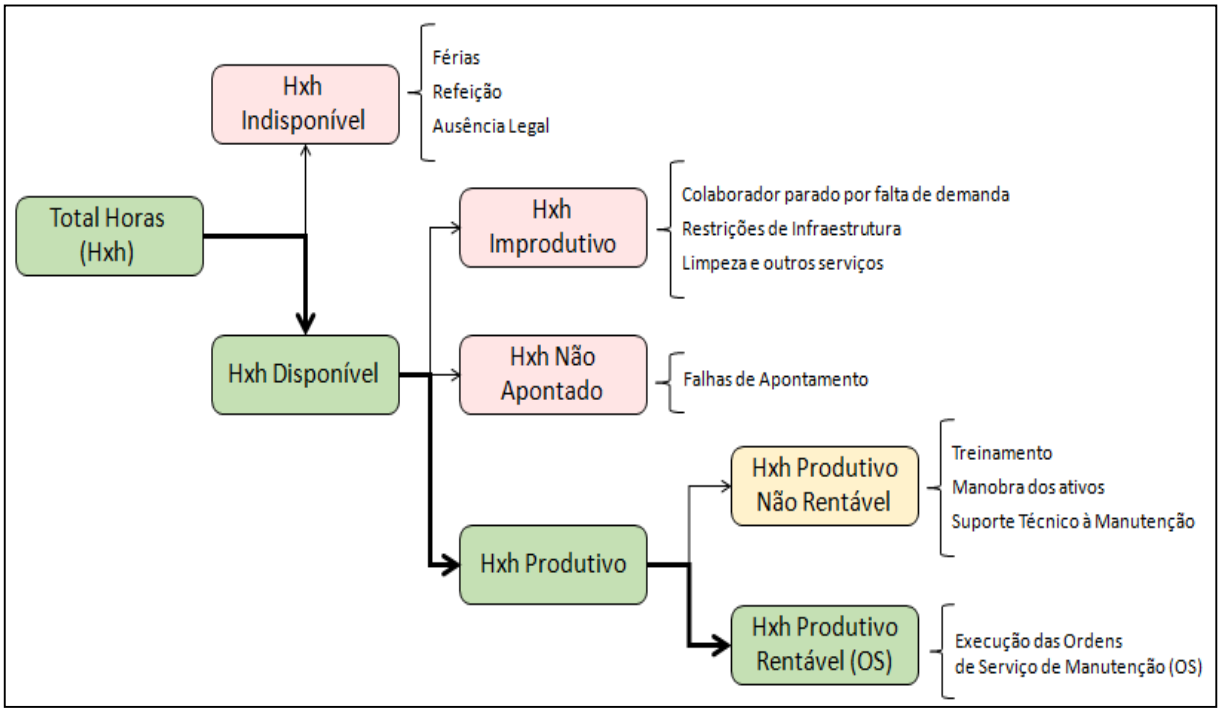

Figura 12: Estratificação das Horas de Trabalho
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Entender a estratificação das horas será importante para a compreensão do indicador de Eficiência Hxh, conceito a ser apresentado mais adiante. Além disso, esta subdivisão das horas de trabalho é a base para aplicação da ferramenta *Lean Manufacturing*, com o objetivo da redução máxima dos desperdícios de tempo.

No próximo item, será dado um enfoque às Horas Produtivas Rentáveis, com relação à definição dos tempos padrão das atividades de manutenção, isto é, o tempo adequado para se realizar certa atividade, de acordo com parâmetros técnicos da Engenharia.

3.3.3 Definição dos Tempos das Atividades – Cronoanálise

Com a instalação do sistema de apontamento, a precisão dos dados aumentou significativamente, facilitando a medição dos tempos reais aplicados em cada atividade de manutenção. Desta forma, surgiu a necessidade de que as atividades tivessem tempos previamente definidos, intituladas de Tempo Padrão. De acordo com Slack *et al* (2009), o Tempo Padrão consiste em duas partes: tempo básico e tolerância. O tempo básico é o tempo em que um operador qualificado leva para executar um trabalho com desempenho padrão. A tolerância consiste em um percentual adicional ao tempo básico que possa compreender um tempo de descanso, relaxamento e necessidades pessoais. Portanto, o tempo padrão, em tese, é tempo ideal para se realizar uma atividade, considerando-se todas as variáveis envolvidas no processo.

O procedimento para se encontrar o tempo padrão de uma atividade chama-se Cronoanálise. Durante a fase inicial esta atividade foi feita por empresas terceirizadas no ramo, as quais conheciam o processo, realizavam medições de tempos e, alicerçadas em metodologias específicas, definiam o tempo a ser considerado como alvo de apontamento. Na atualidade, este procedimento é realizado por profissionais próprios da Empresa X. A medição real permite, portanto, que se faça a comparação dos valores encontrados com aqueles pré-estabelecidos em literaturas especializadas ou divulgados por engenheiros e gestores experientes.

Vale ressaltar que, além do processo de cronoanálise, outro fator é levado em consideração para definição do tempo padrão, o executado pelas oficinas no real. Habitualmente, algumas atividades costumam estar com tempo fora do esperado, seja superior ou até inferior. Neste caso, ajustes especiais são feitos, considerando-se esta variável.

A criação do sistema, que reinventou o processo de apontamento, permitiu a precisão das informações do processo. Assim sendo, foi criado o indicador de Eficiência Hxh, de acordo com a realidade da Empresa X, para medir o desempenho das oficinas, apresentado a seguir.

3.3.4 Indicador de Eficiência Hxh

O indicador de Eficiência Hxh foi desenvolvido internamente na Empresa X, com o objetivo de medir o desempenho dos colaboradores que executam a manutenção dos ativos ferroviários. Possui uma visão individual e coletiva (resultado da oficina). Entende-se por eficiência como o aproveitamento máximo de um sistema, no caso em questão as horas dos colaboradores, o Hxh. O indicador é subdividido em dois outros indicadores, de nome Utilização e *Performance*, detalhados a seguir.

O indicador de Utilização mede o percentual da capacidade total do colaborador em que está efetivamente em trabalho, isto é, o percentual de Horas Produtivas Rentáveis sobre o total de Capacidade Total gerada, no mesmo período. Bandeira (2009) complementa esta definição ao afirmar que qualquer atividade que não esteja ligada à atividade-fim de um processo, agregando valor, não deve ser contabilizada no percentual de Utilização.

A equação (2) resume a fórmula de cálculo:

$$\%\ Utilização = \frac{Horas\ Produtivas\ Rentáveis}{Horas\ Totais} \qquad (2)$$

Em que:

- Horas Produtivas Rentáveis: horas agregadas em Ordens de Serviço (OS)
- Horas Totais: compreende o tempo total de capacidade produtiva

Pode-se interpretar este indicador como sendo um medidor de quantidade, isto é, quanto mais horas produtivas forem geradas no sistema de apontamento, melhor. O valor colocado como alvo para as oficinas de manutenção da empresa atualmente gira em torno dos 50%, o que significa que ser aceitável uma perda de 50% da capacidade nas demais outras horas apresentadas na figura 12.

Embora a quantidade de horas produtivas possa significar bons resultados, isso não garante a eficiência de fato, uma vez que, além da quantidade em horas efetivas de manutenção, é necessária a qualidade desta hora gerada, isto é, a quantidade apontada deve ser o mais próximo possível dos tempos padrões determinados para as atividades (Empresa X). Sob esta perspectiva, que entra o indicador de *Performance*.

O indicador de *Performance* mede o desempenho dos colaboradores dentro das atividades de manutenção, isto é, se os tempos realmente praticados estão de acordo com os tempos padrões determinados. A fórmula de cálculo compreende o quociente do somatório do

tempo padrão de uma sequência de atividades pelo tempo real praticado nas mesmas atividades. A equação (3) demonstra a fórmula do cálculo de *Performance*:

$$\%\,Performance = \frac{\Sigma\,Tempo\ Padrão}{\Sigma\,Tempo\ Real} \qquad (3)$$

Em que:

- Σ Tempo Padrão: somatório do tempo padrão destinado para realizar uma sequência de atividades
- Σ Tempo Real: compreende o tempo total gasto pelos operadores para realizar as mesmas atividades

O alvo ideal do indicador de *Performance* é de 100%, ou seja, espera-se que o tempo total aplicado em uma atividade seja o mesmo do que o esperado, através do tempo padrão. Caso, o tempo real for maior que o tempo padrão, teremos uma aderência inferior a 100%, o que não é o esperado. Esse indicador mede, portanto, a qualidade do apontamento feito pelos colaboradores, pois não adianta o colaborador apontar cinco horas em ordens de serviço, sendo que o tempo planejado para tais horas era a metade. Neste caso, acontecem ganhos em Utilização, mas perdas em *Performance*, prejudicando a Eficiência total do sistema.

Baseado nos conceitos acima, conclui-se que o indicador de Eficiência Hxh busca o aproveitamento máximo da capacidade produtiva, tanto em quantidade como em qualidade da hora apontada. Quanto mais horas produtivas de qualidade forem geradas, mais atividades dentro do prazo correto são executadas, e isto tende a influenciar diretamente na quantidade de vagões liberados da Manutenção para a Operação. Portanto, as equações (4), (5) e (6) ilustram a fórmula de cálculo do indicador de eficiência.

$$\%\,Eficiência = \ Quantidade\ versus\ Qualidade \qquad (4)$$

$$\%\,Eficiência = \%Utilização\ \mathrm{X}\ \%Performance \qquad (5)$$

$$\%\,Eficiência = \frac{Horas\ Produtivas\ Rentáveis}{Horas\ Totais}\mathrm{X}\frac{\sum Tempo\ Padrão}{\sum Tempo\ Real} \qquad (6)$$

Para manter um indicador de eficiência bem estruturado e com bons resultados, não basta ter um sistema e medir os números, é preciso uma equipe capacitada que gerencie este

indicador, além de profissionais que auxiliem as oficinas a alcançarem os bons resultados, ensinando conceitos e metodologias de produtividade aos colaboradores. Desta forma, será apresentada a equipe de produtividade em manutenção da Empresa X, e quais as suas principais atribuições.

3.3.5 Surgimento da Equipe de Produtividade em Manutenção Ferroviária

Conforme citado anteriormente, visando uma cultura de produtividade mais incisiva nas oficinas de manutenção de locomotivas e vagões, a empresa buscou, através dos seus profissionais, criar uma base sistêmica que permitiria evoluções notáveis futuramente, como a criação do sistema de apontamento das atividades realizadas pelos colaboradores, além de parametrizar todas as atividades com tempos padrões, levando a criação de um indicador que controla mutuamente a quantidade e qualidade de hora produtiva apontada.

Entretanto, as ferramentas, por si só, não trariam os resultados e a excelência esperada. À vista disso, criou-se um setor com mão de obra especializada em produtividade, a qual teria a missão de introduzir, acompanhar e transformar os processos produtivos em manutenção, tornando-os mais enxutos e rápidos, isso sem perder o foco na confiabilidade dos ativos e na segurança de operação da manutenção, valor muito prezado pela Empresa X.

A equipe, de nome Engenharia Industrial, é dividida em dois grupos: o primeiro, um centro de controle da produtividade, formado por analistas cujo objetivo é fornecer análises, gerenciar os indicadores de produtividade, além de participarem ativamente do planejamento de manutenção da empresa no curto, médio e longo prazo; o segundo, uma equipe voltada para o campo, formada por especialistas e cujo objetivo é o desenvolvimento de projetos de produtividade dentro das oficinas, com a aplicação de ferramentas de *Lean Manufacturing* e do Sistema Toyota de Produção. A seguir, mais detalhes.

3.3.5.1 Equipe de Controle e Planejamento – Ciclo PDCA

Os profissionais que atuam com o controle da produtividade nas oficinas e o planejamento de capacidade produtiva das mesmas possuem metodologia de gestão pautada no ciclo PDCA, visando melhoria contínua dos processos de manutenção. A figura 13 retrata as principais atividades desta equipe:

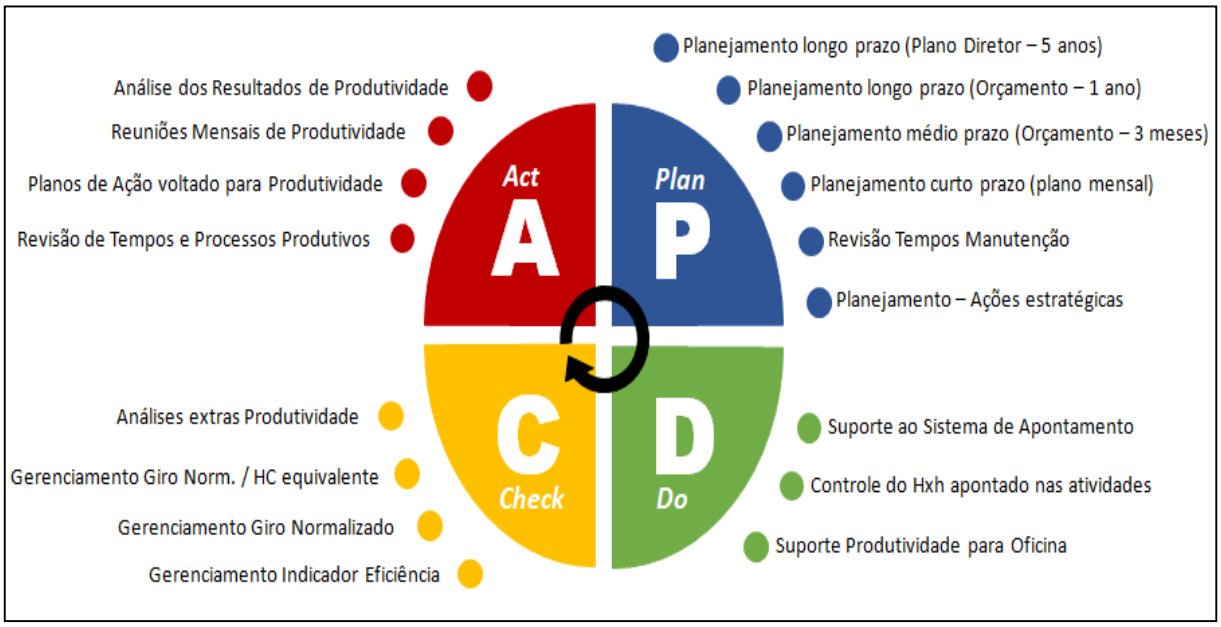

Figura 13: Ciclo PDCA para a Equipe de Produtividade
Fonte: Empresa X (Adaptado)

No primeiro ciclo do PDCA, tem-se a etapa de planejamento, responsável por analisar o cenário de capacidade produtiva das oficinas frente às demandas de manutenção, desde o planejamento mensal (curto prazo) até períodos de cinco anos (longo prazo), com um viés mais estratégico, em linha com as tendências do setor ferroviário. O resultado esperado destas análises é a validação da capacidade produtiva para a demanda esperada e, em caso de superávit ou déficit de capacidade, ações são tomadas para normalização.

