

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ANÁLISE DE PROCESSO COM FOCO EM REDUÇÃO DE CUSTO

**ABNER DA SILVA
EVERTON FELIPE DE ALMEIDA FRANCO
JONAS RAFAEL BOACHACK
LUAN FELIPE FAIOLI DOS SANTOS
NATAN LOPES DE FREITAS**

**Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro – 2022**

RA 28907 Abner da Silva

RA 29371 Everton Felipe de Almeida Franco

RA 28805 Jonas Rafael Boachack

RA 29133 Luan Felipe Faioli dos Santos

RA 28885 Natan Lopes de Freitas

ANÁLISE DE PROCESSO COM FOCO EM REDUÇÃO DE CUSTO

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário
Campo Limpo Paulista – UNIFACCAMP,
como requisito para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.*

**Orientador: Prof. Helton José Pereira
Prof. Francisco Coelho de Oliveira**

Campo Limpo Paulista - SP

Dezembro – 2022

**CENTRO UNIVERSITÁRIO CAMPO LIMPO PAULISTA - UNIFACCAMP
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ANÁLISE DE PROCESSO COM FOCO EM REDUÇÃO DE CUSTO

RA 28907 Abner da Silva

RA 29371 Everton Felipe de Almeida Franco

RA 28805 Jonas Rafael Boachack

RA 29133 Luan Felipe Faioli dos Santos

RA 28885 Natan Lopes de Freitas

Orientador: Prof. Helton José Pereira

Banca Examinadora:

**Prof.
Convidado**

**Prof. Helton José Pereira
Orientador**

**Prof. Esp. Alexandre Capelli
Coordenador**

**Campo Limpo Paulista - SP
Dezembro – 2022**

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho primeiramente a Deus, por toda força e paciência que nos deu, dedicamos também aos nossos familiares por todo apoio e estrutura (mesmo que achem que quando faltamos algumas vezes é fácil ser engenheiro).

AGRADECIMENTO

Agradecemos a todos os professores pelas aulas ministradas e a UNIFACCAMP pela estrutura ofertada.

EPÍGRAFE

“Tu te tornas eternamente responsável por aquilo que cativas”

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo teórico sendo aplicado na prática descrevendo o contexto geral de análise e gestão de processos com foco em redução de custos, onde o mapeamento dos processos constatou falhas internas em uma linha de produção têxtil. O objetivo central é demonstrar através de pesquisa exploratória como funciona na prática a gestão e como impacta diretamente em uma redução de custos utilizando de ferramentas da melhoria contínua, como: *Kamban*, *Justin in Time*, *Gemba* e Ciclo PDCA. A pesquisa foi baseada em ampla revisão bibliográfica utilizada para a elaboração deste trabalho de conclusão. Foi estudado várias fontes, desde livros a trabalhos acadêmicos referentes ao assunto. Aplicando as ferramentas estudadas na indústria, foi notado um consumo excessivo de gás nas máquinas no qual acreditava-se estar diretamente relacionado a uma falha de processo, gerando um custo elevado. Utilizando conceitos e processos de melhorias continua, foi observado que os tempos de ociosidade das máquinas estavam gerando maior custo. A pesquisa foi voltada para o âmbito de um estudo de caso realizado na organização utilizando métodos quantitativos e qualitativos na coleta de dados, também é uma pesquisa de natureza aplicada. A pesquisa foi feita em uma situação real.

Palavras chaves: Gestão, Redução, Custo, Processos, Mapeamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Máquina têxtil	16
Figura 2 - Relação entre Gemba e Gestão.....	19
Figura 3 - Ciclo PDCA	20
Figura 4 - Funções da Gestão KAIZEN	22
Figura 5 - Divisão da melhoria em inovação.....	22
Figura 6 - Exemplo de mapeamento de processos	23
Figura 7 - Tipos de correlação.....	28
Figura 8 - Escala de correlação linear entre duas variáveis	30
Figura 9 - Rama 2.....	33
Figura 10 - Rama 2.....	34
Figura 11 - Fluxo produtivo de uma rama.....	35
Figura 12 - Entrada e ajuste de tensão ramas.....	35
Figura 13 - Ponto de agulhamento e entrada para demais processos	36
Figura 14 - Cronograma do projeto.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo ocioso por custo produtivo RAMA 2.....	45
Tabela 2 - Tabela de apoio de cálculo de correlação RAMA 2.....	46
Tabela 3 - Tempo ocioso por custo produtivo RAMA 3.....	47
Tabela 4 - Tabela de apoio de cálculo de correlação RAMA 3.....	48
Tabela 5 - Tabela de apoio das médias de x e y RAMA 2.....	50
Tabela 6 - Tabela demonstrativa de valores de regressão RAMA 2.....	51
Tabela 7 - Tabela de apoio das médias de x e y RAMA 3.....	52
Tabela 8 - Tabela demonstrativa de valores de regressão RAMA 3.....	53
Tabela 9 - Tabela comparativa de valores de regressão entre RAMA 2 e 3.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de aquecimento Rama 3.....	38
Gráfico 2 - Tempo de aquecimento Rama 2.....	38
Gráfico 3 - Tempo de introdução Rama 3.....	39
Gráfico 4 - Tempo de introdução Rama 2.....	39
Gráfico 5 - Custo por hora Rama 3.....	40
Gráfico 6 - Custo por hora Rama 2.....	40
Gráfico 7 - Comparativo de horas Rama 3.....	42
Gráfico 8 - Comparativo de horas Rama 2.....	43
Gráfico 9 - Comparativo de custos Rama 3.....	43
Gráfico 10 - Comparativo de custos Rama 2.....	44
Gráfico 11 - Tempo ocioso Rama 3.....	44
Gráfico 12 - Tempo ocioso Rama 2.....	45
Gráfico 13 - Correlação Rama 2.....	46
Gráfico 14 - Gráfico de correlação Rama 3.....	48
Gráfico 15 - Gráfico comparativo das regressões RAMA 2 e 3.....	54
Gráfico 16 - Gráfico comparativo de valores reais com a regressão - RAMA 2..	54
Gráfico 17 - Gráfico comparativo de valores reais com a regressão - RAMA 3..	55

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.1	Objetivo específico	14
1.2	Problema.....	14
1.3	Justificativa	14
1.4.	Metodologia.....	15
1.4.1	Metodologia Científica.....	15
1.4.2	Metodologia do Projeto.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1.	Histórico e conceitos de análise e melhorias de processos.....	17
2.1.1.	Gemba.....	19
2.1.2.	Ciclo PDCA	20
2.1.3	Filosofia da melhoria contínua	21
2.2	Análise de processos.....	22
2.2.1	Gerenciando de processos	22
2.2.2	Mapeamento de processos	23
2.2.3.	Processos primários, secundários e de gestão.....	24
2.2.4	Indicadores de processos	24
2.3	Controle de processos	25
2.3.1	Controle estatístico de processos	26
2.3.2	Correlação e regressão.....	27
2.3.3.	Relação funcional e relação estatística.....	27
2.3.4.	Correlação Linear.....	27
2.3.5.	Coeficiente de correlação	28
2.4	Regressão.....	30
2.5.	Processo produtivo de estamparia têxtil.....	31
3.	ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO.....	33
3.1.	Situação problema e aplicação dos estudos teóricos.....	33

3.2 Plano de ação	40
3.3. Análise dos resultados das ações	42
3.3.1. Correlação e regressão	45
3.4. Ações de manutenção	55
3.5. Cronograma do projeto	56
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Portal da Indústria (2022) indústrias representam no Brasil cerca de 22% de todo produto interno bruto do país (PIB), ou seja, movimentando bilhões de reais por ano.

Dado essa informação é notável que lamentavelmente a pandemia afetou diretamente as organizações, de acordo com o Blog da CopperMetal (2021) 70% das indústrias foram afetadas de alguma forma pela pandemia e os principais impactos foram: redução de vendas, dificuldade de fabricação por falta de mão de obra, falta de insumos e dificuldade em honrar pagamentos que são rotineiros.

O resultado dessa equação dos impactos não é nada positivo e infelizmente faturamentos foram afetados, desemprego aumentou e inflação encareceu produtos, com isso organizações tiveram de estabelecer novas estratégias para conseguir superar esse cenário mundial e retomar o rumo do crescimento.

Pensando nessa estratégia uma indústria têxtil em Cajamar, cidade do estado de São Paulo e objeto de estudo desse documento acadêmico revolveu lançar o desafio as suas equipes para que reversem processos e encontrassem oportunidades de melhorias e redução de custo para assim se tornar mais competitiva e preservar pela saúde financeira da empresa.

Com base no artigo de Carolina Trapp (2019) rever processos consiste em coletar dados e transformá-los em ações, ou seja, avaliar desperdícios, otimizar tempo e apesar de ter processos bem definidos é sempre importante revê-los, pois, melhoria contínua sempre terá grandes diferenças nos resultados da organização.

Portanto, com base em todas as premissas apresentadas esse documento visa explorar os pontos de análise de processo produtivo com foco em redução de custos.

1.1 Objetivo geral

Analisar e propor melhorias do processo de fabricação e uma indústria têxtil, a fim de reduzir os desperdícios e reduzir custos.

