

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
MBA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO E LOGÍSTICA**

THALES MOSCARELLI DOS SANTOS SPOTORNO

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE INICIATIVAS DE TPM SOBRE A EFICIÊNCIA DE
EQUIPAMENTOS EM UMA EMPRESA DE BEBIDAS**

SÃO LEOPOLDO

2019

Thales Moscarelli dos Santos Spotorno

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE INICIATIVAS DE TPM SOBRE A EFICIÊNCIA DE
EQUIPAMENTOS EM UMA EMPRESA DE BEBIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso do MBA
em Gestão da Produção e Logística da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos –
UNISINOS

Orientador: Prof. Eng. Ms. Pedro Nascimento de Lima

São Leopoldo
2019

À minha querida família e, em especial aos meus pais Ana e Felipe. Graças a eles este momento e todos os outros da minha vida são possíveis. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento em primeiro lugar a minha família que sempre me deram todo o apoio e suporte para que eu possa construir a minha formação acadêmica e profissional com tranquilidade. Em especial aos meus pais, Ana e Felipe por todos os ensinamentos que me passaram e me passam até hoje. Me orgulho muito de ser filho de vocês dois.

A minha namorada Alana pelos diversos incentivos quase que diariamente.

Ao meu orientador Prof. Eng. Ms. Pedro Nascimento de Lima pelas dicas, ensinamentos, paciência, disponibilidade e compreensão de orientar um trabalho que por vezes concorria com atividades profissionais.

Aos meus colegas de trabalho que colaboraram direta e indiretamente com a realização desta pesquisa.

RESUMO

O ambiente industrial atual, cada vez mais competitivo, onde baixo custo, níveis excelentes de qualidade e um grau crescente de customização são premissas para o bom desempenho das empresas, tem orientado as diretrizes de manutenção de forma a buscar o aprimoramento da performance dos equipamentos. Para tal, existe na área de manutenção industrial, uma vasta quantidade de métodos, com destaque para o TPM (Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total), oriundo do Japão na década de 1970. Com o TPM, a manutenção dos equipamentos de produção passa a constituir uma responsabilidade de todos, promovendo a integração total entre o funcionário, o equipamento e a empresa. Um dos pilares de sustentação do programa de manutenção produtiva total é a manutenção planejada. Entretanto, as estratégias de manutenção planejada nem sempre atingem os resultados esperados. Seja por problemas na implementação ou na execução deste pilar do programa. Considerando um ambiente com o TPM já implementada, o objetivo deste estudo de caso é avaliar no longo prazo os efeitos das melhorias do TPM na eficiência de equipamentos em uma indústria de refrigerantes localizada no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: TPM. Manutenção. Eficiência. Performance

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos dos oito pilares da manutenção produtiva total.....	32
Quadro 2 – Objetivo para cada uma das 6 grandes perdas de eficiência.....	33
Quadro 3 – Benefícios do TPM	34
Quadro 4 – Tipos de pesquisa.....	44
Quadro 5 – Caracterização do presente trabalho.....	45
Quadro 6– Formas de coleta de dados	48
Quadro 7 – Grupo de entrevistados.....	49
Quadro 8 – Perguntas utilizadas na entrevista	52
Quadro 9 – Escolha dos Equipamentos.....	53
Quadro 10 – Técnicas de análise.....	55
Quadro 11 – Ficha de Informação do toolkit preventivo de sensores.....	63
Quadro 12 - Ficha de Informação do toolkit qualitativo de motores	64
Quadro 13 – Ficha de informação do toolkit preventivo de transporte	65
Quadro 14 – Ficha de informação do toolkit estrutural.....	66
Quadro 15 – Ficha de informação do toolkit de atrito das esteiras	66
Quadro 16 – Pontos de positivos observados.....	93
Quadro 17 – Pontos de atenção observados.....	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais - Brasil 2016	13
Gráfico 2 - Fabricação de NAB - Brasil 2016	13
Gráfico 3 - Consumo per capita de refrigerantes no Brasil.....	14
Gráfico 4 – Eficiência anual empresa alpha. Meta e real	20
Gráfico 5 – Produção Anual unidade Alpha	57
Gráfico 6– Produção de 2018 por linha unidade alpha	58
Gráfico 7 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 561.	67
Gráfico 8 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 562.	68
Gráfico 9 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 563	69
Gráfico 10 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 561.....	70
Gráfico 11 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 562.....	71
Gráfico 12 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 563.....	72
Gráfico 13 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 561.....	73
Gráfico 14 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 562.....	74
Gráfico 15 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 563.....	75
Gráfico 16 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 561.....	76
Gráfico 17 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 562.....	77
Gráfico 18 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 563.....	78
Gráfico 19 – Respostas da pergunta 1 abertura por grupo	82
Gráfico 20 – Respostas da pergunta 12 abertura por grupo	83
Gráfico 21 – Respostas da pergunta 10 abertura por grupo	83
Gráfico 22 – Respostas pergunta 4 abertura por grupo	84
Gráfico 23 – Respostas pergunta 6 abertura por grupo.....	85
Gráfico 24 – Respostas pergunta 7 abertura por grupo.....	85
Gráfico 25 – Respostas da pergunta 2 abertura por setor de trabalho.....	87
Gráfico 26 – Respostas da pergunta 8 abertura por setor de trabalho.....	88
Gráfico 27 – Percentual de execução dos toolkits de confiabilidade	89
Gráfico 28 – Respostas da pergunta 11 abertura por tempo de empresa	90

Gráfico 29 – Apresentação dos resultados da pergunta de múltipla escolha número 13.....	91
Gráfico 30 – Apresentação dos resultados da pergunta de múltipla escolha número 14.....	92
Gráfico 31 – Respostas da pergunta 3 abertura por grupo	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Participação das empresas no mercado Brasileiro	15
Tabela 2 – Série histórica de um dos equipamentos analisados.....	54
Tabela 3 – Capacidade de Envase das linhas da unidade da empresa Alpha	57
Tabela 4 – Exemplo hipotético da relação entre RP e LEF	60
Tabela 5 – Rendimento próprio médio dos transportadores 561	68
Tabela 6 – Rendimento próprio médio dos transportadores 562	68
Tabela 7 – Rendimento próprio médio dos transportadores 563	69
Tabela 8 – Rendimento próprio médio da enchedora 561	70
Tabela 9 – Rendimento próprio médio da enchedora 562.....	71
Tabela 10 – Rendimento próprio médio da enchedora 563.....	72
Tabela 11 – Rendimento próprio médio da rotuladora 561	73
Tabela 12 – Rendimento próprio médio da rotuladora 562	74
Tabela 13 – Rendimento próprio médio da rotuladora 563	75
Tabela 14 – Rendimento próprio médio da sopradora 561	76
Tabela 15 – Rendimento próprio médio da sopradora 562	77
Tabela 16 – Rendimento próprio médio da sopradora 563	78
Tabela 17 – Respostas médias da Análise qualitativa abertura por grupo	81
Tabela 18 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por setor de trabalho.....	86
Tabela 19 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por tempo de empresa.....	88
Tabela 20 – Resumo do trabalho	93

LISTA DE FIGURAS

Tabela 1 - Participação das empresas no mercado Brasileiro	15
Tabela 2 – Série histórica de um dos equipamentos analisados.....	54
Tabela 3 – Capacidade de Envase das linhas da unidade da empresa Alpha	57
Tabela 4 – Exemplo hipotético da relação entre RP e LEF	60
Tabela 5 – Rendimento próprio médio dos transportadores 561	68
Tabela 6 – Rendimento próprio médio dos transportadores 562.....	68
Tabela 7 – Rendimento próprio médio dos transportadores 563.....	69
Tabela 8 – Rendimento próprio médio da enchedora 561.....	70
Tabela 9 – Rendimento próprio médio da enchedora 562.....	71
Tabela 10 – Rendimento próprio médio da enchedora 563.....	72
Tabela 11 – Rendimento próprio médio da rotuladora 561	73
Tabela 12 – Rendimento próprio médio da rotuladora 562	74
Tabela 13 – Rendimento próprio médio da rotuladora 563	75
Tabela 14 – Rendimento próprio médio da sopradora 561	76
Tabela 15 – Rendimento próprio médio da sopradora 562	77
Tabela 16 – Rendimento próprio médio da sopradora 563	78
Tabela 17 – Respostas médias da Análise qualitativa abertura por grupo.....	81
Tabela 18 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por setor de trabalho.....	86
Tabela 19 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por tempo de empresa.....	88
Tabela 20 – Resumo do trabalho	93

LISTA DE SIGLAS

KPI	Key Performance indicators - Indicadores chave de performance
TPM	Total productive maintenance - Manutenção Produtiva Total
LEF	Line Efficiency - Eficiência de Linha
NAB	Non Alcoholic Beverages - Bebidas não alcoólicas
OEE	Overall equipment effectiveness
PET	Politereftalato de Etileno
CO ₂	Dióxido de Carbono
HI	Hectolitros
RP	Rendimento próprio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IROG	Índice de rendimento operacional global
TEEP	Total Effectiveness Equipment Performance
HT	Horas totais
HSMO	Horas sem mão de obra
HU	Horas Utilizadas
HD	Horas disponíveis
HEL	Horas de Eficiência de Linha
HPL	Horas de Produção Líquida
PIA	Pesquisa Industrial Anual

SUMÁRIO

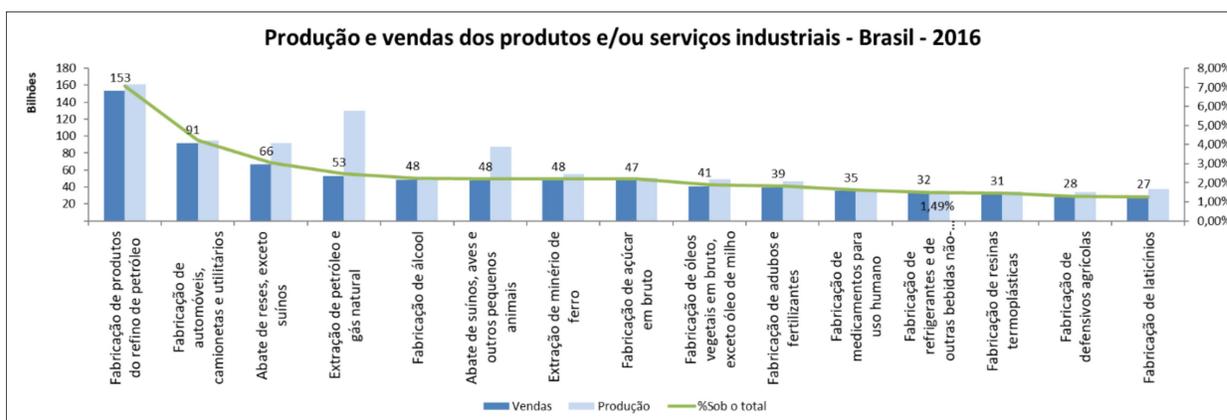
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema de Pesquisa	16
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo Geral.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Justificativa	20
1.3.1 Justificativa Empresarial	20
1.3.2 Justificativa Acadêmica.....	20
1.4 Delimitação do Tema	22
1.5 Estrutura do Trabalho	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 Processo de Envase de Refrigerantes	23
2.1.1 Produção do Xarope Simples	23
2.1.2 Produção do Xarope Composto	24
2.1.3 Fabricação e envase do refrigerante	25
2.1.4 Produção de refrigerantes em PET.....	27
2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)	29
2.2.1 Implementação do TPM: Oito pilares da Manutenção produtiva Total	30
2.2.2 Cinco elementos chave da Manutenção produtiva total.....	32
2.2.3 Maximização da Eficiência: As Seis grandes perdas	33
2.2.4 Benefícios da manutenção produtiva total.....	33
2.3 Gargalos do processo	34
2.4 Cálculo da Eficiência	35
2.4.1 OEE e TEEP	37
2.4.2 Fatores que compõem o IROG.....	38
2.4.2.1 Índice de disponibilidade:.....	38
2.4.2.2 Índice de desempenho.....	39
2.4.2.3 Índice de qualidade	40
2.4.3 Uso do OEE como métrica do TPM	41
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1 Delineamento da Pesquisa	43
3.2 Método de trabalho	45

	12
3.2.1 Definição da estrutura conceitual teórica	46
3.2.2 Planejamento do caso.....	47
3.2.3 Condução do teste piloto	47
3.2.4 Coleta dos Dados.....	47
3.2.5 Análise dos dados.....	55
3.2.6 Gerar relatório e conclusões	56
4 RESULTADOS.....	56
4.1 A empresa Alpha	56
4.1.1 Cálculo de Performance de linha na empresa Alpha.....	58
4.1.1.1 Eficiência de Linha (LEF):	60
4.1.1.2 Rendimento do equipamento (RP):	60
4.1.2 Equipamentos Analisados e Implementação do TPM	61
4.1.3 Melhorias implementadas.....	61
4.1.3.1 Toolkit preventivo de sensores.....	63
4.1.3.2 Toolkit qualitativo de motores	64
4.1.3.3 Toolkit de transportes.....	65
4.2 Análise Quantitativa	66
4.3 Análise Qualitativa	80
4.3.1 Perguntas objetivas	81
4.3.2 Perguntas subjetivas	90
4.4 Síntese dos Resultados	92
5 CONCLUSÃO	97

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, ao analisar a composição macroeconômica do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, (2016), a fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas (NAB) atingiu a marca de R\$ 32 bi representando 1,49% de todas as vendas da indústria e serviços do país no período.

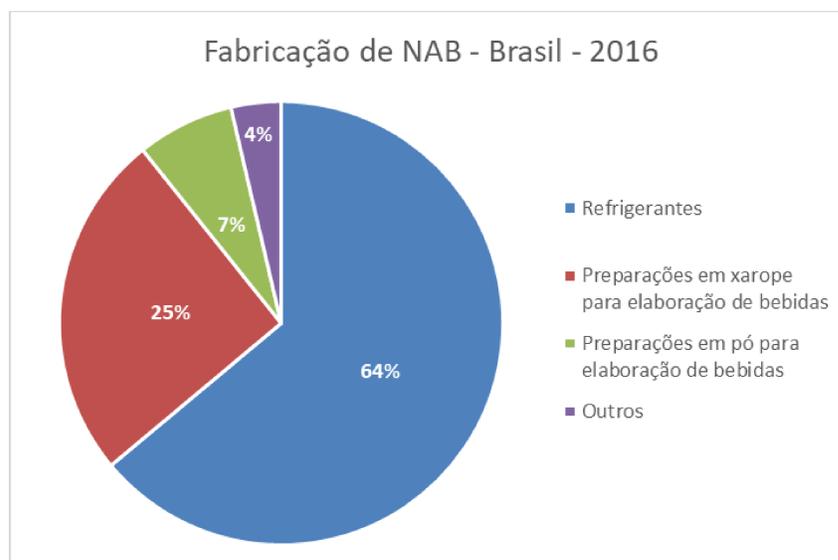
Gráfico 1 - Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais - Brasil 2016



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da PIA - Pesquisa Industrial Anual - Produto 2016

Deste montante, conforme mostrado no gráfico abaixo, a produção de refrigerantes representa 64%, ultrapassando os 20 bilhões de reais em valor de vendas.

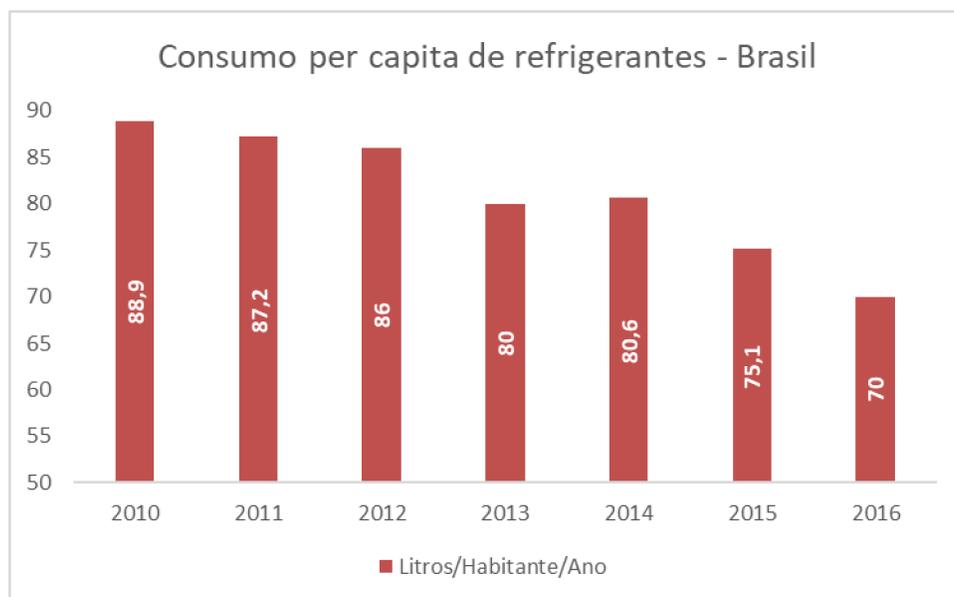
Gráfico 2 - Fabricação de NAB - Brasil 2016



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da PIA - Pesquisa Industrial Anual - Produto 2016

Entretanto, ainda que seja um mercado significativo na composição econômica do país, nota-se uma queda no consumo per capita de refrigerantes, caindo quase 20 litros por habitante por ano no período de 2016 com o ano de 2010.

Gráfico 3 - Consumo per capita de refrigerantes no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da ABIR, 2018

Segundo Donato (2013), a demanda por refrigerantes é influenciada por fatores econômicos, socioculturais, demográficos, ambientais e pelas condições de oferta. Os principais determinantes da demanda são renda *per capita*, estilo de vida, realização de eventos, faixa etária e gênero, clima e acesso aos pontos de venda das bebidas.

Além da variação demanda em função do clima, sobretudo nas regiões onde as estações do ano são bem definidas - por exemplo região sul do país - e a realização de eventos como carnaval e a Copa do Mundo ou datas comemorativas como as festas de final de ano, dois fatores são preponderantes na queda do consumo de refrigerantes no Brasil e merecem destaque: a crise econômica no qual o país está atravessando e o crescente número de estudos que atrelam problemas de saúde, como obesidade e diabetes, ao consumo descomedido da bebida (DONATO, 2013).

Outro fator influente para a queda é a mudança de hábito de consumo. Euromonitor International (2018), afirma que os brasileiros estão mudando seus hábitos de consumo permitindo que os produtos prediletos sejam acomodados no seu orçamento, mesmo que isto requeira algumas concessões. Comprar menos

quantidade, reduzir a frequência de compras e busca por embalagens econômicas são algumas iniciativas tomadas pelos consumidores.

Além disso, há ainda a questão relacionada à saúde. No que tange a correlação entre o consumo do refrigerante com a saúde dos consumidores, é crescente maior a busca por "estar em forma" como um estilo de vida, incentivado sobretudo por conteúdos publicado nas redes sociais. Além disto, a proporção de obesos no Brasil segue aumentando, de 22% da população em 2016 para 26% em 2022 (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2018).

De uma forma geral, conforme ilustrado na tabela 1, apesar da queda no consumo, o mercado segue com o cenário empresarial inalterado, mantendo-se fortemente concentrado. Segundo a Euromonitor International, (2018), três empresas possuem 73,1% do mercado nacional. Além dessas, o mercado é composto por 15 grandes firmas que não estão atreladas a grupos transnacionais e cerca de 180 pequenas companhias, com um modelo familiar de gestão e com atuação local e regional. (AFEBRAS, 2016).

Tabela 1 - Participação das empresas no mercado Brasileiro

Empresa	Participação no mercado
Coca Cola Industrias Ltda	53,10%
Cia Brasileira de Bebidas	14,90%
Heineken do Brasil Comercial Ltda	5,19%
Outros	26,90%
Total	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da Euromonitor International 2018.

Dado os fatos acima expostos, onde observa-se uma queda na demanda e um mercado concentrado em algumas poucas empresas, melhorias ágeis no processo produtivo visando uma maior performance com menores custos são fundamentais para manter-se competitivo. Melhorias lentas nas operações de produção não sustentam lucratividade ou a sobrevivência da organização (OKE 2005).

As rotinas de manutenção de uma empresa podem ser uma alavanca de performance resultando em um diferencial competitivo importante na concorrência com os demais players do mercado. Conforme defende Singh et al. (2014), as empresas de manufatura devem considerar a manutenção como uma fonte potencial de redução de custos e como uma vantagem competitiva. Wakjira e Singh (2012), sugerem que a implementação do TPM em qualquer organização gera um crescimento no OEE através do aumento da disponibilidade do equipamento e redução da quantidade de retrabalhos e rejeitos de produção. Kaur et al. (2013) corrobora esta proposição sugerindo que a qualidade dos produtos e a execução da manutenção são fatores vitais para o atingimento da sustentabilidade em uma organização.

O presente trabalho aborda o uso do TPM como estratégia de manutenção para incremento de eficiência como forma de geração de diferencial competitivo em uma indústria de refrigerantes. Na sequência, são explicados o problema de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, as justificativas e as delimitações para a realização deste trabalho.

1.1 Problema de Pesquisa

Nos dias atuais, a disputa pelo mercado entre as empresas é cada vez mais exigente, resultando em clientes com demandas mais rigorosas e específicas. Diante deste cenário, é exigido das organizações níveis de performance cada vez mais elevados. Kaur et al. (2013) complementa esta ideia ao afirmar que estas mutações exigem melhorias na performance das empresas que se concentram no corte de custos, aumento dos níveis de produtividade e qualidade. Sharma (2011) ressalta que, apenas aquelas que têm a capacidade de se adaptar facilmente a essas novas necessidades são proeminentes.

Em um ambiente mercadológico em relativa queda e fortemente concentrado como o de refrigerantes, conforme detalhado anteriormente, obter um diferencial competitivo que permita o atendimento destas demandas rigorosas e específicas é ainda mais imperativo na corrida por novas fatias de mercado.

Nakajima (1988) ressalta que o objetivo de toda atividade de melhoria na fábrica é aumentar a produtividade minimizando os *inputs* e maximizando os *outputs*. Ao colocar essa afirmação, Nakajima (1988) define de forma ampla o conceito dos

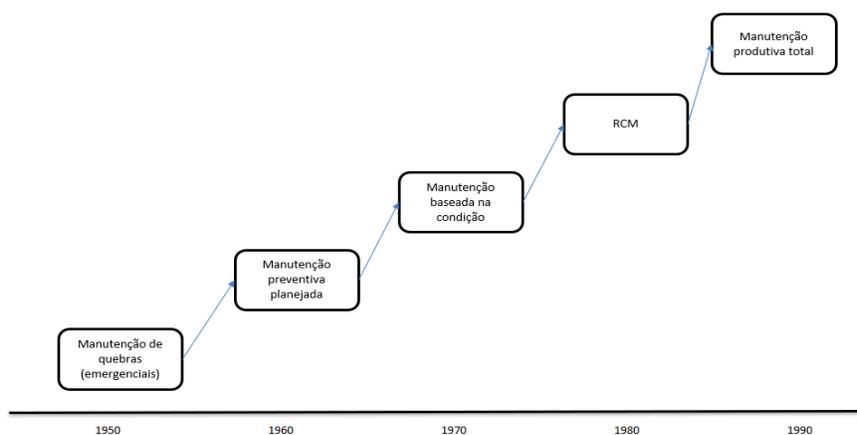
outputs enfatizando que refere-se não somente a aumento de eficiência, mas também, de forma resumida, significa produzir, em conformidade com os padrões de segurança e meio ambiente, mais produtos com melhor qualidade ao menor custo possível e entregando no prazo. Fatores estes que são fortemente influenciados pelas condições do equipamento.

Nakajima (1988) pontua também que, a porcentagem do custo do ciclo de vida de um sistema que é atribuído a atividades operacionais e de manutenção pode ser significativa, atingindo 75% do custo total em alguns casos. Obviamente, estes custos impactarão negativamente nos lucros, e em um ambiente competitivo, podem afetar as vendas do produto. Conseqüentemente, a manutenção desempenha um papel relevante na indústria, e pode ser um instrumento para que a empresa se destaque no mercado. Isto apenas será verdade desde que ela seja capaz de produzir bens de qualidade em quantidade, e entregar no momento certo de acordo com as necessidades do cliente (RANJAN, 2016).

Equipamentos de produção confiáveis são considerados os maiores contribuidores da performance e da lucratividade de sistemas produtivos (JAIN, BHATTI E SINGH, 2014). Portanto, uma estratégia de manutenção eficaz agregará valor significativo às atividades de produção de uma empresa e, subseqüentemente, aos seus negócios.

Ao longo dos anos, na história da manutenção industrial, houve uma série de sistemas de manutenção, os quais evoluíram gradativamente. O progresso dos conceitos de manutenção de equipamentos industriais é mostrado na figura 1.

Figura 1 – Evolução dos conceitos de manutenção na indústria



A manutenção produtiva total (TPM) é uma das melhores ferramentas para fazer as indústrias competitivas e eficientes no campo da manutenção. (HANGED AND KUMAR, 2013).

Chen (2013) argumenta que o principal objetivo do TPM é alcançar sistemas de produção confiáveis através da maximização da eficiência geral para que a produtividade do equipamento e da planta seja aumentada

Nakajima (1988) afirma que atingir os principais objetivos do TPM reduz as seis grandes perdas. As seis perdas que drenam a produtividade consistem em paradas, configuração e perda de ajuste, microparadas, velocidade reduzida, defeitos e retrabalho, e perdas de partida do equipamento. A redução dessas perdas aumenta a eficiência geral do equipamento.

É conhecido, portanto, o papel que a manutenção industrial tem no contexto global de uma organização e o quanto que bem gerida, organizada e executada pode maximizar os resultados de uma empresa fazendo com que a ela desempenhe um papel de destaque no mercado. Entretanto, a realidade pode ser um pouco diferente. Norddin and Saman (2012) afirmam que embora a maioria das indústrias queiram se tornar organizações de classe mundial, i.e., referência na gestão das suas estratégias de manutenção. Muita resistência é encontrada ao longo da jornada para tornar-se uma organização de classe mundial. A boa execução do TPM é intimamente ligada com a participação dos funcionários de todos os níveis. Brah e Chong (2014) pontuam que a manutenção produtiva total como estratégia de manutenção depende da vontade dos funcionários em aceitar mudanças, adaptar-se a novos ambientes e a taxa de melhorias contínuas executadas depende da quantidade de treinamentos repassado aos dos empregados.

Além disto, erros na implementação da estratégia, podem arruinar a execução e, conseqüentemente, abrandar os resultados obtidos através dela. A implementação comumente falha devido à falta de comprometimento. (FERRARI *et al.*, 2002).

Fora a implementação e execução das iniciativas oriundas da manutenção produtiva total, existem também dificuldades para sustenta-las ao longo prazo, após o ciclo de implementação devido à falta de suporte da alta gerência. Nakajima (1988) reforça isto ao afirmar que o TPM só pode prosperar com o comprometimento da alta gerência. Em alguns casos, a manutenção é vista como um custo dentro da organização. O gerenciamento de manutenção geralmente está sob uma pressão tão

alta para controlar os gastos que eles são incapazes de realizar o trabalho necessário para entregar os possíveis resultados inovadores (COLEMAN, 2012).