Para elucidar as análises de planejamento da capacidade produtiva, um simulador é utilizado, no qual se insere os parâmetros de tempos padrões, a quantidade de cada atividade de manutenção a ser realizada e a capacidade atual disponível, bem como a capacidade efetiva que se pretende adotar (*Horas Produtivas Rentáveis*). Todos esses parâmetros, em conjunto, geram um retorno da capacidade produtiva.

A figura 14 explica de uma forma geral a etapa de planejamento da capacidade produtiva de acordo com a demanda de manutenção. O gráfico da esquerda mostra o histórico do planejamento nos últimos meses, em que a demanda de manutenção prevista para junho será de 48,0%, dentro da capacidade efetiva orçada de 50,0%. Portanto, há uma sobra de capacidade de 2,0%, que pode ser aproveitada pela oficina em outras atividades, como treinamentos. As outras subdivisões percentuais são as outras perdas do processo. O gráfico da direita compara os valores planejados em orçamento (visão anual) com a pré-executiva (visão mensal). O objetivo é visualizar se o orçamento anual vem sendo realizado conforme o esperado. Por exemplo, para o mês de Junho de 2018 foi previsto uma capacidade total de 13.000 Hxh no

Orçamento, sendo que 50% seria efetivo, o que corresponde a 6.500 Hxh. Destes valores, o PCM previu uma demanda de 6.300 Hxh para o mesmo período, o que representa uma utilização meta esperada de 48,46%; ou seja, há uma sobra de 1,54% de capacidade. Já no período de planejamento mensal, quando o mês em questão está mais próximo, a capacidade total prevista foi de 12.500 Hxh, uma queda de 3,8% da capacidade do Orçamento. Essa redução é em função do afastamento de dois colaboradores não esperados. Por fim, a demanda revista pelo PCM para o período é de 6.000 Hxh, o que remete também a uma queda de 4,8% do previsto no Orçamento – essa queda é influenciada por mudanças de estratégias entre Pré-Executiva e Orçamento, além da influência negativa da redução de capacidade. A utilização meta final é, portanto, 48,0%, menor do que a orçada de 48,46%, em função das variações em capacidade e plano descritas acima. Nestas condições, a capacidade atende a demanda de manutenção, e o Plano de Manutenção é oficializado para o mês.

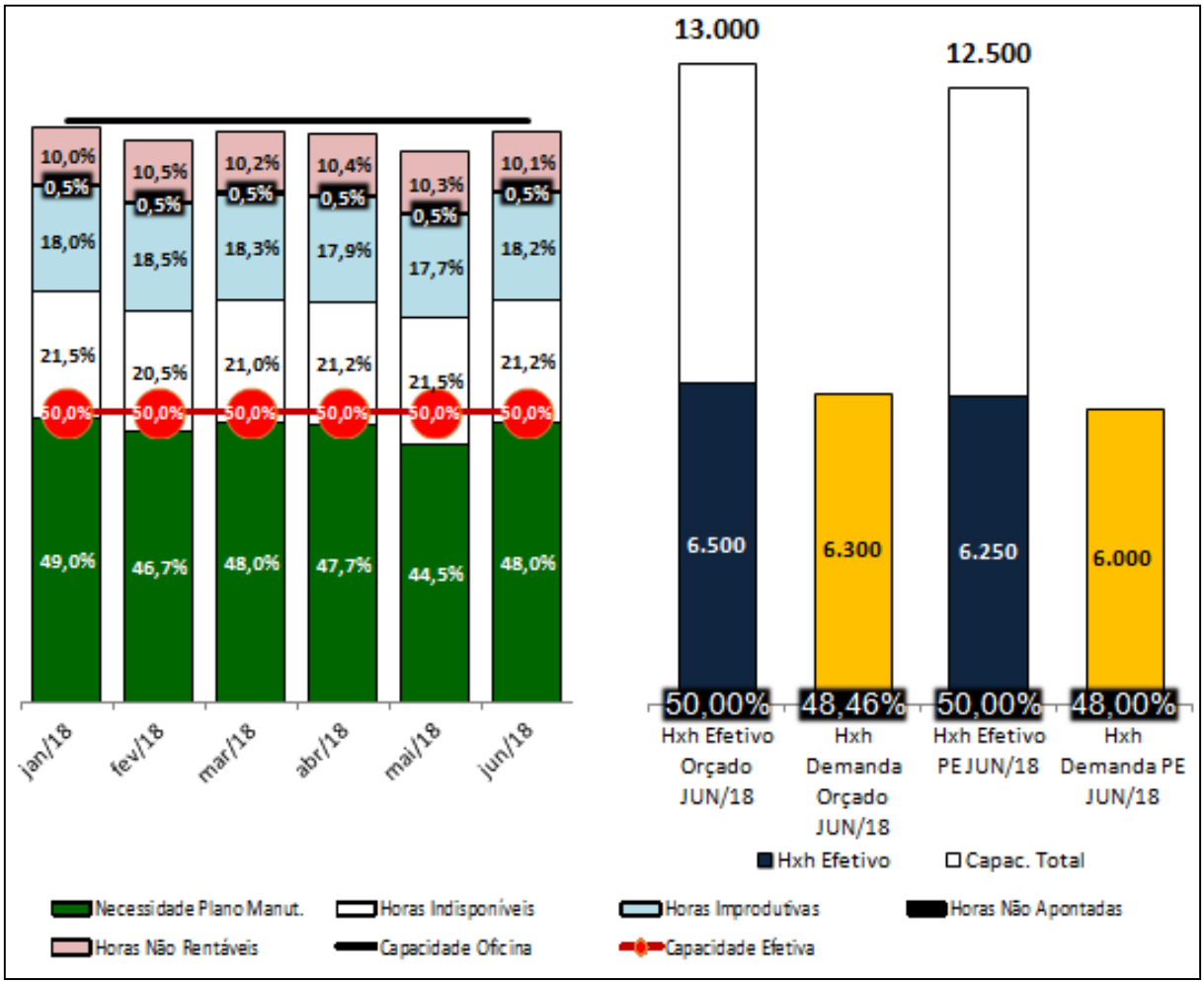

Figura 14: Planejamento da Capacidade Produtiva – Curto Prazo
Fonte: Empresa X (Adaptado)

A segunda etapa do PDCA, de acordo com a figura 13, representa a etapa de execução, na qual a participação da equipe seria em dar o suporte técnico ao sistema de apontamento, além de agir como interface entre oficina e a equipe de planejamento do PCM, no que diz respeito às questões de capacidade produtiva X plano de manutenção.

A terceira etapa do PDCA é o momento de controle do indicador de Eficiência Hxh, sendo que os resultados geram análises específicas que irão embasar a etapa final do ciclo. Nesta etapa também são geradas outras análises, de acordo com as necessidades gerenciais.

Por fim, a quarta etapa do PDCA é o momento de reflexão entre a equipe de produtividade e as oficinas, as quais, juntas, analisam os resultados de produtividade dos últimos meses e quais são os principais *gaps* que devem ser minimizados, visando melhoria contínua do processo. A esta atividade dá-se o nome de "Reunião de Produtividade", um momento de troca de experiências e sugestões, na qual se espera que os aprendizados colhidos reflitam na prática. Para complementar, é gerado um plano de ação para legitimar os compromissos feitos em reunião. Nesta etapa também são realizadas revisões de tempos, caso o tempo padrão não esteja de acordo com a realidade.

Conforme citado no referencial bibliográfico, o segredo do PDCA é manter continuamente o seu uso, para que as melhorias alcançadas possam se tornar mudanças de patamares ao longo do tempo, e desta forma que se evidencia os ganhos em produtividade. Na Empresa X, esse ciclo funciona mensalmente há aproximadamente quatro anos, e todos se adaptaram ao modelo proposto, oficinas e PCM.

A seguir, será abordada a equipe que atua diretamente na linha de frente, isto é, dentro das oficinas, corroborando conceitos que facilitam a inserção da cultura de produtividade no chão de fábrica. Esta atividade recebe o nome de Projeto de Produtividade.

3.3.5.2 Equipe do Projeto de Produtividade

Para que os conceitos de produtividade e manutenção enxuta possam ser absorvidos no chão de fábrica, local aonde a manutenção ocorre de fato, faz-se necessário que profissionais que detém este conhecimento estejam dentro do processo produtivo e, através das percepções de como as atividades ocorrem, buscarem pontos de melhoria e redução do desnecessário, o que vai trazer resultados positivos de Eficiência. Na empresa essa equipe existe e o seu trabalho é conhecido como "Projeto de Produtividade". Basicamente, esta equipe fica em torno de quatro a cinco meses na oficina com a equipe local, e durante este tempo várias atividades são realizadas, visando acelerar a melhoria contínua.

Nas primeiras semanas, o trabalho desta equipe é o de conhecer o processo produtivo na técnica, além de conhecer como ele ocorre na sua forma real. Após esta etapa inicial, tais profissionais traçam planos de ação em diversas frentes, entre as quais se citam:

- **Cultura:** disseminar os conceitos de produtividade e melhoria contínua na liderança da oficina, equipe administrativa e operacional, de forma a proporcionar a mudança de mentalidade de manutenção para produção. Em outras palavras, o colaborador da oficina precisa visualizar o seu processo como algo produtivo, e não oneroso, como normalmente se compara a manutenção. Para isto, algumas ferramentas são aplicadas, pautadas no Sistema Toyota de Produção e no *Lean Manufacturing*. São elas: auditorias educativas mensais dos processos; realização da semana Kaizen, cujo objetivo é melhorar o fluxo de valor da manutenção, reduzindo o desperdício e tornando o processo produtivo mais objetivo; e, por fim, implantação da filosofia 5S, para tornar os colaboradores mais conscientes com práticas enxutas;

- **Materiais:** melhorar o fluxo de disponibilização de materiais na oficina para diminuição de perdas com deslocamentos e pausas desnecessárias;

- **Sequenciamento das Atividades:** propor uma sequência lógica de trabalho, de modo a permitir uma elevada utilização da mão de obra e de equipamentos, e minimizar o tempo em vazio;

- **Programação e Controle da Mão de Obra:** definição de um processo de programação de Ordem de Serviços para a Mão de Obra disponível, propiciando condições de trabalho entre os mantenedores, gerando um ambiente laboral seguro e com entregas confiáveis, minimizando o tempo de execução das atividades;

- **Planejamento e Controle da Produção:** criação de um fluxo de processo de programação com a padronização do trabalho do digitador, programador e perito (profissional que realiza o checklist das atividades a serem feitas em

cada vagão antes do mesmo entrar em manutenção), além do gerenciamento visual.

Para que o processo de adaptação da cultura de produtividade nas oficinas tenha sucesso, uma etapa, e não menos importante, ainda é necessária: criar motivação nos colaboradores a cumprir os objetivos propostos acima. Sem a determinação de todos os colaboradores, isso não será possível, conforme descrito a seguir.

3.3.6 Adaptação à cultura de Produtividade – Ferramentas adicionais

Neste capítulo foram apresentadas todas as ações realizadas em busca de mudança de patamares de produtividade. Toda esta metodologia aplicada somente terá sucesso se toda a equipe estiver engajada na busca por melhores índices de produtividade. A seguir serão abordados alguns programas realizados pela Empresa X, visando um maior comprometimento e motivação dos colaboradores:

- Desdobramento de metas: o indicador de eficiência é colocado como alvo de toda a equipe, desde o mantenedor até o gestor;
- Treinamentos constantes para aprimoramento do sistema de apontamento;
- Reconhecimento para os colaboradores com melhores índices de produtividade;
- Criação de comitês de produtividade, equipes que acompanham os colaboradores diariamente e tiram dúvidas acerca dos processos.
- Premiação dos colaboradores por ideias que melhorem os processos produtivos;

3.4 PRODUTIVIDADE: ANÁLISE DOS PROCESSOS IMPLANTADOS

Nos subcapítulos anteriores foram apresentadas as metodologias aplicadas nas oficinas de vagões, com o intuito de aprimorar os conceitos de produtividade nos processos de manutenção ferroviária. A seguir, serão apresentados alguns indicadores analisados pelo acadêmico que mostram os ganhos alcançados desde a implantação do sistema de apontamento

automático até os dias atuais. O período considerado para análise serão os anos de 2014 a 2017, com ênfase nas oficinas de vagões.