1.1.1 Objetivo específico

- Compreender o processo aplicando ferramentas analíticas.
- Propor correções com base nos resultados dessas análises.
- Demonstrar a partir das correções propostas que é possível a redução do consumo, dos desperdícios e a economia.

1.2 Problema

Foi identificado um erro no processo de fabricação que ocasiona desperdício de insumos assim aumentando o custo da produção.

1.3 Justificativa

No ano de 2020 o mundo viveu algo que jamais imaginaríamos, a pandemia da COVID-19, diversas organizações sofreram com percas de produção, queda em seu faturamento, afastamento de mão de obra e muitas até faliram, as que sobreviveram tiveram que se adaptarem aquela nova realidade e procurar novos caminhos para entrar novamente com seu “eixo nos trilhos”, mudanças foram necessárias e processos foram revistos.

Pensando nessa nova realidade para a organização na qual foi desenvolvido esse trabalho, encontrava-se na necessidade de rever alguns processos com foco em redução de custo, haja visto que a alta do dólar e a inflação impactava diretamente nos valores de seu produto, assim buscando não só melhorar o seu processo bem-como manter seu preço competitivo no mercado.

1.4. Metodologia

1.4.1 Metodologia Científica

Dio (1979) salienta que, por vezes, vista de ângulos diferentes, os caminhos que conduzem os pesquisadores a ela podem ser diversos. E a diversidade de métodos, mais do que um inconveniente, é uma vantagem. Sendo assim, quando se utiliza técnicas ou processos diferentes, se chega à mesma conclusão, há maior razão para aceitá-la. Daí por que não devem ser impostos ou cultivados métodos havidos por privilegiados. Para a escolha do método, esse autor, ao pesquisar diferentes abordagens, concluiu não haver um padrão desenvolvido e pronto que forneça, por si só, todas as respostas à pergunta problema.

Para Gil (1999), o método científico é um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos utilizados para atingir o conhecimento. Para que seja considerado conhecimento científico, é necessária a identificação dos passos para a sua verificação, ou seja, determinar o método que possibilitou chegar ao conhecimento. Segundo o autor, já houve época em que muitos entendiam que o método poderia ser generalizado para todos os trabalhos científicos.

Segundo Lakatos & Marconi (1992), para ser considerado apropriado, o problema deve ser analisado sobre os seguintes aspectos de valoração: viabilidade, relevância, novidade, exequibilidade e oportunidade. Cervo & Bervian (2002, p.85) complementam colocando que “desde Einstein, acredita-se que é mais importante para o desenvolvimento da ciência saber formular problemas do que encontrar soluções”.

1.4.2 Metodologia do Projeto

Com base nos autores acima mencionados essa pesquisa se embasa na combinação da pesquisa bibliográfica, estudo de caso e análise qualitativa e quantitativa.

Foi aplicada análises em uma indústria têxtil onde vinha sendo notado um consumo excessivo de gás nas máquinas da corporação, gerando um custo elevado.

Utilizando conceitos e processos de melhorias continua, foi observado que os tempos de ociosidade das máquinas estavam gerando maior custo.



Figura 1 - Máquina têxtil
Fonte: Autores

O Estudo foi realizado entre janeiro de 2021 a junho e de janeiro de 2022 a junho, foi observado um custo elevado por conta dos tempos de ociosidade essas informações foram analisadas com embasamento do conhecimento dos métodos do *Gemba*. E achando a raiz causadora desses altos consumos podemos analisar possíveis meios de reduzi-la.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Histórico e conceitos de análise e melhorias de processos

Em meados de 1959 a 1960 o Japão viveu um período de crescimento econômico incomum, permitindo que empresas dos mais variados setores usassem com sucesso o sistema de produção em massa, ao estilo americano. Durante muito tempo os Estados Unidos reduziram custos produzindo em massa e com baixa variabilidade. (OHNO, 1997)

Porém, Ohno (1997) destaca que durante a crise do petróleo, no início da década de 1970, ficou claro que o convencional método de produção em massa não seria viável lucrativamente naquele dado momento. Segundo Ohno (1997), o cenário restrito imposto pelo mercado exigiu a produção de pequenas quantidades em grandes variedades.

De forma geral, o gerenciamento de peças produzidas com antecedência exige o trabalho intermediário dos funcionários, não possibilitando a eliminação do desperdício. (OHNO, 1997)

Shingo (1996), cita dois tipos de superprodução: A superprodução quantitativa, que é o fazer além do necessário e a superprodução antecipada, definida como o ato de fazer o produto antes da necessidade real.

Segundo Ohno (1997), os métodos convencionais que determinam a quantidade, ordem de produção, pedido de entrega ou o início do trabalho são falhos ao determinar o momento da entrega daquilo que foi requisitado.

Ohno (1997), cita que foram implementados em supermercados norte-americanos métodos de controle e sequenciamento de produção. A ideia era que o supermercado (processo inicial) ao receber a requisição (compra) do cliente (processo final) realizasse a reposição do estoque no momento exato e na quantidade exata que foi retirada pelo cliente. (OHNO, 1997)

É importante salientar que as análises feitas nos supermercados americanos foram importantes para reforçar os conhecimentos e aprimorar um dos pilares da produção enxuta, o “*Just in Time*”. Shingo (1996), descreve o *Just in Time* como um método utilizado para evitar uma superprodução antecipada, cujo resultado é uma das formas de desperdício que veremos mais adiante. Na visão de Ohno (1997), falar em *Just in Time* significa dizer que as partes corretas para a realização da atividade alcançam a linha de produção no momento correto e na quantidade correta.

De acordo com Ohno (1997), o método *Just in Time* funciona no sentido reverso ao da linha de montagem, o fim da linha é o ponto inicial para o plano de produção. Desta forma o último processo irá receber todas as especificações que devem ser atendidas e transmitir as requisições aos processos anteriores, mantendo o *Just in Time* conectado e sincronizado.

Ohno (1997), impõe como o principal objetivo da produção enxuta o aumento da eficiência produtiva eliminando de forma consistente e completa todos os desperdícios. Shingo (1996), segmenta a produção enxuta em 80% eliminação das perdas, 15% um sistema de produção e 5% atribuídos ao *Kanbam*, uma ferramenta essencial para o controle da produção.

A ferramenta *kanbam* foi um dos aprimoramentos obtidos com os estudos e aplicações feitas nos supermercados norte americanos e em 1953 durante a implementação do sistema de supermercado na fábrica da Toyota ela foi utilizada para realizar o controle tão essencial no “sistema puxado” de produção.

O papel do *Kanbam* é atuar como um transmissor da informação sobre a ordem de produção. (OHNO, 1997)

O *kanbam*, ou sistema *kanbam*, é uma ferramenta para controle de produção e estoques. Ele consiste em cartões que contêm informações corretas sobre as necessidades atuais de certo material ou produto com relação a etapa seguinte ou estoque, desta forma é possível produzir ou realizar compras de materiais ou insumos na quantidade e no momento certo. (BRISOT, 2013)

2.1.1. Gemba

O local onde se desenvolve toda a linha de manufatura ou prestação de serviço é, na maioria dos casos, o foco para implementação das melhorias que visam o lucro. Imai (2014) conceitua o *Gemba* como local onde a ação ocorre e onde as informações podem ser levantadas. Segundo o autor, quando os gestores mantêm o foco no *Gemba* é possível identificar oportunidades e meios de otimizar os ganhos.

Uma crítica feita por Imai (2014) é de que a gestão muitas das vezes prefere manter distância do *Gemba*, as vezes por receio ou por preconceito. Muitos veem o *Gemba* como um local de inúmeros erros e a razão para as reclamações de clientes. Imai (2014) defende que é preciso mudar tais conceitos. Segundo ele a alta gestão deve manter contato estreito com o *Gemba* para eliminar obstáculos que venham a interferir no trabalho dos colaboradores.

Nas palavras de Ohno (1997, p.18) “[...] mesmo hoje, como parte do primeiro escalão da empresa, tenho sido incapaz de me separar da realidade encontrada na planta de produção. O tempo que me provê as informações mais vitais sobre a gerência é aquele que passo na fábrica, e não na sala da vice-presidência.”

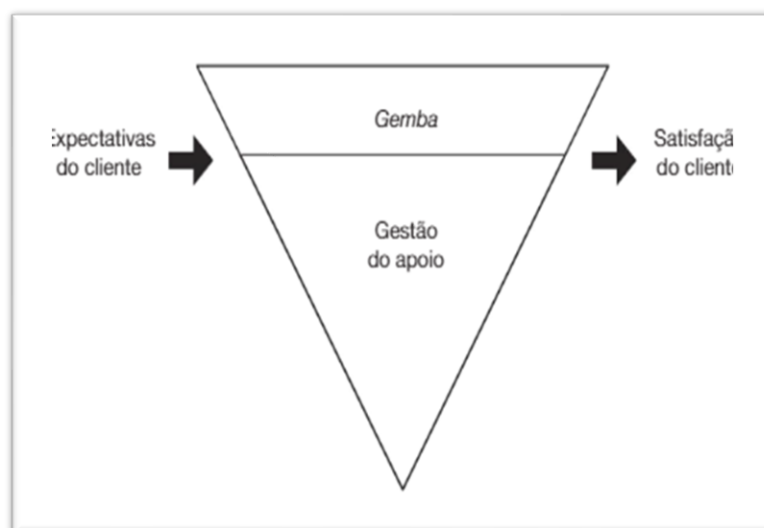


Figura 2 - Relação entre Gemba e Gestão
Fonte: (IMAI 2014, p.14)

Podemos observar que a prática do *Gemba* é vital para aplicar de forma correta o *Kaizen*, visto que o envolvimento da gestão é crucial para o desenvolvimento de ações de correção contínua.