Diante disto, busca-se através desse trabalho responder a seguinte questão de pesquisa: *Em uma unidade refrigeranteira de uma empresa de bebidas alpha, as melhorias instauradas com base no pilar de manutenção planejada do TPM, a longo prazo, realmente têm impacto positivo em termos de eficiência das máquinas do setor de envase de refrigerantes?*

A seguir, na seção 1.2 serão apresentados os objetivos deste trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar, a longo prazo, i.e., período maior de um ano após a implementação, o efeito das melhorias implementadas através do pilar de manutenção planejada da manutenção produtiva total, TPM, no aumento da eficiência dos equipamentos de uma unidade da empresa alpha.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever o rendimento das máquinas antes e depois da implantação das melhorias oriundas da estratégia de manutenção planejada implementada;
- b) Analisar o efeito das melhorias geradas através da estratégia de manutenção planejada da empresa no longo prazo;
- c) Avaliar estatisticamente o ganho de performance obtido com as iniciativas propostas;
- d) Analisar a percepção dos funcionários da empresa quanto às estratégias de manutenção empregadas pela companhia;
- e) Identificar os pontos positivos e oportunidades na implementação e execução das melhorias.

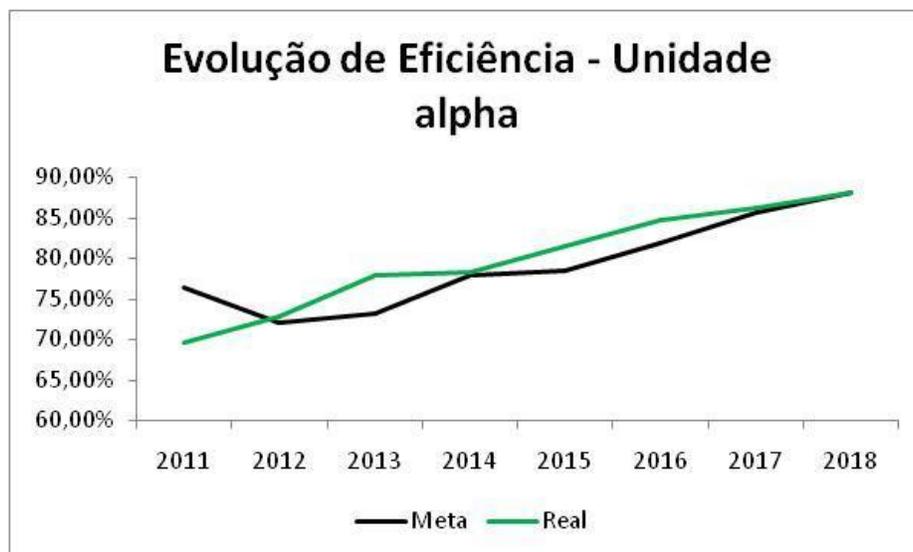
Logo abaixo, na seção 1.3, estão dispostas as justificativas para realização deste trabalho.

1.3 Justificativa

1.3.1 Justificativa Empresarial

Sob a ótica da indústria, na empresa alpha existe uma constante busca pelo aumento de performance. Sendo assim, diferentes iniciativas são lançadas baseadas na estratégia de manutenção da empresa. Conforme mostrado no gráfico 5, todos os anos os patamares de eficiência a serem buscados crescem para valores ainda não atingidos. Logo, é necessário avaliar se estas ações incidem em melhorias e mudanças no processo produtivo ou na execução da manutenção produtiva total a longo prazo ou apenas no período de implementação/execução. Em outras palavras, é preciso avaliar a perpetuação e consolidação destas ações para que se evite perdas de tempo e recursos. Conforme já descrito nos objetivos, esta monografia propõe-se, a avaliar estas iniciativas trazidas pela estratégia de manutenção planejada no que tange ao aumento de performance oferecendo, ao final, uma mensuração do que efetivamente resultou em ganhos de performance.

Gráfico 4 – Eficiência anual empresa alpha. Meta e real



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados da empresa alpha

1.3.2 Justificativa Acadêmica

É vasta a presença de trabalhos na literatura que sugerem a aplicação do TPM como alavanca de performance nos mais variados seguimentos industriais. Nallusamy

e Majumdar (2017) aplicam os conceitos de TPM para aumento do OEE em uma indústria chinesa de fabricação de peças através de tornos CNC. De acordo com sua pesquisa, foi observado a redução no tempo de setup, tempo de ciclo, perdas por quebra e tempo de retrabalho, enquanto que o aumento da eficiência global do equipamento (OEE) aumento por volta de 15% (NALLUSAMY E MAJUMDAR, 2017).

Ranjan e Mishra (2016), em máquina de colagem de uma indústria de fabricação de baterias, conseguiram através de do uso da manutenção produtiva total um aumento de cerca de 10% no OEE deste equipamento.

Gupta e Vardham (2015), correlacionam o aumento do volume de vendas em uma indústria de automóveis. Os resultados empíricos do estudo revelam que o aumento de OEE, produtividade e redução dos custos de produção resultaram em dobrar a receita de vendas e triplicar o lucro em um período de três anos (GUPTA E VARDHAM, 2015).

Entretanto, especificamente em indústria de bebidas, foi encontrada uma quantidade menor de trabalhos publicados na literatura. Castro (2012) compara, em uma linha de pequeno porte de envase de PET localizada no Rio de Janeiro, o indicador utilizado pela empresa com o OEE. Aponta na sua conclusão que os indicadores atuais não guiam para a tomada correta de decisões, mostrando que o gerenciamento não age proativamente para redução de desperdícios (CASTRO 2012).

O autor não compara, porém, nenhum cenário antes e depois da implementação do TPM. Dentre os trabalhos que apresentam esta comparação, destaca-se Raposo (2011) que em seu estudo de caso realizado em uma empresa localizada em Manaus/AM conclui que, através da implementação do TPM, foi possível elevar o OEE de uma linha de envase de bebidas em 14% em um período de avaliação de onze meses.

Ohunakin e Lerano (2012) afirmam que em seu trabalho realizado uma linha de envase em Lagos na Nigéria, obtiveram a elevação do OEE de 31,78% para 56,3% e uma elevação da taxa de qualidade 92,01% para 97,34% durante o período de sete dias de implementação.

Deste modo, também como uma justificativa para a realização deste trabalho, cita-se a contribuição para a literatura, visto que dos trabalhos encontrados há pouca aplicabilidade na indústria de bebidas e os trabalhos existentes monitoram apenas

curtos espaços de tempo após a implementação do programa. Na seção 1.4, está descrita a delimitação deste trabalho.

1.4 Delimitação do Tema

No atual cenário do mercado produtor de refrigerantes no país, o Rio Grande do Sul é o quarto maior mercado quando comparado os valores de produção por estado. O presente trabalho delimita-se a avaliação de um dos pilares da manutenção produtiva total, a manutenção planejada, em uma planta de envase de refrigerantes localizada neste estado que pertence a uma empresa multinacional do ramo de bebidas. Por questões de sigilo, a mesma será retratada como "alpha".

Seguindo, na seção 1.5, será apresentada a estrutura deste trabalho.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta monografia, apresenta-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo é a Introdução onde há a contextualização do mercado da indústria de refrigerantes, sendo apresentando ainda o problema de pesquisa, os objetivos gerais e específicos que definem os resultados propostos e a justificativa desse trabalho. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre o processo de envase de refrigerantes, o conceito de gargalos do processo, o cálculo de eficiência através do OEE/TEEP, bem como os conceitos de Manutenção Produtiva Total. No Capítulo 3, estão dispostos a metodologia e procedimentos utilizados no trabalho apresentando a forma como este estudo de caso será conduzido. O Capítulo 4 traz a caracterização da empresa de bebidas alpha que está sendo analisada nesse trabalho, a descrição dos roteiros de entrevista e análise das mesmas, a análise dos indicadores de performance utilizados na empresa alpha, bem como a análise das melhorias aplicadas na empresa e o seu impacto na performance dos equipamentos avaliados na unidade. Por fim, concluindo o trabalho, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção estão descritos os principais conceitos que sustentam o presente estudo de caso. Inicialmente, a conceituação do processo de envase de refrigerantes, o conceito sobre eficiência e do indicador de performance OEE. Após estão explicados o conceito sobre manutenção produtiva total TPM e seus efeitos na indústria.

2.1 Processo de Envase de Refrigerantes.

O processo de envase de refrigerantes, resumidamente, pode ser dividido em três partes conforme mostrado abaixo:

Figura 2 – Processo de envase de refrigerantes



Fonte: Elaborado pelo Autor

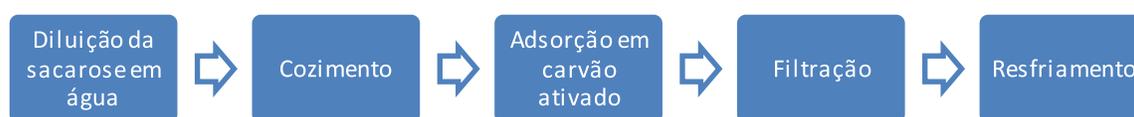
2.1.1 Produção do Xarope Simples

De acordo com CETESB (2005), Xarope simples é definido como uma solução aquosa de açúcar, eventualmente enriquecida com ácidos orgânicos. A concentração varia entre 55 e 64% m/m. No processo mais comumente utilizado pelas indústrias de refrigerantes, sua obtenção se dá pela diluição do açúcar em água quente, que diminui o risco de contaminação microbológica, seguido de cozimento à temperatura de 85-

100°C. Adiciona-se carvão ativado em pó para, através de adsorção, retirar sabor estranho e promover a clarificação (LIMA E AFONSO, 2008).

Após a solução é filtrada em filtro de placas com a finalidade de separar o carvão ativado e outras partículas do xarope preparado. Imediatamente após a filtração, o Xarope simples é resfriado até 15-20°C em trocadores de calor (CELESTINO, 2010).

Figura 3 – Fabricação do Xarope Simples



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.1.2 Produção do Xarope Composto

O Xarope composto é formado pelo Xarope Simples acrescido dos outros componentes do refrigerante (LIMA E AFONSO, 2008). Os aditivos incorporados ao xarope simples para obtenção do xarope composto é que distinguem os refrigerantes entre si, conferindo as características de cor, sabor, odor e propriedades químicas adequadas à sua conservação. Os aditivos incorporados podem ser sucos naturais de frutas, flavorizantes, estabilizantes, conservantes, corantes, antioxidantes, entre outros (CETESB, 2005).

De acordo com a Celestino (2010), a sequência de preparo deve ser obedecida, não alterando a ordem de entrada dos ingredientes para evitar precipitações e turvações. O conservante é o primeiro componente a ser adicionado, minutos antes da adição do concentrado (PALHA, 2005).

Após o término das adições, completa-se o nível do tanque com água tratada. Para garantir a completa homogeneização dos componentes, a agitação deve ser mantida por 15 minutos após a adição de todos os componentes da bebida e retomada por alguns instantes a cada meia hora durante três horas. (CELESTINO, 2010).

Ao final, retira-se uma amostra para as análises microbiológicas e físico-químicas. Somente após essas análises, o xarope pode ser liberado para o envasamento (PALHA, 2005).

Figura 4 – Fabricação do Xarope Composto



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.1.3 Fabricação e envase do refrigerante

Após a fabricação do Xarope simples e do Xarope Composto, inicia-se a fabricação do refrigerante propriamente dito. O primeiro passo acontece em um equipamento chamado proporcionador. É o proporcionador que prepara a bebida para o enchimento; é ele que irá combinar a água tratada, o xarope composto e o gás carbônico nas proporções corretas e transferir a bebida final misturada para a enchedora. (CELESTINO, 2010).

As etapas que ocorrem no proporcionador podem ser divididas em desaeração, proporção, carbonatação e resfriamento. Primeiramente, na etapa da desaeração, a água e o gás carbônico são misturados, originando uma terceira substância, o ácido carbônico, que tem forma líquida. De acordo com Celestino (2010), a desaeração é normalmente baseada em sistemas a vácuo, CO₂, remoção do ar ou uma combinação deles.

Após a desaeração, a água desaerada é misturada com o xarope composto na etapa de proporção. Existem várias formas de fazer a proporção do refrigerante, porém, na indústria de larga escala, utiliza-se o sistema métrico de mistura onde é feita a leitura da quantidade de xarope que entra no misturador e então calcula-se a quantidade de água necessária para fazer a diluição desejada. Para refrigerantes com açúcar, a diluição é controlada de acordo com o teor de sólidos solúveis na bebida final; para os refrigerantes sem açúcar, o controle da diluição é feito de acordo com a acidez da bebida final (SANTOS e RIBEIRO, 2005).

A próxima etapa é a carbonatação. O teor de CO₂ nas embalagens é medido em volumes (3,5mL de CO₂/1000 ml da bebida). Em termos gerais, os refrigerantes carbonatam a um nível médio de 3,1 a 3,5 volumes de CO₂ (CELESTINO, 2010).

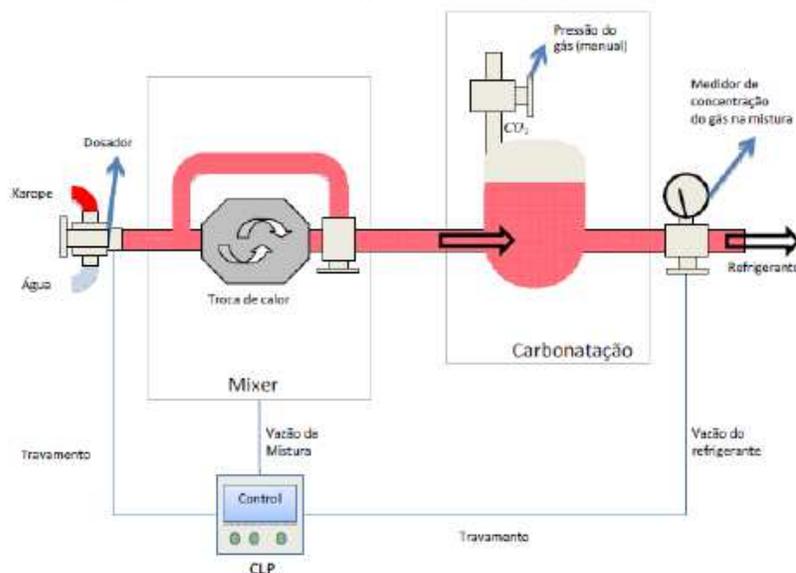
O nível de carbonatação varia de produto a produto e para cada um deles existe uma efervescência ótima. (FRANCIS e HARMER, 1993). Outro fator determinante para o nível de carbonatação no refrigerante é a embalagem. De acordo com Celestino (2010), o uso de embalagens grandes de PET requer um nível de carbonatação ligeiramente mais elevado que as embalagens de vidro, para compensar as perdas de CO₂ que se produzem através das paredes do PET durante o armazenamento e em cada abertura efetuada durante o período de consumo.

Atualmente, o sistema usado mais comum é o tanque de saturação ou carbonatação. Nesse sistema, a bebida é distribuída em placas de resfriamento a uma pressão de 760 mmHg de CO₂. Enquanto a bebida é resfriada, ela absorve a carbonatação (CELESTINO, 2010). Segundo Santos (2011), a carbonatação ocorre com a bebida a baixa temperatura (3 a 10°C), o que facilita a dissolução do gás carbônico na mesma.

Em relação ao controle do produto, diversos aspectos determinam a qualidade da carbonatação, tais como a pressão de CO₂ do saturador, temperatura de carbonatação, manutenção da temperatura, ausência de ar no xarope e qualidade da água. (COBUCCI, SIQUEIRA e PACHECO, 2009).

Por fim, tem-se o processo de resfriamento. Segundo Celestino (2010), o processo a frio minimiza a criação de espuma na enchedora, permite que os sistemas operem em pressões de carbonatação mais baixas, propicia uma maior velocidade e oferece vantagens do ponto de vista microbiológico.

Figura 5 – Esquema geral de um proporcionalizador



Fonte: Freitas, Filho 2009.

Após o proporcionador, a bebida é enviada para a enchedora para que ocorra o envase na embalagem em questão (lata, garrafas retornáveis de vidro ou PET). O envase do refrigerante deve ser realizado logo após a carbonatação, de modo a evitar perdas de CO₂ (SANTOS e RIBEIRO, 2005) e a sequência do processo varia de acordo com a embalagem a ser envasada. Como o presente trabalho foi realizado em uma linha de PET, a seguir descreve-se o processo de envase em uma linha deste tipo.

2.1.4 Produção de refrigerantes em PET

Em linhas de envase de refrigerante PET, o processo começa na Sopradora. Nesta máquina são produzidas as garrafas que serão envasadas com o refrigerante. As pré-formas, matéria-prima das embalagens, chegam até a indústria em um tamanho padronizado que não é o formato desejável para acondicionamento do refrigerante (FREGONEZ 2008). Em uma das extremidades, encontra-se a rosca (chamada de *finish*) que já vem formada, conforme mostrado na figura 5.

Figura 6 – Pré-formas



Fonte: inpet.com.br acesso em 30/07/2018

Para transformá-la em uma garrafa as pré-formas passam por um forno que aquece o material, amolecendo-o. Após isto, o mesmo passa por um molde que irá moldá-lo no formato adequado através de jatos de ar em alta pressão. Por fim, o material moldado será resfriado para que possa enrijecer e se tornar a embalagem final.

Após o processo de sopragem, as garrafas são encaminhadas para lavagem, interna e externamente, com um jato de água pressurizada adicionada de cloro (FREGONEZ, 2008). Este processo é conhecido como rinsagem.

Após a rinsagem, inicia o processo de enchimento da garrafa com a bebida oriunda do proporcionador. O refrigerante é envasado em baixa temperatura (3 a 12°C) e sob pressão para assegurar uma elevada concentração de CO₂ no produto (LIMA e AFONSO, 2009).

Uma vez que a garrafa foi enchida, o capsulador faz a colocação da tampa para a lacração da garrafa. Após tampada, a garrafa é submetida a uma série de inspeções eletrônicas para garantir a confiabilidade do processo de enchimento/lacração.

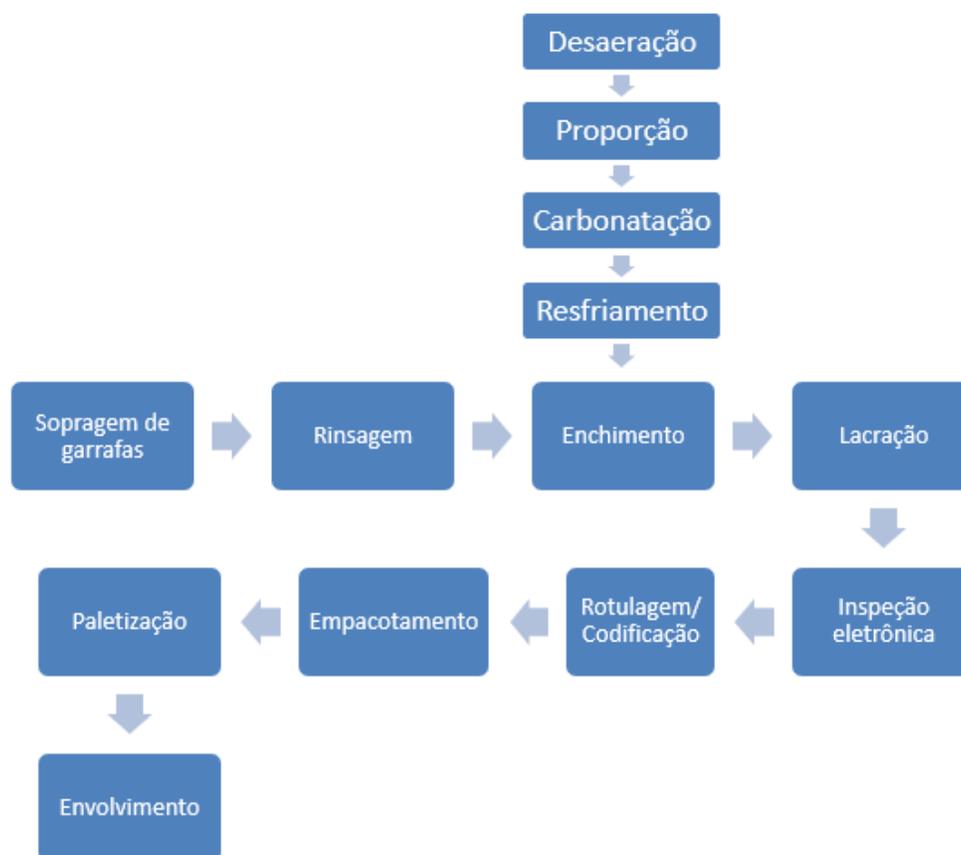
Posterior a inspeção eletrônica, tem-se o processo rotulagem. Este é processo em que a garrafa recebe a identificação com a colagem do rótulo. A garrafa chega até o equipamento, a mesma é girada para que o rótulo seja colado (FREGONEZ, 2008).

Após a rotulagem, tem-se a codificação onde a garrafa cheia, tampada, inspecionada e rotulada recebe uma gravação que pode ser a laser ou com tinta industrial que especifica o lote e a data de validade. As garrafas seguem a linha até o processo de empacotamento.

Nesta etapa agrupa-se as embalagens PET em seis, oito ou doze unidades, de acordo com a demanda. Após agrupadas, as garrafas são envoltas por um plástico termo retrátil, conduzidas a um forno onde as temperaturas variam de 180°C a 220°C onde o plástico irá encrespar e tornar-se rígido com o resfriamento já no formato das embalagens, dessa forma lacrando adequadamente o conjunto de PET's (FREGONEZ, 2008).

Por fim tem-se o processo de paletização/envolvimento. Esta etapa garante um transporte seguro ao produto final, pois os pacotes formados são colocados em grades, e depois recebem outra camada de um filme plástico para garantir que as embalagens não caiam durante o transporte (FREGONEZ, 2008). A figura 7 resume o processo de envase de refrigerante PET.

Figura 7 – Processo de envase de Refrigerante em Linha PET



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Segundo Moraes (2004), o TPM se popularizou no Japão pós-guerra, em 1970, quando o país tinha o grande desafio de recompor suas indústrias, fabricar e exportar seus produtos a fim de alcançar as metas do governo para reconstrução da nação. As empresas tinham como objetivo a produção com alta qualidade e a redução de custos, o que exigia o mínimo de desperdícios em seu processo.

Em uma fábrica ideal, os equipamentos devem estar operando a cem por cento de capacidade em cem por cento do tempo. A manutenção produtiva total é um conceito poderoso para levar as empresas próximas ao ideal sem paradas, sem defeitos e sem problemas de segurança (NAKAJIMA, 1989).

Sampaio (1993), reforça ao afirmar que o TPM é a busca de maior eficiência da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo baseado no respeito individual e na total participação dos empregados.

Pinto e Lima (2007), afirmam que o TPM é um programa de gestão que visa atingir a máxima eficiência do sistema produtivo, através da busca constante pela perda zero, potencialização da utilização dos recursos físicos e humanos existentes, elevando o conhecimento e a autoestima dos colaboradores. O TPM visa, portanto, o aumento do rendimento global.

Neste contexto, de acordo com Nakajima (1988), a manutenção produtiva total tem três significados relacionados com as três características do TPM:

- a) Eficácia total: Busca pela eficiência, economia e lucratividade;
- b) Plano de manutenção total: Prevenção da manutenção e atividades para aumentara manutenibilidade como, por exemplo, a manutenção preventiva;
- c) Participação total: Manutenção autônoma pelos operadores e atividades em cada departamento e em cada nível hierárquico.

2.2.1 Implementação do TPM: Oito pilares da Manutenção produtiva Total

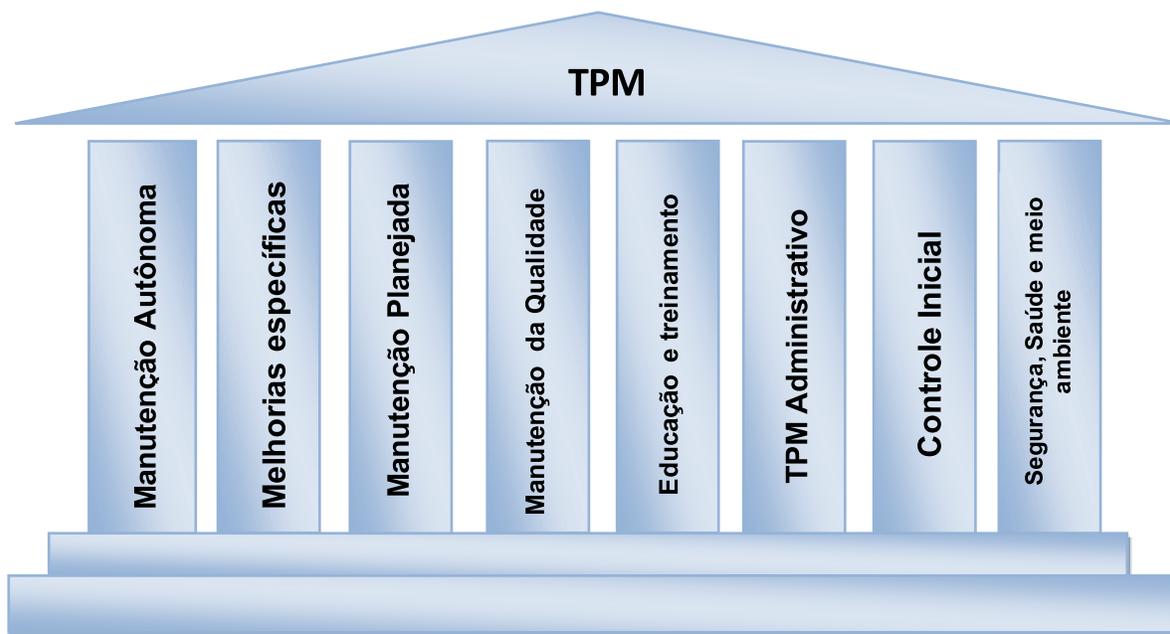
Nakajima (1988) defende que o TPM só pode prosperar com o comprometimento da alta gerencia. Se os gerentes estão determinados em implementar o TPM, o sucesso está virtualmente garantido.

De acordo com o Instituto Japonês de Manutenção Industrial JIPM (1971), a manutenção produtiva total, TPM, envolve um plano de implementação dividido em oito pilares que resultam em um aumento substancial na produtividade da mão de obra, na redução nos custos de manutenção e na redução nas paradas de produção e quebras. Os oito pilares são:

- a) Manutenção Autônoma;
- b) Melhorias específicas;
- c) Manutenção Planejada;
- d) Manutenção da Qualidade;
- e) Educação e treinamento;
- f) TPM Administrativo;
- g) Controle inicial;
- h) Segurança, Saúde e meio ambiente.