3.4.1 Indicador de Giro Normalizado

Para introduzir o indicador de Giro Normalizado, antes se faz necessário elucidar o indicador de Giro de Manutenção, que consiste na quantidade média de vagões liberados por dia de trabalho, em cada oficina. Neste indicador, o foco está na quantidade liberada, isto é, entregues da Manutenção para a Operação, sem preocupar-se com o teor dos escopos de manutenção envolvidos. A equação (7) representa o cálculo do Giro de Manutenção:

$$Giro\ de\ Manutenção = \frac{Quantidade\ Total\ Vagões\ Liberados}{Dias\ de\ Trabalho} \qquad (7)$$

Por exemplo, na Oficina 01 em janeiro de 2017 foram liberados 165 vagões, desde corretivas até preventivas pesadas. Como a oficina teve 22 dias de trabalho neste mês (funcionam apenas escalas administrativas), o Giro de Manutenção neste mês foi de 7,50 vagões/dia. A Oficina 02, entretanto, apresentou um cenário diferente: foram 679 vagões liberados no mesmo período. Considerando 31 dias de trabalho (opera em escala de 24 horas), o Giro de Manutenção foi de 21,91 vagões/dia, aproximadamente três vezes superior à oficina 01. Ao analisar tal indicador, conclui-se, inicialmente, que a Oficina 02 é superior à Oficina 01 pela quantidade superior de vagões liberados. No ano de 2017 a média de giro de manutenção na Oficina 01 pairou sobre 6,90 vagões/dia, enquanto que na Oficina 02 foi de 20,92 vagões/dia. A figura 15 mostra este cenário durante todo o ano de 2017.

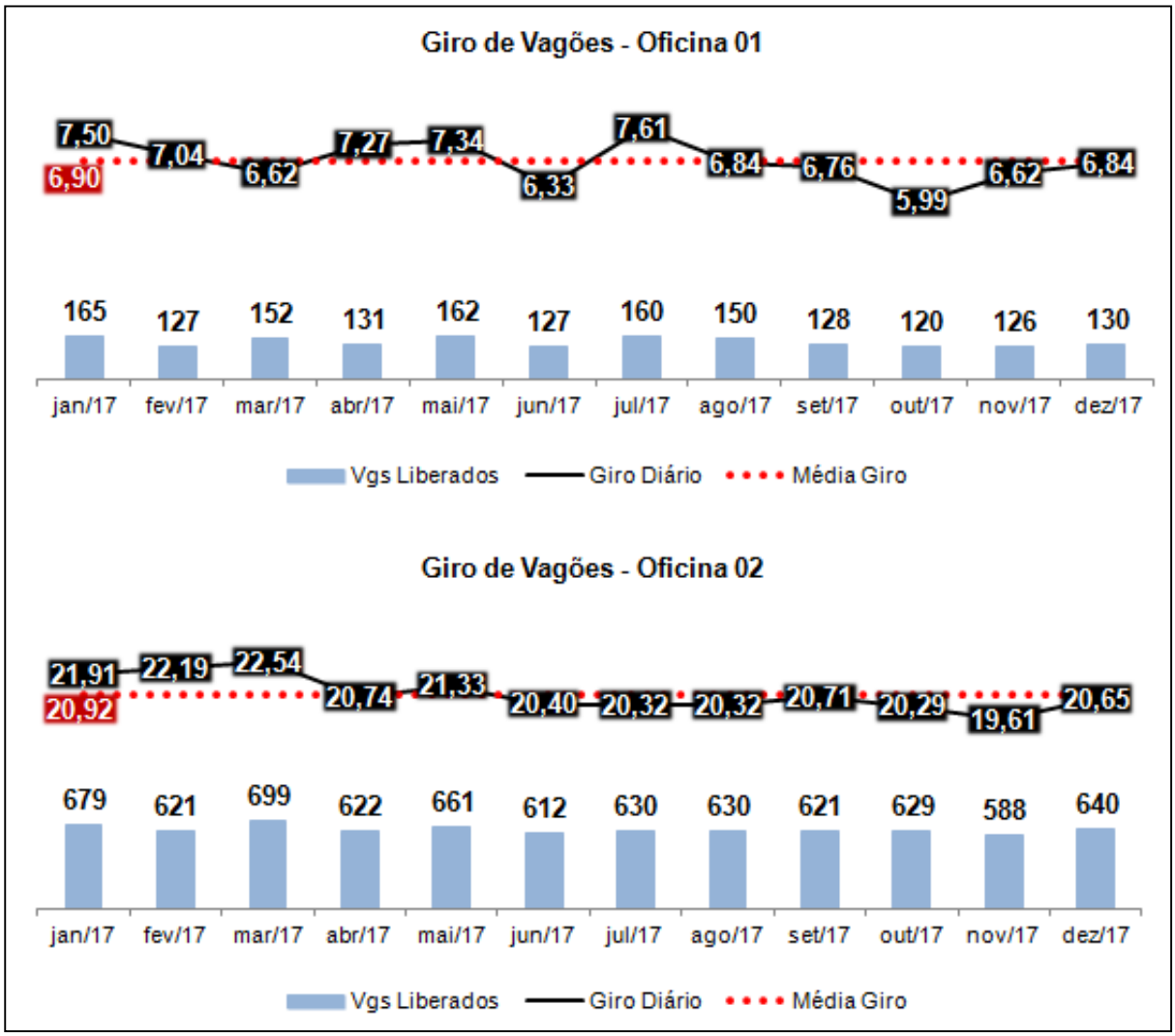

Figura 15: Giro de Manutenção – Oficinas 01 e 02 – 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Entretanto, cada oficina possui um perfil diferenciado de manutenção: a Oficina 01 opera com escopos de manutenção relativamente mais complexos que a Oficina 02, o que tende a gastos superiores de tempo na realização das atividades. A figura 16 apresenta as mesmas liberações de ativos do ano de 2017, estratificadas pelos escopos de manutenção. Nota-se que grande parte das liberações da Oficina 01 está concentrada nas revisões pesadas e nas revisões leves, enquanto que aproximadamente a metade das liberações da Oficina 02 são as corretivas, que normalmente demandam tempo inferior às revisões. Para comprovar matematicamente esta hipótese de que o escopo influencia diretamente nas liberações de vagões, é apresentado o indicador de Giro Normalizado, cujo objetivo é equiparar os resultados de cada oficina a um mesmo fator.

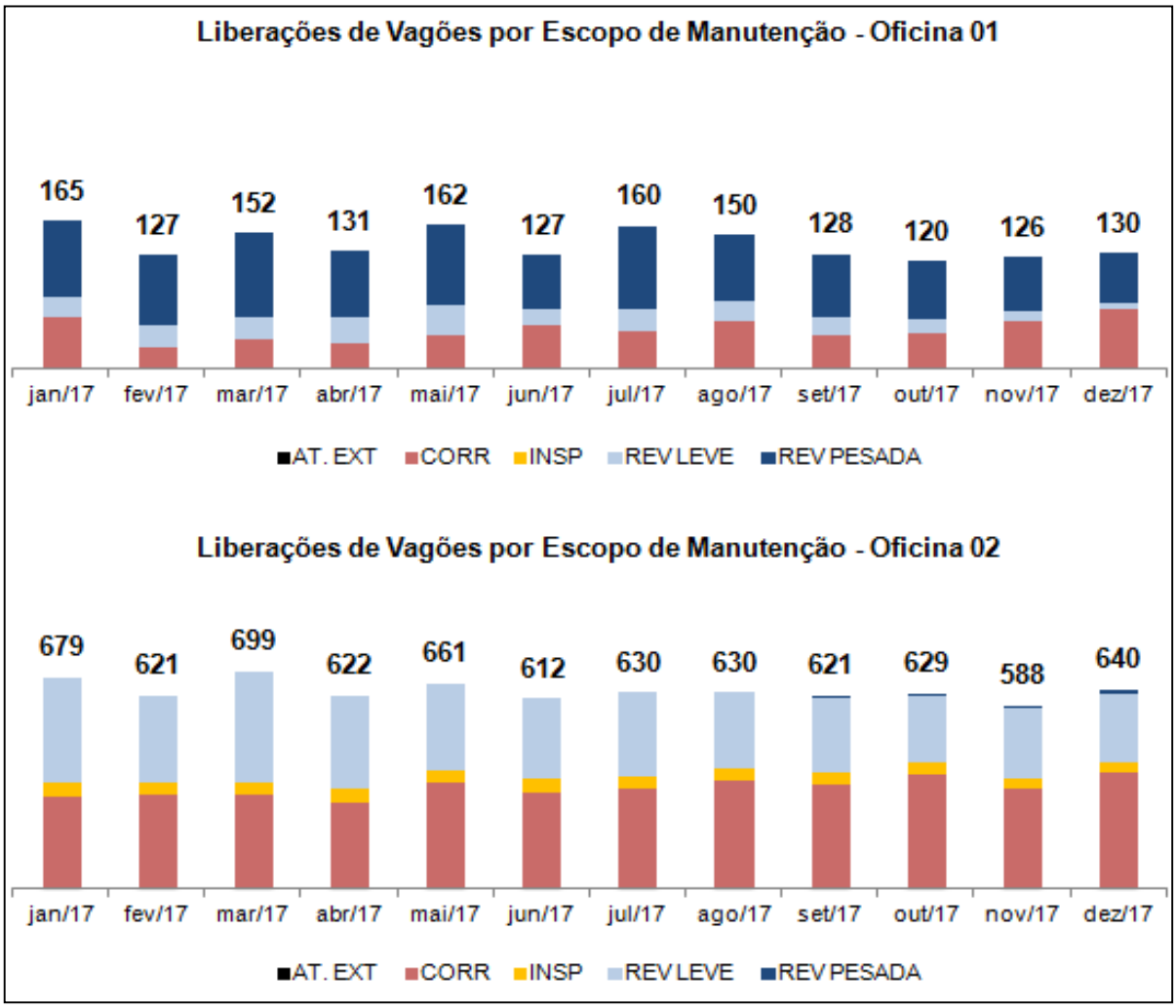

Figura 16: Giro de Manutenção por Escopo – Oficinas 01 e 02 – 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

O Giro Normalizado consiste em equiparar os variados escopos de manutenção das oficinas num único escopo, definido como Vagão Padrão, com tempo de 10 Hxh/unidade. Ou seja, se uma revisão pesada possui tempo padrão de 30 Hxh, quando for liberada será similar a três Vagões Padrões. A equação (8) apresenta o cálculo do giro normalizado:

$$Giro\ Normalizado = \frac{\left(\frac{\sum Hxh\ Padrão\ Entregue}{Taxa\ Vagão\ Padrão}\right)}{Dias\ de\ Trabalho} \quad (8)$$

Conforme citado, a Oficina 01 liberou 165 vagões em Janeiro de 2017. Ao somar cada Hxh Padrão destas liberações, chega-se a 4.581 Hxh. Dividindo este somatório pela taxa padrão (10 Hxh Padrão/Liberação) e pelos dias de trabalho, encontra-se um Giro Normalizado de 20,82 Vagões Padrões/dia. Já para a Oficina 02, cuja liberação em Janeiro de 2017 foi de 679 vagões,

o montante de Hxh Padrão é de 6.873 Hxh, e repetindo o cálculo encontra-se um Giro Normalizado de 22,17 Vagões Padrões/dia. Ou seja, apesar da diferença de Giro de Manutenção entre tais oficinas ser de três vezes, o Giro Normalizado é bem próximo (20,82 contra 22,17), pois considera o teor das manutenções realizadas. As manutenções feitas na Oficina 01 são maiores e mais complexas do que as realizadas na Oficina 02, e estas diferenciações devem ser consideradas numa eventual comparação.

A figura 17 apresenta o comparativo do Giro Normalizado das Oficinas 01 e 02. Nota-se que a média anual é praticamente igual entre as oficinas – 22,54 e 22,36 para as oficinas 01 e 02, respectivamente. Portanto, concluem-se que a Oficina 02 liberou três vezes mais vagões que a Oficina 01 porque esta realizou escopos de manutenção três vezes mais complexos que a Oficina 02.