2.1.2. Ciclo PDCA

Deming utilizava uma abordagem sistemática para solucionar problemas relativos as entregas aos clientes dentro do ambiente manufatureiro, conhecido com ciclo planejar – desenvolver – checar e agir, o ciclo PDCA como é conhecido, mostra que para resolver um problema é preciso planejar as ações baseado nos dados disponíveis e nas causas encontradas e assim desenvolver um plano para resolver o problema. Feito isso é preciso implementar o plano na área onde necessita de melhora, fazer uma avaliação dos resultados obtidos e de acordo com tais resultados estabelecer uma ação, seja ela para manter o que deu certo ou corrigir e chegar aos resultados desejados. (LIKER; OGDEN, 2012)

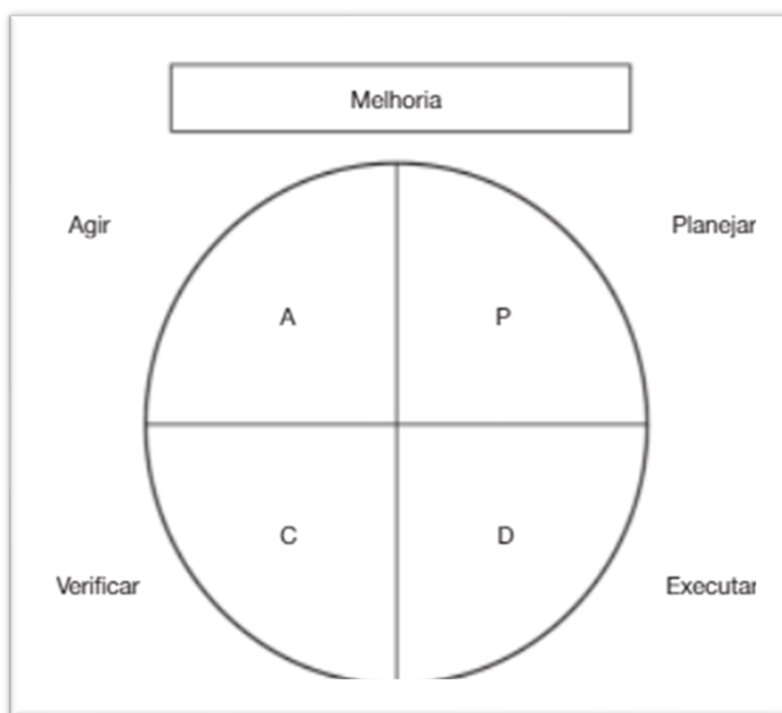


Figura 3 - Ciclo PDCA
Fonte: (IMAI, 2014, p.5)

Dessa forma o ciclo PDCA é uma maneira de implementar uma mentalidade *Kaizen*, visto que o próximo passo sempre aponta para o aprimoramento de algo (LIKER; OGDEN. 2012).

Imai (2014) ressalta que o PDCA significa nunca está satisfeito com o status atual (*status quo*). Desta forma é preciso que a administração coloque o ciclo PDCA em ação estabelecendo metas cada vez mais desafiadoras para os funcionários.

2.1.3 Filosofia da melhoria contínua

O alto nível de concorrência imposta pela economia contemporânea exige das organizações constantes adaptações e melhorias em seus processos a fim de manter a competitividade ou a sobrevivência no mercado.

Um método para auxiliar nesse constante aperfeiçoamento é a filosofia *Kaizen*. Segundo Imai (2014), o *Kaizen* implica em práticas de melhoria que envolvam a todos, desde a alta gerência até os funcionários do nível operacional, tudo isso com baixo custo.

A filosofia *Kaizen* preceitua que em todos os esforços em nossa vida devem ser direcionados para melhoria contínua. Imai (2014), também descreve a disparidade existente entre o oriente e o ocidente nas questões relacionadas a melhorias.

Os gestores ocidentais preferem trabalhar com a “inovação”, utilizando os mais recentes conceitos de gestão e produção, com o uso das tecnologias mais avançadas e imediatas. O *kaizen*, por outro lado, busca uma melhoria contínua baseada em inovações pontuais e discretas, com baixo custo e risco e com resultadas a médio e longo prazo.

Como citado anteriormente, o *kaizen* tem uma abordagem integrada e para sua fiel execução é necessário o envolvimento de todos da organização. Imai (2014), descreve que a gestão tem duas funções principais no contexto do *Kaizen*: manutenção e melhoria.

Segundo o autor a manutenção tem um foco em continuidade daquilo que está sendo feito corretamente, mantendo os bons padrões tecnológicos, gerenciais e operacionais. Já a melhoria refere-se aos esforços necessários para elevar os padrões existentes, corroborando com a ideia principal do *Kaizen*.

Imai (2014), divide a melhoria em duas classificações: inovação e *Kaizen*. A inovação sugere uma grande mudança resultando em investimentos em tecnologias e equipamentos. Por outro lado, o *Kaizen* sugere pequenas melhorias obtidas com esforços contínuos.



Figura 4 - Funções da Gestão KAIZEN
Fonte: (IMAI 2014, p.3)

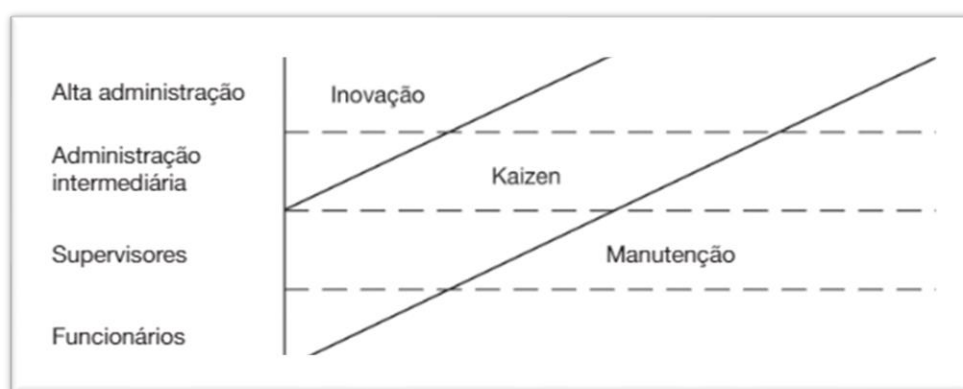


Figura 5 - Divisão da melhoria em inovação
Fonte: (IMAI, 2014, p.4)

2.2 Análise de processos

2.2.1 Gerenciando de processos

Todas as partes e níveis de uma organização são feitas de processos. Os processos são componentes das operações que acontecem na empresa e assim como as operações são gerenciáveis os processos também são. Gerenciar também é um processo (SLACK *et al.* 2013).

Lucinda (2016) coloca a busca pela satisfação do cliente como o principal motivador para a gestão de processos. Ele cita que a melhoria dos processos visa proporcionar um atendimento mais qualificado ao cliente oferecendo produtos ou serviços de melhor qualidade.

Rocha (2017) ressalta a busca pela melhoria da qualidade em todas as organizações, sejam elas públicas ou privadas, e cita o gerenciamento e as

estratégias como algo mais determinante do que competências individuais e desempenho.

2.2.2 Mapeamento de processos

Segundo Rocha (2017), o mapeamento é uma forma de esmiuçar um processo já existente. O autor completa que somente por meio de tal mapeamento é possível identificar eventuais falhas, agir para evitá-las e obter oportunidades para melhorias.

Rocha (2017) também descreve a necessidade de identificar os diversos processos presentes no ambiente produtivo. Através de uma análise individualizada dos processos é possível identificar os pontos de falhas e prováveis defeitos e atuar de forma preventiva. Ele destaca a importância de uma descrição do processo com elementos textuais e figuras.