A figura 8 traz os oito pilares do TPM segundo o Instituto Japonês de Manutenção Industrial JIPM (1971).

Figura 8 – Oito pilares do TPM



Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de JIPM (1971)

O quadro 1 detalha os principais objetivos de cada um dos oito pilares da manutenção produtiva total.

Quadro 1 – Objetivos dos oito pilares da manutenção produtiva total

Pilar	Objetivos
Manutenção Autônoma	Fomentar sentimento de dono do operador
	Realizar limpeza, lubrificação, aperto, ajuste, inspeção, readequação no equipamento de produção
Melhorias específicas	Identificação sistemática e eliminação das 6 grandes perdas
	Trabalhar na estruturação e mitigação das perdas através das análises de 5 porquês e FMEA
	Aumento do OEE de sistemas produtivos
Manutenção Planejada	Planejar um eficiente e efetivo plano de manutenção com base no ciclo de vida do equipamento
	Aumentar MTBF e MTTR
	Determinar rotinas de check de manutenção
Manutenção da Qualidade	Atingir zero defeitos
	Rastreio dos problemas e tratamento das suas causas raízes
	Definir as condições ideais em no que tange a máquina, ao material e ao funcionário
Educação e treinamento	Transmitir habilidades tecnológicas, de controle de qualidade e habilidades interpessoais
	Obter funcionários com várias habilidades distintas, ou seja pessoas "multi-tarefas"
	Alinhamento dos funcionários com os objetivos da empresa
	Avaliação e atualização periódica das habilidades dos funcionários
TPM Administrativo	Melhorar a sinergia entre diferentes unidades de negócio
	Remover burocracia
	Foco em resolver problemas relacionados a custos
	Aplicar 5s em todas as áreas de trabalho da empresa
Controle Inicial	Buscar problemas mínimos e funcionamento pleno de novos equipamentos
	Utilizar aprendizados de sistemas existentes em novos sistemas
	Obter melhorias de manutenção
Segurança, Saúde e meio ambiente	Garantir um ambiente de trabalho seguro
	Fornecer ambiente de trabalho apropriado
	Eliminar lesões e acidentes
	Fornecer procedimentos padrões de operação

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Ahuja and Khamba (2008)

Uma vez que os objetivos foram definidos, cada funcionário deve entender, identificar eles mesmos e criar pequenos grupos de trabalho para garantir seus objetivos. No TPM, grupos pequenos definem seus próprios objetivos baseados nos objetivos gerais da empresa (NAKAJIMA, 1978).

2.2.2 Cinco elementos chave da Manutenção produtiva total

Wilmott (1994), afirma que o conceito do TPM é utilizado para manter o equipamento em condições ótimas para prevenir quebras inesperadas, paradas por

velocidade e defeitos de qualidade que possam ocorrer durante as atividades de um processo. Noon et al. (2000), afirmam que zero defeitos, zero acidentes e zero quebras são os três objetivos finais do TPM. Nakajima (1988) alega que o TPM é um sistema de manutenção que cobre todo o ciclo de vida do equipamento incluindo o planejamento, a produção e a manutenção e é caracterizado por cinco elementos chave:

- a) Maximizar a eficiência do equipamento;
- b) Desenvolver um sistema de manutenção produtiva para todo o ciclo de vida do equipamento;
- c) Envolver todos os departamentos que planejam, desenham, utilizam ou fazem manutenção no equipamento na implementação do TPM;
- d) Envolver todos os empregados de forma ativa – do mais alto nível gerencial ao “chão de fábrica”;
- e) Promover o TPM através do gerenciamento da motivação: atividades elaboradas de forma autônoma por grupos pequenos

2.2.3 Maximização da Eficiência: As Seis grandes perdas

De acordo com Nakajima (1988), o TPM é utilizado para maximizar a eficiência do equipamento por todo o ciclo de vida. O quadro 2 elucida os objetivos para cada uma das 6 grandes perdas de forma a aumentar a eficiência do equipamento.

Quadro 2 – Objetivo para cada uma das 6 grandes perdas de eficiência

Tipo de Perda	Objetivo	Explicação
Perdas por quebra	0	Reduzir a zero em todos os equipamentos
Perdas por setup e ajustes	Minimizar	Reduzir setups para menos de dez minutos
Perdas por velocidade	0	Trazar o equipamento da velocidade atual para a velocidade original de projeto da máquina
Perdas menores e por ociosidade	0	Reduzir a zero em todos os equipamentos
Perdas por defeitos de qualidade e retrabalho	0	Ocorrências extremamente pequenas são aceitáveis 30~100ppm)
Perdas de startup	Minimizar	

Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de Nakajima (1988).

2.2.4 Benefícios da manutenção produtiva total

A implementação prática do TPM, ajuda a eliminar desperdícios oriundos de uma desorganizada área de trabalho e paradas não planejadas do processo de

produção. Os benefícios do TPM, de acordo com Jain, Bhatti e Singh (2014), podem ser classificados em diretos e indiretos, conforme mostrado no quadro 3:

Quadro 3 – Benefícios do TPM

Benefícios Diretos	Benefícios Indiretos
Produtividade e eficiência geral da planta aumenta cerca de 1,5 a 2 vezes	Aumenta o nível de confiança dos empregados
Reduz o custo de produção em torno de 30%	Trabalhadores desenvolvem sentimento de dono com as máquinas
Reduz acidentes	Posto de trabalho está sempre arrumado, limpo e organizado
Reduz reclamação dos clientes	A atitude muda favoravelmente a companhia
Cumprimento das medidas de controle de poluição	Conhecimento e experiências são divididas a todos os empregados
Aumento da qualidade do produto	Todos os trabalhadores trabalham juntos para alcançar as metas organizacionais
Aumento na consistência dos resultados	Desdobramento horizontal do novo conceito em todas as áreas da organização

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Jain, Bhatti e Singh (2014)

2.3 Gargalos do processo

O conceito de restrição também chamado de gargalos do processo produtivo, de acordo com Cox III e Spencer (2009), pode ser definido como qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível de melhor desempenho no que diz respeito a sua meta. A teoria das restrições (TOC), proposta por Goldratt e Cox (2016), baseia-se no princípio de que qualquer sistema tem, ao menos, uma restrição, caso contrário poderia produzir uma quantidade infinita de produtos. Desta forma, para alavancar performance, o primeiro objetivo das empresas deve ser os os ganhos de eficiência na restrição.

Antunes et al. (2008) defendem que os gargalos constituem recursos cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender às ordens demandadas pelo mercado, ou seja, são recursos cuja capacidade instalada é inferior à demanda do mercado no período de tempo considerado pela análise.

Atualmente, existe um problema relaciona à determinação dos gargalos produtivos e dos recursos com restrição de capacidade. (ANTUNES et al. 2013).

Antunes et al. (2013) registram que uma das questões essenciais da engenharia de produção refere-se à determinação, com máxima precisão possível, da capacidade grosseira de produção. Em geral as lógicas adotadas para a determinação da capacidade nas empresas têm pouco rigor científico, já que na maioria das vezes, não consideram as eficiências reais dos equipamentos.

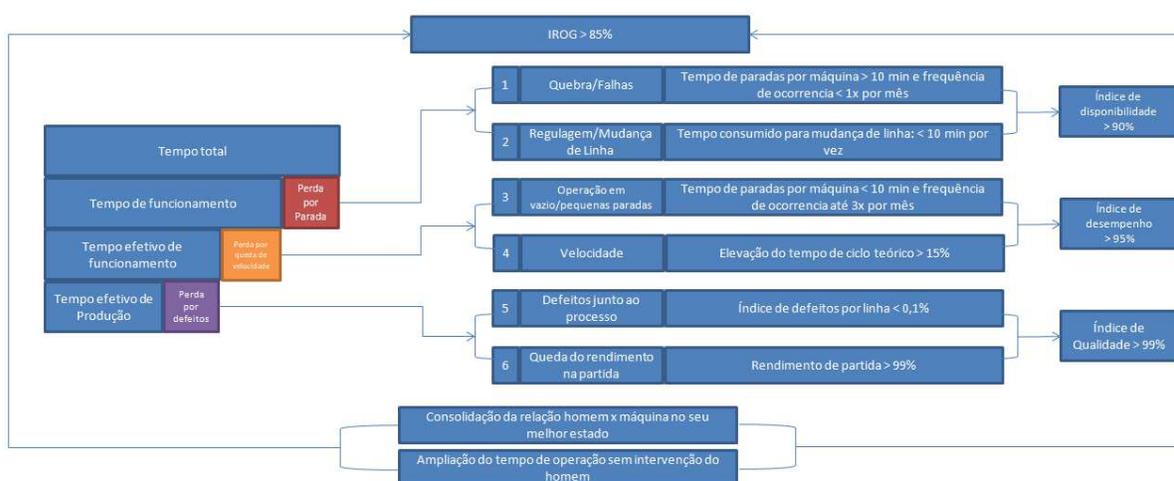
2.4 Cálculo da Eficiência

Conforme citado anteriormente, o TPM objetiva manter os equipamentos operando e aumentando o seu rendimento global. A forma de medição do rendimento global, proposta pelo TPM é o Rendimento Operacional Global, ou IROG.

De acordo com Nakajima (1988), o OEE é o resultado da multiplicação de três outros índices: i) Índice de tempo operacional, que é um índice de disponibilidade relacionado com os tempos de parada dos equipamentos; ii) Índice de desempenho operacional, que é um índice relacionado com a queda de velocidade durante a operação dos equipamentos e com pequenas paradas temporárias e outras perdas não registradas; e iii) Índice de produtos aprovados que é um índice de qualidade relacionado com a produção de itens com defeitos.

Hansen (2006) relaciona as perdas por paradas não programadas e as paradas por tempo de parada com o índice de disponibilidade; a perda de velocidade com o índice de desempenho e a perda da não qualidade com o índice de qualidade. Na figura 9 estão apresentadas as relações entre esses índices, as causas de quedas de rendimento, as perdas e os tempos de operação dos equipamentos.

Figura 9 – Índice de Rendimento Operacional Global– IROG



Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de Nakajima (1988).

Como pode-se observar na figura 9, Nakajima (1988) propõe para empresas de classe mundial, a partir de uma base empírica, a obtenção do IROG é superior a 85%, sendo necessário, para tanto, que o índice de disponibilidade seja superior a 90%, o índice de desempenho superior a 95% e índice de qualidade superior a 99%.

Em uma empresa, a capacidade de produção de um posto de trabalho é igual ao tempo no qual este posto de trabalho está disponível para a produção, multiplicado pela sua eficiência (μ_{global} ou IROG) (ANTUNES et al. 2013).

A equação 1 traz o conceito da capacidade de produção de um posto de trabalho.

$$C = T \times \mu_{global} \quad (1)$$

Segundo Antunes et al. (2013), a demanda de um posto de trabalho, por sua vez, é igual ao somatório da multiplicação de quantidade de cada item produzido pelo respectivo tempo de ciclo de cada produto, conforme mostrado na equação 2:

$$D = \sum_{i=1}^n tp_i \times q_i \quad (2)$$

Uma vez que em postos de trabalho considerados gargalos do processo, a demanda é igual à capacidade de produção, ao combinar a equação 2 com a equação 3 temos a fórmula para o cálculo do IROG na equação 3:

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{T} \quad (3)$$

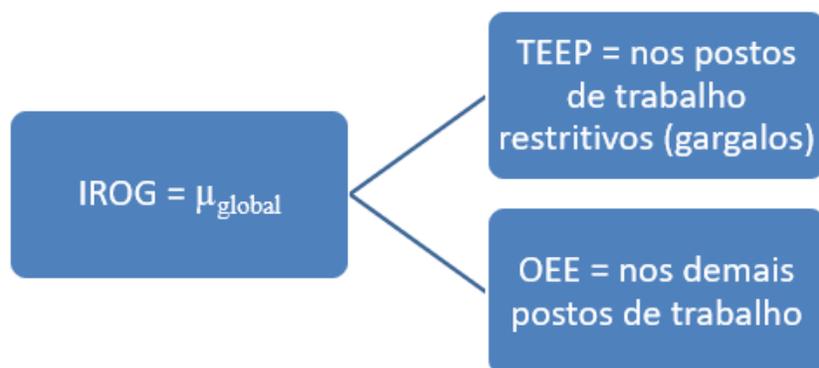
Onde,

I = item produzido até o limite n
 n = número de ocorrências do item i
 tp_i = tempo de ciclo do item i
 q_i = quantidade boa do item i produzido
 T = tempo disponível para produção.

2.4.1 OEE e TEEP

De acordo com Antunes et al. (2013), o IROG não deve ser calculado da mesma maneira para todos os postos de trabalho. A figura 10 descreve os conceitos que devem ser usados em cada um dos postos de trabalho.

Figura 10 – Conceitos de TEEP e OEE



Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de Antunes et al. (2013).

A solução ideal é operar o posto de trabalho restritivo durante todo o tempo calendário da empresa, sendo uma função gerencial aumentar sistematicamente sua eficiência. O aumento dessa eficiência tem como consequência o aumento do sistema produtivo como um todo até o momento em que esse posto de trabalho passa a não ser mais a restrição do sistema. (ANTUNES et al. 2013).

Deste modo, nestes postos de trabalho, segundo Antunes et al. (2013), o IROG deve assumir o conceito de TEEP (Produtividade efetiva total do equipamento), sendo o tempo disponível para a produção correspondente ao tempo que a empresa está disponível para produzir ou tempo de calendário (horário administrativo, horários onde haja turno de produção, etc.), sem considerar nenhuma parada programada. Trata-se

de calcular a produtividade real do sistema produtivo. A equação 4 descreve ao IROG de um posto de trabalho restritivo:

$$\mu_{TEEP} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{Tempo\ Calendário} \quad (4)$$

Os postos de trabalho não restritivos, entretanto, não precisam e não devem funcionar em tempo integral na medida em que só seriam gerados estoques intermediários, defendem Antunes et al. (2013).

Neste caso, portanto, para o cálculo do IROG nestes postos de trabalho é utilizado o conceito de OEE (Índice de eficiência global do equipamento), isto é a maneira que o sistema funcionou quando foi requisitado a trabalhar. (ANTUNES et al. 2013).

A equação 5 ilustra o IROG de um posto de trabalho não restritivo.

$$\mu_{OEE} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i \times q_i}{Tempo\ Programado} \quad (5)$$

2.4.2 Fatores que compõem o IROG

De acordo com Nakajima (1988), o IROG é resultado da multiplicação de três outros índices, conforme mostrado na equação 6:

$$\mu_{global} = \mu_1 \times \mu_2 \times \mu_3 \quad (6)$$

Onde,

μ_1 = Índice de disponibilidade;

μ_2 = Índice de desempenho;

μ_3 = Índice de qualidade;

2.4.2.1 Índice de disponibilidade:

De acordo com Antunes et al. (2013), corresponde ao tempo durante o qual o posto de trabalho ficou disponível para a produção menos o tempo durante o qual ele ficou parado, ou seja, é levado em conta o tempo durante o qual a velocidade de

produção é igual a zero. Para casos onde o posto de trabalho seja m recurso restritivo, o tempo considerado é o tempo de calendário; se o posto de trabalho não for um recurso restritivo, o tempo considerado para a produção é o tempo programado. A equação 7 descreve o cálculo do índice de disponibilidade.

$$\mu_1 = \frac{\text{Tempo disponível} - \sum \text{Tempo paradas}}{\text{Tempo disponível}} \quad (7)$$

Para o índice de disponibilidade, quanto menor for o valor do índice, maior será o potencial de aumento da utilização do posto de trabalho, pois um baixo valor indica que ocorrem muitas paradas. Quanto maior a quantidade de setups, os tempos de paradas totais tendem a aumentar. (ANTUNES et al. 2013).

2.4.2.2 Índice de desempenho

Está diretamente relacionado ao desempenho do posto de trabalho. De acordo com Antunes et al. (2013) é calculado em função do tempo de produção total durante o qual são produzidos itens conformes e não conformes e do tempo durante o qual o equipamento estava em produção. A equação 8 apresenta o índice de desempenho.

$$\mu_2 = \frac{\text{Tempo de produção total}}{\text{Tempo real de operação}} \quad (8)$$

Ainda de acordo com Antunes et al. (2013), de uma forma básica as seguintes causas podem ser responsáveis pela obtenção de um baixo valor desse índice:

- a) Operação em vazio: Quando o equipamento está ativado, mas nenhum item está sendo produzido
- b) Tempo de paradas pequenas não registradas: Por exemplo picos de queda de energia de difícil registro ou paradas momentâneas para regulagem do equipamento.
- c) Quedas de velocidade de operação: quando, por exemplo, a velocidade de operação do equipamento é reduzida em função de algum operador não habilitado, entre outros.

2.4.2.3 Índice de qualidade

Segundo Antunes et al. (2013), está relacionado com a qualidade dos itens produzidos. É calculado em função do tempo de produção total, quando itens conformes e não conformes são produzidos. A equação 9 mostra o cálculo do índice de qualidade.

$$\mu_3 = \frac{\textit{Tempo de agregação de valor}}{\textit{Tempo de produção total}} \quad (9)$$

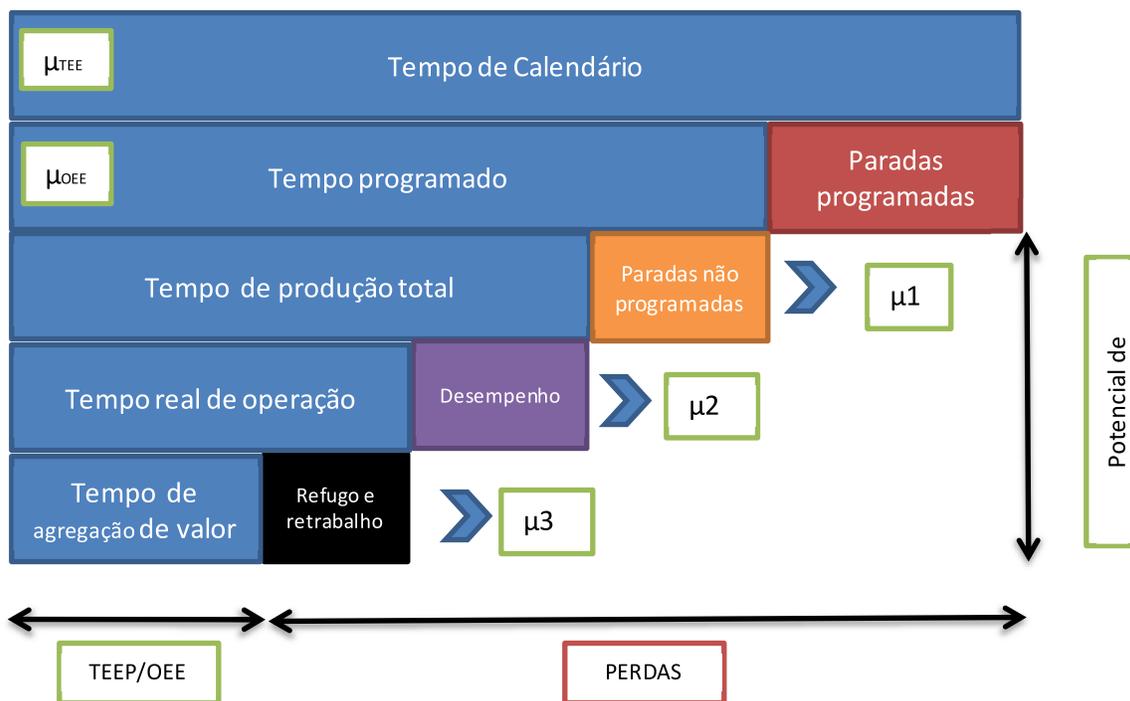
Através da equação 10 mostra que o índice de qualidade também pode ser calculado aproximadamente considerando-se as quantidades de itens bons e de itens fora de especificação:

$$\mu_3 = \frac{\textit{Quantidade de itens conformes (bons)}}{\textit{Quantidade de itens totais}} \quad (10)$$

Para casos onde os tempos de ciclo de produção de todos os itens produzidos forem o mesmo, o valor obtido pela equação 9 deverá ser o mesmo obtido pela equação 10.

Segundo Antunes et al. (2013), a diferença entre o tempo de calendário (em postos de trabalho restritivos) ou o tempo programado para produzir (no caso de um posto de trabalho não restritivo) e o tempo de agregação de valor corresponde ao potencial de melhorias possível de ser realizado com vistas ao aumento da eficiência operacional do posto de trabalho monitorado e, conseqüentemente, ao aumento da sua produtividade.

Figura 11 – Relação entre tempos e índices de eficiência



Fonte: Elaborado Pelo autor. Adaptado de Nakajima (1988).

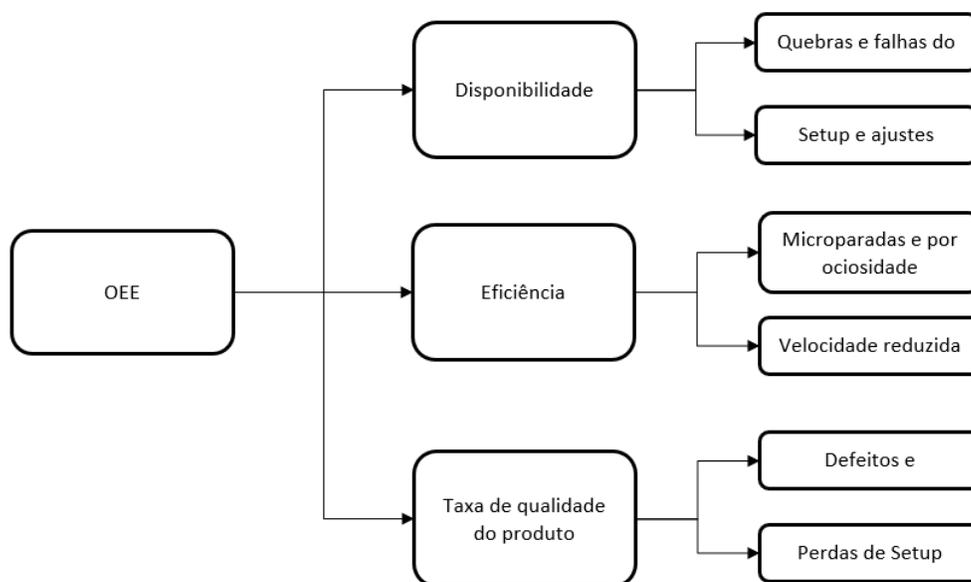
A figura 11 mostra como, a partir maior tempo disponível para produção (tempo calendário), o tempo efetivo de produção diminui devido as diferentes perdas existentes em um processo produtivo, até que seja atingido o tempo de agregação de valor. Como pode-se notar, cada redução do tempo disponibilizado para produção está relacionada a um dos índices de eficiência descritos acima.

2.4.3 Uso do OEE como métrica do TPM

OEE é a métrica associada com o TPM desde a concepção do programa. Existem tanto na literatura quanto na prática diversos trabalhos correlacionando ambos. Nakajima (1988) assegura que em inúmeros sistemas o OEE vem sendo usado para mensuração da efetividade de implementação do TPM. Em outras palavras, é usado como parâmetro para medir o quão bem a planta e seus equipamentos são utilizados e é determinado em relação a uma variedade de perdas que limitam o uso efetivo do equipamento (NAKAJIMA, 1989). O OEE destaca a “capacidade oculta” e uma organização. (POPHALEY 2010). Conforme já mostrado anteriormente, o OEE é uma função de três fatores mensuráveis: Disponibilidade do equipamento, eficiência e a taxa de qualidade de produto. Estes fatores estão

diretamente ligados com as seis grandes perdas do equipamento conforme mostrado abaixo na figura 12.

Figura 12 – Relação entre OEE e as seis grandes perdas



Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Nakajima (1988)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Uma vez descrita a revisão bibliográfica sobre o processo de envase de refrigerantes, manutenção produtiva total, manutenibilidade e confiabilidade, gargalos do processo e cálculo de eficiência, este capítulo propõe-se a revisar os meios de pesquisa existentes, objetivando definir a metodologia de pesquisa e de trabalho que serão abordados.

A caracterização do conceito de pesquisa, segundo Dresch et al. (2015), consiste em uma investigação sistemática, cujo objetivo central costuma ser o desenvolvimento ou refinamento de teorias e, em alguns casos, a resolução de problemas. A pesquisa é muitas vezes necessária diante da falta de informação adequada e sistematizada para responder a um determinado problema.

Selltiz et al. (1975), complementa afirmando que uma pesquisa pode ter os seguintes macro objetivos: familiarizar com um fenômeno ou conseguir uma nova compreensão sobre ele; apresentar informações sobre uma dada situação, grupo ou

entidade; verificar a frequência com que algo ocorre ou como se liga a outros fenômenos; verificar uma hipótese de relação causal entre variáveis.

De forma a cumprir estes macro objetivos citados acima, a pesquisa é realizada em um processo multietapas, desde a formulação do problema de pesquisa até a conclusão dos resultados obtidos. Um ponto crucial para o desenvolvimento de uma pesquisa é, além do conhecimento disponível, a utilização de uma metodologia que atenda as características daquele trabalho. Miguel (2007), corrobora esta ideia quando afirma que a importância metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, geralmente caracterizado pela busca da melhor abordagem de pesquisa a ser utilizada para endereçar as questões da pesquisa, bem como seus respectivos métodos e técnicas para seu planejamento e condução.

3.1 Delineamento da Pesquisa

Segundo Filippini (1997), atualmente, as pesquisas mais comuns em engenharia de produção e gestão das operações envolvem os tipos principais resumidos a seguir.

- a) Desenvolvimento teórico-conceitual;
- b) Levantamentos tipo *survey*;
- c) Pesquisa-ação;
- d) Modelamento e Simulação;
- e) Pesquisa bibliográfica/revisão da literatura;
- f) Pesquisas experimentais;
- g) Estudo de caso.

Dentre essas abordagens, o estudo de caso é uma abordagem extensivamente utilizada, tanto no Brasil quanto nos países desenvolvidos. (MIGUEL, 2007). O quadro 4 apresenta a classificação clássica de pesquisa. A partir dela será feita a classificação deste trabalho.

Quadro 4 – Tipos de pesquisa

Classificação	Tipo de Pesquisa	Descrição
Natureza	Básica	Objetiva gerar conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista.
	Aplicada	Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e que sejam dirigidos à solução de problemas específicos.
Abordagem	Quantitativa	Considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.
	Qualitativa	A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados de forma indutiva.
Objetivos	Exploratória	Objetiva tornar o objeto de estudo mais familiar visando à construção de hipóteses.
	Descritiva	Objetiva descrever as características de determinada população, fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.
	Explicativa	Objetiva identificar os fatores que determinem ou contribuam para a ocorrência dos fenômenos e explica o “por que” das coisas.
Procedimentos técnicos	Bibliográfica	Objetiva ser elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet
	Documental	Objetiva ser elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.
	Experimental	A determinação de um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle.
	Levantamento	Objetiva realizar perguntas para pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
	Estudo de caso	Objetiva o conhecimento detalhado do tema envolvendo estudos profundos sobre o assunto.
	Pesquisa ação	Objetiva a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.
	Pesquisa-participante	Objetiva analisar a integração entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Fonte: Elaborado pelo Autor. Adaptado de Silva e Menezes (2005).