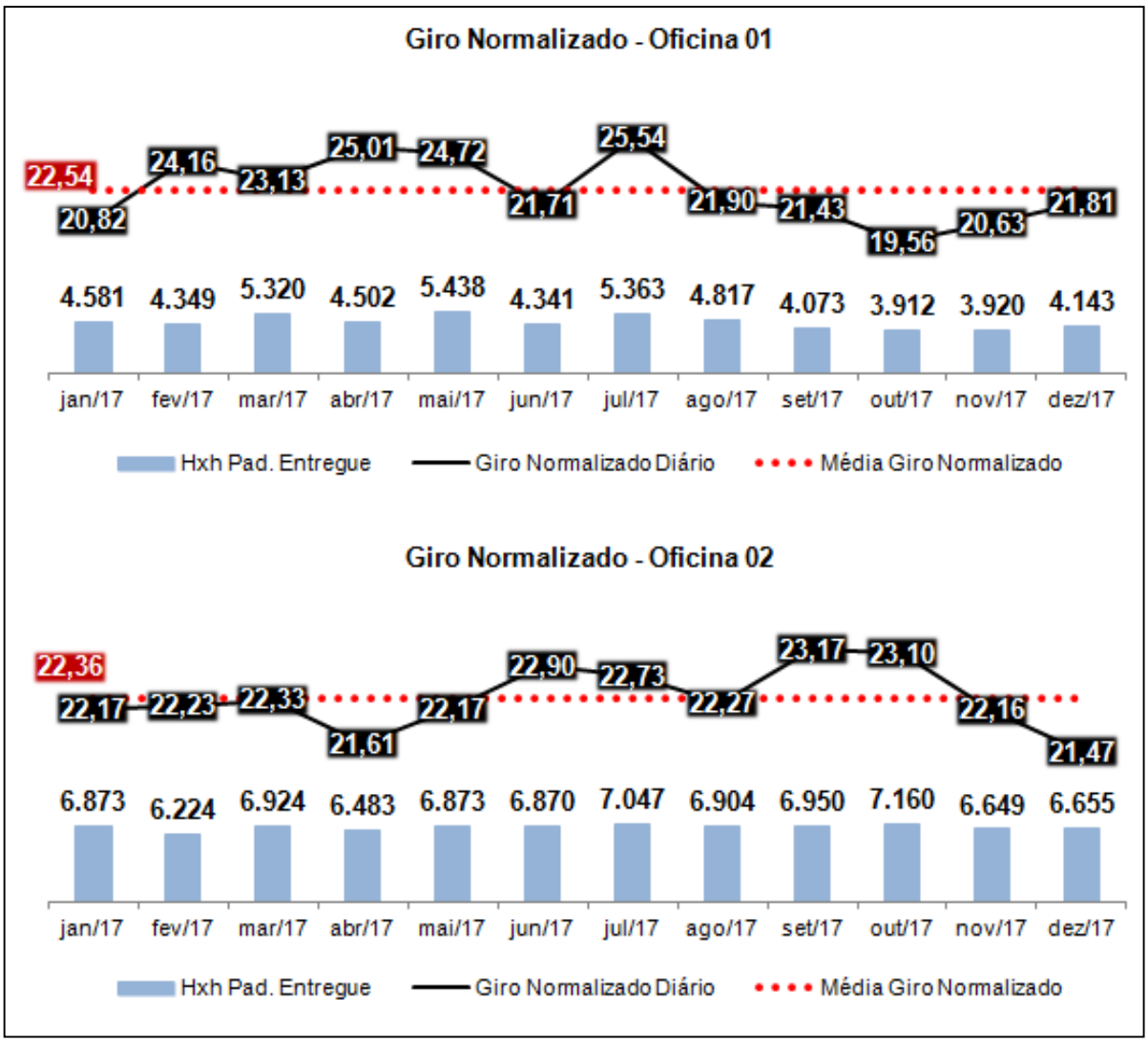

Figura 17: Giro Normalizado de Manutenção – Oficinas 01 e 02 – 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

O indicador de Giro Normalizado, portanto, é um bom indicador para comparar diferentes oficinas da Empresa X, com diferentes escopos de manutenção. Entretanto, ele não exprime a produtividade individual dos mantenedores. Neste cenário, outro indicador é necessário, que consiste numa adaptação do Giro Normalizado, que se intitula Giro Normalizado por Mantenedor, a ser apresentado no item seguinte.

3.4.2 Indicador de Giro Normalizado por Mantenedor

O indicador de Giro Normalizado consiste em equalizar as oficinas, tornando-as comparáveis entre si. Além deste indicador, pode-se realizar uma comparação do giro normalizado de cada mantenedor, isto é, quanto em média cada colaborador produz, em Vagão Padrão. O indicador de Giro Normalizado por Mantenedor pode ser considerado como um medidor de produtividade individual. Sendo assim, em conjunto com o indicador de Eficiência Hxh, atua como um importante direcional para a alta administração de qual departamento precisa de um maior investimento e, consequentemente, um Projeto de Produtividade para otimizar os resultados.

Antes de calcular o Giro Normalizado por Mantenedor, é preciso calcular o Headcount Equivalente (HC), isto é, a quantidade média de mantenedores por mês. A equação (9) apresenta a fórmula de cálculo:

$$HC\ Equivalente = \frac{\sum Hxh\ Capacidade\ Total\ Real}{Hxh\ Médio\ por\ Mantenedor} \qquad (9)$$

Em que:

Hxh Capacidade Total Real: Hxh total apontado no sistema por mês

Hxh Médio por Mantenedor: Hxh apontado por cada colaborador em um mês

De posse do HC Equivalente, calcula-se o Giro Normalizado por Mantenedor, descrito pela Equação (10):

$$Giro\ Normalizado\ por\ Mantenedor = \frac{Giro\ Normalizado}{HC\ Equivalente}\ x\ Dias\ de\ Trabalho \qquad (10)$$

Enquanto o Giro Normalizado sugere-se a visualização diária, para o Giro Normalizado por Mantenedor adota-se o período mensal ou anual, pois a visualização diária

trariam números irrisórios. Os quadros 4 e 5 mostram o cálculo deste indicador para o ano de 2017, nas Oficinas 01 e 02, respectivamente.

Mês/Ano	Hxh Total	Hxh/HC	HC Equivalente	Giro Normalizado	Dias de Trabalho	Giro Normalizado por Mantenedor
Jan/2017	11.045	208	53	20,82	22	8,63
Fev/2017	8.541	170	50	24,16	18	8,66
Mar/2017	11.407	217	52	23,13	23	10,14
Abr/2017	9.708	170	57	25,01	18	7,89
Mai/2017	11.727	208	56	24,72	22	9,64
Jun/2017	10.782	189	57	21,71	20	7,61
Jul/2017	10.901	199	55	25,54	21	9,77
Ago/2017	10.796	208	52	21,90	22	9,28
Set/2017	8.597	180	48	21,43	19	8,51
Out/2017	9.851	189	52	19,56	20	7,51
Nov/2017	8.421	180	47	20,63	19	8,36
Dez/2017	8.668	180	48	21,81	19	8,58
Total	**120.445**	**191,8**	**628**	**22,54**	**243**	**8,72**

Quadro 4: Giro Normalizado por Mantenedor – Oficina 01 – 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Mês/Ano	Hxh Total	Hxh/HC	HC Equivalente	Giro Normalizado	Dias de Trabalho	Giro Normalizado por Mantenedor
Jan/2017	13.674	185	74	22,17	31	9,30
Fev/2017	12.975	167	78	22,23	28	8,02
Mar/2017	14.273	185	77	22,33	31	8,98
Abr/2017	13.524	179	76	21,61	30	8,59
Mai/2017	14.301	185	77	22,17	31	8,90
Jun/2017	14.879	179	83	22,90	30	8,27
Jul/2017	15.233	185	82	22,73	31	8,56
Ago/2017	15.289	185	83	22,27	31	8,36
Set/2017	14.511	179	81	23,17	30	8,58
Out/2017	15.297	185	83	23,10	31	8,66
Nov/2017	14.841	179	83	22,16	30	8,02
Dez/2017	15.396	185	83	21,47	31	8,00
Total	**174.193**	**181,6**	**959**	**22,36**	**365**	**8,51**

Quadro 5: Giro Normalizado por Mantenedor – Oficina 02 – 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Ao analisar os quadros 4 e 5, podem-se ter as seguintes observações:

- As oficinas possuem escalas de trabalho diferenciadas – a primeira trabalha no regime administrativo (mais Hxh/HC) enquanto que a segunda opera em turnos de revezamento, operando por 24 horas;

- O Giro de Manutenção por Mantenedor segue a tendência ilustrada no Giro Normalizado: a Oficina 01 apresenta uma produtividade individual de 8,72 Vagões-Padrão/Mantenedor/Mês, enquanto que a Oficina 02 apresenta uma produtividade de 8,51 Vagões-Padrão/Mantenedor/Mês.

Portanto, com os dados analisados conclui-se que as Oficinas 01 e 02 tiveram um índice de produtividade semelhante no ano de 2017, tanto individualmente (mantenedor) quanto coletivamente (departamento). A seguir serão apresentados os resultados das oficinas de vagões dos anos de 2014 a 2017, com o objetivo de avaliar os ganhos de eficiência e produtividade ao longo dos anos.

3.4.3 Analise dos Indicadores de Produtividade (2014 a 2017)

Neste capítulo será apresentada uma análise de cada oficina de manutenção de vagão, pautado nos indicadores de produtividade apresentados. Em seguida, uma análise dos ganhos operacionais com a implementação do conceito de produtividade nas oficinas.

3.4.3.1 Análise das Oficinas de Vagões

A figura 18 apresenta o histórico da Oficina 01. No início das medições, em 2014, a média de eficiência foi inferior a 30%, um valor abaixo do esperado para as oficinas, de 50%. Este resultado ocorreu em função do baixo resultado de *performance*, com média anual de 60%; a Utilização estava em um patamar esperado, com média de 47%. O resultado ruim de *performance* é vinculado ao primeiro ano de medições da produtividade das oficinas, na qual muitos *gaps* e oportunidades de melhoria foram encontrados nos processos de manutenção. Além disso, algumas atividades realizadas estavam com os tempos padrões sem precisão.

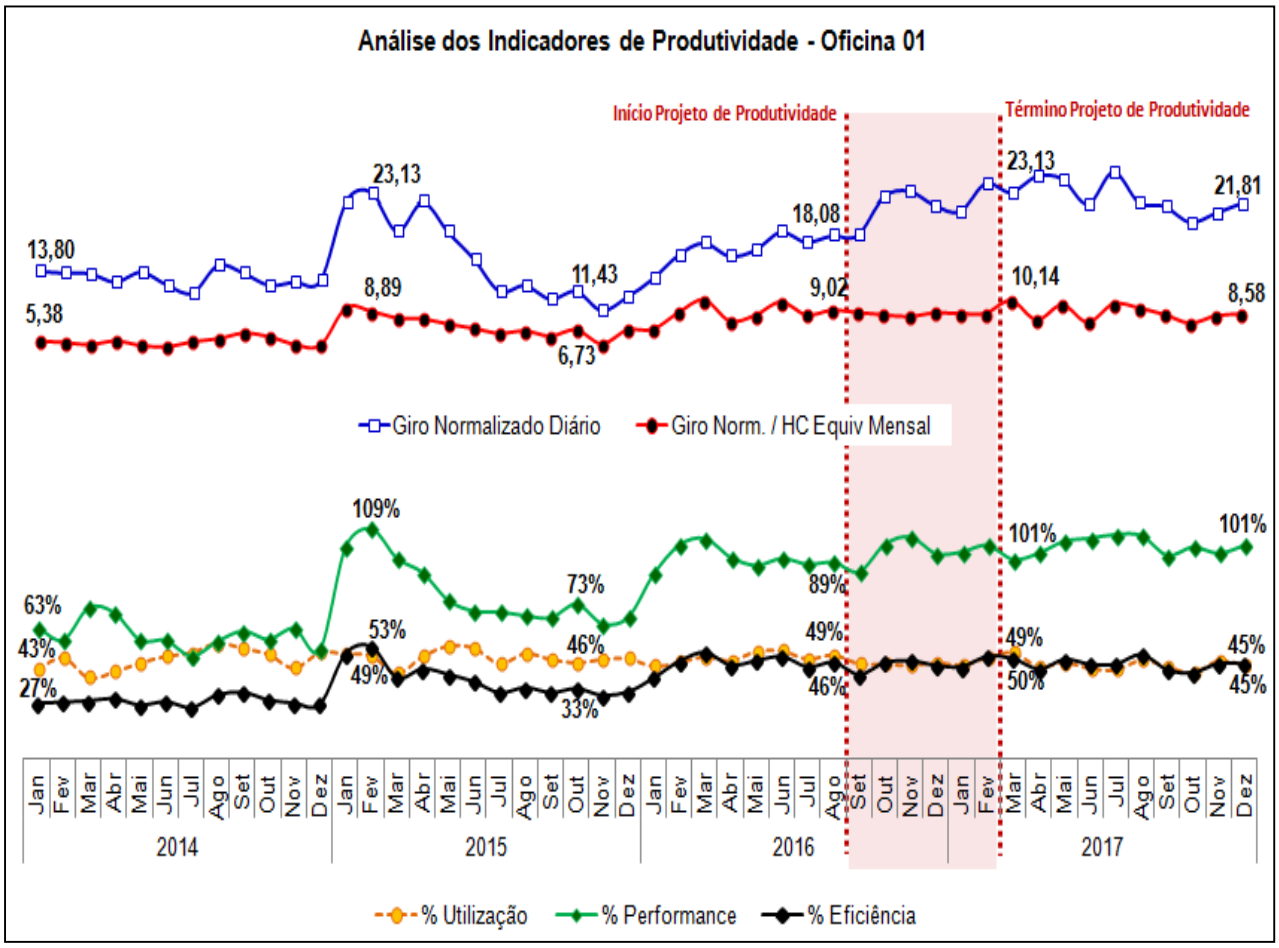

Figura 18: Análise de Produtividade – Oficina 01 – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

A instabilidade dos indicadores de eficiência e giro normalizado da Oficina 01, na figura 18, foram fatores preponderantes para a realização de um projeto de produtividade, iniciado em setembro de 2016 e encerrado em fevereiro de 2017. A atuação do projeto resultou em melhorias nos indicadores: estabilidade da *performance* próxima a faixa de 100%, e com uma utilização de 49% atingiu-se um patamar de eficiência de 50%; melhoria do giro normalizado de 18,08 para 23,13 vagões padrões/dia; melhoria da produtividade individual de 9,02 para 10,14 vagões padrões/mês. Entretanto, a quantidade de vagões liberados cai de 149 (Ago/16) para 127 (Fev/17): esta queda pode ser explicada pelo aumento da complexidade da manutenção dos ativos – aumento de 50% nos escopos mais pesados. Por fim, ressalta-se a melhoria da produtividade por mantenedor nos últimos anos, partindo de 5,38 vagões padrões/mês em janeiro de 2014 para 8,58 vagões padrões/mês em dezembro de 2017, o que permitiu absorver o aumento na demanda de atividades em 40% nestes quatro anos – considerando um comparativo dos biênios 2014-15 e 2016-17.