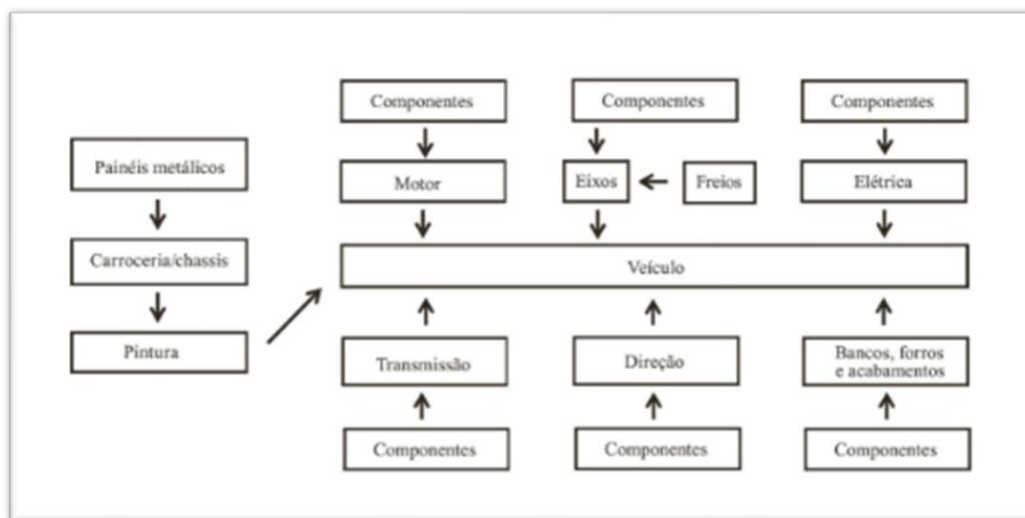


Figura 6 - Exemplo de mapeamento de processos
 Fonte: (ROCHA et al 2017, p.79)

A figura 6, mostra a ideia de um macroprocesso que permite uma visão geral de todos os processos que o compõe e desta forma é possível saber o fluxo do trabalho. (LUCINDA, 2016)

2.2.3. Processos primários, secundários e de gestão

Os processos podem ser classificados de várias formas, dentre as quais as mais utilizadas são as classificações em processos primários, secundários e de gestão.

O processo primário faz a interface entre o cliente e a organização. É através do processo primário que os produtos ou serviços são desenvolvidos para o atendimento dos clientes. (LUCINDA, 2016).

De acordo com Lucinda (2016), os processos primários são o ponto de partida para avaliações dos clientes. Uma organização bem-vista no mercado passa muito por uma boa impressão do seu processo primário.

Os processos secundários ou de apoio são responsáveis por respaldar ou apoiar os processos primários. Um processo primário irá funcionar se tiver um ou mais processo secundários (LUCINDA, 2016).

Por fim, Lucinda (2016), descreve os processos de gestão como sendo aqueles realizados pela alta direção e gestão das organizações. Tais processos desempenham funções de planejamento, medição e controle.

2.2.4 Indicadores de processos

Segundo Rocha (2017), os processos são formas de obtenção de algum resultado. As saídas, ou resultados, são consequências daquilo que foi introduzido na entrada e a forma como foi processado. O autor cita o planejamento como base fundamental no bom desempenho do processo.

Planejar um processo é ter em mente como será executado, quais os recursos necessários, quais e quantas ferramentas e materiais serão necessários e quais os tempos disponíveis. Outro aspecto importante é o monitoramento daquilo que foi planejado, observando se as saídas serão condizentes com as expectativas criadas ao início do processo, chamamos isso de controle. (ROCHA, 2017)

Rocha (2017) cita que é através do controle que as decisões serão tomadas. Isso significa que as ações são definidas de acordo com o resultado, se condiz ou não com aquilo que foi planejado.

De acordo com Rocha (2017) a estrutura básica de um sistema de medidas de desempenho é formada por informações com os objetivos, metas e indicadores.

Os objetivos são descrições qualitativas daquilo que se deseja alcançar e que foi programado na fase de planejamento. São resultados quanto ao desempenho qualitativo do processo. As metas são a mensuração dos objetivos, em valores numéricos e que expressam o quanto deve ser o desempenho qualitativo. Já os indicadores expressam as fontes das informações obtidas com as execuções. Tais informações são comparadas com as metas e dirão qual o caminho a seguir. (ROCHA, 2017)

Lucinda (2016), descreve dois grupos de indicadores; indicadores de performance e indicadores de qualidade. Segundo o autor os indicadores de performance estão relacionados a execução do processo, é “como” o processo é executado. Podemos citar como exemplos; o tempo de execução, porcentagem de material desperdiçado e seu consumo e o custo do processo em si.

Já os indicadores de qualidade relacionam-se com a qualidade dos produtos ou serviços fornecidos como resultado dos processos, como por exemplo; porcentagem de reclamações dos clientes, porcentagem de produtos devolvidos e índice de satisfação.

2.3 Controle de processos

A correta coleta de dados assim como sua apresentação são fatores importantes para a compreensão e decisão sobre as medidas a serem tomadas sobre o processo (DINIZ, 2001).

Diniz (2001) destaca a evolução dos métodos de controle da qualidade, que deixaram de concentrar esforços na inspeção das peças acabadas e passaram a controlar os processos que originam tais defeitos.

Diniz (2001) também cita a importância da estatística para todos os campos científicos que utilizam a observação de dados visando a melhoria da qualidade, análise dos custos, segurança do trabalho etc.

Lozada (2017) destaca que a variação é algo inerente a qualquer processo e mesmo produtos de qualidade podem apresentar certo grau de variação. Contudo é importante conhecer e monitorar tais possibilidades de variações para que os resultados não saiam dos limites predeterminados.

O controle do processo passa muito pela qualidade. Uma vez que a qualidade é determinada pela variação dos processos é importante reduzir tais variações e controlá-las para obter melhores resultados. (LOZADA, 2017).

2.3.1 Controle estatístico de processos

O controle estatístico de processos tem como principal objetivo tornar os processos menos variáveis. O controle estatístico de processos atua por meio de inspeção por amostragem, aplicando – se ao longo do processo, para detectar variações indesejadas. (LOZADA, 2017)

Lozada (2017), cita que o desempenho de um processo depende da maneira como ele foi construído e a forma como é operado. Segundo a autora essas características formam um sistema que é formado por elementos como:

- I. O processo em si: Equipamentos, insumos, métodos e procedimentos necessários para a obtenção do resultado.
- II. Informações sobre o processo: Informam o desempenho do processo através de dados coletados.
- III. Ações sobre o processo: Tem por base os dados obtidos e são aplicados quando imperfeições são encontradas no processo.
- IV. Ações sobre o produto: Não muito usual, pois o controle estatístico reduz sua ocorrência, essas ações são para garantir que nenhum produto chegue ao cliente.

2.3.2 Correlação e regressão

Na análise de um processo o controle sobre as variáveis torna-se fundamental e saber o quão essas variáveis se relacionam umas com as outras também é essencial.

Spiegel (1985) cita a correlação ou grau de relação entre as variáveis como um método de determinar o quanto uma equação linear, ou de outra espécie, pode explicar a relação entre as variáveis.

2.3.3. Relação funcional e relação estatística

Spiegel (1985) descreve como perfeitamente correlacionadas as variáveis cujo valores satisfazem perfeitamente uma equação. O autor cita a fórmula da circunferência como um exemplo de correlação perfeita pois tanto as circunferências “C” quanto os raios “r” de todos os círculos satisfazem a equação: $C = 2\pi r$.

Crespo (1995) analisa as relações existentes entre o peso e a estatura de um grupo de indivíduos e menciona que tais relações tem menos precisão podendo haver resultados onde estaturas distintas correspondam a pesos iguais ou pesos distintos correspondam a estaturas iguais.

Crespo (1995, p.149) “As relações do tipo perímetro – lado são conhecidas como relações funcionais e as do tipo peso – estatura, como relações estatísticas.”

2.3.4. Correlação Linear

Considere “X” e “Y” como duas variáveis obtidas de uma amostra. Por meio de um diagrama de dispersão é possível determinar a localização dos pontos (X, Y) em um sistema coordenado cartesiano. Caso todos os pontos se aproximem de tal forma a configurar uma reta, teremos uma correlação denominada linear. (SPIEGEL, 1985)

Spiegel (1985) demonstra que a correlação pode ser caracterizada como linear positiva, linear negativa ou simplesmente não demonstrar nenhuma correlação.

Se a dispersão dos pontos formarem uma reta de tal maneira que “Y” aumente à medida que “X” crescer, então temos uma correlação positiva ou direta. De forma contrária, se “Y” diminuir à medida que “X” aumentar, então será possível observar uma correlação denominada de negativa ou inversa. (SPIEGEL, 1985)

Caso não haja relação entre as variáveis conclui-se que não há correlação. (SPIEGEL, 1985)

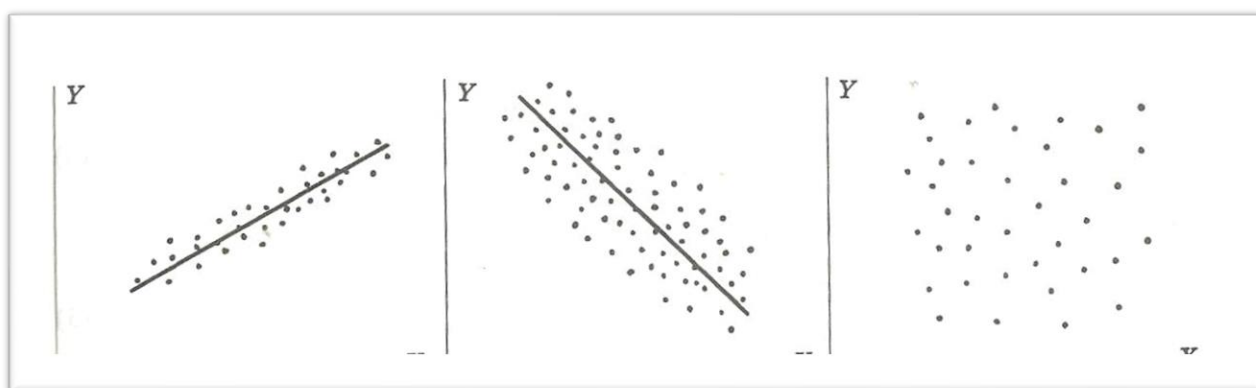


Figura 7 - Tipos de correlação

Fonte: (SPIEGEL, 1985, p.29)

2.3.5. Coeficiente de correlação

Segundo Crespo (1995), o coeficiente de correlação é o instrumento que indica o grau de intensidade da correlação entre as duas variáveis analisadas e o sentido da reta.