De acordo com a tabela acima, com base nos conceitos de Silva e Menezes (2005), o presente trabalho caracteriza-se como um **estudo de caso de natureza**

aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática do TPM de forma a corrigir possíveis problemas na aplicação.

No que tange a abordagem, esta pesquisa **terá abordagem mista**. De acordo com Gunther (2006), em algumas situações, a utilização de ambas poderá fornecer informações úteis que são complementares no processo de análise. A abordagem quantitativa será feita ao analisar o impacto das ações de manutenção planejada do TPM aplicadas na performance dos equipamentos. Já a abordagem qualitativa buscará a interpretação do efeito destas iniciativas de TPM através de entrevistas com participantes e executores do processo.

Já como Objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como **exploratória**, pois pretende tornar os problemas e efeitos da aplicabilidade do TPM na indústria um tema mais familiar.

Complementarmente a classificação de Silva e Menezes, YIN (2015) também classifica os estudos de acordo com a quantidade de casos: (caso único – holístico ou incorporado ou casos múltiplos). Este trabalho trata-se de um **estudo de caso único e incorporado**, pois avalia o efeito da aplicabilidade da TPM em uma indústria de bebidas específica, porém avalia o efeito em diversos equipamentos distintos. O quadro 5 resume a caracterização da presente pesquisa:

Quadro 5 – Caracterização do presente trabalho

Procedimentos técnicos	Natureza	Abordagem	Objetivos	Classificação do Estudo de Caso
Estudo de caso	Aplicada	Quali/Quantitativa	Exploratórios	Único e Incorporado

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Método de trabalho

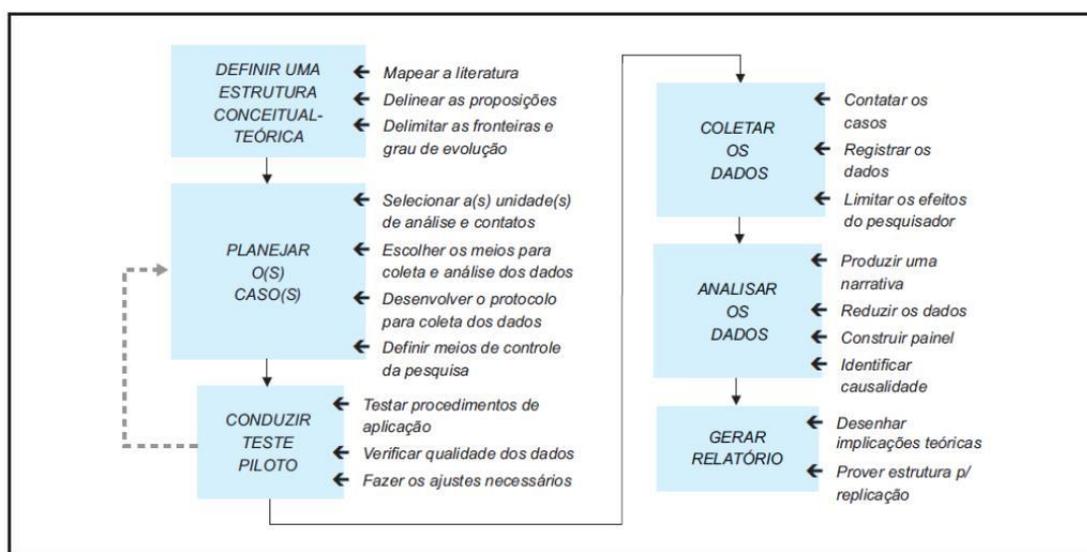
O método de trabalho determina a sequência de passos lógicos que o pesquisador utilizará para alcançar os objetivos da pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

Segundo Dresch et al. (2015), o método de trabalho define a sequência de passos lógicos que o pesquisador seguirá para alcançar os objetivos de sua pesquisa. O método de trabalho deve ser bem estruturado, contendo todos os passos a serem seguidos. Além disso, é necessário que a sequência de passos proposta seja seguida de forma fiel, assim a replicabilidade do estudo estará assegurada. A estruturação e

a realização fiel aos passos propostos também permitem que a pesquisa possua maior clareza e transparência durante sua condução, assim outros pesquisadores podem reconhecer sua validade.

Conforme Lakatos e Marconi (1992), o método de trabalho são as atividades que orientam e sustentam a geração de conhecimentos, demonstrando o caminho a ser seguido. A Figura 13, proposta por Miguel (2007), demonstra os passos seguidos para o método de trabalho no desenvolvimento dessa pesquisa.

Figura 13 - Passos para condução de um estudo de caso



Fonte: Miguel (2007)

3.2.1 Definição da estrutura conceitual teórica

O primeiro passo do método de trabalho é a construção conceitual teórica. Nesta etapa, foi realizado o mapeamento da literatura em livros e bancos de dados acerca de manutenção produtiva total como alavanca de performance. Também foi realizado o delineamento das proposições, identificando o problema de pesquisa conforme mostrado no primeiro capítulo deste trabalho. Concluída a estrutura conceitual teórica, inicia-se a segunda etapa.

3.2.2 Planejamento do caso

Uma vez definida a estrutura conceitual-teórica do trabalho, inicia a segunda etapa do método de trabalho que consiste no planejamento do caso. Definem-se os critérios para seleção da empresa, horizonte de tempo a ser analisado, seleção de documentos, seleção de entrevistados, e métodos e critérios de análise. A empresa escolhida foi uma unidade da empresa alpha devido a mesma ter o programa de TPM implementado e uma disposição de dados de performance de diversos equipamentos do processo produtivo, possibilitando a comparação entre os efeitos do TPM em diversos pontos do processo de envase de refrigerantes. Além disso, o fato de ser a unidade da empresa no qual o autor do trabalho trabalhou oportunizando assim, avaliar de forma concisa e profunda o impacto da implementação de iniciativas de manutenção produtiva total, resultando em um estudo de caso único. Definidos os critérios, inicia-se a terceira etapa.

3.2.3 Condução do teste piloto

Após o planejamento do caso, tem-se a fase de condução de teste piloto. De acordo com Miguel (2007), o objetivo desse teste é verificar os procedimentos de aplicação com base no protocolo, visando seu aprimoramento. A partir dessa aplicação, tem-se também condições de verificar a qualidade dos dados obtidos, visando identificar se contribuem para o atendimento aos objetivos da pesquisa. Para essa pesquisa, foi realizado um teste piloto com a entrevista a ser aplicada com a equipe da empresa alpha. Após a conclusão do teste piloto, foi elaborado um questionário definitivo que foi repassado para a equipe responder.

3.2.4 Coleta dos Dados

Após a condução do teste piloto, têm-se a quarta etapa que consiste na coleta de dados.

As principais formas de coleta são documentais, bibliográfica, entrevista, grupo focal, questionários e observação direta. Para a escolha da técnica, é recomendada uma reflexão por parte do pesquisador que responda o que eles buscam exatamente compreender, e qual a melhor maneira de se encontrar tais resultados. A partir dos

resultados dessa reflexão, o pesquisador deve consultar e selecionar a técnica de coleta que satisfaça suas necessidades da maneira mais clara, exata e verídica. Além disso, é importante que ele tenha ciência da análise que será efetuada, assim saberá os limites de sua coleta e como irá difundir os resultados. (DRESCH et. al, 2015).

Neste trabalho, para a coleta de dados foram utilizados bibliográficas, conforme elucidado na seção 2 deste trabalho, entrevistas e questionários bem como coleta documental da empresa. O quadro 6 mostra as formas de coleta utilizadas neste trabalho.

Quadro 6– Formas de coleta de dados

Técnicas	Descrição	Dados Coletados
Documental	Coleta de informações prévias sobre os assuntos em questão. As fontes podem ser primárias ou secundárias.	Série histórica de performance dos equipamentos analisados; Procedimentos de manutenção das iniciativas de TPM implementadas; Série histórica do % de cumprimento dos planos de manutenção analisados;
Bibliografia	Analisa o que já foi abordado sobre o assunto e está presente na literatura. Costuma utilizar artigos, periódicos científicos, anais de congressos e livros.	Dados sobre a indústria de refrigerantes; Conceitos sobre TPM; OEE; e processo de envase de refrigerantes;
Entrevistas	Formula perguntas que buscam elucidar a interpretação dos dados obtidos. É feita pessoalmente e fornece a possibilidade de observar o comportamento dos entrevistados frente às perguntas. Também fornece a possibilidade de coletar	Dados qualitativos referentes a percepção dos funcionários quanto á implementação das iniciativas de TPM;

Fonte: Elaborado pelo Autor com base em Dresch et al. (2015).

A coleta de dados, de acordo com Coughlan e Coughlan (2002) pode ser dividida em coleta de dados em primários e secundários. Os dados primários são obtidos a partir da observação, discussão e entrevistas, já os dados secundários são coletados através da estatística operacional e relatórios. No presente trabalho, os dados foram coletados tanto de maneira primária quanto secundária. Como dados primários, foram utilizadas entrevistas com funcionários da empresa alpha. Inicialmente foi feito contato com o gerente fabril da unidade para autorização da condução da pesquisa na unidade, pois, de acordo com Miguel (2007), um contato inicial deve ser um executivo sênior que não somente tenha condições de autorizar a condução da pesquisa,

indique quais são os informantes principais que devem ser entrevistados mas também seja capaz de abrir as portas e resolver impasses, caso estes ocorram.

Após a autorização inicial, foram definidas as pessoas-chave da unidade que contribuirão com os interesses da pesquisa e agrupam-se os entrevistados conforme o foco de suas atividades. Uma vez feita a escolha e separação dos colaboradores (em 2 grupos – time operacional e liderança), formulam-se as respectivas perguntas a serem direcionadas a cada um deles. Uma vez autorizado a realização da rodada de entrevistas e definido as pessoas chave para as a realização das mesmas, é realizado o agendamento das entrevistas com os colaboradores via e-mail. No dia combinado, o autor deslocou-se até a unidade para a realização das entrevistas. O quadro 7 apresenta o grupo de entrevistados.

Quadro 7 – Grupo de entrevistados

Grupo	Setor	Cargo	Idade	Tempo na empresa	Escolaridade	Motivo
1 (liderança)	Produção	Gerente de Produção	33	1 ano e 3 meses	Graduação	Gerente responsável pela equipe da produção da unidade
1 (liderança)	Produção	Engenheiro de Produtividade	30	2 anos e 5 meses	Graduação	Responsável técnico pela performance das linhas de produção
1 (liderança)	Produção	Supervisor de Produção	31	4 anos e 2 meses	Graduação	Responsável pelo time de operadores da linha de produção
1 (liderança)	Manutenção	Gerente de manutenção	34	2 anos e 8 meses	Graduação	Gerente responsável pela equipe de manutenção
1 (liderança)	Manutenção	Supervisor eletricitista	32	4 anos e 11 meses	Graduação	Supervisor de especialidade responsável pelo cumprimento do plano de manutenção elétrico da planta
1 (liderança)	Manutenção	Supervisor mecânico	38	7 anos e 6 meses	Graduação	Supervisor de especialidade responsável pelo cumprimento do plano de

						manutenção mecânica da planta
1 (liderança)	Manutenção	Supervisor de Planejamento	27	7 meses	Graduação	Supervisor da área de planejamento responsável pelo planejamento e programação das ordens de manutenção da unidade
2 (time operacional)	Produção	Técnico Operador	47	15 anos e 10 meses	Técnico mecânico	Técnico operador mais experiente de um dos equipamentos avaliados
2 (time operacional)	Produção	Operador	37	3 anos e 2 meses	Ensino Médio	Operador de um dos equipamentos avaliados
2 (time operacional)	Produção	Técnico Operador	39	11 anos e 1 mês	Técnico mecânico	Técnico operador mais experiente de um dos equipamentos avaliados
2 (time operacional)	Produção	Operador	44	10 anos	Ensino Médio	Operador de um dos equipamentos avaliados
2 (time operacional)	Manutenção	Técnico Planejador	23	1 ano e 11 meses	Técnico mecânico	Técnico responsável por fazer o planejamento e programação das ordens de manutenção nas linhas de produção
2 (time operacional)	Manutenção	Técnico Eletricista	41	7 anos e 8 meses	Técnico eletricista	Técnico executante das ordens de manutenção elétrica nas linhas de produção
2 (time operacional)	Manutenção	Técnico Mecânico	45	9 anos e 5 meses	Técnico mecânico	Técnico executante das ordens de manutenção mecânica nas linhas de produção

De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a entrevista tem como principal objetivo obter informações sobre determinado assunto ou problema de um determinado entrevistado e podem ser divididas em três tipos:

- a) Padronizada ou estruturada: É a entrevista onde existe um roteiro previamente definido e as perguntas são pré-determinadas, elaboradas a partir de um questionário e respondida por pessoas selecionadas de acordo com um plano. O objetivo de padronizar as entrevistas é obter as mesmas respostas, para que elas possam ser comparadas. O pesquisador não tem liberdade para fazer adaptações ao questionário e nem para alterar sua ordem. (LAKATOS & MARCONI, 2003).
- b) Despadronizada ou não estruturada: É a entrevista onde o pesquisador tem a liberdade de desenvolver cada situação da maneira que considere mais adequada. Geralmente as perguntas são abertas e respondidas dentro de uma conversação. Este tipo de entrevista apresenta três modelos: focalizada, clínica e não dirigida. (LAKATOS & MARCONI, 2003).
- c) Painel: Consiste em repetir as mesmas perguntas, em intervalos de tempo diferente, às mesmas pessoas para observar a evolução de suas opiniões. A elaboração das perguntas deve ser de maneira diversa para que não haja distorção nas respostas. (LAKATOS & MARCONI, 2003).

Para este trabalho, as entrevistas foram elaboradas de forma padronizada e estruturada. Deste modo, é possível fazer a comparação das respostas dos entrevistados. A entrevista foi dividida em duas partes. A primeira composta de doze perguntas objetivas com uma escala de 1 a 5 para as respostas.

A segunda parte composta de perguntas subjetivas com oito opções já estabelecidas (Qualidade técnica dos procedimentos, ferramentas disponíveis para realizar os procedimentos, Treinamentos para realizar os procedimentos, tempo para executar os planos conforme procedimentos, comprometimento do executante/planejador, comprometimento da liderança, frequência de execução do plano e solução das anomalias encontradas). O quadro 8 apresenta as perguntas a serem utilizadas na entrevista e as proposições defendidas na literatura que as perguntas objetivam comprovar ou refutar.

Quadro 8 – Perguntas utilizadas na entrevista

Proposições defendida	Autor	Pergunta	Métrica
Equipamentos de produção confiáveis são considerados os maiores contribuidores da performance e da lucratividade de sistemas produtivos	(JAIN, BHATTI E SINGH, 2014)	1 - Você acredita que equipamentos confiáveis e com alta performance são fundamentais para o bom desempenho da empresa?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
As empresas de manufatura devem considerar a manutenção como uma fonte potencial de redução de custos e como uma vantagem competitiva	Singh et al. (2008)	2 - Você concorda que a empresa encara genuinamente a manutenção como uma ferramenta de aumento de performance (mais produção com menor custo possível)?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
TPM somente irá prosperar com o comprometimento da alta gerencia	Nakajima (1988)	3 - Você considera que a alta gerência se compromete com as rotinas de manutenção das linhas de produção?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando o pior comprometimento, e 5, a melhor possível
Educação e treinamento é um dos pilares do TPM	Nakajima (1988)	4 - Você considera que os treinamentos são frequentes e suficientes para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam realizados com a qualidade necessária para o correto funcionamento do equipamento?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
A manutenção periódica deve ser baseada em avaliações precisa das condições dos equipamentos;	Nakajima (1988)	5 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) foram definidos com base em uma avaliação completa dos equipamentos?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Ferramentas especiais raramente estão disponíveis quando a equipe de manutenção precisa delas, além disso, precisa estar ciente de quais ferramentas usar e ser treinado para usá-las.	NASA (2008)	6 - Você considera que é disponibilizado todas as ferramentas para a realização dos planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) de forma a realizá-los com qualidade?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
A manutenção produtiva total como estratégia de manutenção depende da vontade dos funcionários em aceitar mudanças e adaptar-se a novos ambientes.	Brah e Chong (2014)	7 - Você considera que os funcionários responsáveis por planejar/programar e executar os planos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) nos equipamentos estão envolvidos e motivados a realizar um serviço com a qualidade necessária para o bom funcionamento do equipamento?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Avaliação do caso específico	NA	8 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) continuam sendo executados com a mesma qualidade após os primeiros meses de implantação?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"

Avaliação do caso específico	NA	9 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos na frequência correta?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Avaliação do caso específico	NA	10 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Avaliação do caso específico	NA	11 - Você considera % de execução dos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) satisfatório nestes equipamentos?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Avaliação do caso específico	NA	12 - Você considera que os toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) contribuem para o aumento de rendimento do equipamento?	Em uma escala de 1 a 5, na qual 1 é a pontuação mais baixa, representando "discordo totalmente", e 5, "concordo totalmente"
Avaliação do caso específico	NA	13 - O que você entende como determinante para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam satisfatórios?	Pergunta de múltipla escolha
Avaliação do caso específico	NA	14 - Na sua opinião, o que você tomaria os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) ainda mais satisfatórios?	Pergunta de múltipla escolha

Fonte: Elaborado Pelo Autor

Como coleta de dados secundária, foi realizada a coleta de documentos históricos da unidade alpha. Os documentos utilizados no trabalho foram os procedimentos de manutenção utilizados antes e depois das melhorias implementadas, além da série temporal dos resultados de performance de 4 equipamentos distintos e presentes em linhas de PET. O quadro 9 traz a justificativa da escolha destes 4 equipamentos distintos.

Quadro 9 – Escolha dos Equipamentos

Equipamento escolhido	Justificativa
Transportadores	Maior equipamento de uma linha de produção.
Enchedora	Máquina gargalo do processo. Onde é feito a medição de performance da linha
Sopradora de garrafas	Equipamento mais crítico no que tange a performance em uma linha de envase de PET

Rotuladora de garrafas	Equipamento com alta complexidade e alto impacto na identidade visual do produto
------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo Autor

O período coletado foi desde janeiro de 2015 até dezembro de 2018. Os dados anteriores a 2015 não foram considerados pois, como houve mudança do sistema de registro e aquisição de dados, os mesmos não estão mais disponíveis. A frequência dos dados é mensal, resultando em 48 amostras de cada equipamento, sendo dezessete amostras antes do período de implementação e trinta e uma amostras após a implementação das melhorias de TPM analisadas. Os documentos apresentados nesta seção fornecerão informações para a compreensão e a construção de diferentes pontos a serem estudados. Esses pontos irão compor a análise do estudo. A tabela 2 apresenta a série histórica de dados de um dos equipamentos analisados.

Tabela 2 – Série histórica de um dos equipamentos analisados

Mês	Transportadores 561
jan-15	95,05%
fev-15	96,10%
mar-15	96,62%
abr-15	95,01%
mai-15	94,55%
jun-15	95,18%
jul-15	92,70%
ago-15	96,39%
set-15	91,05%
out-15	95,89%
nov-15	95,94%
dez-15	96,70%
jan-16	97,77%
fev-16	94,71%
mar-16	95,47%
abr-16	97,25%
mai-16	96,21%
jun-16	96,44%
jul-16	93,06%
ago-16	92,76%
set-16	97,62%
out-16	96,83%
nov-16	97,29%
dez-16	96,44%
jan-17	97,98%
fev-17	98,07%

mar-17	98,42%
abr-17	98,43%
mai-17	99,07%
jun-17	99,22%
jul-17	98,91%
ago-17	98,93%
set-17	98,55%
out-17	98,12%
nov-17	98,50%
dez-17	98,73%
jan-18	98,67%
fev-18	98,72%
mar-18	98,44%
abr-18	99,06%
mai-18	98,84%
jun-18	98,46%
jul-18	99,47%
ago-18	99,26%
set-18	97,65%
out-18	98,74%
nov-18	99,00%
dez-18	99,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa alpha

3.2.5 Análise dos dados

A quarta etapa consiste na análise dos resultados. São analisados os resultados provenientes da coleta de dados da literatura, documental e entrevistas.

A análise de dados, é organizada em três fases, sendo elas: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados, inferência e interpretação. O quadro 10 apresenta as técnicas de análise utilizadas neste trabalho.

Quadro 10 – Técnicas de análise

Dados Coletados	Natureza	Técnica de Análise Empregada
Séries Temporais de rendimento próprio por equipamento	Quantitativa	Teste de hipóteses t
Entrevistas – Questões Objetivas	Qualitativa	Estatística Descritiva; Análise de Concordância
Entrevistas – Questões Subjetivas	Qualitativa	Análise frequencial

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez definidos os indicadores a serem observados e organizá-los de forma útil para a pesquisa, foi realizada a fase de exploração do material consistiu basicamente em operacionalizar as definições formalizadas na pré-análise. A etapa de tratamento dos dados e interpretação iniciou-se com a aplicação do teste de hipóteses t de student unicaudal pois espera-se testar se após a implementação das iniciativas de manutenção, a performance média dos equipamentos analisados está maior do que a performance média antes da implementação das iniciativas de manutenção aplicadas. Os dados qualitativos, oriundo das entrevistas realizadas com os funcionários da empresa alpha foram analisados de diferentes formas. Na primeira parte do questionário, com perguntas objetivas, foi utilizado a técnica de análise de concordância para cada pergunta. Já para as duas questões subjetivas, foi realizada a análise frequencial. Os resultados obtidos estão na seção 4 deste trabalho.

3.2.6 Gerar relatório e conclusões

Uma vez realizado todas as etapas descritas acima, no quinto passo, revisitam-se os resultados obtidos na fase de análise e resultado, confrontam-se os resultados obtidos com os documentos e com as entrevistas com a literatura existente. Por fim, é realizada a conclusão do trabalho discutindo-se as limitações dos resultados e indicando-se pesquisas futuras, conforme exposto na seção 5.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados a empresa utilizada para aplicação do estudo e, em seguida, são evidenciados os resultados das análises que foram realizadas na condução do estudo de caso. De acordo com os critérios estabelecidos no método de trabalho descrito no capítulo anterior.

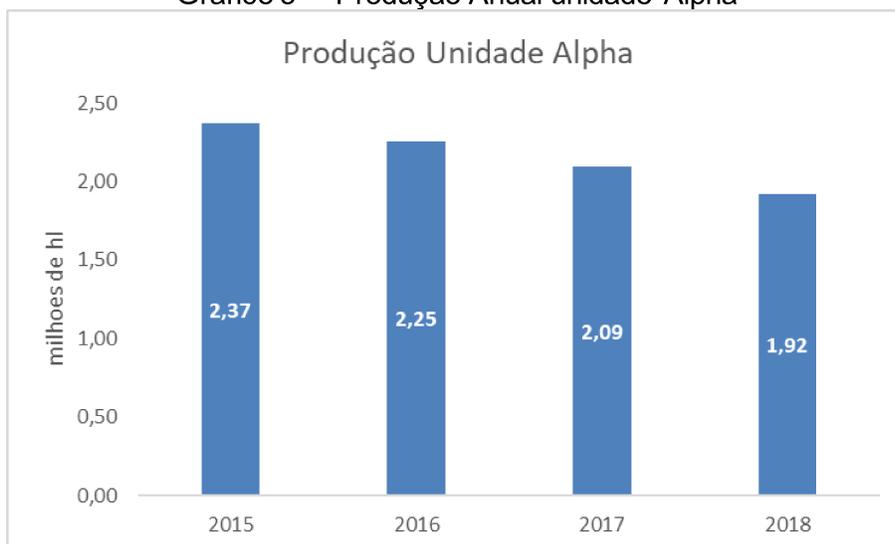
4.1 A empresa Alpha

A empresa retratada no presente trabalho e aqui caracterizada como alpha, é uma multinacional do ramo de bebidas presente em 19 países, responsável pela produção de mais de 100 rótulos entre cervejas, refrigerantes, sucos, energéticos, água, entre outros. Possui mais de 30 unidades fabris no Brasil distribuídas em

cervejarias, refrigeranteiras, maltarias, fábrica de vidros, rótulos, tampas metálicas, fábrica de concentrados para produção de refrigerantes, mais de 100 centros de distribuição direta e 6 centros de excelência empregando mais de 35 mil pessoas no país.

Este estudo de caso ocorre em uma unidade refrigeranteira da empresa Alpha, localizada na região metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Esta unidade produz aproximadamente 2 milhões de hectolitros (hl) de refrigerante ao ano, conforme mostrado no gráfico 6, distribuídos em 10 SKU's diferentes envasados em 4 linhas de produção (uma para produção de refrigerante retornável em embalagens de vidro e três para a produção de refrigerante em garrafas PET).

Gráfico 5 – Produção Anual unidade Alpha



Fonte: Elaborado Pelo Autor

As linhas de envase são aptas para a produção de qualquer tipo de refrigerante e são divididas de acordo com o SKU produzido. A linha de produção de refrigerante retornável em garrafa de vidro envasa as embalagens de 1000ml, 290ml e 284ml.

Já nas linhas de PET, são produzidos os SKU's de 1000ml, 1500ml e 2500ml na linha 561, 2000ml na linha 562 e 500ml, 600ml e 200ml na linha 563. A tabela 3 traz as capacidades de produção em garrafas/h das 4 linhas de envase da unidade em questão.

Tabela 3 – Capacidade de Envase das linhas da unidade da empresa Alpha

Tipo	Linha	Embalagem (ml)	Capacidade (garrafas/h)
Vidro	551	284	30000

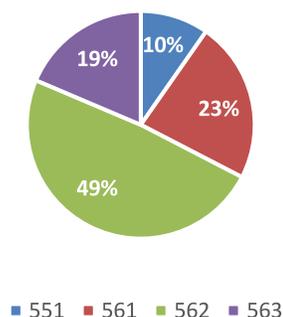
Vidro	551	290	30000
Vidro	551	1000	16000
PET	561	1000	17000
PET	561	1500	17000
PET	561	2500	12000
PET	562	2000	18000
PET	563	200	43000
PET	563	500	43000
PET	563	600	43000

Fonte: Elaborado pelo Autor

O trabalho foca apenas as linhas de PET, pois estas representam aproximadamente 90% do volume produzido pela unidade, conforme mostrado no gráfico 7.