A figura 19 apresenta o histórico da Oficina 02, a oficina que mais apresentou estabilidade durante os quatro anos de medição. Iniciou com os melhores índices de giro normalizado, giro normalizado por mantenedor e o indicador de eficiência, cuja *performance* inicial era a mais próxima de 100%, com aderência de 86%. Entretanto, ao longo do período sua evolução foi menos significativa do que nas demais oficinas de vagões: aumento de 30% na produtividade individual (6,13 para 8,00 vagões padrões/mês/mantenedor); aumento de 38% no giro normalizado (15,56 para 21,47 vagões padrões/dia); quanto ao indicador de eficiência, teve-se uma redução de patamar em 2017 comparado aos anos anteriores, principalmente na aderência aos tempos padrões (*performance*), de forma que tornou-se necessária a realização de um Projeto de Produtividade no departamento para reduzir as perdas de processo e alavancar os resultados. O Projeto iniciou-se em maio de 2018 e tem previsão de encerramento no mês de outubro de 2018.

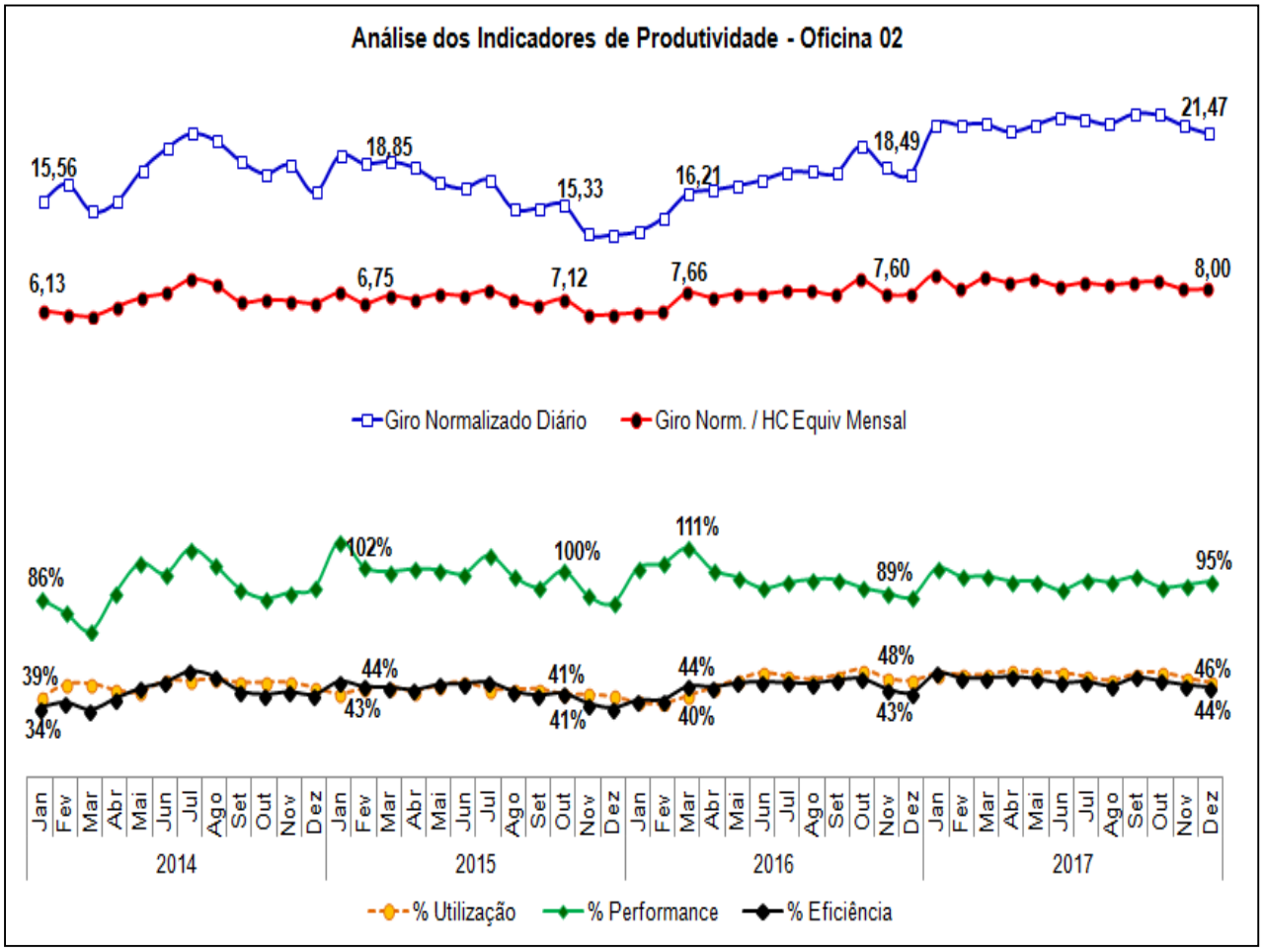

Figura 19: Análise de Produtividade – Oficina 02 – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Por fim, apresentam-se os resultados da terceira oficina de manutenção de vagão da Empresa X, até então não retratada neste trabalho. Enquanto as duas primeiras atuam diretamente na manutenção dos vagões que transportam o minério de ferro, principal produto da empresa, nesta oficina se realiza as manutenções dos demais vagões, os responsáveis por transportar as cargas gerais, produto secundário da Empresa X. Inicialmente, os resultados eram nada favoráveis e o departamento possuía baixa aderência à *performance*. Este fator era um agravante, pois por determinação estratégica da alta administração, a busca por soluções alternativas de transporte era forte, aumentando a necessidade de manutenções de vagões de carga geral. A figura 20 traz o histórico de produtividade da Oficina 03.

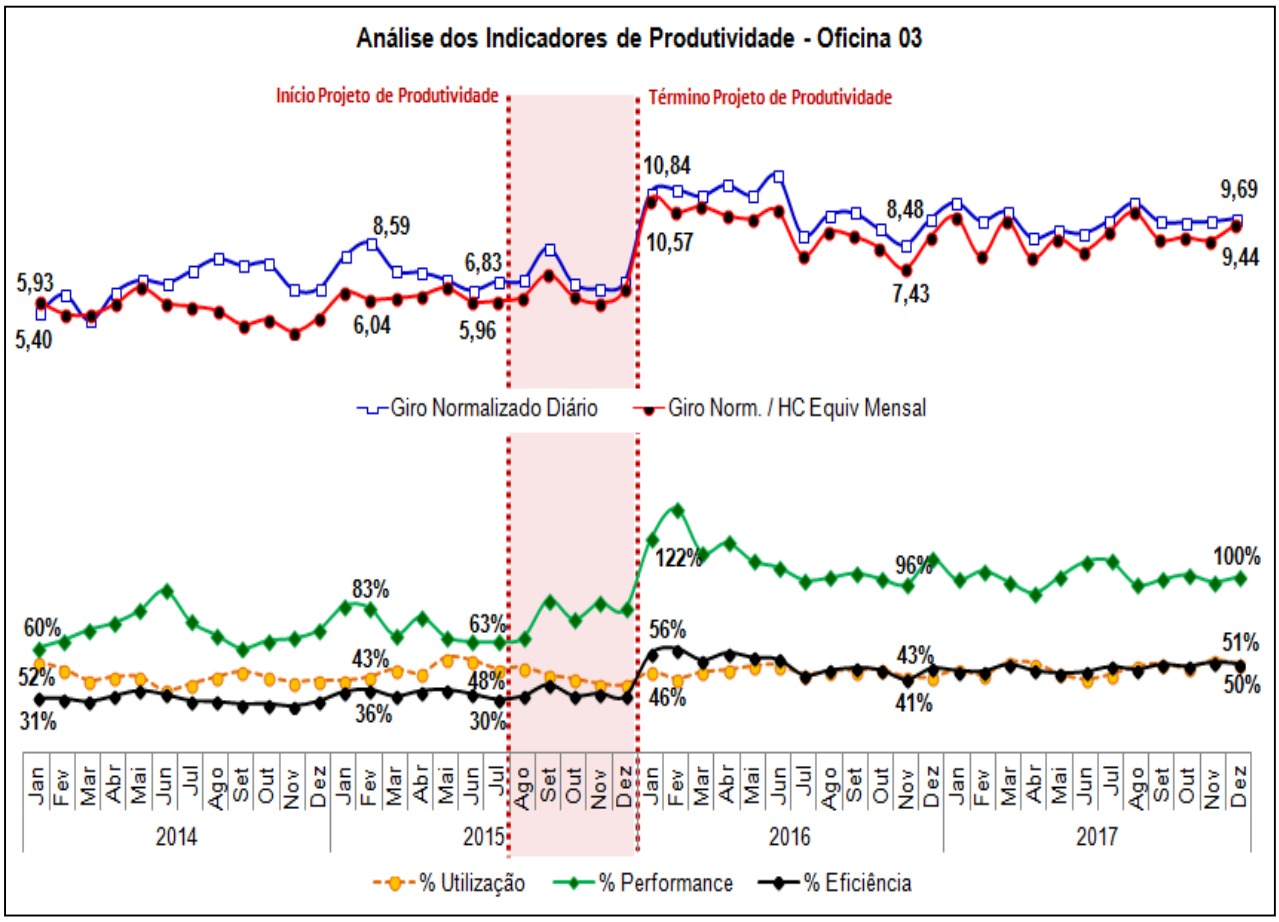

Figura 20: Análise de Produtividade – Oficina 03 – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Observa-se na figura 20 a realização de um Projeto de Produtividade na Oficina 03 no segundo semestre de 2015, que mudou significativamente os resultados da oficina: a média de liberações passou de 183 vagões/mês no biênio 2014-15 para 223 vagões/mês no biênio 2016-17; o giro normalizado passou de 5,40 para 9,69 vagões padrões/dia – aumento de 79%;

aumento de 59% na produtividade individual (5,93 para 9,44 vagões padrões/mês/mantenedor); por fim, aumento da eficiência de 31% para 50%, tornando a oficina apta a absorver novas demandas e desafios de manutenção.

Foram apresentados os cenários de cada oficina em função dos indicadores de produtividade. No próximo item serão apresentados os resultados acumulados das oficinas de vagões e uma análise do ganho operacional neste período de análise.

3.4.3.2 Ganhos Operacionais com os avanços em Produtividade

Após a análise das metodologias aplicadas visando à busca por produtividade e a apresentação dos indicadores que mostraram os ganhos em cada departamento, surge o seguinte questionamento: e se fosse possível medir um ganho operacional no período, qual seria? Caso a produtividade ao longo dos quatro anos de análise permanecesse a mesma, sem melhorias, quais seriam os impactos?

Sob estes questionamentos, o acadêmico analisou o cenário da seguinte forma: mantendo a produtividade individual medida no ano inicial (2014) para os anos posteriores de análise (2015 a 2017), os resultados são significativos, apresentado pela figura 21.

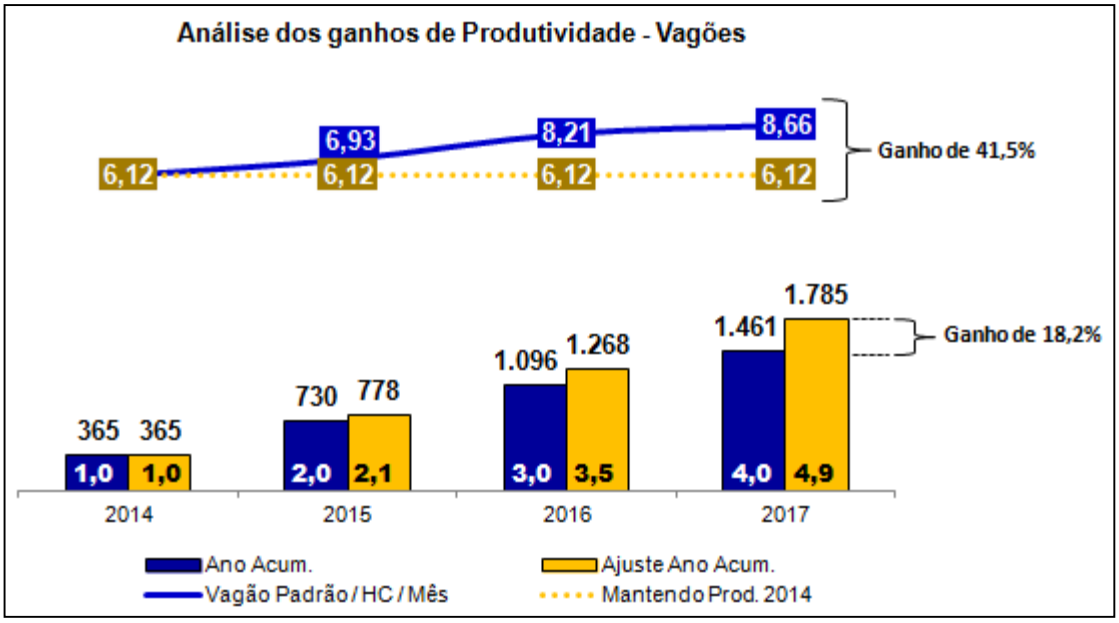

Figura 21: Ganhos Operacionais – Oficina de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: O Autor.

A produtividade média individual medida no ano de 2014 foi de 6,12 vagões padrões/mantenedor/mês. Em 2017, por exemplo, a produtividade individual média foi de 8,66

vagões padrões/mantenedor/mês, 41,5% superior ao ano de 2014. Sobre estes dados, simulou-se quanto tempo a mais seriam necessários para cumprir toda a demanda do quadriênio (2014-17), mantendo a produtividade de 2014. Os quatro anos de análise representam 1461 dias, e seriam necessários mais 324 dias para cumprir a demanda, caso não existissem os avanços em produtividade. Aproximadamente um ano a mais de manutenção – 11 meses, o que representa um ganho operacional de 18,2%, sobre o tempo total. Estes 11 meses que foram "economizados" puderam ser aproveitados em outras demandas de manutenção, visando manter a empresa competitiva e de acordo com as necessidades do mercado.