O coeficiente de correlação de Pearson é dado por:

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] [n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

Onde:

r: é o coeficiente de correlação

n: é o número de observações ou amostras

X_i: é a variável do eixo horizontal

Yi: a variável do eixo vertical

Spiegel (1985) demonstra o cálculo acima de uma forma reduzida e equivalente obtendo a fórmula seguinte:

$$r = \frac{\sum x * y}{\sqrt{(\sum x^2) * (\sum y^2)}}$$

Onde:

r: é o coeficiente de correlação

x: a variável do eixo horizontal

y: a variável do eixo vertical

Crespo (1995, p.151) “Os valores limites de r são -1 e +1, isto é, o valor de r pertence ao intervalo [-1, +1].”

Desta forma, Crespo (1995) descreve as correlações existentes entre as variáveis e define como uma correlação perfeita e positiva se: $r = +1$, caso $r = -1$, há uma correlação perfeita e negativa entre as variáveis e se $r = 0$ não há correlação ou é o caso de uma relação não linear.

Crespo (1995) ressalta a importância de o coeficiente de correlação ficar entre 0,6 e 1 para que seja possível tirar conclusões significativas, ou seja:

$$0,6 \leq r \leq 1$$

Quando $0,3 \leq r < 0,6$, existe uma correlação relativamente fraca entre as variáveis e se $0 < r < 0,3$, é o caso de uma correlação fraca e, portanto, não há conclusões sobre as variáveis (CRESPO, 1995).

Podemos observar com maior clareza tais parâmetros por meio da escala de correlação, conforme Figura 9:

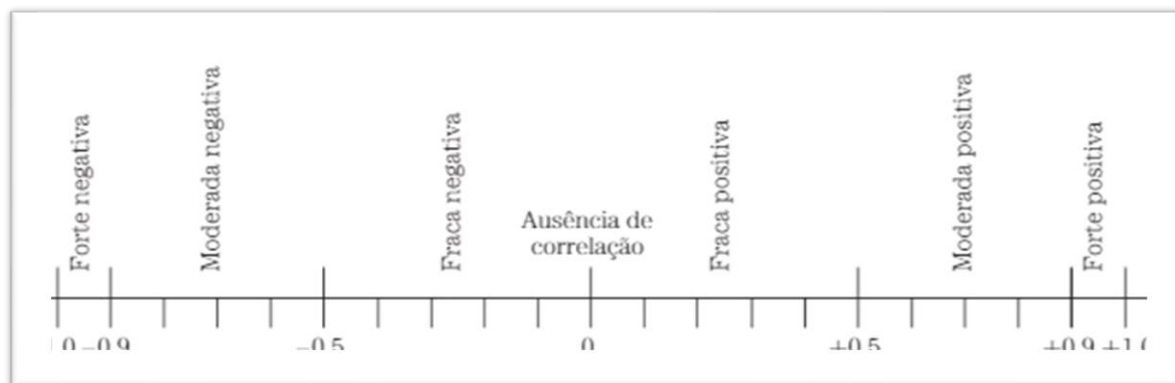


Figura 8 - Escala de correlação linear entre duas variáveis
Fonte: (RAMOS *et al*, 2013, p.25)

2.4 Regressão

Segundo Crespo (1995), o objetivo da análise de regressão é demonstrar, por meio de um modelo matemático, a relação entre duas variáveis a partir de “N” observações.

A variável dependente é aquela em que se deseja fazer uma estimativa, enquanto a outra variável recebe o nome de variável independente. (CRESPO, 1995)

Assim, considerando como variável independente o “X” e variável dependente o “Y” é possível determinar o ajustamento da reta à relação entre essas variáveis, de modo a obter uma função definida por: (CRESPO, 1995)

$$Y = aX + b$$

“a” e “b” são os parâmetros da equação e seus valores podem ser obtidos com as seguintes fórmulas: (CRESPO, 1995)

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Onde:

n representa o número de observações

\bar{x} : corresponde à média dos valores de X_i

\bar{y} : a média dos valores de Y_i .

Crespo (1995), ressalta que os valores de Y que serão obtidos são uma estimativa da verdadeira equação de regressão, portanto, devemos escrever da seguinte maneira: $\hat{Y} = aX + b$

onde \hat{Y} é o Y estimado.

2.5. Processo produtivo de estamparia têxtil

De acordo com Meza (2010) estamparia têxtil nada mais é do que imprimir em materiais têxteis, cores ou desenhos, onde normalmente, os motivos que são estampados são repetidos regularmente em determinados intervalos, onde há mesclas de cores sendo geralmente utilizado de 1 a 6 cores e em processos mais luxuosos até 20 cores. Meza (2010) cita que as etapas de estampagem consistem em:

1. Tratamento prévio do tecido
2. Preparação da pasta
3. Estampagem
4. Secagem
5. Fixação
6. Acabamento

Assim sendo, Meza (2010) descreve os processos da seguinte maneira, tratamento prévio consiste em: submeter o tecido a tratamentos como “gasagem”, “desencolagem”, “desensimagem”, fervura, “mercerização” branqueamento ou termofixação.

No processo de preparação da pasta é revisado diversos indicadores da tinta, como viscosidade, espessantes necessários, produtos auxiliares, modo de preparação etc.

Em estampagem, é definida a técnica a ser utilizada, maquinários e processo que melhor se adequa ao desenho, podendo ser estamparia em quadro plano, rotativa ou rolo (cilindro), ou estamparia direta, também conhecida como estamparia digital.

Pós estamparia temos a secagem, onde basicamente consiste em passar o tecido por secadores com o objeto de secar a pasta evitando o alastramento dela.

Posteriormente temos a fixação que pode ser feita a seco, vaporização ou tratamentos molhados, esse processo tem por objetivo fazer com que o corante penetre nas fibras do tecido.

Por último não menos importante temos os processos de acabamento que podem consistir em lavar, amaciar, corrigir gramatura, largura, ourelas etc.

3. ESTUDO DE CASO E APLICAÇÃO

3.1. Situação problema e aplicação dos estudos teóricos.

Uma indústria têxtil localizada na região de Cajamar, diante dos resultados no período de pandemia, a inflação do país cada vez mais alta e por consequência matérias primas como gás, água e energia elétrica afetando diretamente o custo de produção, já em 2021 começou a incentivar para que os setores tivessem como um norte rever seus processos e encontrar possíveis gargalos ou falhas, estruturassem soluções que trouxessem melhorias e por consequência redução nos custos.

O setor de acabamento, objeto de estudo desse trabalho, utiliza máquinas do tipo ramas (maquinários têxteis do processo de acabamento, essas nas quais tem como dependência o gás para seu funcionamento) resolveu topar o desafio e atuar em conjunto para que fosse alcançados os objetivos propostos pela diretoria da organização.



Figura 9 - Rama 2
Fonte: Autores



Figura 10 - Rama 2

Fonte: Autores

Com o desafio lançado, o ciclo PDCA foi a ferramenta escolhida para auxiliar no desenvolvimento. O primeiro passo era planejar, ou seja, escolher o ponto a ser atacado, o supervisor do setor de acabamento, juntamente com o grupo resolveu focar no consumo de gás, já que representa a maior parte do custo do processo segundo um estudo apresentado pelo gerente da produção.