Gráfico 6– Produção de 2018 por linha unidade alpha

Produção Unidade Alpha (2018)



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.1.1 Cálculo de Performance de linha na empresa Alpha

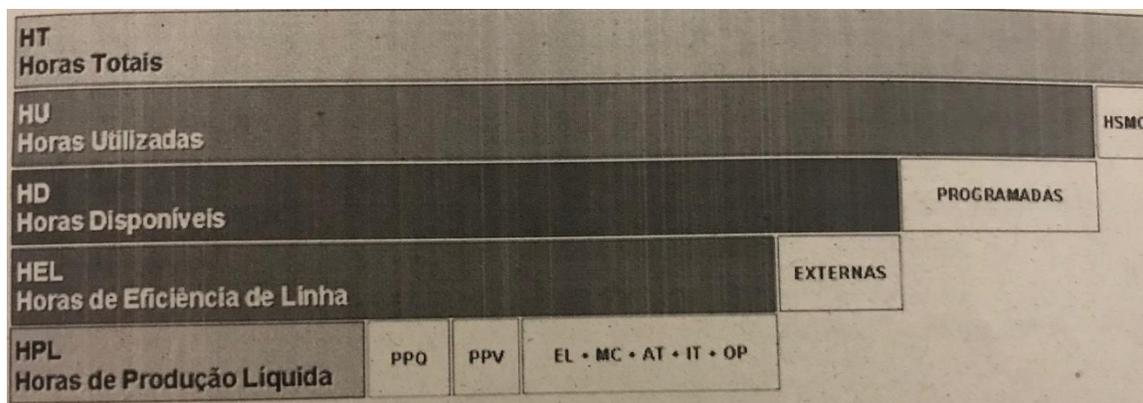
Na empresa alpha, para performance, são utilizados dois indicadores: Eficiência de Linha (LEF) para mensuração da eficiência de linha e o Rendimento Próprio (RP) para a performance de equipamentos. Todos os indicadores são uma divisão de diferentes tipos componentes do tempo produtivo dos equipamentos, conforme abaixo:

- a) Horas Totais (HT): Hora do tempo calendário;
- b) Horas Sem Mão de Obra (HSMO): Horas onde a linha está parada por falta de demanda.

- c) Horas Utilizadas (HU): Hora do tempo calendário, descontando-se o tempo onde a linha está desprogramada devido falta de demanda (HSMO).
- d) Horas Disponíveis (HD): Horas utilizadas, descontando-se o tempo de paradas programadas (exemplo: Setup, Cip, assepsia, manutenção periódica programada, Refeição, etc.),
- e) Horas de Eficiência de Linha (HEL): Horas disponíveis, descontando-se o tempo de parada externas ao setor de produção (exemplo: paradas por falta de energia, falta de utilidades, falta/má qualidade de insumo, etc.);
- f) Horas de produção líquida (HPL): Horas de Eficiência de linha, descontando-se as horas de quebra das máquinas e as perdas por qualidade. Em outras palavras, pode ser definida como a quantidade de produtos bons e vendáveis que saíram da linha e enviado ao armazém transformado em horas de acordo com a capacidade nominal da linha. (Ex: Se foram enviadas 10000 garrafas boas para o armazém, em uma linha de 10000 garrafas/h isto representa 1h de HPL).

A figura 14 apresenta a definição das horas conforme conceito da empresa alpha.

Figura 14 – Definição dos tipos de Horas da empresa Alpha



Fonte: Documentos internos empresa Alpha

4.1.1.1 Eficiência de Linha (LEF):

O indicador LEF (*line efficiency*) é utilizado para a medição da performance da linha. A equação 11, apresenta o cálculo de LEF.

$$LEF = \frac{\text{Horas de Produção Líquida (HPL)}}{\text{Horas de Eficiência de Linha (HEL)}} \quad (11)$$

A medição de LEF é impactada pelas falhas próprias dos equipamentos (quebras) e pelas perdas de qualidade do processo produtivo. A performance da linha é medida de acordo com a performance da máquina gargalo do processo que é a enchedora. Ou seja, se um equipamento ficou parado por 1,5h e gerou 0,5h de parada na enchedora, será descontado da LEF da linha apenas 0,5h.

4.1.1.2 Rendimento próprio do equipamento (RP):

O rendimento próprio é o KPI utilizado para medição de performance de equipamento. A equação 12 mostra o cálculo de rendimento próprio do equipamento.

$$RP = \frac{\text{Tempo de parada na enchedora causada pelo equipamento}}{\text{Horas de Eficiência de Linha (HEL)}} \quad (12)$$

No RP, da mesma forma que para a LEF, se um equipamento ficou parado por 1,5h e gerou 0,5h de parada na enchedora, será descontado da RP do equipamento apenas 0,5h. Isto ocorre pois, atualmente, não há ponto de coleta de dados em todos os equipamentos da linha e sim, apenas na enchedora. Desta forma, a ineficiência da linha é a soma da ineficiência de todos os equipamentos dela, conforme mostrado na tabela 4.

Tabela 4 – Exemplo hipotético da relação entre RP e LEF

Equipamento	HEL	Tempo de parada	Ineficiência	RP/LEF
Enchedora	500	50	10%	90%
Rotuladora	500	25	5%	95%
Transportes	500	5	1%	99%
Sopradora	500	10	2%	98%
Linha	500	90	18%	82%

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.1.2 Equipamentos Analisados e Implementação do TPM

No presente trabalho, foram analisados quatro equipamentos de três linhas de PET da unidade em questão da empresa alpha de acordo com diferentes critérios, conforme mostrado na tabela 12 presente na seção 3.2.4. Na linha 563, todos os equipamentos analisados são de fabricação de 2013. Na linha 562 e na linha 561 os transportes e a enchedora são de 1994, as rotuladoras de 1998 e as sopradoras fabricadas em 2001.

Em todos os equipamentos e linhas da unidade o TPM é considerado implementado pelo time gerencial/diretivo da empresa, pois os operadores são treinados antes de iniciar a operação da máquina, realizam manutenção autônoma e propõem melhorias no equipamento, existe plano de manutenção aplicado tanto para performance quanto para qualidade do produto processado, os resultados de performance são monitorados administrativamente, há padrões de operação contemplando os aspectos de segurança e meio ambiente atendendo, assim, os oito pilares do TPM propostos por Nakajima (1998).

4.1.3 Melhorias implementadas

Na empresa alpha, o pilar manutenção planejada do TPM é composto pelos planos de manutenção dos equipamentos que são divididos em: inspeções preventivas, inspeções preditivas (vibração, termografia, análise de óleo lubrificante, etc.), planos de troca mandatória (troca periódica de peças de desgaste), planos operacionais (limpeza, lubrificação e reaperto) e inspeções preventivas.

Durante o ano de 2016, houve uma reestruturação corporativa nos planos de manutenção preventiva, de forma a aumentar a correlação entre execução da manutenção e performance dos equipamentos/linhas. No cenário anterior utilizava-se planos qualitativos onde as inspeções de condição das máquinas eram sensitivas, sem parâmetros técnicos definidos, muitas vezes não tinham procedimento ou o procedimento existia e era de baixa qualidade, além disso era exigido uma inspeção em 100% da máquina, o que resultava em inspeções genéricas com baixa profundidade técnica. A figura 15 mostra o exemplo de uma inspeção preventiva antiga da empresa alpha.

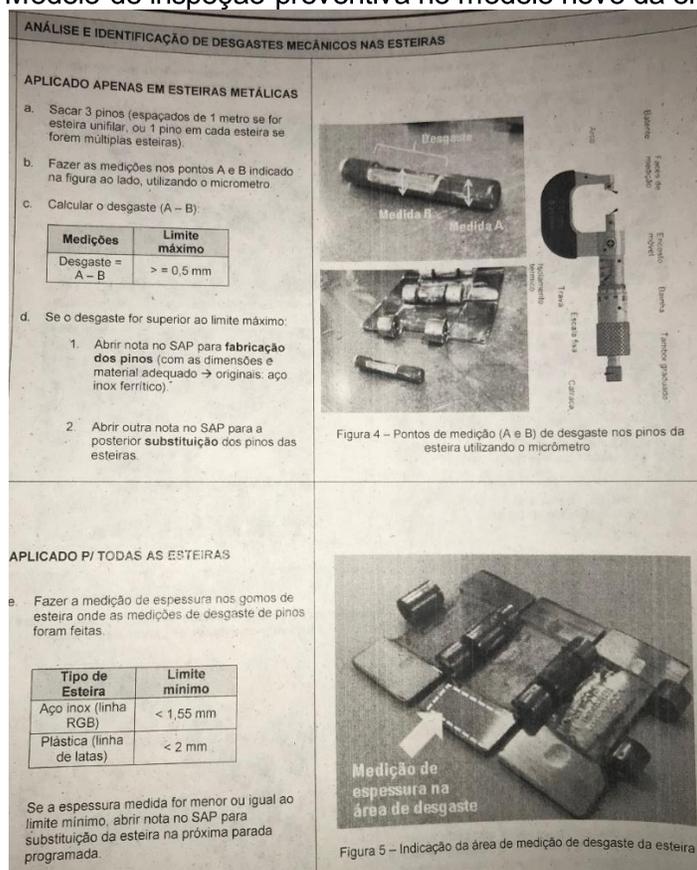
Figura 15 – Inspeção preventiva antiga da empresa Alpha

Área / Equipamento		Itens de Verificação														
Packaging Paletizadora		CONDICÕES GERAIS DE INTEGRIDADE	FIXAÇÃO	ESTRUTURA DA MÁQUINA PARAFIXAÇÃO	CONDICÕES GERAIS DO CONDUTOR ELÉTRICO	RUIDOS	TALHAMENTO	NÍVEL DE ÓLEO	DESGASTE	TEMPERATURA	VAZAMENTO DE ÓLEO	LIMPEZA	ALINHAMENTO	ISOLAMENTO TÉRMICO	OUTROS	VAZAMENTO DE AR COMPRIMIDO
Local de Instalação Sem o Código Fábrica e Área	Descrição Da parte a ser vistoriada															
Distribuidor de PACOTES	Distribuidor de PACOTES - Motor MR561401															
	Distribuidor de PACOTES - Redutor R561401															
	Distribuidor de PACOTES - Embreagem PL561001															
	Distribuidor de PACOTES - Correntes PL561001															
	Distribuidor de PACOTES - Varão PL561001															
	Distribuidor de PACOTES - Buchas linguetas PL561001															
	Distribuidor de PACOTES - Flaps PL561001															
	Distribuidor de PACOTES - Placas PL561001															
Mesa Formação de PACOTES	Mesa Formação de PACOTES - Motor MR561402															
	Mesa Formação de PACOTES - Redutor R561402															
	Mesa Formação de PACOTES - Correntes PL561001															
	Mesa Formação de PACOTES - Rolos da mesa PL561001															
	Mesa Formação de PACOTES - Rolos de tração da mesa (engrenagens) - parte inferior															
Mesa de Separação PACOTES	Mesa de Separação PACOTES - Motor MR561403 / MR561404															
	Mesa de Separação PACOTES - Redutor R561403 / R561404															
	Mesa de Separação PACOTES - Correntes PL561001															
	Mesa de Separação PACOTES - Rolos PL561001															
Sistema PNEMÁTICO	Sistema PNEMÁTICO - Pistão distribuidor PACOTES PL561001															
	Sistema PNEMÁTICO - Pistão bloqueador PACOTES PL561001															
	Sistema PNEMÁTICO - Pistões dos retenedores de camadas PL561001															
	Sistema PNEMÁTICO - Componentes(mangueiras,válvulas,conexões) PL561001															
	Mesa Empurrador PACOTES - Motor MR561405 / MR561406 / MR561407															

Fonte: Empresa Alpha

Após a reestruturação, os planos de inspeção passaram a ser quantitativos, ou seja, todos os parâmetros inspecionados tinham limites e especificações, foi descrito procedimento para todos os planos de manutenção e foi direcionado para os subconjuntos com menor MTBF: Motores, sensores e dispositivos mecânicos transportadores (especificamente para transportes). Os novos procedimentos são chamados de toolkits de confiabilidade. A figura 16 apresenta um exemplo de um toolkit de confiabilidade.

Figura 16 – Modelo de inspeção preventiva no modelo novo da empresa alpha



Fonte: Empresa Alpha

4.1.3.1 Toolkit preventivo de sensores

Plano de manutenção aplicado a 100% dos equipamentos das linhas, é executado com o equipamento parado e tem como objetivo aumentar a performance do equipamento através da confiabilidade do sistema de sensores dos equipamentos. O quadro 11 mostra a ficha com um resumo das informações sobre o toolkit preventivo de sensores.

Quadro 11 – Ficha de Informação do toolkit preventivo de sensores

Nome	Toolkit Preventivo de sensores
Equipamentos Aplicados	Todos
Condição do Equipamento	Parado
Periodicidade	Trimestral
Executante	Técnico Eletricista
Tempo de execução	90 a 480 min de acordo com o número de sensores do equipamento

Ítems checados	Limpeza com líquido desoxidante; Troca de terminais oxidados; Aplicação de líquido anti-umidade; Revisão/substituição dos prensa-cabos; Fixação; Revisão do espelho (caso de sensores fotoelétricos); Reposição de sensores faltantes/Danificados;
----------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3.2 Toolkit qualitativo de motores

Plano de manutenção aplicado a 100% dos equipamentos das linhas, é executado com o equipamento em operação e tem como objetivo aumentar a performance do equipamento através da confiabilidade do sistema dos motores elétricos dos equipamentos. O quadro 12 mostra a ficha com um resumo das informações sobre o toolkit qualitativo de motores.

Quadro 12 - Ficha de Informação do toolkit qualitativo de motores

Nome	Toolkit qualitativo de motores
Equipamentos Aplicados	Todos
Condição do Equipamento	Em operação
Periodicidade	Trimestral
Executante	Técnico Eletricista
Tempo de execução	90 a 480 min de acordo com o número de motores do equipamento
Ítems checados	Termografia nos rolamentos dos motores; Termografia no estator do motor; Termografia na caixa redutora do motor (caso de motorreductores); Medição de vibração no motor; Medição da tensão do motor; Identificação de sobrecargas e avaliação da proteção térmica do motor; Identificação de danos no bobinamento (desequilíbrio entre as fases R, S e T); Identificação de mau contato/sobrecarga na alimentação do motor; Termografia nos inversores de frequência (caso aplicável); Revisão do sistema de ventilação do motor;

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3.3 Toolkit de transportes

Conjunto de planos de manutenção que são aplicados a 100% dos transportadores das linhas de produção. Tem como objetivo aumentar a performance dos transportadores das linhas de produção, evitando quebras inesperadas. É dividido em três planos diferentes: Toolkit Preventivo de transporte, toolkit estrutural de transporte, toolkit de lubrificação das esteiras do transporte e Inspeção mecânica de transporte em operação.

O toolkit de preventivo de transporte, apresentado no quadro 13, tem foco no mapeamento e troca de peças desgastadas e é executado com o equipamento parado com periodicidade semestral. O toolkit estrutural, quadro 14, é executado com equipamento em operação com periodicidade semestral, sendo o foco deste plan o de manutenção a eliminação de passivos estruturais nestes equipamentos. O toolkit de atrito das esteiras, apresentado no quadro 15, checa a efetividade da lubrificação das esteiras que é necessário devido ao atrito da garrafa com o transportador. É executado mensalmente com o equipamento em operação

Quadro 13 – Ficha de informação do toolkit preventivo de transporte

Nome	Toolkit preventivo de transporte
Equipamentos Aplicados	Transportadores
Condição do Equipamento	Parado
Periodicidade	Semestral
Executante	Técnico Mecânico + operador
Tempo de execução	480 min
Itens checados	Limpeza e descontaminação do transporte; Mensuração do desgaste das esteiras e dos pinos das esteiras; Substituição de rodas dentadas; Substituição de perfis de deslize; Verificação do alinhamento radial e axial das esteiras; Alinhamento das chapas de passagem; Análise da lubrificação de mancais e correntes; Verificação da caixa de transmissão; Verificação de desgaste das curvas magnéticas

Quadro 14 – Ficha de informação do toolkit estrutural

Nome	Toolkit estrutural de transporte
Equipamentos Aplicados	Transportadores
Condição do Equipamento	Em operação
Periodicidade	Semestral
Executante	Técnico Mecânico
Tempo de execução	120 min
Itens checados	Verificação da base de fixação; Verificação do alinhamento axial e radial dos pés do transportador; Verificação das sapatas de suporte do transportador; Verificação das treliças da estrutura; Verificação das guias laterais; Alinhamento das bandejas abaixo do transportador

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 15 – Ficha de informação do toolkit de atrito das esteiras

Nome	Toolkit de atrito das esteiras
Equipamentos Aplicados	Transportadores de garrafas
Condição do Equipamento	Em operação
Periodicidade	Mensal
Executante	Técnico operador
Tempo de execução	120 min
Itens checados	Medição do atrito dinâmico nas esteiras; Concentração do lubrificante da esteira; Inspeção dos bicos lubrificantes;

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Análise Quantitativa

No presente trabalho, a análise quantitativa, foi realizada em duas etapas. Primeiramente foi analisado o rendimento próprio médio dos doze equipamentos nos dois períodos analisados: antes da implementação dos toolkits e após a implementação dos novos planos de manutenção. Após, foi aplicado um teste t de

student nos equipamentos que apresentaram melhora de performance na comparação dos dois períodos de forma a identificar se o aumento de performance nos equipamentos é estatisticamente significativo.

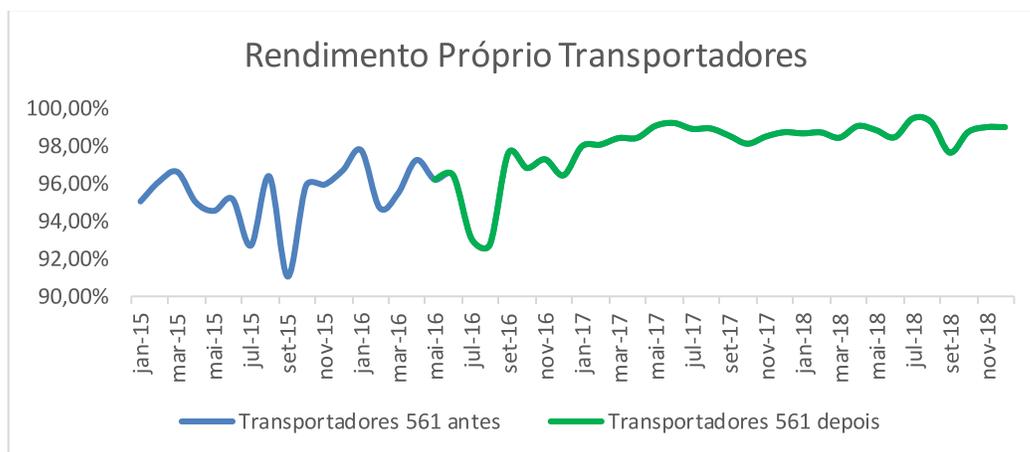
4.2.1 Análise dos cenários

A análise dos cenários foi dividida por cada tipo de equipamento, conforme abaixo.

4.2.1.1 Transportadores

O gráfico 7 apresenta a série histórica do rendimento próprio dos transportadores da linha 561. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 5.

Gráfico 7 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 561.



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 5, era de 95,45% contra 98,02% após a implementação, resultando em uma diferença de 2,58% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

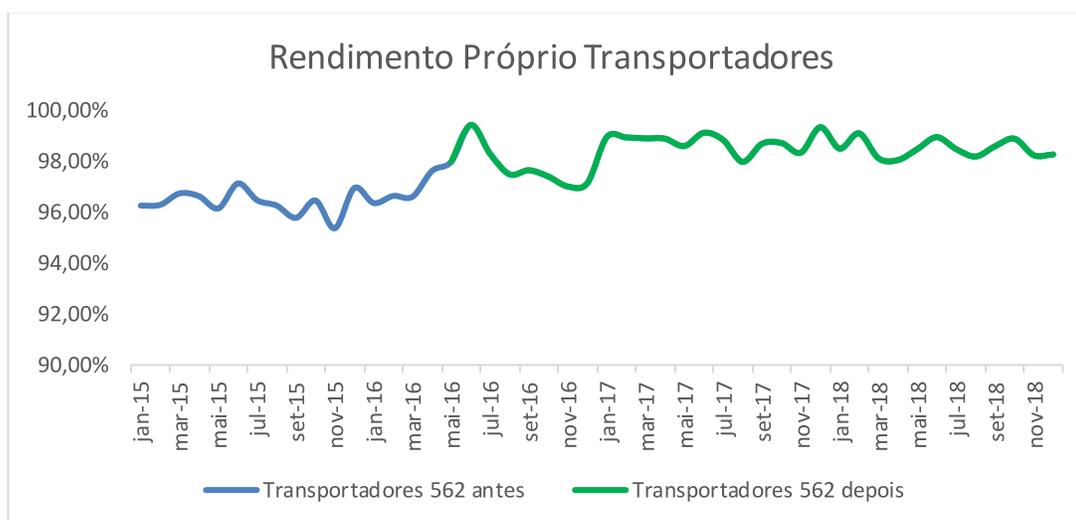
Tabela 5 – Rendimento próprio médio dos transportadores 561

RP médio	Transporte 561
Antes (jan/15 a mai/16)	95,45%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,02%
Δ	2,58%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 8 apresenta a série histórica do rendimento próprio dos transportadores da linha 562. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 6.

Gráfico 8 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 562.



Fonte: Elaborado pelo Autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 6, era de 96,57% contra 98,44% após a implementação, resultando em uma diferença de 1,87% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

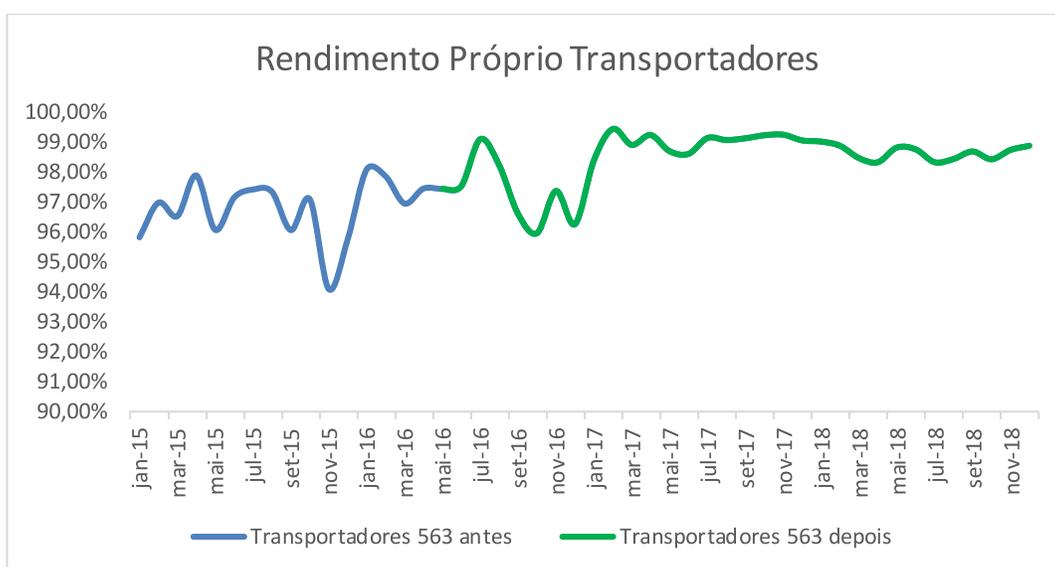
Tabela 6 – Rendimento próprio médio dos transportadores 562

RP médio	Transporte 562
Antes (jan/15 a mai/16)	96,57%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,44%
Δ	1,87%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 9 apresenta a série histórica do rendimento próprio dos transportadores da linha 563. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 7.

Gráfico 9 – Série histórica do Rendimento próprio dos transportadores da linha 563



Fonte: Elaborado pelo Autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 7, era de 96,82% contra 98,48% após a implementação, resultando em uma diferença de 1,66% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

Tabela 7 – Rendimento próprio médio dos transportadores 563

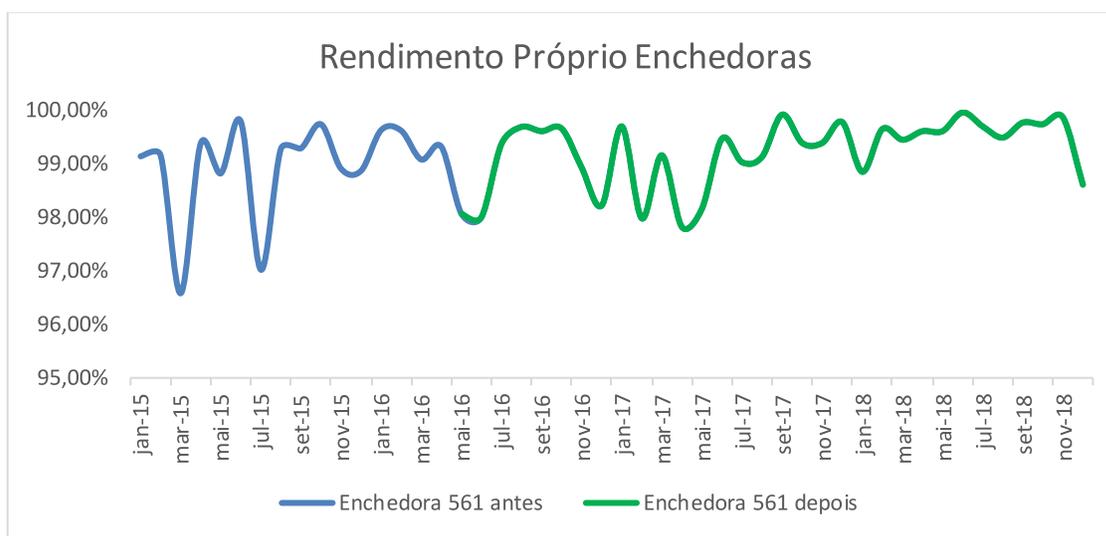
RP médio	Transporte 563
Antes (jan/15 a mai/16)	96,82%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,48%
Δ	1,66%

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2.1.2 Enchedoras

O gráfico 10 apresenta a série histórica do rendimento próprio da enchedora da linha 561. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 8.

Gráfico 10 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 561



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 8, era de 98,92% contra 99,25% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,33% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

Tabela 8 – Rendimento próprio médio da enchedora 561

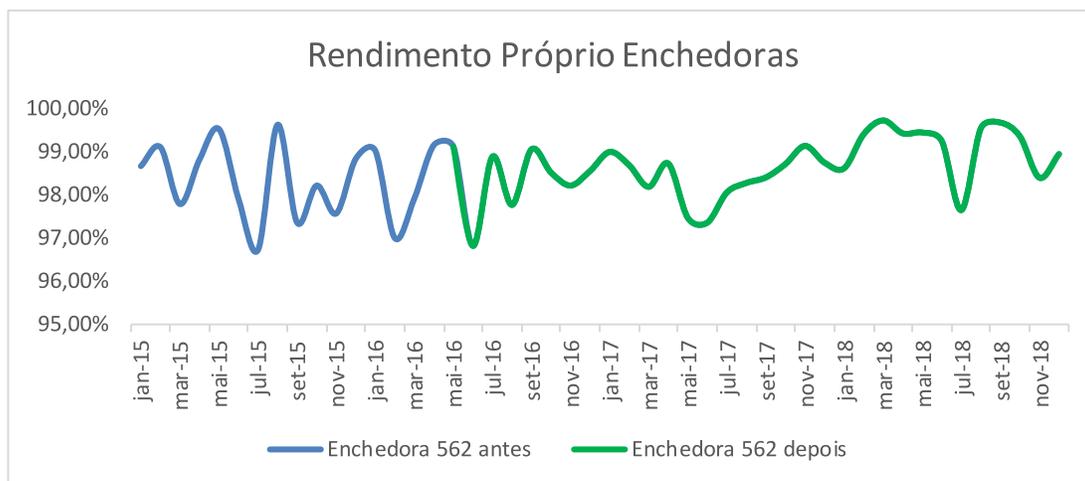
RP médio	Enchedora 561
Antes (jan/15 a mai/16)	98,92%
Depois (mai/16 a dez/18)	99,25%
Δ	0,33%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 11 apresenta a série histórica do rendimento próprio da enchedora da linha 562. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do

equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 9.