Para encerrar a etapa de análise, apresenta-se o gráfico de evolução acumulado das oficinas de vagões, na figura 22.

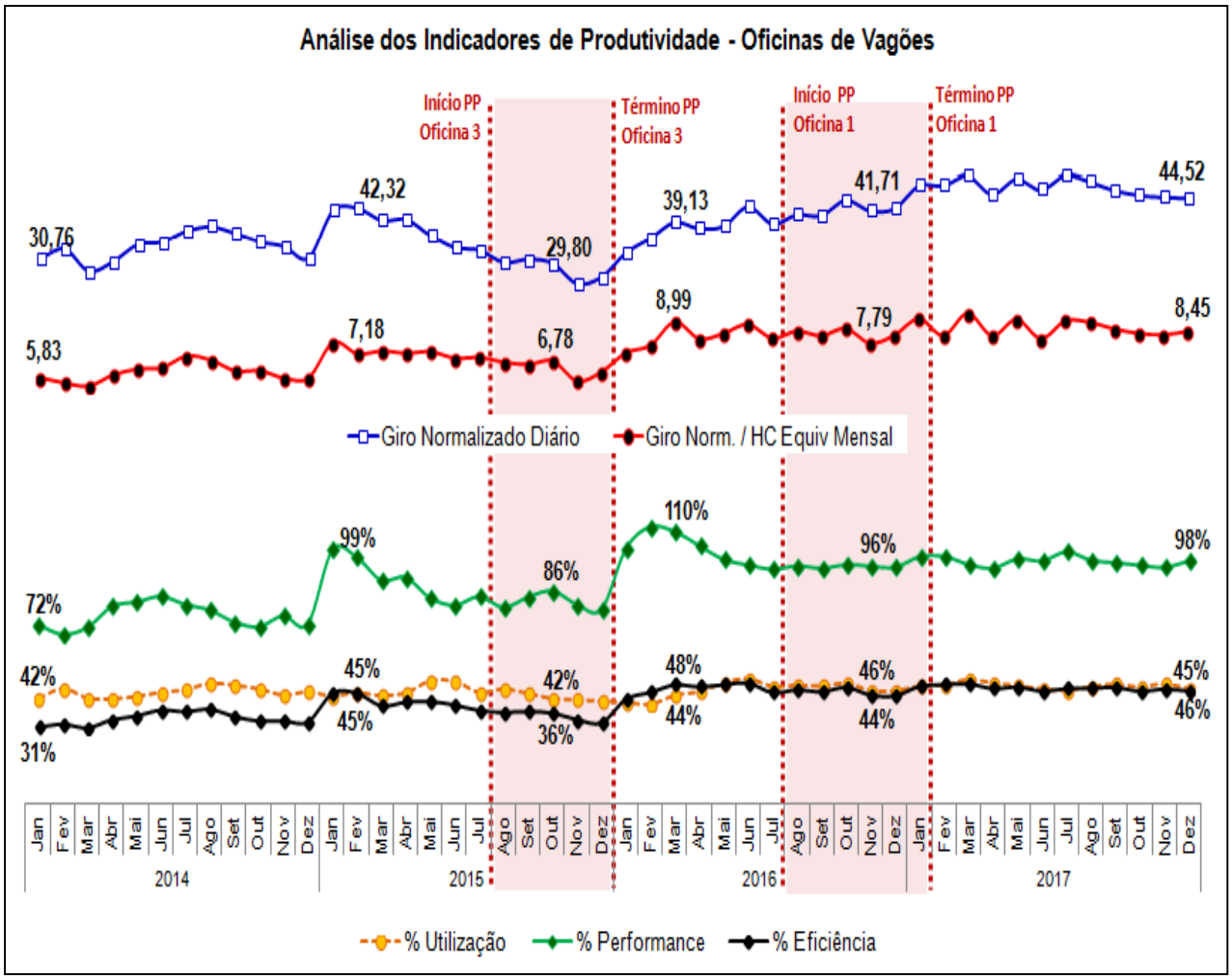

Figura 22: Análise de Produtividade – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Para cada projeto de Produtividade realizado, ocorreram impactos nos resultados globais. Com relação ao projeto realizado na oficina 03, encontra-se o ganho no Indicador de *performance*, pois o grande desafio deste projeto foi a aproximação dos tempos reais aos tempos padrões pré-determinados para a Oficina 03. Já no projeto realizado na oficina 01 nota-se um ganho do Giro Normalizado, uma vez que neste projeto o objetivo era aumentar a capacidade de demanda desta oficina, para atender um grande projeto de recuperação das chapas laterais dos vagões. Entretanto, houve aumento de colaboradores, por isso se percebe a estabilidade do Giro Normalizado/Mantenedor frente ao Giro Normalizado.

Pelas considerações acima, pode-se fazer uma observação interessante: os indicadores de Giro Normalizado, o Giro Normalizado por Mantenedor e a Eficiência Hxh não necessariamente são proporcionais, dependem do cenário que ocorre em cada oficina. Pode-se melhorar a *performance* sem aumentar a demanda, desta forma aumenta-se o resultado de *performance* sem interferência direta no giro normalizado. Simultaneamente, pode-se aumentar o giro normalizado sem necessariamente aumentar o giro normalizado/mantenedor, desde que novos colaboradores entrem no processo. Portanto, além da visão quantitativa, é preciso um olhar qualitativo nas análises.

Embora os gráficos apresentados na figura 22 mostrem um ganho de produtividade de 44% no coletivo (aumento do giro normalizado de 30,76 vagões padrões/dia em jan/2014 para 44,52 vagões padrões/dia em dez/2017) e de 45% na produtividade individual (aumento no giro normalizado por mantenedor de 5,83 vagões padrões/mantenedor/mês em jan/2014 para 8,45 vagões padrões/mantenedor/mês em dez/2017), ao analisar a quantidade anual de liberações no quadriênio analisado percebe-se uma queda. Justificativas para este caso serão feitas no capítulo final, resultados encontrados, disposto a seguir.

4. RESULTADOS ENCONTRADOS

Anteriormente, apresentaram-se os ganhos de produtividade nas oficinas de manutenção, entretanto a quantidade de vagões liberados tiveram reduções no período. Como foi possível aumentar a produtividade sem refletir diretamente no giro de vagões acumulado ao longo dos anos?

4.1 ANÁLISE DO GIRO DE MANUTENÇÃO

Neste item serão apresentados os aspectos que nortearam a diminuição da liberação de vagões ao longo do período de análise, apresentado pela figura 23. Em 2014, foram liberados 13.019 vagões, média de 35,7 vagões/dia; em 2015 aconteceu a maior redução, de 12%, com um total de 11.489 vagões, média de 31,5 vagões/dia; em 2016, mais uma redução de 3%, com um total de 11.146 vagões, média de 30,5 vagões/dia; em 2017, entretanto, houve um aumento de 8%, com a liberação total de 12.030 vagões, média de 33,0 vagões/dia.

Analisando as liberações por escopo, percebe-se que as inspeções e corretivas não tiveram redução, pelo contrário, tiveram aumento; as reduções estão concentradas nas preventivas, leves e pesadas.

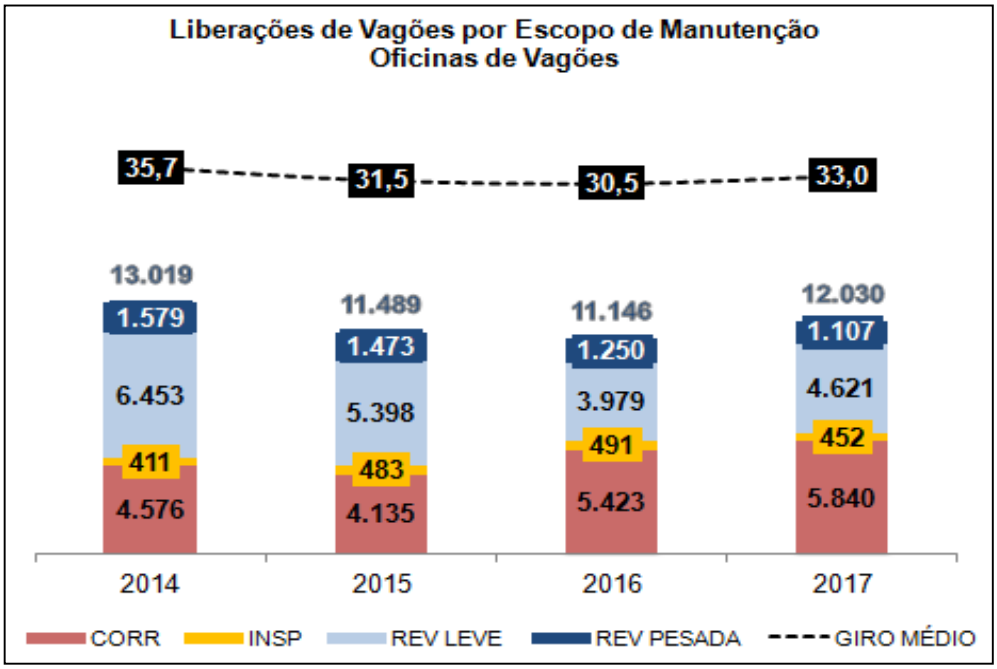

Figura 23: Histórico de Liberações – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Inicialmente, pode-se supor uma relação desta retração de liberações com a retração econômica que o país atravessou durante este período. De acordo com o Banco Mundial (2018), o Produto Interno Brasileiro (PIB), depois de anos de crescimento, passou por duas quedas percentuais seguidas, nos anos de 2015 e 2016, ambas com queda superior a 3% do PIB Real (sem influência inflacionária do período). Em 2017 houve um crescimento de 1%, após os dois anos de retração. A figura 24 apresenta a evolução do PIB Brasileiro desde a década de 1990.

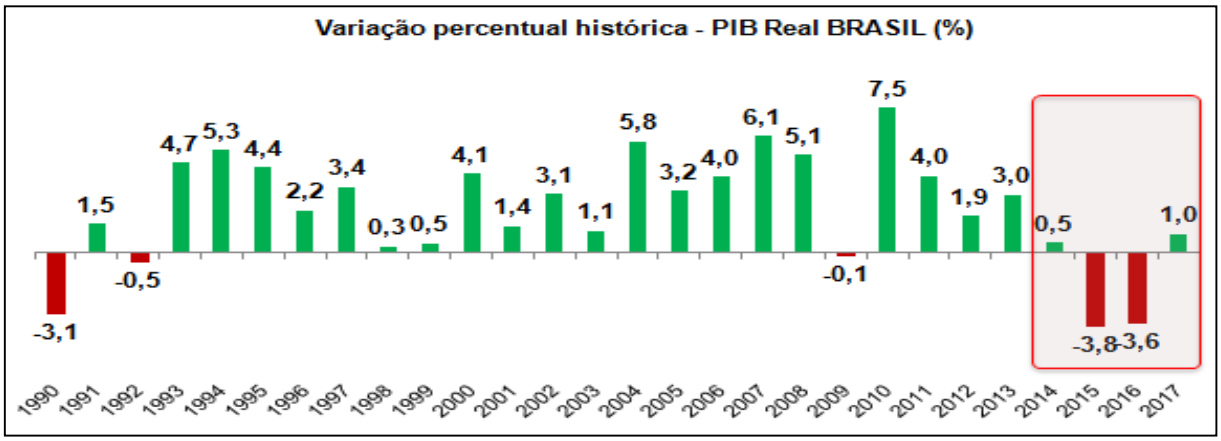

Figura 24: Variação percentual do PIB Real Brasileiro – 1990 a 2017
Fonte: Banco Mundial, 2018 (Adaptado)

Outro indicador que mostra a redução da atividade econômica brasileira no mesmo período de análise desse trabalho é a Balança Comercial, apresentada pela figura 25, desde a década de 1990 (MDIC, 2018).

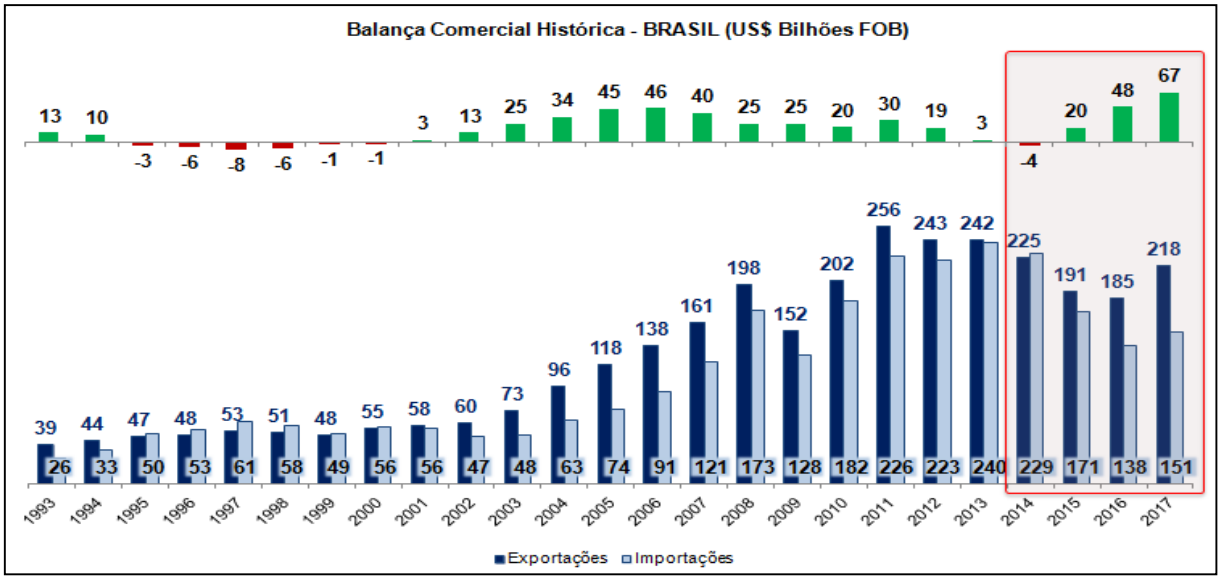

Figura 25: Balança Comercial Brasileira – 1993 a 2017
Fonte: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – 2018 (Adaptado)

Apesar de nos anos de 2015 a 2017 o país ter apresentado superávit na Balança Comercial (quando as exportações, em US$ Bilhões FOB[1], são maiores que as importações, no mesmo período), percebe-se que a quantidade de exportações fora reduzindo significativamente no período, de US$ 225 Bilhões FOB em 2014 para US$ 185 Bilhões FOB em 2016 (redução de 18%).