O segundo passo foi mapear o processo e entender o funcionamento geral das máquinas e a forma operacional dela, sendo assim com o auxílio de operadores das máquinas e com o supervisor geral do setor foi desenhado o seguinte processo:

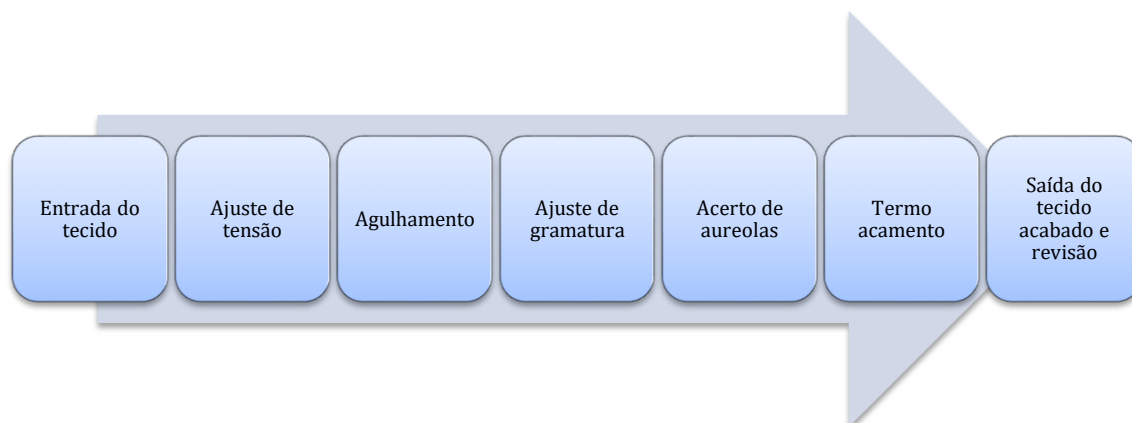


Figura 11 - Fluxo produtivo de uma rama
Fonte: Autores



Figura 12 - Entrada e ajuste de tensão ramas
Fonte: Autores



Figura 13 - Ponto de agulhamento e entrada para demais processos
Fonte: Autores

- A. Entrada do tecido: Parâmetros do tecido de acordo com a sua ficha técnica é alimentada no painel da máquina e então tecido entra na máquina sendo costurado a uma guia previamente colocada de forma manual, para encaminhar a produção entre os processos
- B. Ajuste de tensão: O tecido ao entrar passa por 2 cilindros onde o ângulo de diferença entre eles aumenta ou diminui a tensão na qual o tecido vai para o agulhamento.
- C. Agulhamento: o tecido é forçado contra uma serie de agulhas em uma esteira ficando completamente aberto para que se corrija a gramatura dele.
- D. Ajuste de gramatura: basicamente os fios do tecido são esticados ou comprimidos para aumentar ou diminuir a espessura do tecido.
- E. Acerto de aureola: é cortado as bordas de deixando a produção completamente reta.

- F. Termoacabamento: O tecido é submetido a um “banho” de temperatura conforme suas especificações para que as fibras do tecido ganhem “novas memórias” assim não retornando ao estado original (antes de serem submetidas ao novo processo).
- G. Saída: O tecido é novamente enrolado para seguir para o setor de revisão.

Entendendo portando o funcionamento da máquina e a forma operacional, começou-se o segundo passo do projeto que busca mensurar os dados, porém, nesta fase seria necessário entender se o maquinário estava com suas manutenções e padrões corretos, acionando então o setor de manutenção um parecer positivo, assim tendo a confiança de que os dados a serem coletados não seriam errôneos.

Analisando os indicadores da máquina foi identificado dois horímetros, um que marca tempo de Introdução, que consiste em registrar a quantidade de horas de trabalho da esteira, ou seja, horas efetivas do funcionamento da máquina e todos os seus equipamentos, e outro que marca o tempo de aquecimento, que consiste em marcar a quantidade de horas a partir do momento que a máquina foi ligada até ser desligada.

Uma vez que a máquina possui um tempo de *setup*, foi observado pelo grupo que ambos os indicadores apesar de ter outro objetivo (indicar período de novas manutenções preventivas) poderiam indicar também o tempo ocioso da máquina da seguinte maneira:

$$(\text{Tempo de aquecimento}) - (\text{Tempo de indução}) = (\text{tempo ocioso})$$

Sendo assim, monitorando ao longo de 2021 duas ramas, onde os dados foram coletados diariamente, sendo compilados em meses para melhor análise, obtendo no ano de 2021 os seguintes dados:

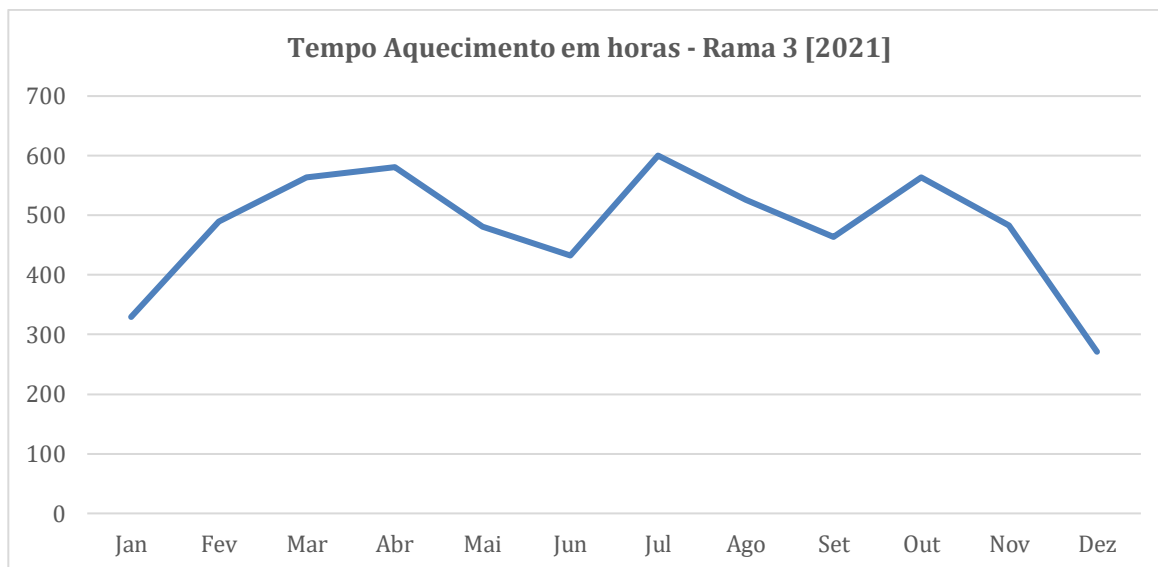


Gráfico 1 - Tempo de aquecimento Rama 3

Fonte: Autores

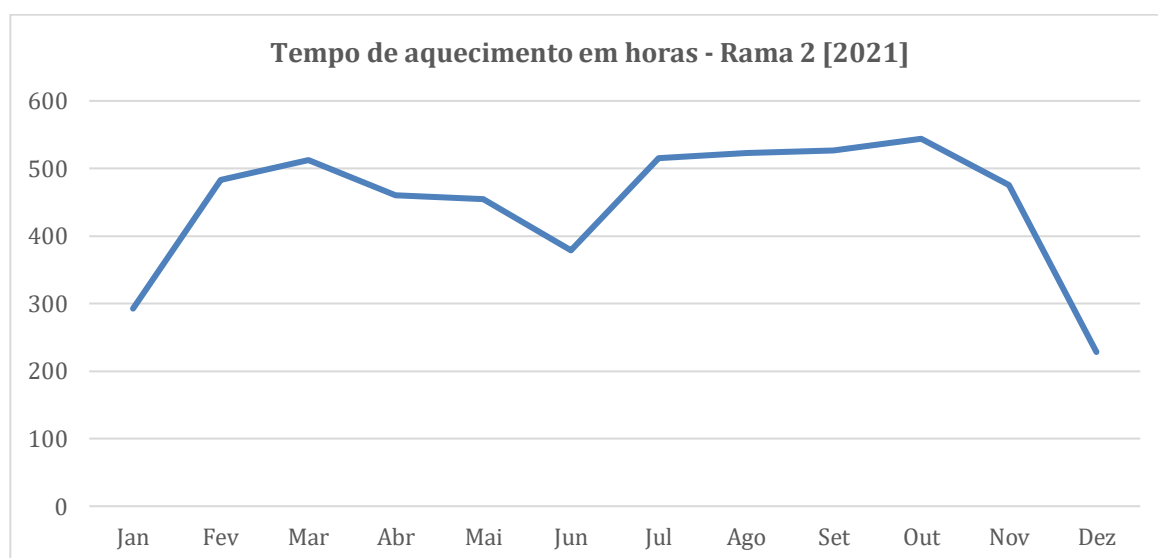


Gráfico 2 - Tempo de aquecimento Rama 2

Fonte: Autores

Os gráficos 1 e 2 apresentam o tempo de aquecimento das Ramas, ou seja, o tempo em que as máquinas ficaram ligadas e em teoria produzindo, o próximo ponto a ser analisado pelo grupo seria o tempo de introdução, para obter a quantidade de horas trabalhadas efetivas, obtendo as seguintes informações:

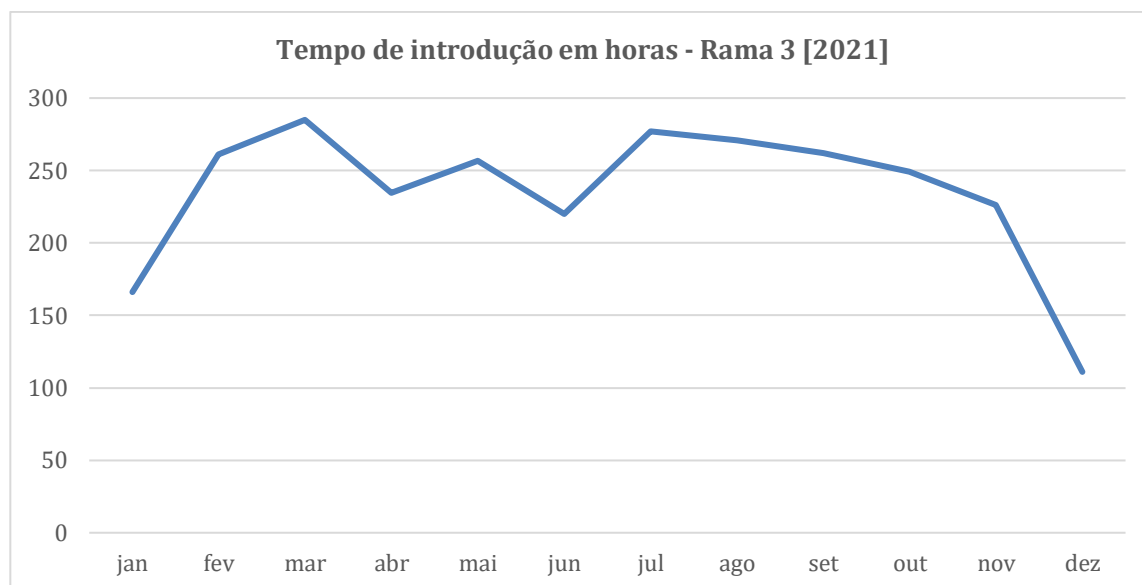


Gráfico 3 - Tempo de introdução Rama 3
Fonte: Autores

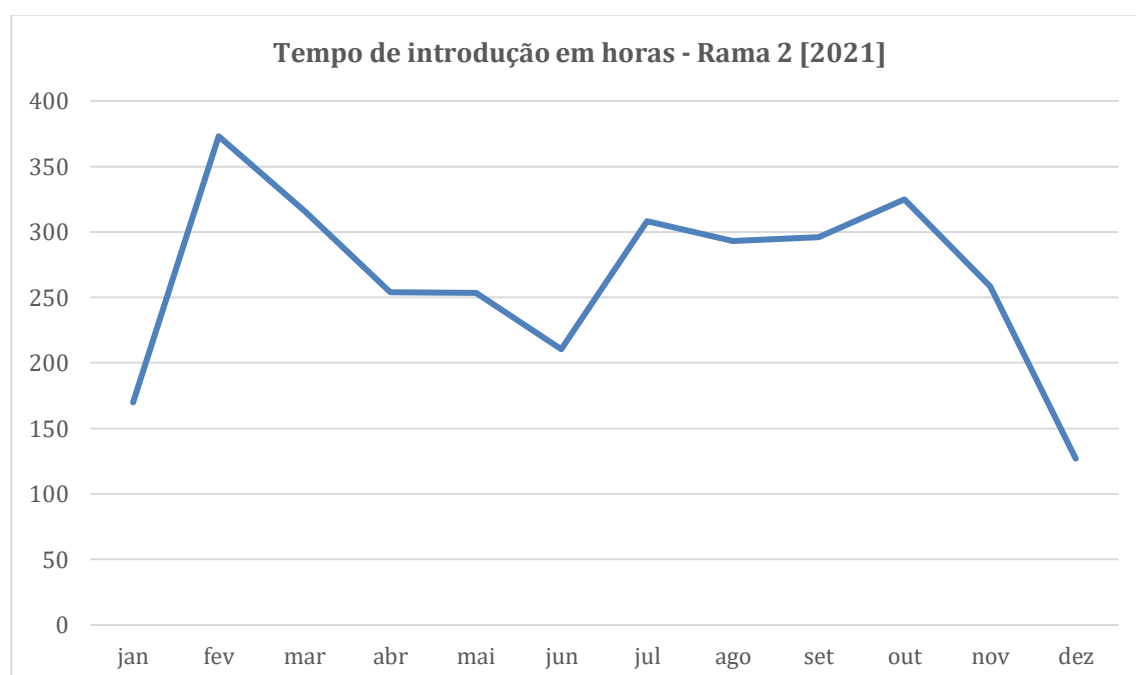


Gráfico 4 - Tempo de introdução Rama 2
Fonte: Autores

Com o auxílio do manual da máquina e o setor de manutenção foi calculado o custo do consumo de gás para cada hora da máquina ligada, os números se tornam muito mais assustadores:

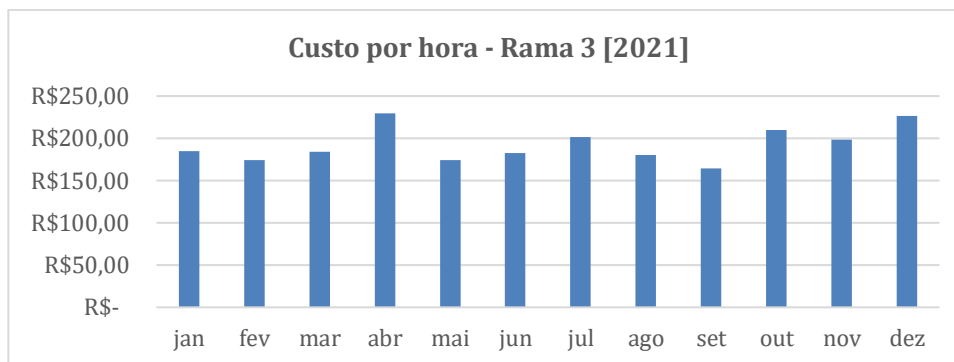


Gráfico 5 - Custo por hora Rama 3
Fonte: Autores

Portando, analisando o custo por hora da rama 3 chega-se a um valor médio de custo produtivo equivalente a R\$192,59 por hora, um pouco menos do que os valores da rama 2, que foram:

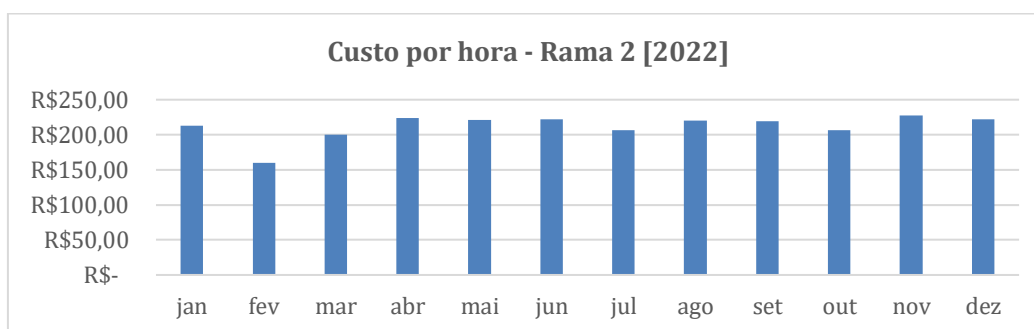


Gráfico 6 - Custo por hora Rama 2
Fonte: Autores

Portando, analisando o custo por hora da rama 3 chega-se a um valor médio de custo produtivo equivalente a R\$211,77 por hora.

Com os dados dos três indicadores analisados, o grupo resolveu entender o quanto representava o custo de hora ociosa e os resultados do ano de 2021 foram surpreendentes para toda a equipe e gestão, uma vez que mostrava que as máquinas ficavam em tempo de *setup* em média 200 horas mês, o que isso significa? Ligada, consumindo gás sem estar efetivamente em trabalho, onde somando as duas máquinas representavam um custo anual de tempo ocioso de R\$558.477,46.

3.2 Plano de ação

Uma força tarefa foi montada junto com os líderes de cada máquina no período de férias coletivas de 2021 onde ambos continuaram em período de trabalho

afim de identificar o que estava ocasionando esse tempo ocioso, os líderes em simulação de produção fizeram uma série de pontuações que devido as suas experiencias poderiam ajudar a melhorar o fluxo produtivo, os resultados nessa simulação de produção foram:

- A. Para que a máquina alcance a temperatura ideal de trabalho, é necessário apenas um setup de em média 12 minutos;
- B. Os líderes das máquinas se queixaram da necessidade de ter de ligar e desligar as máquinas várias vezes por dia para atender o volume que chegava de forma ociosa, invés de contínua;
- C. Foi apontado que poderiam levar muito menos tempo no fluxo produtivo se não houvesse revisão visual da produção, uma vez que a produção já era completamente revisada no setor de qualidade;
- D. Por último e mais agravante de todos os pontos informados, as máquinas não eram desligadas em caso de não produção, uma vez que não se tinha conhecimento do tempo de setup, e sempre foi passado de forma estrutural que essa era a forma de operação padrão, e não eram desligadas em horários de almoço ou trocas de turno.

Mais uma vez resultados espantosos para todos, com essas informações em mãos foram tomadas uma série de ações e novas normas operacionais para o ano de **2022 foram estruturadas pelos líderes, supervisor do setor e auxílio de todo o grupo**

- 1. Seria adicionado alarmes na máquina interligados ao tempo de *setup*, soando sempre que ultrapasse a média de 12 minutos;
- 2. A máquina não seria ligada sem que a capacidade produtiva da mesma fosse inferior a 180 metros por hora sem que ela operasse por no mínimo 3 horas contínuas, a fim de dar efetividade produtiva;
- 3. Seria cortado o processo de revisão, uma vez que tal processo já era realizado no setor de qualidade, aumentando a capacidade produtiva de 150 para 180 metros por hora

4. Seria inadmissível deixar a máquina ligada sem produção ou tempo de setup, sem autorização da supervisão.
5. Um treinamento seria passado para todos os operadores inclusive com comparativos do que significava o valor do tempo ocioso, a fim de conscientizar o quanto representava para a empresa.