Gráfico 11 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 562



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 9, era de 98,38% contra 98,65% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,27% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

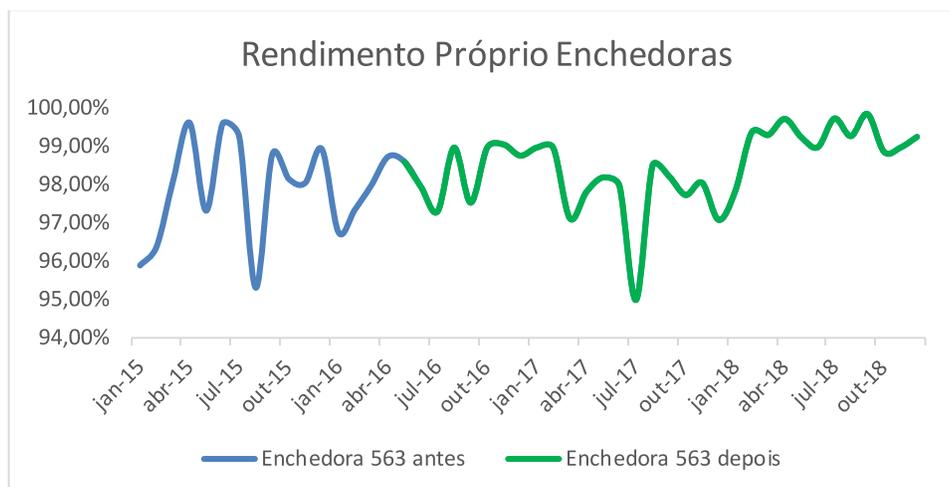
Tabela 9 – Rendimento próprio médio da enchedora 562

RP médio	Enchedora 562
Antes (jan/15 a mai/16)	98,38%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,65%
Δ	0,27%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 12 apresenta a série histórica do rendimento próprio da enchedora da linha 563. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 10.

Gráfico 12 – Série histórica do Rendimento próprio da enchedora da linha 563



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 10, era de 97,93% contra 98,47% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,54% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

Tabela 10 – Rendimento próprio médio da enchedora 563

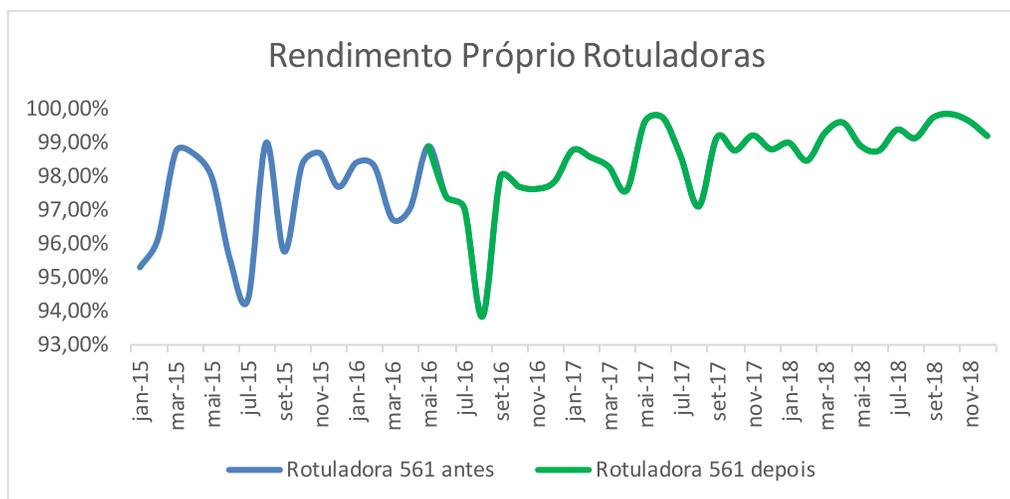
RP médio	Enchedora 563
Antes (jan/15 a mai/16)	97,93%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,47%
Δ	0,54%

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2.1.3 Rotuladoras

O gráfico 13 apresenta a série histórica do rendimento próprio da rotuladora da linha 561. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 11.

Gráfico 13 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 561



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 11, era de 97,39% contra 98,54% após a implementação, resultando em uma diferença de 1,15% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

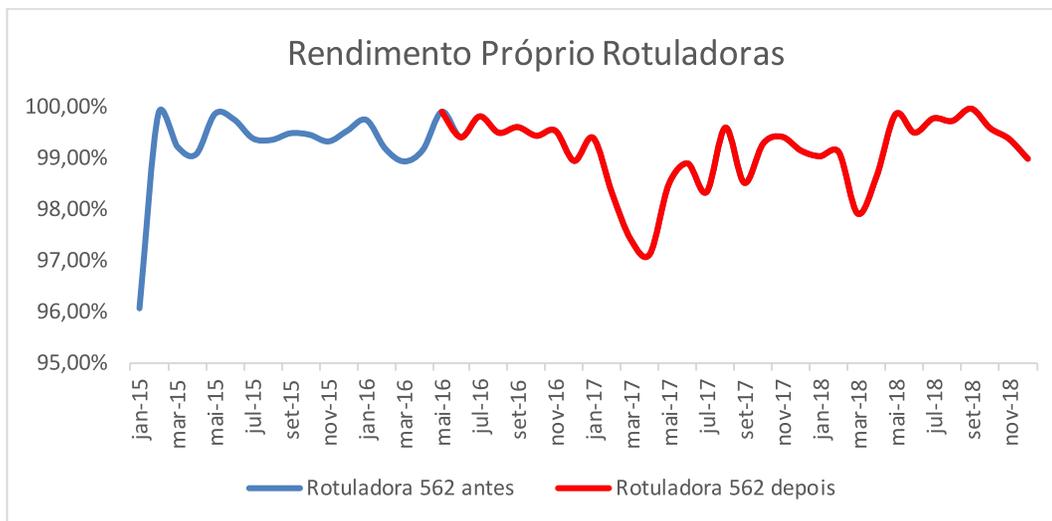
Tabela 11 – Rendimento próprio médio da rotuladora 561

RP médio	Rotuladora 561
Antes (jan/15 a mai/16)	97,39%
Depois (mai/16 a dez/18)	98,54%
Δ	1,15%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 14 apresenta a série histórica do rendimento próprio da rotuladora da linha 562. Ao contrário dos demais equipamentos, observa-se uma tendência de piora.

Gráfico 14 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 562



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 12, era de 99,26% contra 99,09% após a implementação, resultando em uma queda de 0,17% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

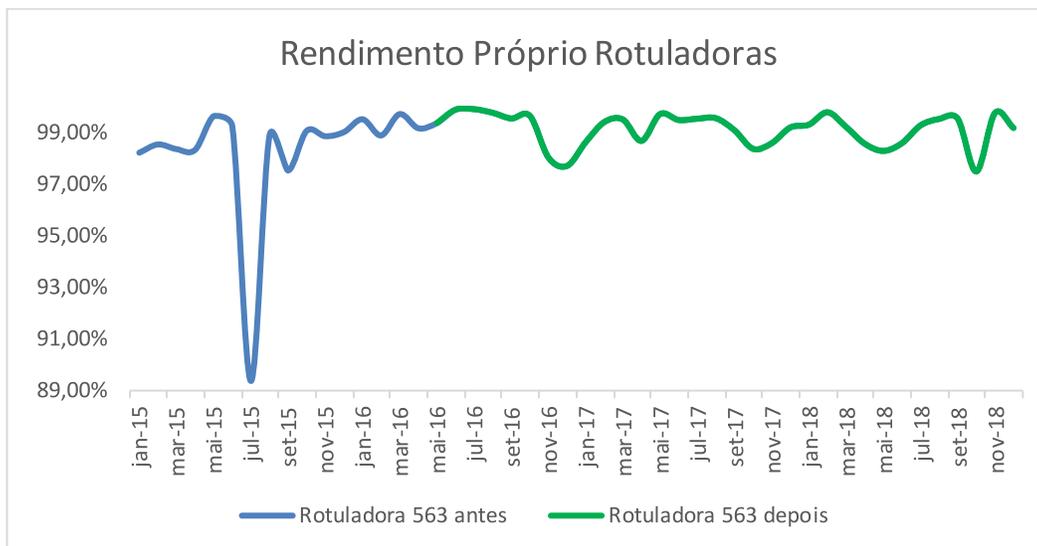
Tabela 12 – Rendimento próprio médio da rotuladora 562

RP médio	Rotuladora 562
Antes (jan/15 a mai/16)	99,26%
Depois (mai/16 a dez/18)	99,09%
Δ	-0,17%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 15 apresenta a série histórica do rendimento próprio da rotuladora da linha 563. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 13.

Gráfico 15 – Série histórica do Rendimento próprio da rotuladora da linha 563



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 13, era de 98,35% contra 99,13% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,79% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

Tabela 13 – Rendimento próprio médio da rotuladora 563

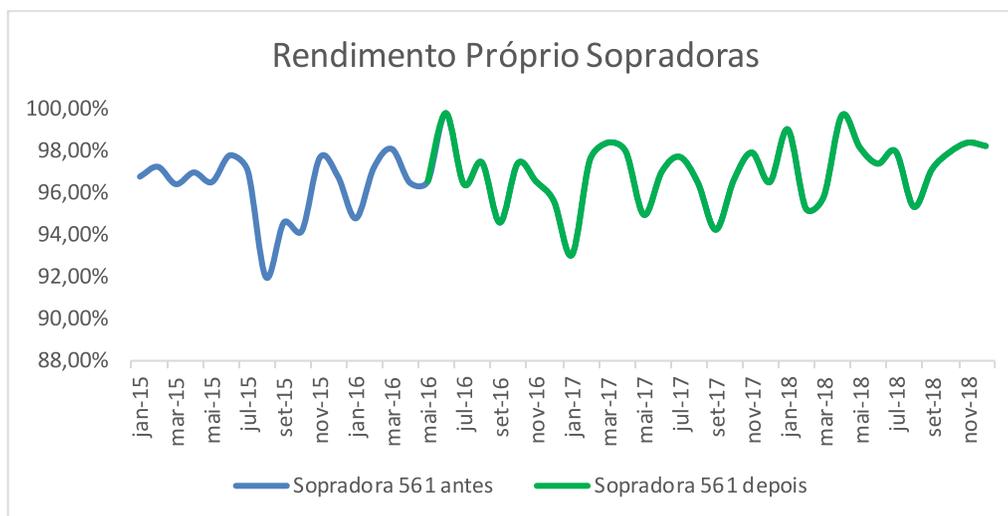
RP	Rotuladora 563
Antes (jan/15 a mai/16)	98,35%
Depois (mai/16 a dez/18)	99,13%
Δ	0,79%

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2.1.4 Sopradoras

O gráfico 16 apresenta a série histórica do rendimento próprio da sopradora da linha 561. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 14.

Gráfico 16 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 561



Fonte: Elaborado pelo autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 14, era de 96,31% contra 96,99% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,69% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

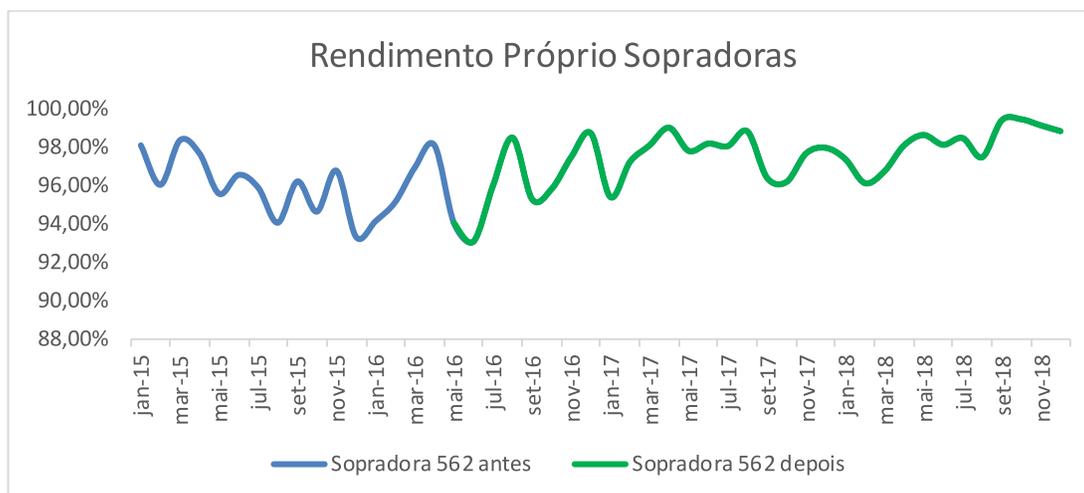
Tabela 14 – Rendimento próprio médio da sopradora 561

RP médio	Sopradora 561
Antes (jan/15 a mai/16)	96,31%
Depois (mai/16 a dez/18)	96,99%
Δ	0,69%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 17 apresenta a série histórica do rendimento próprio da sopradora da linha 562. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 15.

Gráfico 17 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 562



Fonte: Elaborado pelo Autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 15, era de 96,57% contra 98,44% após a implementação, resultando em uma diferença de 1,87% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

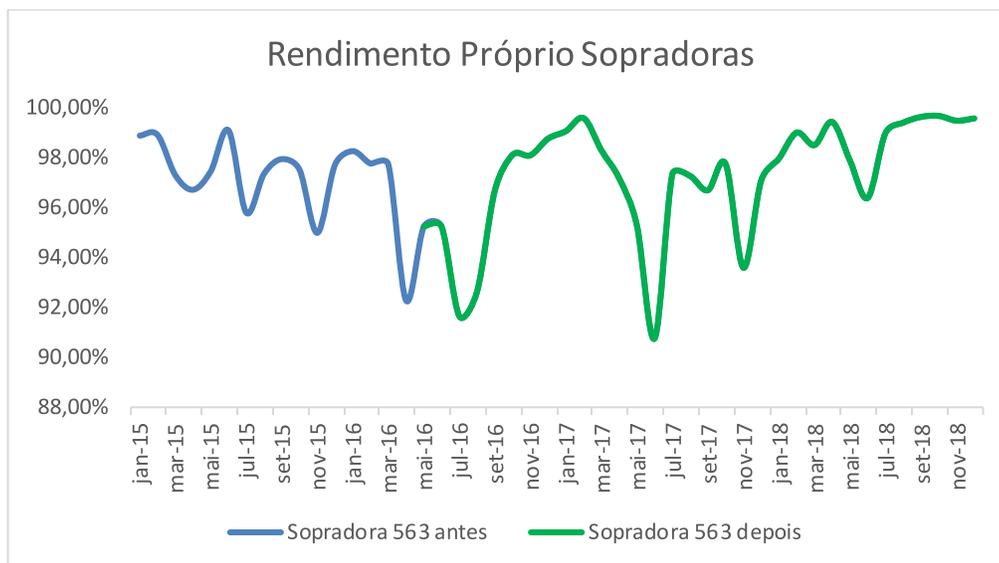
Tabela 15 – Rendimento próprio médio da sopradora 562

RP médio	Sopradora 562
Antes (jan/15 a mai/16)	95,99%
Depois (mai/16 a dez/18)	97,55%
Δ	1,56%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O gráfico 18 apresenta a série histórica do rendimento próprio da sopradora da linha 563. Pode-se observar uma tendência de crescimento na performance do equipamento após a implementação das novas práticas conforme mostrado na tabela 16.

Gráfico 18 – Série histórica do Rendimento próprio da sopradora da linha 563



Fonte: Elaborado pelo Autor

A performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade, conforme mostrado na tabela 16, era de 97,12% contra 97,33% após a implementação, resultando em uma diferença de 0,21% no rendimento próprio do equipamento na comparação entre os dois períodos observados.

Tabela 16 – Rendimento próprio médio da sopradora 563

RP médio	Sopradora 563
Antes (jan/15 a mai/16)	97,12%
Depois (mai/16 a dez/18)	97,33%
Δ	0,21%

4.2.2 Teste t de student

Na segunda parte da análise quantitativa, foi realizado o teste t de student presumindo-se amostras com variâncias diferentes e com nível de confiança de 95% para a comparação entre a performance média antes da implementação dos toolkits de confiabilidade e após a implementação dos novos planos de manutenção nos onze equipamentos que apresentaram aumento de performance.

No primeiro conjunto de equipamentos analisados, nos transportadores, conforme observado na figura 17, houve aumento de performance estatisticamente

significativo nas três linhas de PET analisadas pois o valor p foi menor que o nível de confiança estabelecido de 5% (nas três linhas menor que 1%).

Figura 17 – Teste T realizado nos transportadores

TRANSPORTADORES								
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	TRP 561 antes	TRP 561 depois		TRP 562 antes	TRP 562 depois		TRP 563 antes	TRP 563 depois
Média	95,446%	98,022%	Média	96,571%	98,438%	Média	96,823%	98,484%
Variância	0,027%	0,025%	Variância	0,004%	0,004%	Variância	0,010%	0,008%
Observações	17	31	Observações	17	31	Observações	17	31
Hipótese da diferença de média	0	0	Hipótese da diferença de média	0	0	Hipótese da diferença de média	0	0
gl	32	32	gl	33	33	gl	29	29
Stat t	-5,298577788		Stat t	-9,974511954		Stat t	-5,719230091	
P(T<=t) uni-caudal	4,16752E-06		P(T<=t) uni-caudal	8,62874E-12		P(T<=t) uni-caudal	1,72496E-06	
t crítico uni-caudal	1,693888748		t crítico uni-caudal	1,692360309		t crítico uni-caudal	1,699127027	
P(T<=t) bi-caudal	8,33505E-06		P(T<=t) bi-caudal	1,72575E-11		P(T<=t) bi-caudal	3,44992E-06	
t crítico bi-caudal	2,036933343		t crítico bi-caudal	2,034515297		t crítico bi-caudal	2,045229642	
Média maior	Sim		Média maior	Sim		Média maior	Sim	
Estatisticamente significante?	Sim		Estatisticamente significante?	Sim		Estatisticamente significante?	Sim	

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas enchedoras, o segundo grupo de equipamentos analisados, embora tenha ocorrido aumento na performance média nas três linhas após a implementação dos toolkits de confiabilidade, em nenhum dos casos pode-se considerar um aumento estatisticamente significativo, visto que o valor p, nas três enchedoras estudadas acabou ficando maior que o nível de confiança estabelecido para o teste (Enchedora 561 9,9%, enchedora 562 14,4% e enchedora 563 7,29%). Os testes t realizados nas enchedoras estão dispostos na figura 18.

Figura 18 – Teste T realizado nas enchedoras

ENCHEDORAS								
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	ECH 561 antes	ECH 561 depois		ECH 562 antes	ECH 562 depois		ECH 563 antes	ECH 563 depois
Média	98,9235%	99,2490%	Média	98,3771%	98,6490%	Média	97,9312%	98,4671%
Variância	0,0081%	0,0040%	Variância	0,0079%	0,0052%	Variância	0,0162%	0,0103%
Observações	17	31	Observações	17	31	Observações	17	31
Hipótese da diferença de média	0	0	Hipótese da diferença de média	0	0	Hipótese da diferença de média	0	0
gl	25	25	gl	28	28	gl	27	27
Stat t	-1,322346345		Stat t	-1,081920685		Stat t	-1,497007028	
P(T<=t) uni-caudal	0,09901192		P(T<=t) uni-caudal	0,144258982		P(T<=t) uni-caudal	0,072995639	
t crítico uni-caudal	1,708140761		t crítico uni-caudal	1,701130934		t crítico uni-caudal	1,703288446	
P(T<=t) bi-caudal	0,198023841		P(T<=t) bi-caudal	0,288517964		P(T<=t) bi-caudal	0,145991278	
t crítico bi-caudal	2,059538553		t crítico bi-caudal	2,048407142		t crítico bi-caudal	2,051830516	
Média maior	Sim		Média maior	Sim		Média maior	Sim	
Estatisticamente significante?	Não		Estatisticamente significante?	Não		Estatisticamente significante?	Não	

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas rotuladoras, dos três equipamentos analisados estudados, como na rotuladora da linha 562 houve decréscimo de performance, foi aplicado o teste T de student apenas em dois equipamentos: rotuladora 561 e rotuladora 563. Pode-se observar de comportamentos distintos em cada uma das linhas. Na rotuladora da linha 561, pode-se observar um aumento estatisticamente significativo na performance do

equipamento após a implementação dos toolkits de confiabilidade. Na linha 563, por sua vez, embora tenha-se observado um aumento na performance média quando comparados ambos os períodos estudados, não se pode considerar estatisticamente significativo, pois o valor p obtido, 9,97%, foi maior que o nível de confiança utilizado no teste, 5%. Os testes aplicados nas rotuladoras estão mostrados na figura 19.

Figura 19 – Teste T realizado nas rotuladoras

ROTULADORAS								
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	ROT 561 antes	ROT 561 depois		ROT 562 antes	ROT 562 depois		ROT 563 antes	ROT 563 depois
Média	97,3912%	98,5394%	Média	99,2594%	99,0894%	Média	98,3471%	99,1342%
Variância	0,0219%	0,0142%	Variância	0,0076%	0,0049%	Variância	0,0567%	0,0043%
Observações	17	31	Observações	17	31	Observações	17	31
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0	
gl	28		gl	28		gl	17	
Stat t	-2,748463377		Stat t	0,690187873		Stat t	-1,335125208	
P(T<=t) uni-caudal	0,005180292		P(T<=t) uni-caudal	0,247878804		P(T<=t) uni-caudal	0,099719935	
t crítico uni-caudal	1,701130934		t crítico uni-caudal	1,701130934		t crítico uni-caudal	1,739606726	
P(T<=t) bi-caudal	0,010360584		P(T<=t) bi-caudal	0,495757609		P(T<=t) bi-caudal	0,19943987	
t crítico bi-caudal	2,048407142		t crítico bi-caudal	2,048407142		t crítico bi-caudal	2,109815578	
Média maior	Sim		Média maior	Não		Média maior	Sim	
Estatisticamente significante?	Sim		Estatisticamente significante?	Não		Estatisticamente significante?	Não	

Fonte: Elaborado pelo autor

O último conjunto de equipamentos avaliados foram as sopradoras. Para estes equipamentos houve melhora de performance nos três equipamentos analisados. Porém apenas na sopradora da linha 562 o aumento da performance pode ser considerado estatisticamente significativo. As demais sopradoras, da linha 561 e 563, obtiveram um valor p de 7,77% e 36,54% respectivamente maior que o nível de confiança do teste que foi de 5%. A figura 20 apresenta os testes t realizados nas sopradoras da empresa alpha.

Figura 20 – Teste T realizado nas sopradoras

SOPRADORAS								
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
	SOP 561 antes	SOP 561 depois		SOP 562 antes	SOP 562 depois		SOP 563 antes	SOP 563 depois
Média	96,3059%	96,9932%	Média	95,9871%	97,5503%	Média	97,1206%	97,3274%
Variância	0,0244%	0,0249%	Variância	0,0250%	0,0208%	Variância	0,0295%	0,0571%
Observações	17	31	Observações	17	31	Observações	17	31
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0	
gl	33		gl	31		gl	42	
Stat t	-1,453547812		Stat t	-3,376208868		Stat t	-0,345712415	
P(T<=t) uni-caudal	0,077758199		P(T<=t) uni-caudal	0,000996537		P(T<=t) uni-caudal	0,365642277	
t crítico uni-caudal	1,692360309		t crítico uni-caudal	1,695518783		t crítico uni-caudal	1,681952357	
P(T<=t) bi-caudal	0,155516399		P(T<=t) bi-caudal	0,001993075		P(T<=t) bi-caudal	0,731284554	
t crítico bi-caudal	2,034515297		t crítico bi-caudal	2,039513446		t crítico bi-caudal	2,018081703	
Média maior	Sim		Média maior	Sim		Média maior	Sim	
Estatisticamente significante?	Não		Estatisticamente significante?	Sim		Estatisticamente significante?	Não	

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Análise Qualitativa

Para a análise qualitativa, foram entrevistados quatorze funcionários da empresa alpha. Os entrevistados foram escolhidos de acordo com os motivos

apresentados na tabela 10 deste trabalho. Após escolha, os mesmos foram divididos em liderança (grupo 1) e time operacional (grupo 2) e lhes foi feito 13 perguntas, dividido em doze para serem respondidas em uma escala numérica de 1 a 5 e uma pergunta de múltipla escolha.

4.3.1 Perguntas objetivas

A primeira abertura realizada foi com relação aos grupos: liderança e time operacional. Em nove das doze perguntas o time operacional atribuiu uma resposta média mais alta do que as percepções da liderança. A tabela 17 apresenta o resultado médio das doze primeiras perguntas abertas por grupo de trabalho.