Analisar estes indicadores macroeconômicos é de suma importância para justificar a redução de manutenções de vagão no período de análise, uma vez que grande parte do transporte realizado pela Empresa X está diretamente ligada à exportação nacional. Em conversa com gestores da Empresa X, a crise econômica brasileira, apresentada pelas figuras 24 e 25, influenciou de forma direta nos negócios, através da redução da circulação de trens, principalmente os trens que transportam o minério de ferro, produto enviado para a China. A redução do transporte implica numa menor utilização dos ativos de produção, que gera, consequentemente, uma menor demanda de manutenção.

Para desviar da retração econômica, a empresa adotou estratégias de transporte paralelas ao produto principal, direcionado para cargas gerais. Por este motivo a Oficina 03 apresentou um cenário diferenciado das demais, tendo crescimento da média diária de liberação, além da contribuição do projeto de produtividade realizado no final de 2015, alavancando os resultados de 2016 e 2017, conforme mostra o quadro 6.

Oficina	Giro 2014	Giro 2015	Giro 2016	Giro 2017
01	5,8	4,5	4,0	4,6
02	23,9	20,9	19,1	20,9
03	**6,0**	**6,1**	**7,3**	**7,5**
Total	35,7	31,5	30,5	33,0

Quadro 6: Evolução do Giro de Manutenção – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Apesar das reduções de giro em duas das três oficinas de vagões, todas aperfeiçoaram os seus índices de produtividade, ao analisar o cenário sob outros pontos de vista. Para entender essa questão, parte-se do Hxh padrão médio aplicado por liberação, ano a ano. Percebe-se, na figura 26, que há um aumento do Hxh aplicado por vagão liberado, passando de 9,38 Hxh em

[1] FOB – *Free On Board*: Significa que o exportador é responsável pela carga até a mesma estar dentro do navio, para transporte, no porto indicado pelo comprador (MDIC, 2018).

2014 para 14,25 Hxh em 2017 (aumento de 52%). Conforme foi apresentado na figura 23, este aumento ocorreu mesmo com a redução de manutenções preventivas, que em tese, possuem mais Hxh aplicado do que inspeções e corretivas.

A seguir os fatores que podem explicar o crescimento médio do Hxh Padrão por liberação: primeiramente, a obsolescência dos ativos, que podem se agravar dado o nível de desgaste dos mesmos; em segundo, a inserção de novas tecnologias nos vagões, adaptando-os para realização de novos transportes, de acordo com estratégia da alta administração (por exemplo: adaptação de vagões caixa para o transporte de contêineres, adaptação de vagões para transporte de ferro gusa); em terceiro, correção de anomalias que ocorreram ao longo do tempo, visando à segurança, qualidade e confiabilidade da operação (por exemplo, uma frota de vagões passou a ter fraturas frequentes em sua estrutura, sendo necessária uma recuperação especial, o que demandou mais Hxh); em quarto, ajustes dos tempos padrões ao longo do tempo, aumentando a precisão das atividades executadas em cada manutenção. A figura 26 apresenta a evolução do Hxh Padrão por liberação no período de análise.

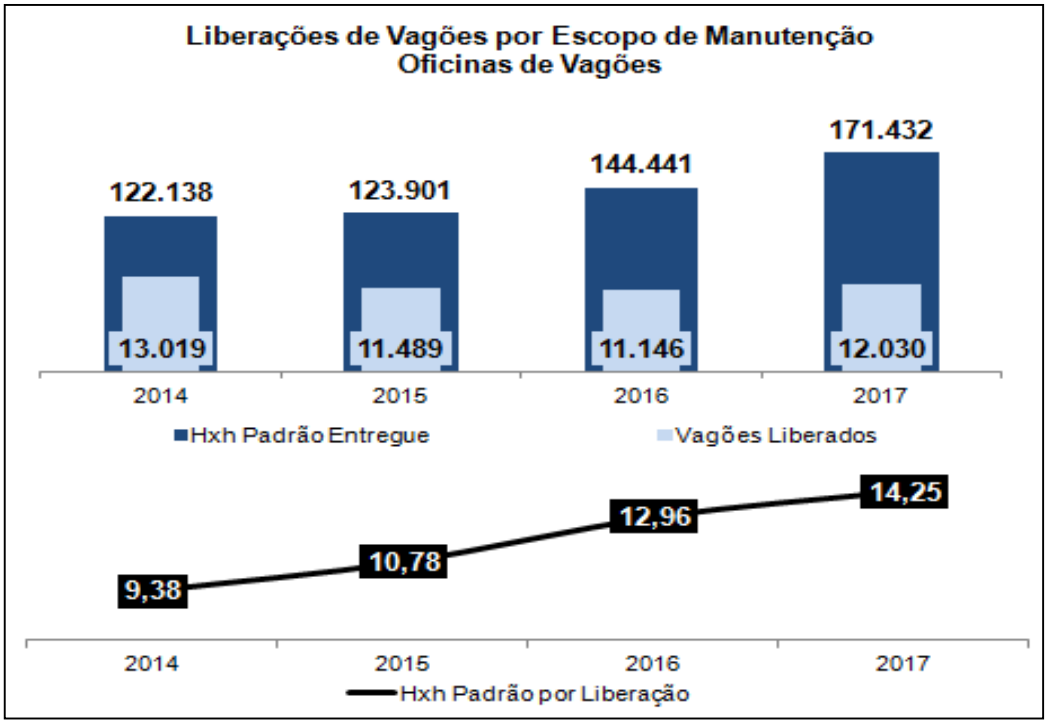

Figura 26: Hxh Padrão Médio por Liberação – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Outros fatores que explicam o aumento de atividades realizadas é o Hxh médio real aplicado e a quantidade de Ordens de Serviço (OS) executadas, ambos por liberação. Quanto à primeira afirmativa, nota-se através da figura 27 que a média de Hxh real já era bem superior

ao Hxh padrão em 2014, o que conferia uma *performance* média anual de 75%. Neste cenário, têm-se duas hipóteses: ou o tempo real estava fora do ideal de cada atividade, ou o tempo padrão não estava preciso. Pelos anos posteriores, percebe-se que a média real não mudou consideravelmente como o tempo médio padrão, fortalecendo o argumento de que os tempos alvo ainda não estavam de acordo com o que realmente consistia cada atividade. Este ajuste nos tempos padrões foi realizado ao longo dos anos e, como apresenta a figura 27, os resultados de *performance* atingiram níveis aceitáveis a partir de 2016.

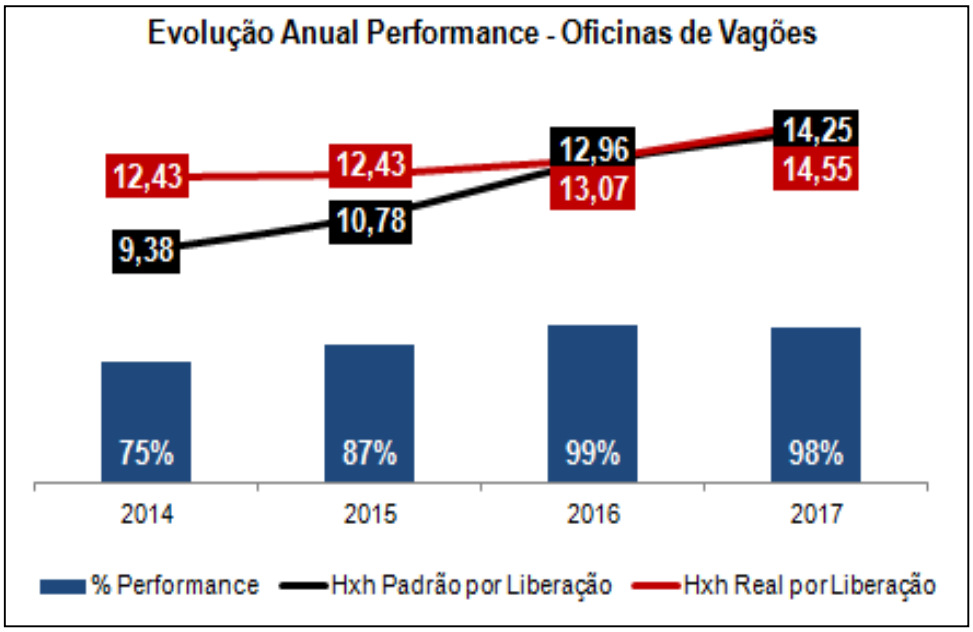

Figura 27: Evolução anual *Performance* – Oficinas de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Quanto à segunda afirmativa, a média de OS executadas por liberação aumentou ao longo do período, de 1,67 OS/Liberação em 2014 para 3,68 OS/Liberação em 2017, um aumento de 120%. Este indicador comprova o aumento médio de atividades de manutenção num mesmo vagão, conforme apresenta a figura 28.

Além do aumento da quantidade de OS por liberação, a média de Hxh aplicado em cada ordem de serviço diminuiu, de 7,44 Hxh/OS em 2014 para 3,95 Hxh/OS em 2017 (redução de 47%). Portanto, conclui-se que houve no período um aumento do quantitativo de atividades em cada manutenção realizada, com reduções nos tempos reais e um correto ajuste dos tempos padrões de manutenção. Em outras palavras, o processo foi melhorado, tornando-se mais organizado sistematicamente.

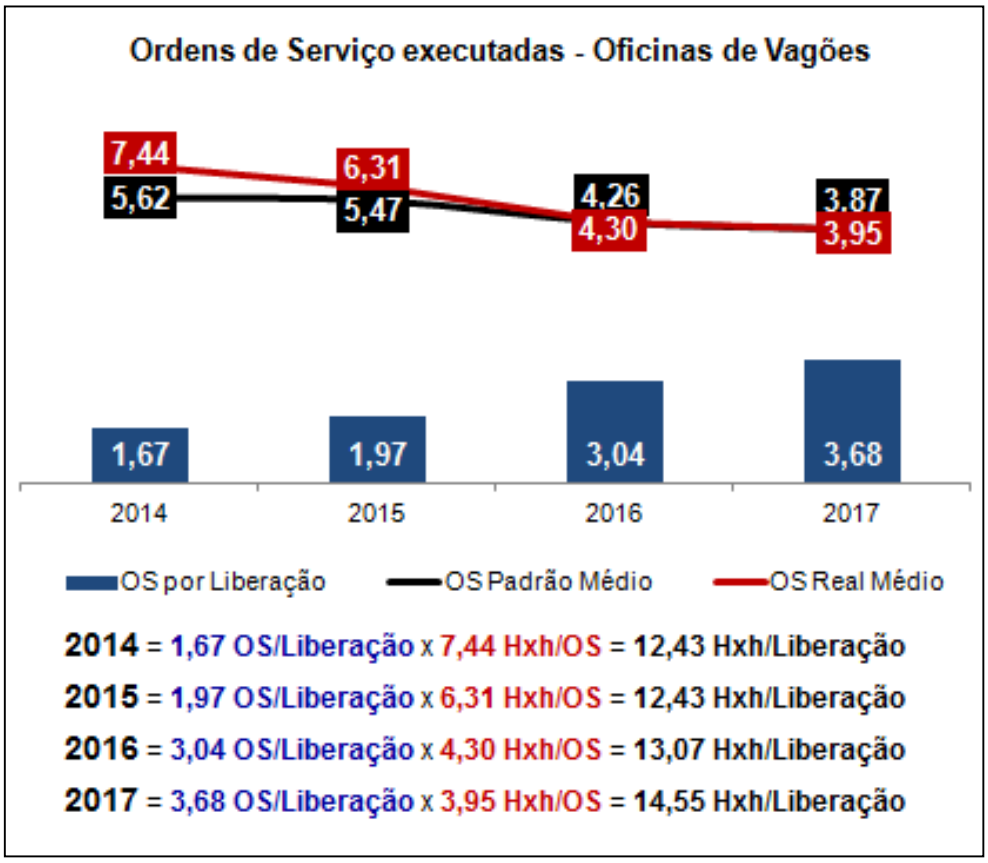

Figura 28: Ordens de Serviço por Liberação – Oficina de Vagões – 2014 a 2017
Fonte: Empresa X (Adaptado)

Deste modo, apesar da diminuição do giro, aumentou-se a quantidade de atividades, proporcionada pelo ganho de produtividade alcançado nos últimos anos, que permitiu absorver novas demandas de manutenção sem grandes intervenções estruturais no processo produtivo, mas sim com técnicas simples que tornam o processo mais enxuto e produtivo.

No item final, a seguir, serão descritos alguns desafios encontrados pelo acadêmico para aprimorar o processo, visando melhorias contínuas.