Tabela 17 – Respostas médias da Análise qualitativa abertura por grupo

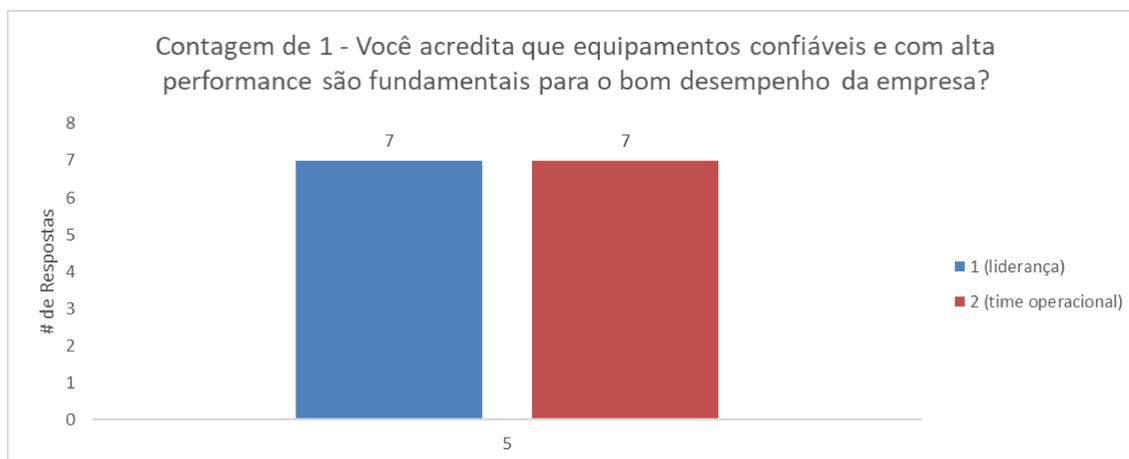
Pergunta	Média Total	G1 (liderança)	G2 (time operacional)	ΔGrupo
1 - Você acredita que equipamentos confiáveis e com alta performance são fundamentais para o bom desempenho da empresa?	5,00	5,00	5,00	0,00
2 - Você concorda que a empresa encara genuinamente a manutenção como uma ferramenta de aumento de performance (mais produção com menor custo possível)?	4,43	4,00	4,86	0,86
3 - Você considera que a alta gerência se compromete com as rotinas de manutenção das linhas de produção?	4,36	4,00	4,71	0,71
4 - Você considera que os treinamentos são frequentes e suficientes para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam realizados com a qualidade necessária para o correto funcionamento do equipamento?	3,64	3,00	4,29	1,29
5 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) foram definidos com base em uma avaliação completa dos equipamentos?	4,29	4,00	4,57	0,57
6 - Você considera que é disponibilizado todas as ferramentas para a realização dos planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) de forma a realizá-los com qualidade?	3,64	2,86	4,43	1,57
7 - Você considera que os funcionários responsáveis por planejar/programar e executar os planos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) nos equipamentos estão envolvidos e motivados a realizar um serviço com a qualidade necessária para o bom funcionamento do equipamento?	3,71	2,71	4,71	2,00

8 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) continuam sendo executados com a mesma qualidade após os primeiros meses de implantação?	4,00	3,43	4,57	1,14
9 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos na frequência correta?	4,07	3,57	4,57	1,00
10 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?	3,57	2,71	4,43	1,71
11 - Você considera % de execução dos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) satisfatório nestes equipamentos?	3,71	3,86	3,57	-0,29
12 - Você considera que os toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) contribuem para o aumento de rendimento do equipamento?	4,93	5,00	4,86	-0,14

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quando confrontados com a primeira pergunta, “1 - Você acredita que equipamentos confiáveis e com alta performance são fundamentais para o bom desempenho da empresa?”, a totalidade dos entrevistados atribuiu nota máxima na resposta alegando acreditar totalmente na importância de se ter equipamentos confiáveis. Esta foi a única pergunta com nota média máxima.

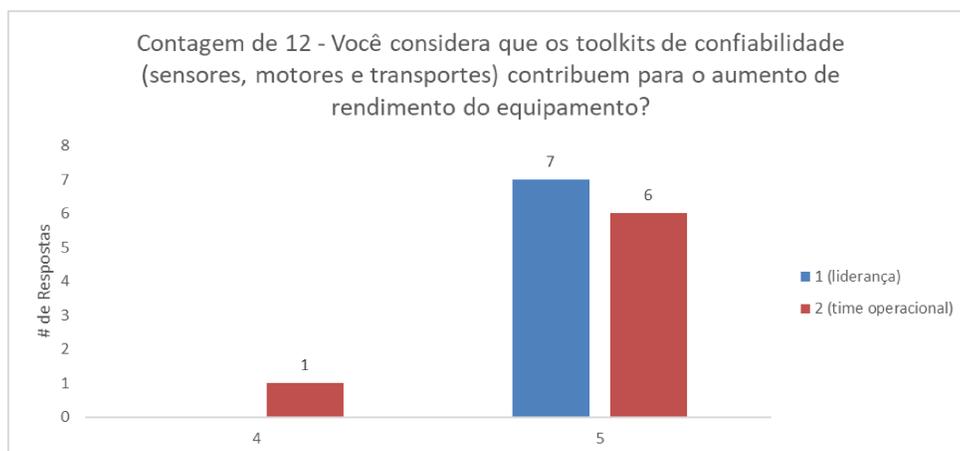
Gráfico 19 – Respostas da pergunta 1 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra pergunta que obteve próxima à totalidade, foi relativa a contribuição dos toolkits de confiabilidade para o desempenho do equipamento, retratado na pergunta 12. A média das respostas ficou em 4,93 com trezes respostas com nota máxima e uma com nota 4.

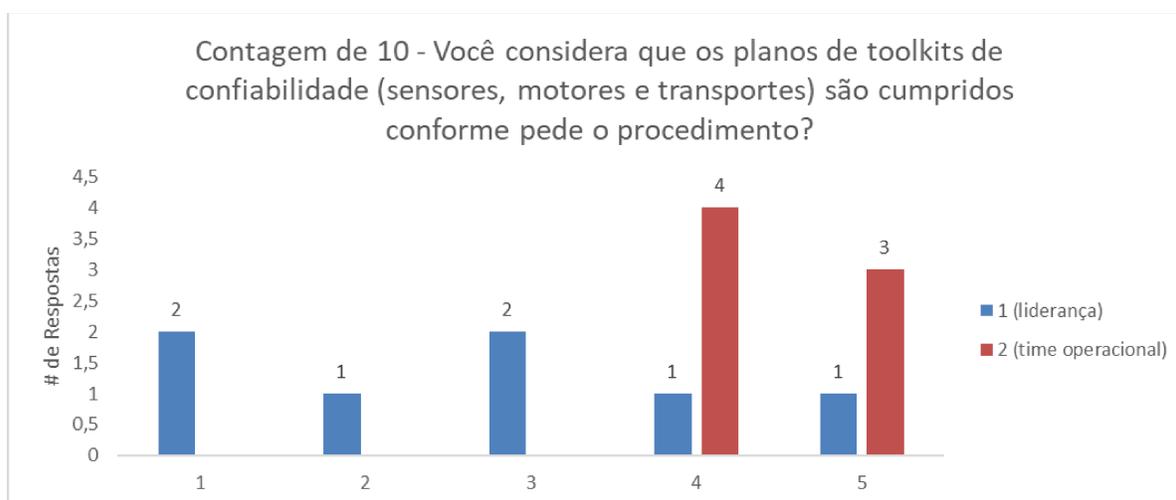
Gráfico 20 – Respostas da pergunta 12 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo autor

A resposta média mais baixa, por sua vez, com um valor médio de 3,57 foi na décima pergunta, onde os entrevistados responderam o seguinte questionamento: “Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?”. O gráfico 21 apresenta as respostas da pergunta dez.

Gráfico 21 – Respostas da pergunta 10 abertura por grupo



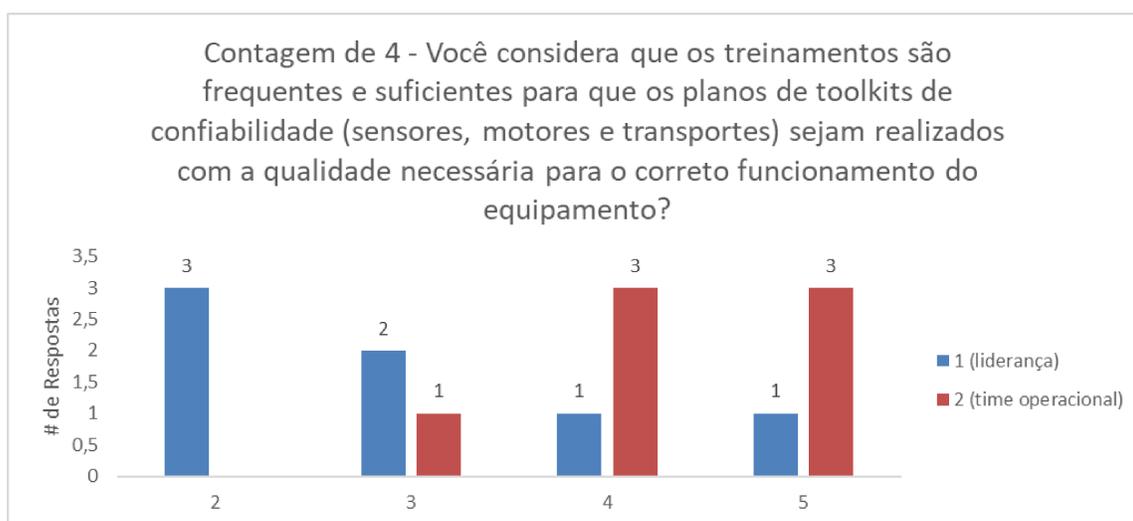
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a distribuição das respostas, pode-se perceber que ao passo que a operação, em sua totalidade concorda que os procedimentos são cumpridos conforme procedimento, na liderança apenas dois entrevistados, ou seja 28% partilha da mesma opinião e três entrevistados, 42,8%, da liderança discorda totalmente. Isto indica uma

diferença de conhecimento sobre os itens analisados no procedimento por parte dos dois grupos.

Uma causa pelo qual a pergunta número dez ficou próximo do insatisfatório pode ser observado na pergunta 4. Com pontuação média de 3,64 pontos indica oportunidade no treinamento dos toolkits de confiabilidade, onde 42,8% dos funcionários, seis entrevistados (cinco da liderança e um do time operacional), não julgaram os treinamentos frequentes e suficientes. O gráfico 22 apresenta as respostas da quarta pergunta aberta por grupo operacional e liderança.

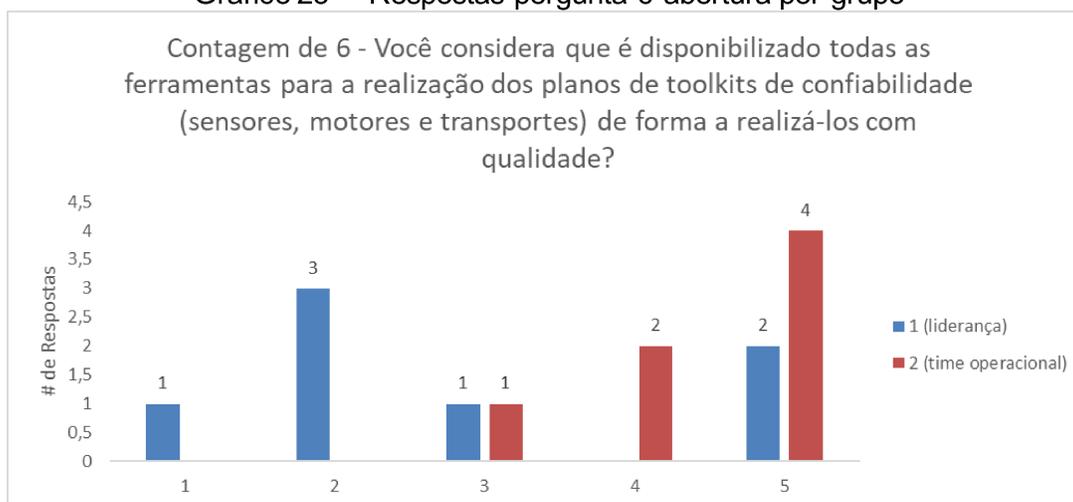
Gráfico 22 – Respostas pergunta 4 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Com pontuação média de 3,64 pontos, outra causa pode ser observada na pergunta seis. As respostas indicam oportunidade na disponibilidade de ferramentas para a execução dos planos de manutenção. Seis entrevistados, 42,8% julga que a disponibilidade de ferramentas para a execução dos planos não é suficiente. O gráfico 23 apresenta as respostas da sexta pergunta da entrevista.

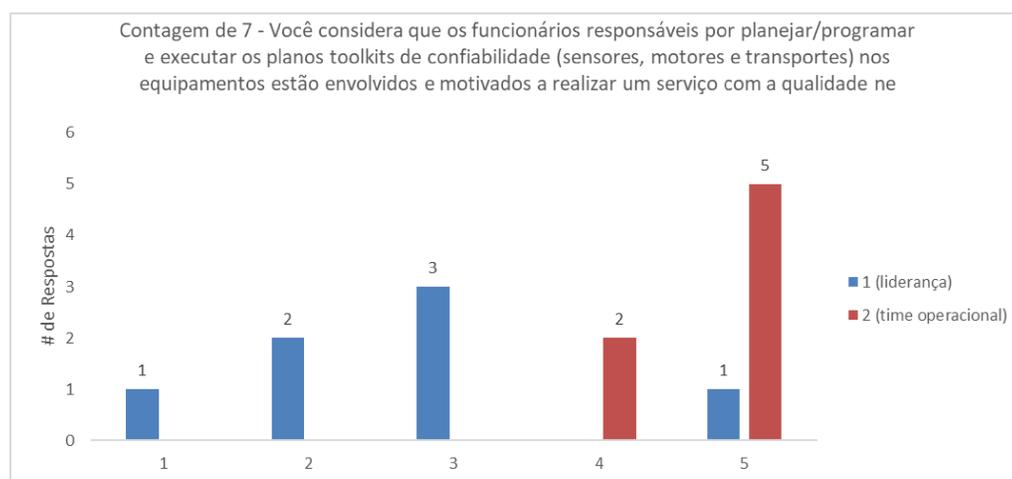
Gráfico 23 – Respostas pergunta 6 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Outro problema que também pode ser identificado nas análises das respostas das entrevistas é evidenciado na sétima pergunta relativo a motivação dos executantes/planejadores dos planos de manutenção. Com pontuação média de 3,71, quase que a totalidade da liderança acredita que os executantes e planejadores não tem motivação para executar os planos. Por sua vez, 85% dos entrevistados que compõem o time operacional acreditam na motivação dos executantes/planejadores. O gráfico 24, abaixo, apresenta os resultados da pergunta sete.

Gráfico 24 – Respostas pergunta 7 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo Autor

Além da abertura por grupo, para uma análise mais minuciosa, neste trabalho foram feitas três outras aberturas: por grupo, por setor de trabalho, por tempo de casa e por escolaridade.

A segunda abertura feita foi relativo ao setor de trabalho. Das doze primeiras perguntas do questionário, dez tiveram respostas médias maiores pelo setor de produção e duas obtiveram a mesma média para ambos os setores. A tabela 18 apresenta as respostas médias abertas por setor de trabalho.

Tabela 18 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por setor de trabalho

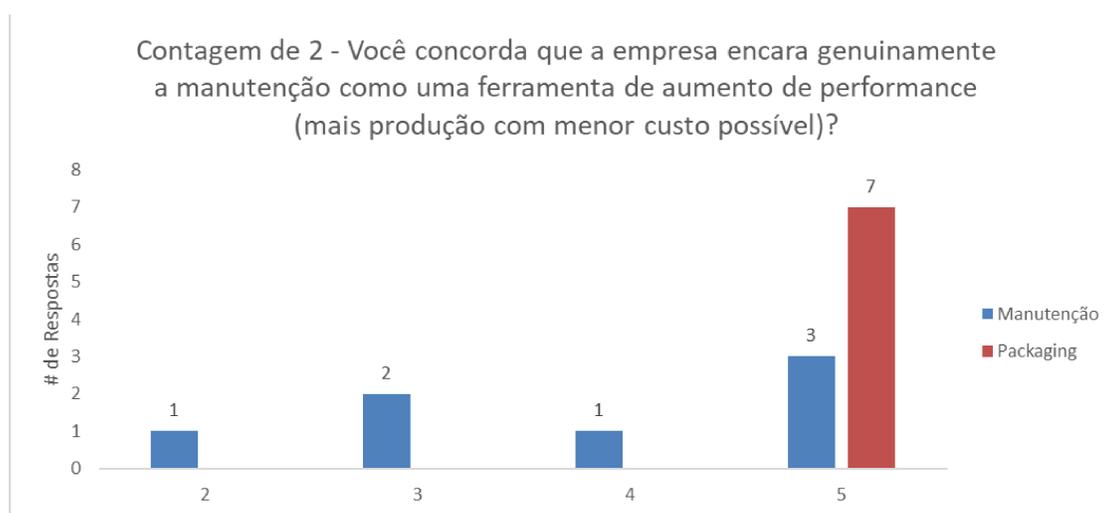
Pergunta	Manutenção	Produção	ΔSetor
1 - Você acredita que equipamentos confiáveis e com alta performance são fundamentais para o bom desempenho da empresa?	5,00	5,00	0,00
2 - Você concorda que a empresa encara genuinamente a manutenção como uma ferramenta de aumento de performance (mais produção com menor custo possível)?	3,86	5,00	1,14
3 - Você considera que a alta gerência se compromete com as rotinas de manutenção das linhas de produção?	4,00	4,71	0,71
4 - Você considera que os treinamentos são frequentes e suficientes para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam realizados com a qualidade necessária para o correto funcionamento do equipamento?	3,14	4,14	1,00
5 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) foram definidos com base em uma avaliação completa dos equipamentos?	4,00	4,57	0,57
6 - Você considera que é disponibilizado todas as ferramentas para a realização dos planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) de forma a realizá-los com qualidade?	3,14	4,14	1,00
7 - Você considera que os funcionários responsáveis por planejar/programar e executar os planos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) nos equipamentos estão envolvidos e motivados a realizar um serviço com a qualidade necessária para o bom funcionamento do equipamento?	3,29	4,14	0,86
8 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) continuam sendo executados com a mesma qualidade após os primeiros meses de implantação?	3,43	4,57	1,14
9 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos na frequência correta?	3,86	4,29	0,43
10 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?	3,29	3,86	0,57
11 - Você considera % de execução dos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) satisfatório nestes equipamentos?	3,71	3,71	0,00
12 - Você considera que os toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) contribuem para o aumento de rendimento do equipamento?	4,86	5,00	0,14

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme mostrado acima, a pergunta número dois e a pergunta número oito obtiveram médias mais discrepantes entre as duas áreas num total de 1,14 pontos de diferença.

Ao analisar a segunda pergunta, ao passo que a totalidade dos entrevistados do setor de produção acredita que a empresa alpha encara manutenção como uma ferramenta de aumento de performance, o time do setor de manutenção, que é responsável pela execução e pelo planejamento dos toolkits de confiabilidade, não partilham de unanimidade inclusive com três entrevistados deste setor discordando da afirmação. O gráfico 25 apresenta a abertura por setor de trabalho da pergunta 2.

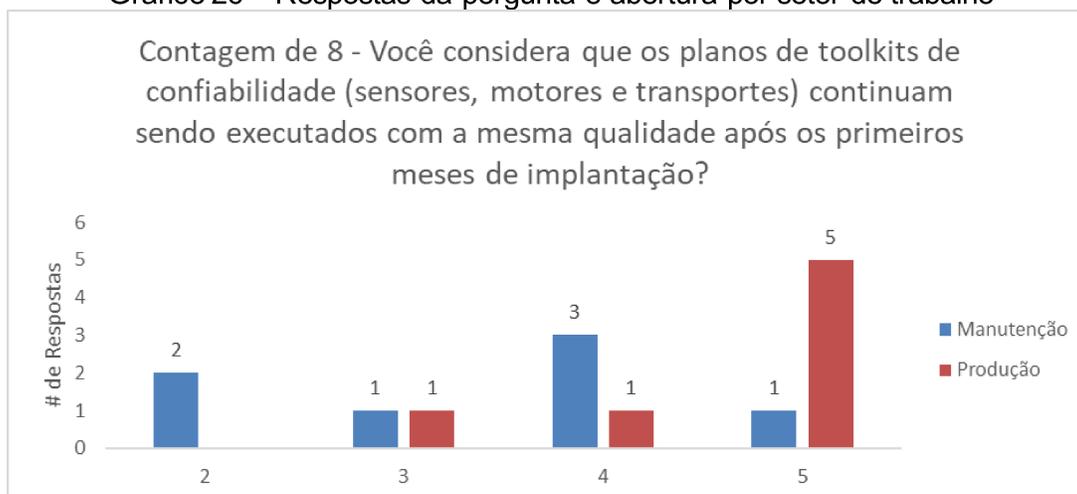
Gráfico 25 – Respostas da pergunta 2 abertura por setor de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a oitava pergunta, a maioria dos entrevistados do setor de produção, 85% deles, concorda que os toolkits continuam sendo executados com a mesma qualidade após o período inicial de implementação. No setor de manutenção, apenas 57% dos entrevistados, partilha da mesma opinião e três deles, 42%, discordam que os toolkits seguem sendo executados com qualidade. As respostas da pergunta oito, aberta por setor de trabalho está apresentada no gráfico 26.

Gráfico 26 – Respostas da pergunta 8 abertura por setor de trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor

A terceira abertura feita foi relativo ao tempo de empresa. Esta abertura foi feita para comparar o quão difere a percepção dos funcionários que trabalharam com os dois tipos de manutenção preventiva em relação aos que trabalharam apenas no modelo atual com os toolkits de confiabilidade. Dos quatorze entrevistados, nove tinham mais do que três anos de empresa e cinco tinham menos que três anos de empresa.

Das doze primeiras perguntas do questionário, sete tiveram respostas médias maiores pelos funcionários com mais de três anos trabalhando na empresa e quatro obtiveram respostas médias maiores pelos funcionários com menos de três anos trabalhando na empresa. A pergunta número oito e a pergunta onze foram as únicas que obtiveram médias com discrepância maior/menor que um ponto entre as os dois grupos. A tabela 19 apresenta as respostas médias segregadas por tempo de empresa.

Tabela 19 – Respostas médias da análise qualitativa – Abertura por tempo de empresa

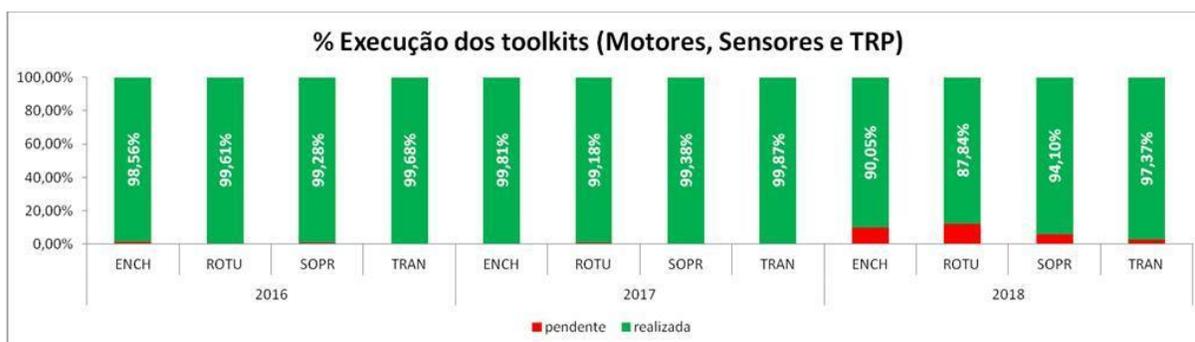
Pergunta	- 3 anos	+ 3 anos	Δ Tempo de empresa
1 - Você acredita que equipamentos confiáveis e com alta performance são fundamentais para o bom desempenho da empresa?	5,00	5,00	0,00
2 - Você concorda que a empresa encara genuinamente a manutenção como uma ferramenta de aumento de performance (mais produção com menor custo possível)?	4,00	4,67	0,67

3 - Você considera que a alta gerência se compromete com as rotinas de manutenção das linhas de produção?	4,00	4,56	0,56
4 - Você considera que os treinamentos são frequentes e suficientes para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam realizados com a qualidade necessária para o correto funcionamento do equipamento?	3,60	3,67	0,07
5 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) foram definidos com base em uma avaliação completa dos equipamentos?	4,40	4,22	-0,18
6 - Você considera que é disponibilizado todas as ferramentas para a realização dos planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) de forma a realizá-los com qualidade?	3,80	3,56	-0,24
7 - Você considera que os funcionários responsáveis por planejar/programar e executar os planos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) nos equipamentos estão envolvidos e motivados a realizar um serviço com a qualidade necessária para o bom funcionamento do equipamento?	3,40	3,89	0,49
8 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) continuam sendo executados com a mesma qualidade após os primeiros meses de implantação?	3,20	4,44	1,24
9 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos na frequência correta?	4,00	4,11	0,11
10 - Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?	3,20	3,78	0,58
11 - Você considera % de execução dos toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) satisfatório nestes equipamentos?	4,40	3,33	-1,07
12 - Você considera que os toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) contribuem para o aumento de rendimento do equipamento?	5,00	4,89	-0,11

Fonte: Elaborado pelo autor

Para responder à pergunta onze, os entrevistados foram confrontados com o percentual de execução dos toolkits de confiabilidade nos quatro equipamentos ao longo dos anos desde a sua implementação, conforme mostrado no gráfico 27.

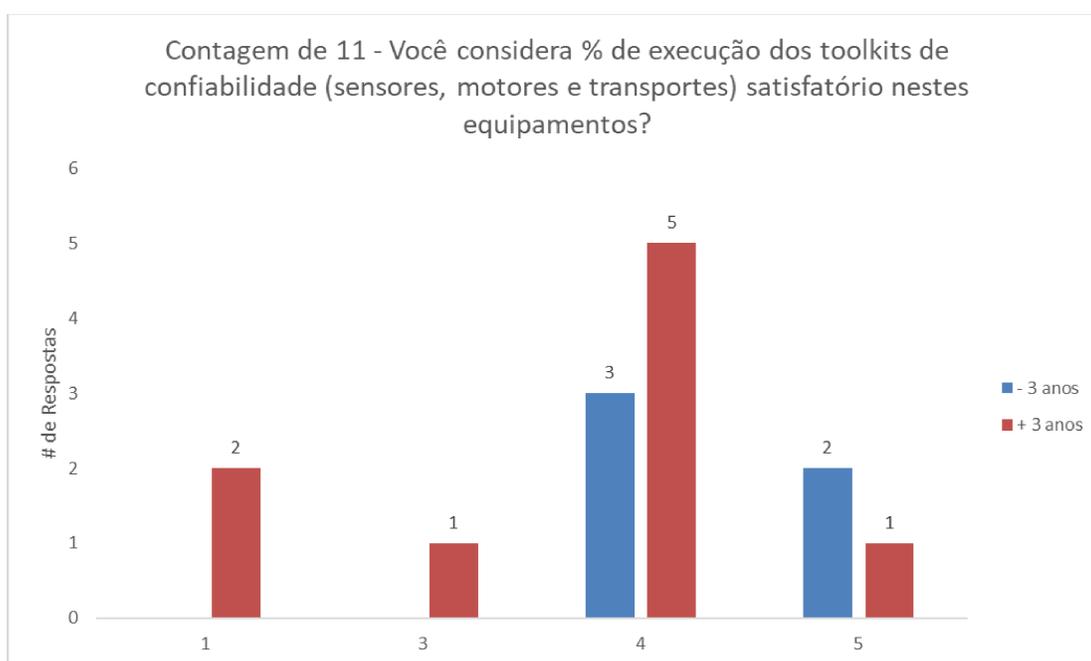
Gráfico 27 – Percentual de execução dos toolkits de confiabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da empresa alpha

A maioria das respostas, 78%, acredita que o percentual de execução satisfatório desde a data de implementação em maio de 2016. A totalidade dos funcionários com menos de 3 anos acredita ser satisfatório, ao passo que dois dos nove funcionários com mais de três anos de empresa acredita não ser satisfatório o percentual de execução. O gráfico 28 apresenta as respostas da pergunta onze abertas por tempo de empresa.