4.2 PRÓXIMOS DESAFIOS IDENTIFICADOS

Conforme apresentado no trabalho, a Empresa X investiu em ferramentas de produtividade e obteve êxitos nos seus processos de manutenção. Entretanto, através da cultura de melhoria contínua, sempre há processos, métodos e ferramentas que podem ser otimizados e, assim, gerar novos ganhos. A seguir o acadêmico traz algumas considerações que podem alavancar os resultados, no futuro:

- **Aumentar a precisão dos Tempos Padrões:** a precisão dos tempos melhorou significativamente, contudo, o processo de manutenção é instável, uma vez que cada vagão possui uma condição diferente. Atualmente, os tempos padrões representam um valor esperado da manutenção: média das atividades executadas é considerada na definição do tempo padrão. Dessa forma, sugere-se definir o Hxh Padrão de todas as atividades possíveis de manutenção. Ao entrar na oficina, realiza-se um *check-up* no vagão para definir as atividades necessárias e, assim, definir o alvo padrão daquele vagão em específico. Portanto, cada vagão teria o seu alvo, independente do escopo, de acordo com as suas necessidades de manutenção;

- **Desafio no Planejamento de Manutenção:** com a melhoria do tópico anterior, aumenta-se o desafio no planejamento, com o aumento da incerteza de atividades a se realizar. Neste caso, sugere-se um aumento do controle das atividades realizadas nos meses anteriores, e adotar este histórico como ponto de partida para o planejamento de meses posteriores;

- **Mix de Manutenção:** Outro desafio é a definição de um mix que mantenha o resultado de eficiência da oficina aceitável. Se entrar somente vagões "ruins" na oficina, a *performance* tenderá a ter baixos resultados, e vice-versa. Para manter os resultados próximo ao esperado de 100% de *performance*, deve-se ter um trabalho contínuo entre oficina e programação, através do controle de quais ativos devem entrar na oficina naquele mês, sem prejudicar os resultados finais;

- **Relação da Produtividade com Disponibilidade e Confiabilidade**: ainda não foi desenvolvido um indicador que relacione estas três variáveis, mas seria interessante a definição de um modelo matemático que as relacione. A Disponibilidade depende de uma série de variáveis, mas entender a sua relação com a Produtividade poderia agregar mais ao processo. Este trabalho pode ser interessante num desenvolvimento de uma Dissertação.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou o estudo de técnicas de manufatura enxuta e como tal conhecimento pode ser aplicado no setor de Manutenção, processo que outrora era considerado como algo pejorativo aos negócios da empresa, e atualmente é visto como uma forma estratégica de se alcançar expressivos ganhos operacionais neste complexo mundo globalizado. A Manutenção é uma atividade primordial para manter toda a estabilidade da cadeia produtiva, entretanto faz parte da plataforma de custos da organização, portanto é necessária a busca por práticas que reduzem o dispêndio financeiro na Manutenção, sem que isso prejudique o desempenho da Operação.

Sob esta perspectiva que a Empresa X quebrou paradigmas e buscou conceitos normalmente aplicados em processos determinísticos, como linhas de produção em série, no seu processo de Manutenção de vagões, que é um processo probabilístico, sem um padrão de realização – os vagões apresentam diferentes problemas de manutenção a serem corrigidos. Apesar deste desafio, os conceitos foram criados e repassados para as equipes, às quais vêm aplicando e tendo melhores resultados de produtividade, graças à melhoria em seus processos. Vale ressaltar a importante sinergia ocorrida entre Engenharia, PCM e Oficinas, às quais contribuem com a padronização técnica, o planejamento e a execução, respectivamente. Todas estas ações são fundamentais na composição de uma Gestão da Manutenção integrada com a alta administração.

Vale ressaltar que o grande avanço realizado pela Empresa X foi a implantação do sistema automático de apontamento, que permitiu aos colaboradores agilidade no preenchimento das informações e aos gestores informações mais precisas, permitindo melhores tomadas de decisão. Com base nas informações de Homem-hora, criou-se o Indicador de Eficiência, ferramenta principal para medir, monitorar e propor melhorias nos processos, visando ganhos de produtividade. Posteriormente, uma ramificação deste indicador seria realizada, com o surgimento do Giro Normalizado e Giro Normalizado/Mantenedor, o que permitiu uma correta comparação entre as manutenções realizadas pelas oficinas, mesmo com infraestruturas e atividades realizadas diferentes. Portanto, a automatização da informação gerou ganhos reais, sendo uma tendência mundial em todos os fluxos de produção, inclusive manutenção.

Entretanto, não adianta a implantação de um sistema automatizado e a inserção da cultura de produtividade nas oficinas, se as equipes de manutenção (do gestor ao mantenedor)

não “comprarem” a ideia. É preciso que todos os participantes estejam motivados e determinados. Com relação ao gestor, é primordial que incorpore a cultura em suas atitudes gerenciais, estimulando a equipe a seguir seu ideal. Conforme apresentado no referencial, os indivíduos são influenciados pelo meio que vivem, e a participação destes no meio empresarial não são diferentes. Em virtude do que foi mencionado, percebe-se a importância do comportamento dos colaboradores estar de acordo com os objetivos estratégicos da empresa, e isto pode ser observado na Empresa X, uma vez que após a implantação dos conceitos *lean*, os ganhos foram notáveis, tanto coletivamente quanto individualmente, conforme mostram os indicadores no desenvolvimento e análise dos resultados.

Em complementação à conclusão deste trabalho, analisa-se que o cenário atual produtivo das oficinas de manutenção é bem superior ao observado no início das medições, em 2014. Entretanto, baseado no conceito de que sempre tem como se melhorar uma atividade executada, algumas observações são necessárias, no que diz respeito aos novos desafios da Empresa X: em primeiro, o aumento da precisão dos tempos das atividades, para que o processo se torne menos vulnerável; em segundo, a necessidade de intervenção na infraestrutura das oficinas, para que se consiga manter o nível de evolução alcançado nos últimos anos; por fim, em terceiro, a adoção das últimas tecnologias do mercado para melhorar a qualidade da manutenção realizada.

Para encerrar, enfatiza-se a necessidade de sucesso na relação entre o Gestor e Mantenedor, para que a cultura de produtividade seja implantada com sucesso. É importante que o Gestor conheça a realidade da manutenção, bem como escutar e entender as ideias e necessidades do mantenedor, pois pequenas ideias podem se tornar ações de melhoria e, posteriormente, gerar ótimos resultados (*kaizen*). Esta sinergia entre a alta administração e o chão de fábrica é papel essencial do Engenheiro de Produção, profissional preparado para reger este tipo de atividade.

6. REFERÊNCIAS

ABEPRO – ASSOCIAÇAO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Engenharia de Produção: Grande Área e Diretrizes Curriculares.** Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/DiretrCurr19981.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional – Resultado 2009**. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional/resultado-2009>. Acesso em: 02 Nov. 2017.

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. **Documento Nacional – Resultado 2011**. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional/resultado-2011>. Acesso em: 03 Nov. 2017.

AGRONOTÍCIAS. **Transporte por ferrovia pode aumentar 30% no Brasil até 2026**. Disponível em: <http://agronoticiasmt.com/noticias/transporte-por-ferrovia-pode-aumentar-30/>. Acesso em: 11 Nov. 2017.

ANTF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES FERROVIÁRIOS. **Mais Eficiência e mais TKU**: Em duas décadas, taxa de aumento da produção ferroviária é quase o triplo do crescimento do PIB do Brasil. Disponível em: <http://www.antf.org.br/releases/mais-eficiencia-mais-tku/>. Acesso em: 14 Nov. 2017.

AUDINO, A. **As transformações no capitalismo dos países centrais e a Revolução da Tecnologia da Informação**. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Ciências Econômicas – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: < http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293510>. Acesso em: 10 nov. 2017.

BANCO MUNDIAL. **Produto Interno Brasileiro – 1990/2017.** Disponível em: < https:// data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KN?end=2016&locations=BR&start=1960>. Acesso em: 31 mai. 2018.

BANDEIRA, A. A. **Indicadores de Desempenho**: Instrumentos à Produtividade Organizacional. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2009.

BARROS, B. A. **A importância da Manutenção Industrial como ferramenta estratégica de competitividade**. Centro Universitário Redentor: Itaperuna, 2013. Disponível em: <http://www.redentor.inf.br:4444/files/brenoalvimbarros-artigo_16092016111003.pdf>. Acesso em: 03 Nov. 2017.

BRASIL – INFRAESTRUTURA. **Expansão Ferroviária é estratégica para retomada do crescimento.** Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/06/expansao-ferroviaria-e-estrategica-para-retomada-do-crescimento>. Acesso em: 31 out. 2017.

CALDEIRA, Jorge**. Cem indicadores da gestão**: Key *Performance* Indicators. São Paulo: Actual, 2012.

CAVALCANTE, D. S.; BARBOSA, L.; ESTENDER, A. C. **A motivação como ferramenta para eficácia organizacional**. In: Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. Rio de Janeiro, 2015. Disponível <https://www.aedb.br/seget/arquivos/ artigos15/7228.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2017.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas e o novo papel de recursos humanos nas organizações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil**. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Imprensa/noticia/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil>. Acesso em: 09 Nov. 2017.

COSTA, E. A. **Gestão Estratégica:** da empresa que temos para a empresa que queremos. 2ª edição. São Paulo: Saraiva, 2007.

COSTA, M. A. **Gestão estratégica da manutenção**: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia de Produção – Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

EXAME. **As 20 marcas de carro mais valiosas do mundo em 2015**. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/marketing/as-marcas-de-carro-mais-valiosas-do-planeta-em-2015/#>. Acesso em: 11 Nov. 2017.

FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Os desafios para reduzir custos e melhorar a produtividade**: como se adequar ao atual contexto no mundo dos negócios. Disponível em: <https://www7.fiemg.com.br/noticias/detalhe/os%20desafios%20para%20reduzir%20custos%20e%20melhorar%20a%20produtividade-1>. Acesso em: 10 Nov. 2017.

FILHO, G. B. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FILHO, G. B. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

FISCHER, A. L. **Um resgate conceitual e histórico dos modelos de gestão de pessoas**. Disponível em: <http://www.diferencialmg.com.br/site/images/artigos/Gesto%20estratgica%20de%20pessoas%20artigo.pdf>. Acesso em: 01 Nov. 2017.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus; Elsevier, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KAYSER, D. **Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção:** um estudo de caso na área de revestimento de superfícies. Dissertação de Mestrado em

Engenharia de Produção – Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/detlev%20kayser.pdf>. Acesso em: 10 Nov. 2017.

MARCHI, M. O.; SOUZA, T. M.; CARVALHO M. B. **Treinamento e desenvolvimento de pessoas**. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernohumanas/article/view/359/244>. Acesso em: 05 Nov. 2017.

MARRAS, J. P. **Administração de recursos humanos**: do operacional ao estratégico. 13. ed., São Paulo. Saraiva, 2009.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração**: da revolução urbana à revolução digital. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Balança Comercial Brasileira – 1993/2017**. Disponível em: < http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-semanal >. Acesso em: 31 Mai. 2018.

MILKOVICH, George T; BOUDREAU, John W. **Administração de recursos humanos**. São Paulo: Atlas, 2000.

MORENGHI, L. C. R. **Proposta de um sistema integrado de monitoramento para Manutenção**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. São Carlos, Universidade de São Paulo, 2005.

NASCIF, J.; DORIGO, L. C. **Manutenção Orientada para Resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

NETO, A. F. F. **A importância da Globalização para as empresas brasileiras**. São Paulo: Thesis, 2006. Disponível em: < http://www.cantareira.br/thesis2/ed_5/1_alvaro.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

OEE – EFETIVIDADE GLOBAL DO EQUIPAMENTO. Disponível em: <http://www.oee.com.br/>. Acesso em: 12 Out. 2017.

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 8, nº 3, jul-set/2013, p. 53-69

PEREIRA, M. J. S. **Engenharia de Manutenção**: teoria e prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

PEREIRA, M. J. S. **Técnicas Avançadas de Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2010.

PINTO, Renzo Guedes; LIMA, Carlos roberto Camello. A integração entre o TPM E RCM na manutenção. In: **Congresso Engenharia Produção- Abepro,** 2007.

RAMOS, P. G. D. **Organização e Gestão da Manutenção Industrial**: Aplicação teórico-prática às Fábricas Lusitana – Produtos Alimentares, S.A. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Covilhã/Portugal: Universidade da Beira Interior, 2012.

RIANI, A. M. **Estudo de Caso**: O Lean Manufacturing aplicado na Becton Dickinson. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Juiz de Fora: Juiz de Fora, 2006.

RICCI, M. R. **Sistema Toyota de Produção:** um estudo na linha de produção em uma indústria de ternos. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Medianeira, 2013.

SÁNCHEZ-SELLERO, M. C. *et al* . Características organizacionales de la satisfacción laboral en España. **Rev. adm. empres.**, São Paulo , v. 54, n. 5, 2014 p. 537-547.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade**: Manual de Implementação.1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, V. P. **Manual de elaboração de trabalhos acadêmicos**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2008. Disponível em: <http://www.ufjf.br/biblioteca/servicos-e-produtos/normalizacao-2/>. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

UDOP – UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. **Os vários tipos de manutenção**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=37729>. Acesso em: 12 out. 2017.

VALOR ECONÔMICO. **Volume de Cargas cresce 2,2% em 2016, mostra ANTF.** Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/4937000/volume-de-cargas-cresce-22-em-2016-mostra-antf>. Acesso em: 31 out. 2017.

VILAÇA, R. **Transporte Ferroviário de Cargas no Brasil**: Setor Ferroviário de Cargas e planos do Governo Federal. IV Encontro de Ferrovias ANTF: Vitória, 2013. Disponível em: < http://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2017/08/Palestra-vilaca-2013-ANTF-Encontro-de-Ferrovias.pdf>. Acesso em: 08 Nov. 2017.

ANEXO A – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 20 **de** Junho **de 20**18.

Paulo Henrique Comiato Campos	200949037
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	**Matrícula**
	100.670.506-62
ASSINATURA	**CPF**

[1] LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.