Gráfico 28 – Respostas da pergunta 11 abertura por tempo de empresa



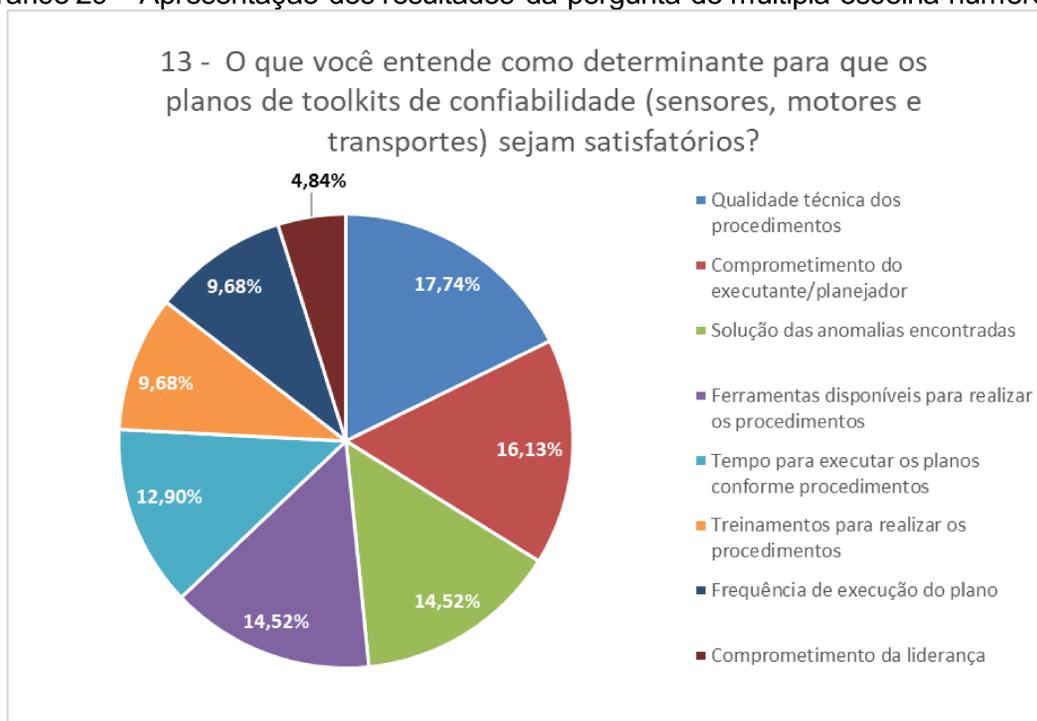
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Perguntas subjetivas

Uma vez respondida as 12 primeiras perguntas, foi pedido para que os entrevistados respondessem duas perguntas de múltipla escolha.

A pergunta 13 trazia o seguinte questionamento: “O que você entende como determinante para que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) sejam satisfatórios?”. Em um total de 62 respostas, a resposta mais presente foi “qualidade técnica dos procedimentos” com 11 citações. Em contrapartida, a resposta menos presente foi comprometimento da liderança, com 3 citações. O gráfico 29 apresenta os resultados da pergunta de múltipla escolha número 12.

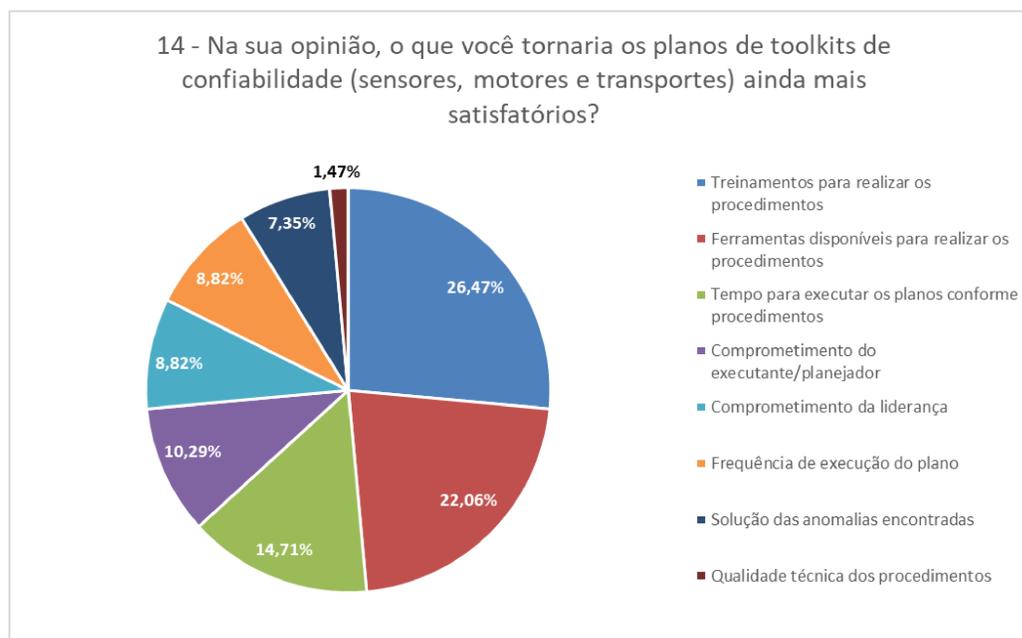
Gráfico 29 – Apresentação dos resultados da pergunta de múltipla escolha número 13



Fonte: Elaborado pelo autor

A décima quarta pergunta trazia o seguinte questionamento: “Na sua opinião, o que você tornaria os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) ainda mais satisfatórios?”. Em um total de sessenta e oito respostas, a resposta mais presente foi “Treinamento para realizar os procedimentos” com dezoito citações, seguido de “Ferramentas disponíveis para realizar os procedimentos” e “Tempo para executar os planos conforme procedimento” com quinze e dez citações, respectivamente. Em contrapartida, a resposta menos presente foi “qualidade técnica dos procedimentos”, com apenas 1 citação. O gráfico 30 apresenta os resultados da pergunta de múltipla escolha número 14.

Gráfico 30 – Apresentação dos resultados da pergunta de múltipla escolha número 14



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Síntese dos Resultados

Dos doze equipamentos analisados, todos receberam a manutenção preventiva em sensores, todos receberam a manutenção qualitativa de motores elétricos e os transportadores, além destes planos de manutenção citados acima, também receberam os toolkits de transporte.

Em apenas um deles, na rotuladora da linha 562, não foi evidenciado aumento de performance. Nos transportadores, foi percebida as três maiores evoluções em rendimento próprio quando comparados ambos os períodos: pré toolkit de confiabilidade e pós toolkit de confiabilidade. E, dentre os onze equipamentos que apresentaram melhora no rendimento próprio, cinco apresentaram evolução estatisticamente significativa. A tabela 20 apresenta o resumo do trabalho.

Tabela 20 – Resumo do trabalho

Equipamento	Toolkit Preventivo de Sensores	Toolkit Qualitativo de Motores	Toolkit de Transporte	Aumento de performance?	Diferença média antes e depois (%)	Evolução estatisticamente significativa?
Transportes 561	x	x	x	Sim	2,58%	Sim
Transportes 562	x	x	x	Sim	1,87%	Sim
Transportes 563	x	x	x	Sim	1,66%	Sim
Sopradora 562	x	x		Sim	1,56%	Sim
Rotuladora 561	x	x		Sim	1,15%	Sim
Rotuladora 563	x	x		Sim	0,79%	Não
Sopradora 561	x	x		Sim	0,69%	Não
Enchedora 563	x	x		Sim	0,54%	Não
Enchedora 561	x	x		Sim	0,33%	Não
Enchedora 562	x	x		sim	0,27%	Não
Sopradora 563	x	x		Sim	0,21%	Não
Rotuladora 562	x	x		Não	-0,17%	NA

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar os dados qualitativos obtidos, pode-se perceber pontos positivos e pontos de atenção no processo de implementação bem como na execução dos toolkits de confiabilidade que confirmam a literatura a respeito de TPM como ferramenta de alavanca de performance e ajudam a explicar os resultados acima ilustrados. O quadro 16 apresenta os pontos positivos.

Quadro 16 – Pontos de positivos observados

Pontos positivos
Equipe acredita na manutenção como fundamental para o desempenho da empresa
Time acredita que a empresa encara manutenção como ferramenta de aumento de performance
Time percebe envolvimento da alta gerência nas rotinas de manutenção
Equipe acredita que os novos planos são técnicos e bem detalhados de acordo com as características de cada equipamento
Planos são cumpridos na frequência correta

Solução das anomalias encontradas nas novas inspeções preventivas são tratadas contribuindo para o desempenho do equipamento
Equipe acredita que os toolkits de confiabilidade contribuem com a performance dos equipamentos

Fonte: Elaborado pelo autor

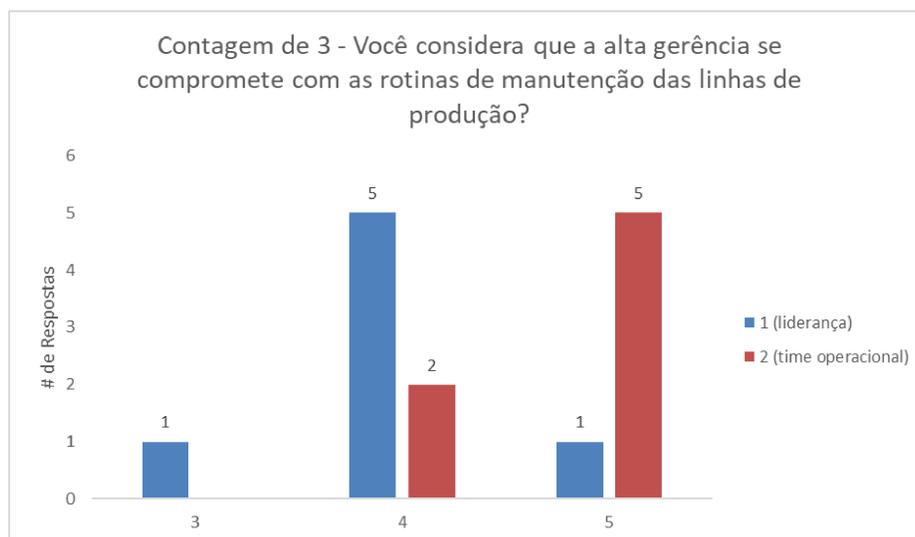
Conforme mostrado na tabela 20, houve aumento de performance estatisticamente significativa em cinco dos doze equipamentos analisados. Esta evolução faz com que o time acredite que os toolkits de confiabilidade contribuem com a performance do equipamento ponto positivo que foi observado durante o desenvolvimento deste estudo de caso. A obtenção de ganho na performance nestas máquinas é explicada também por alguns outros fatores que puderam ser evidenciados neste período.

A totalidade dos entrevistados acreditam que a manutenção é fundamental para o desempenho da empresa corroborando a tese defendida por Jain, bhatti e singh, (2014) que afirma que equipamentos de produção confiáveis são considerados os maiores contribuidores da performance e da lucratividade de sistemas produtivos.

A proposição de Singh et al.. (2008) pode ser evidenciada como um fator de sucesso ao analisar décima segunda pergunta, “Você considera que os toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) contribuem para o aumento de rendimento do equipamento?”, ao atingir quase que unanimidade, comprova o autor que afirma que as empresas de manufatura devem considerar a manutenção como uma fonte potencial de redução de custos e como uma vantagem competitiva.

Outro fator de sucesso que pode ser observado é defendido na proposição de Nakajima (1988) ao afirmar que as iniciativas de TPM somente irão prosperar com o comprometimento da alta gerencia. Este fato é evidenciado ao confrontar com a resposta da terceira pergunta onde nenhum entrevistado discorda da afirmação conforme mostrado no gráfico 31.

Gráfico 31 – Respostas da pergunta 3 abertura por grupo



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, cabe citar também o apontamento na análise frequencial da pergunta treze como o fator mais preponderante para a eficácia dos toolkits: qualidade técnica dos planos de manutenção. Nakajima (1988) afirma que a manutenção periódica deve ser baseada em avaliações precisa das condições dos equipamentos. Planos bem descritos e de acordo com as características de cada equipamento são preponderantes e para o aumento de performance, corroborando a proposição presente na literatura. Além dos pontos positivos, pontos de atenção também foram percebidos durante a apreciação dos dados, de acordo com o quadro 17.

Quadro 17 – Pontos de atenção observados

Pontos de atenção
Frequência inadequada dos treinamentos
Disponibilidade de ferramentas
Discrepância na percepção de motivação dos executantes/planejadores percebida pelo grupo liderança x time operacional
Falha no cumprimento do plano conforme procedimento em alguns casos
Time do setor de manutenção, embora execute/planeje os planos de manutenção, tem a percepção mais baixa em relação a forma como a empresa alpha encara os toolkits de confiabilidade
Tempo insuficiente para realização dos planos conforme procedimento

Fonte: Elaborado pelo autor

É pertinente observar que, ao fazer a análise dos pontos de atenção percebidos, mostrado no quadro 17, foi evidenciado, sobretudo na pergunta dez da entrevista, “Você considera que os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) são cumpridos conforme pede o procedimento?”, que em alguns casos há falha no cumprimento dos planos conforme solicitado pelo procedimento. Embora os novos planos de manutenção sejam extremamente técnicos, detalhados, e adaptados ao contexto de cada equipamento, ao confrontá-los com os resultados obtidos durante a realização do presente trabalho é possível traçar uma relação de causa para que não se tenha crescimento na performance em todos os equipamentos analisados.

Existe uma diferença de percepção quanto ao cumprimento dos toolkits de confiabilidade conforme o plano percebido pelo time operacional e pelo time da liderança. Enquanto a liderança entende que há falha no cumprimento, esta falha não é percebida pelos executantes pertencentes ao time operacional. Isto indica uma falta de conhecimento dos planos por parte do time operacional, explicado por outro ponto negativo foi observado durante a realização do trabalho: frequência nos treinamentos dos toolkits de confiabilidade.

Nakajima (1988), pontua que educação e treinamento é um dos pilares do TPM e ao realizar a análise frequencial da pergunta quatorze, “Na sua opinião, o que você tornaria os planos de toolkits de confiabilidade (sensores, motores e transportes) ainda mais satisfatórios?”, treinamento para realizar os procedimentos é a resposta mais presente aparecendo dezoito vezes em um total de 68 respostas.

Ainda na pergunta quatorze, segunda resposta com mais aparição aponta para outro problema que colabora com o não cumprimento dos planos conforme procedimento: Disponibilidade de ferramentas. NASA (2008) já identifica isto com um problema de execução de manutenção quando afirma que ferramentas especiais raramente estão disponíveis quando a equipe de manutenção precisa delas, além disso, precisa estar ciente de quais ferramentas usar e ser treinado para usá-las.

5 CONCLUSÃO

O presente capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, corroborando o atingimento dos objetivos propostos. Como objetivo geral, esta pesquisa buscou analisar, a longo prazo, i.e., período maior de um ano após a implementação, o efeito das melhorias implementadas através da estratégia de manutenção baseada na manutenção produtiva total, TPM, no aumento da eficiência dos equipamentos de uma unidade da empresa alpha. Para tal, o objetivo geral foi aberto em cinco objetivos específicos.

Através da coleta de dados documental, terceira etapa do modelo proposto por Miguel (2007) que foi utilizado neste trabalho, foi possível obter a série histórica de rendimento próprio dos doze equipamentos analisados e, desta forma, alcançar o primeiro objetivo específico que consistia em descrever o rendimento dos equipamentos selecionados antes e depois da implantação dos toolkits de confiabilidade.

A etapa de análise de dados quantitativa, possibilitou analisar o efeito dos toolkits de confiabilidade nos doze equipamentos escolhidos evidenciando ganho de performance em onze deles (nos transportadores, nas enchedoras e nas sopradoras das três linhas, além da rotuladora da linha 561 e da linha 563), concluindo assim o segundo objetivo específico.

A análise de dados quantitativa permitiu ainda atingir o terceiro objetivo específico proposto neste trabalho que consiste em avaliar estatisticamente ganho de performance obtido com os toolkits de confiabilidade. Através do teste t de student unicaudal foi possível concluir que em cinco dos onze equipamentos que obtiveram ganho de performance este incremento é estatisticamente significativo.

A análise dados qualitativos, referente aos dados coletados nas entrevistas permitiu cumprir analisar a percepção dos funcionários da empresa alpha nas estratégias de manutenção empregadas pela companhia bem como identificar os pontos positivos e oportunidades na implementação e execução dos toolkits de confiabilidade que representam o quarto e o quinto objetivos específicos do presente estudo de caso.

Ao cumprir os cinco objetivos específicos, é possível concluir que a nova estratégia de manutenção preventiva adotados, os toolkits de confiabilidade, contribuem para o aumento do rendimento próprio dos equipamentos analisados não

só a curto prazo como também a longo prazo na unidade em questão da empresa alpha como visto em cinco dos doze equipamentos analisados (transportadores das três linhas, sopradora da linha 562 e rotuladora da linha 561).

Os demais equipamentos não apresentaram evolução estatisticamente significativa no rendimento próprio devido a existência de falha na execução dos planos de manutenção conforme procedimento devido a insuficiência nos treinamentos técnicos de capacitação do time executor/planejador bem como na disponibilidade de ferramentas necessárias para executar os procedimentos, fatores que foram evidenciados ao realizar a análise dos dados qualitativos obtido com as entrevistas.

Outro fator determinante para a não obtenção de resultados satisfatórios na totalidade dos equipamentos analisados remete a motivação dos executantes na realização dos planos, que embora seja percebida pelo time operacional, a mesma não é percebida pelo time de liderança.

Cabe ressaltar que as dificuldades encontradas na implementação e na execução dos toolkits de confiabilidade na unidade estudada da empresa alpha, evidenciadas nas entrevistas e acima citadas, também se fazem na literatura de sobre manutenção produtiva total de modo que o presente estudo de caso corrobora a proposição defendida por autores como Nakajima (1988), Singh et al.. (2008), (JAIN, BHATTI E SINGH, 2014), Brah e Chong (2014), dentre outros.

Apesar das conclusões obtidas no presente estudo de caso serem positivas ao efeito a longo prazo das estratégias de manutenção produtiva total e corroborarem com a literatura existente no que tange as dificuldades encontradas no processo de implementação/execução das melhorias, as mesmas devem observar as limitações deste trabalho. É importante observar que o presente estudo de caso se refere a uma amostra de doze equipamentos de linhas de produção de refrigerantes em embalagem PET de uma unidade da empresa alpha, necessitando uma análise mais abrangente para tal.

Como oportunidade para pesquisas futuras, pode-se realizar o mesmo em diferentes contextos produtivos da empresa alpha para avaliar se o efeito observado será o mesmo obtido nesta unidade estudada. Além disso sugere-se também realizar a análise de efeito causal sobre a série histórica de dados de performance de modo a estimar o efeito causal das iniciativas de TPM implementadas, visando isolar o efeito potencial de outros fatores não analisados neste estudo.

REFERÊNCIAS

ABIR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES E DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS. **Dados do Setor: Refrigerantes**. Brasília, 30 mar. 2018. Disponível em: <https://abir.org.br/o-setor/dados/refrigerantes/>. Acesso em: 30 jul. 2018.

AFEBRAS-ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE REFRIGERANTES DO BRASIL. **Bebidas não alcoólicas**. [S. l.], 30 dez. 2016. Disponível em: <http://afrebras.org.br/setor/o-setor>. Acesso em: 26 jul. 2018.

AHUJA, Inderpreet P. Singh; KHAMBA, Jaimal Singh. Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008. ANTUNES, Junico et al. **Uma revolução na produtividade-a gestão lucrativa dos postos de trabalho**. Bookman Editora, 2013.

BRAH, Shaukat A.; CHONG, W.-K. Relationship between total productive maintenance and performance. **International Journal of Production Research**, v. 42, n. 12, p. 2383-2401, 2004.

BRASIL - MINISTRO DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **PORTARIA Nº. 544, DE 16 DE NOVEMBRO DE 1998**. Brasília, 16 nov. 1998. Disponível em: <http://www.ivegetal.com.br/LegislaçãoReferenciada/PortariaNo544de16denovembrode1998.htm>. Acesso em: 10 maio 2018.

CASTRO, Fabiana Pereira; ARAUJO, F. O. Proposal for OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator deployment in a beverage plant. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 9, n. 1, p. 71-84, 2012.

CHEN, Chee-Cheng. A developed autonomous preventive maintenance programme using RCA and FMEA. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 18, p. 5404-5412, 2013.

COLEMAN, JOHN P. COLEMAN. **Reliability What Is It?**. MaintWorld, 2 fev. 2002. Disponível em: <https://www.maintworld.com/Asset-Management/Reliability-What-Is-It>. Acesso em: 3 dez. 2018.

COUGHLAN, Paul; COUGHLAN, David. Action research for operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

COX III, James F.; SPENCER, Michael S. **Manual da Teoria das Restrições: Prefácio de Eliyahu M. Goldratt**. Bookman Editora, 2009.

DE ALMEIDA MORAES, Paulo Henrique. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de Taubaté.

DONATO, José Varela. Estratégia e Vantagem competitiva: estudo sobre a criação de duas empresas no setor de refrigerantes no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 43, n. 3, p. 501-532, 2012.

DONATO, José Varela. **Empreendedorismo e estratégia: estudo de múltiplos casos de criação de empresas no setor de refrigerantes no Ceará**. 2011. Tese de Doutorado.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JÚNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. Soft Drinks in Brazil. <https://www.Euromonitor.Com/Soft-Drinks-in-Brazil/Report>, p. 1, 2018.

FERRARI, Emilio et al. TPM: situation and procedure for a soft introduction in Italian factories. **The TQM Magazine**, v. 14, n. 6, p. 350-358, 2002.

FILIPPINI, Roberto. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 7, p. 655-670, 1997.

FRANCIS, A. J.; HARMER, P. W. Zumos de frutas y bebidas refrescantes. **Manual de Industrias de los alimentos**. Editado por: Ranken, MD Editorial Acribia. Zaragoza, España, p. 281-291, 1993.

FREGONEZ, G.; CRUZ, B. Fabricação de Refrigerantes. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas**, 2012.

GAVA, Altanir Jaime; DA SILVA, Carlos Alberto Bento; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. **Tecnologia de alimentos**. NBL Editora, 2009.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **The goal: a process of ongoing improvement**. Routledge, 2016.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão. **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

GUPTA, Pardeep; VARDHAN, Sachit. Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 10, p. 2976-2988, 2016.

HANGED, W. S.; KUMAR, Sanjay. TPM-a key strategy for productivity improvement in medium scale industry. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 3, n. 6, p. 485-492, 2013.

HANSEN, Robert C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. **Tradução de Altair Flamarion klippel**. Porto alegre: bookman, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Anual - Produto - PIA-Produto**. [S. /], 30 dez. 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=downloads>. Acesso em: 26 jun. 2018.

JAIN, Abhishek; BHATTI, Rajbir; SINGH, Harwinder. Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 293-323, 2014.

KAUR, Mandeep; SINGH, Kanwarpreet; SINGH AHUJA, Inderpreet. An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 1, p. 66-84, 2012.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**, v. 5, 1992.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**, v. 5, 2003.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

NAKAJIMA, Seiichi. Total Productive Maintenance. Introduction to TPM. **Productivity Press 1988**, 1988.

NALLUSAMY, S.; MAJUMDAR, Gautam. Enhancement of Overall Equipment Effectiveness using Total Productive Maintenance in a Manufacturing Industry. **International Journal of Performability Engineering**, v. 13, n. 2, 2017.

NASA. Reliability-Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. n. September, 2008.

NOON, Mike; JENKINS, Sarah; LUCIO, Miguel Martinez. Fads, techniques and control: the competing agendas of TPM and TECEX at the Royal Mail (UK). **Journal of Management Studies**, v. 37, n. 4, p. 499-520, 2000.

NORDDIN, Khairul Hafiz Norddin Mohd; SAMAN, Muhamad Zameri Mat. Implementation of total productive maintenance concept in a fertilizer process plant. **Jurnal Mekanikal**, v. 34, n. 1, 2012.

NORDDIN, Khairul Hafiz Norddin Mohd; SAMAN, Muhamad Zameri Mat. Implementation of total productive maintenance concept in a fertilizer process plant. **Jurnal Mekanikal**, v. 34, n. 1, 2012.

OKE, S. A. An analytical model for the optimisation of maintenance profitability. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 54, n. 2, p. 113-136, 2005.

PACHECO, Adriana Rodrigues; DE SIQUEIRA, Maria Isabel Dantas; COBUCCI, Rosário Maria Arouche. Influência da Carbonatação no Sabor de Refrigerante Tipo Cola. **Revista EVS-Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 36, n. 4, p. 765-774, 2009.

PALHA, P. G.; Tecnologia de Refrigerantes. Rio de Janeiro: Ambev, 2005.

POPHALEY, Mahesh; VYAS, Ram Krishna. Plant maintenance management practices in automobile industries: A retrospective and literature review. **Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)**, v. 3, n. 3, p. 512-541, 2010.

RANJAN, Rajeev; MISHRA, A. J. A. Y. Evaluation and Optimization of Overall Equipment Effectiveness on a Pasting Machine in a Battery Manufacturing Industry. **International Journal of Performability Engineering**, v. 12, n. 6, 2016.

RAPOSO, Cristiane Fátima Cavalcante. Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011. CELESTINO, M. S. C. Produção de Refrigerantes de Frutas. **Embrapa Cerrados**, n. Janeiro, p. 1-27, 2010.

RAPOSO, Cristiane Fátima Cavalcante. Overall Equipment Effectiveness: aplicação em uma empresa do setor de bebidas do polo industrial de Manaus. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 3, p. 648-667, 2011.

SAMPAIO, Adrian. TPM/ MPT: manutenção produtiva total. Disponível em: <<http://www.mantenimentomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/TPMtotal.pdf>> Acesso em: 02 JAN. 2018

SANTOS, Elizabeth; BRESSAN, Karlize. Anteprojeto Indústria de Refrigerantes de Sabores Exóticos. **Florianópolis: UFSC**, 2011.

SANTOS, M. S.; MIRANDA, R. F. Cervejas e Refrigerantes (Série P+L). **CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, 2005.

SELLTIZ, Claire et al. Métodos de pesquisa nas relações sociais, 6ª. **Reimpressão EPU. São Paulo: Editora USP**, 1975.

SHARMA, Rohit; TRIKHA, V. TPM Implementation in Piston Manufacturing Industry for OEE. **Current Trends in Engineering Research Vol**, v. 1, n. 1, 2011. SILVA LIMA, A. C.; AFONSO, J. C. A Química do Refrigerante. **Química Nova na Escola**, v. 31, p. 1-5, 2009.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 2001.

VARNAM, Alan H.; SUTHERLAND, Jane P. **Bebidas: tecnología, química y microbiología**. Editorial Acribia, 1994.

WAKJIRA, Melesse Workneh; SINGH, Ajit Pal. Total productive maintenance: A case study in manufacturing industry. **Global Journal of Research In Engineering**, v. 12, n. 1-G, 2012.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. Bookman editora, 2015.