Todas as ações foram tomadas com os seguintes objetivos, diminuir o tempo ocioso por consequência tentar diminuir o custo de produção por hora.

3.3. Análise dos resultados das ações

Com todas as ações realizadas, foi monitorado por um período de 6 meses o resultado das ações nos indicadores de produção, e como apresentado no estudo teórico o objetivo é analisar através da correlação a influência do tempo ocioso em cima do custo produtivo.

O primeiro ponto a ser analisado foi entender se os tempos de introdução, ou seja, tempo efetivo de produção foram similares nos mesmos períodos do ano de 2021 e do ano de 2022, obtendo as seguintes informações:

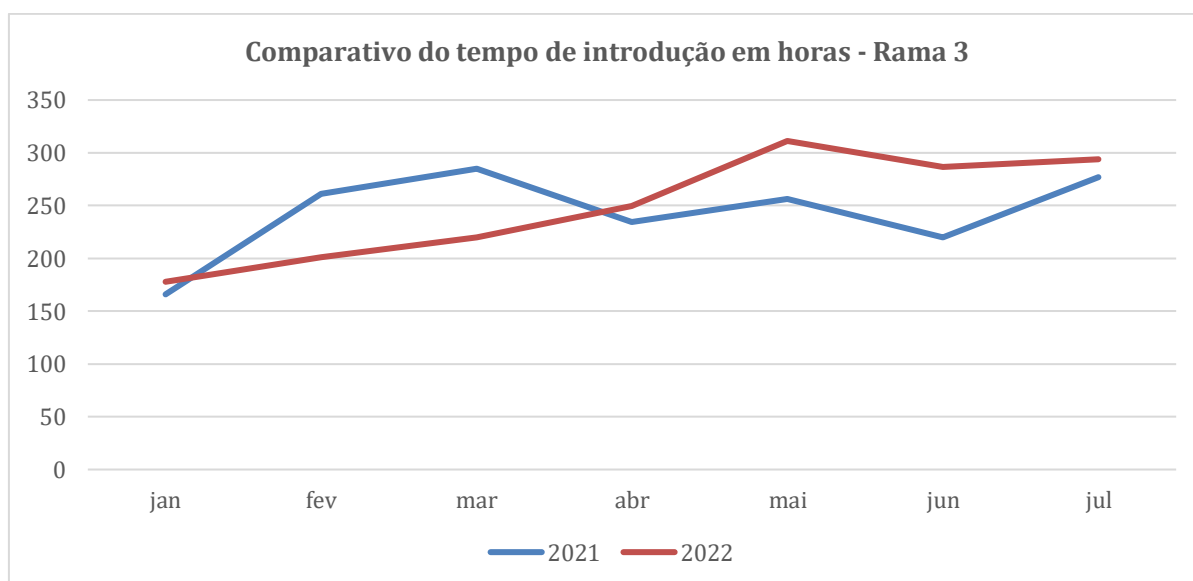


Gráfico 7 - Comparativo de horas Rama 3

Fonte: Autores

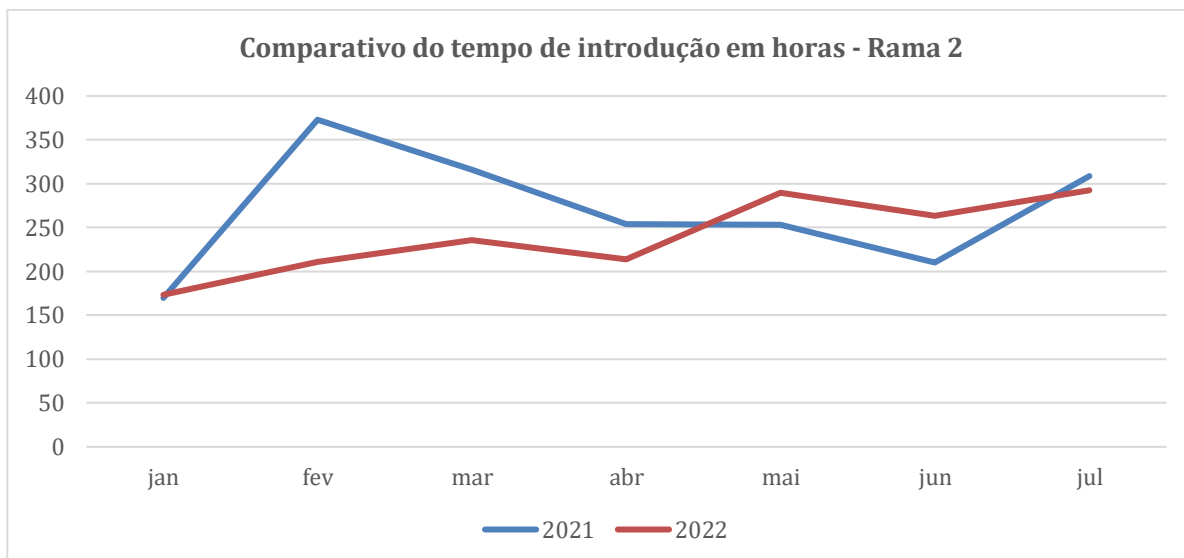


Gráfico 8 - Comparativo de horas Rama 2
Fonte: Autores

Com essas informações em mãos, o grupo entende que os volumes produtivos foram parecidos nos períodos em ambas as máquinas, onde em determinados momentos, o ano de 2022 se trabalhou mais que em 2021, as médias ficaram:

RAMA 3: 237,33 horas / mês trabalhadas em 2021 x 248,60 horas / mês trabalhadas em 2022.

RAMA 2: 269,33 horas / mês trabalhadas em 2021 x 239,86 horas / mês trabalhadas em 2022.

Com a ciência de que uma possível diminuição no custo produtivo com o consumo de gás não era influência de um volume de trabalho menor foi calculado o custo produtivo de 2022 e comparado ao ano de 2021, obtendo as seguintes informações:

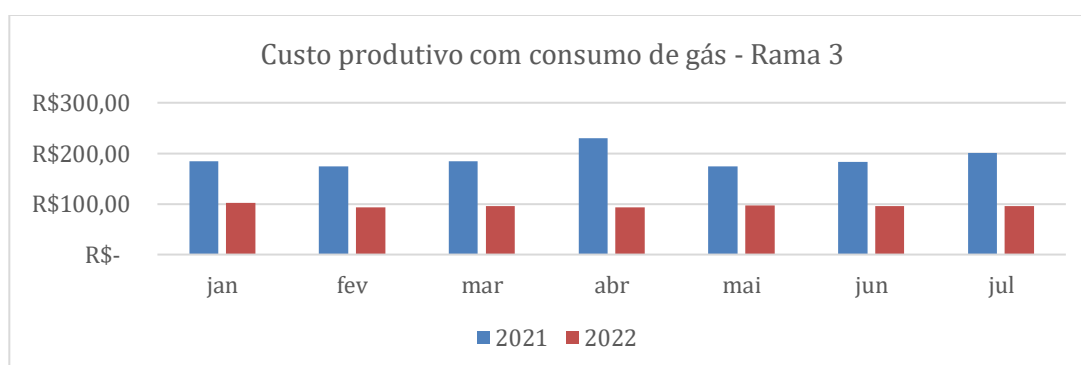


Gráfico 9 - Comparativo de custos Rama 3
Fonte: Autores

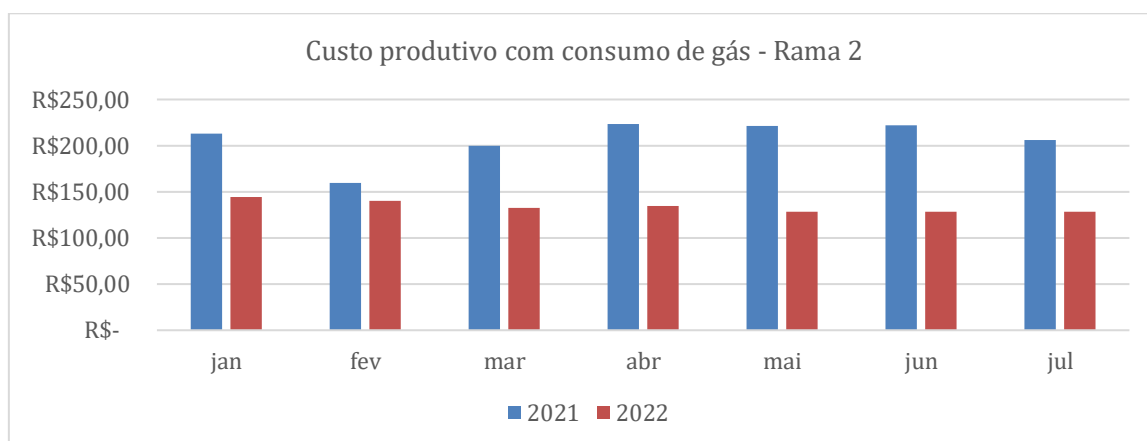


Gráfico 10 - Comparativo de custos Rama 2

Fonte: Autores

Com esses dados em mãos, foi entendido que, o custo diminuiu e as horas de trabalhos foram similares, o próximo passo era entender a diferença de aquecimento ocioso e entender a correlação entre eles, sendo assim a diferença de aquecimento ocioso foi:

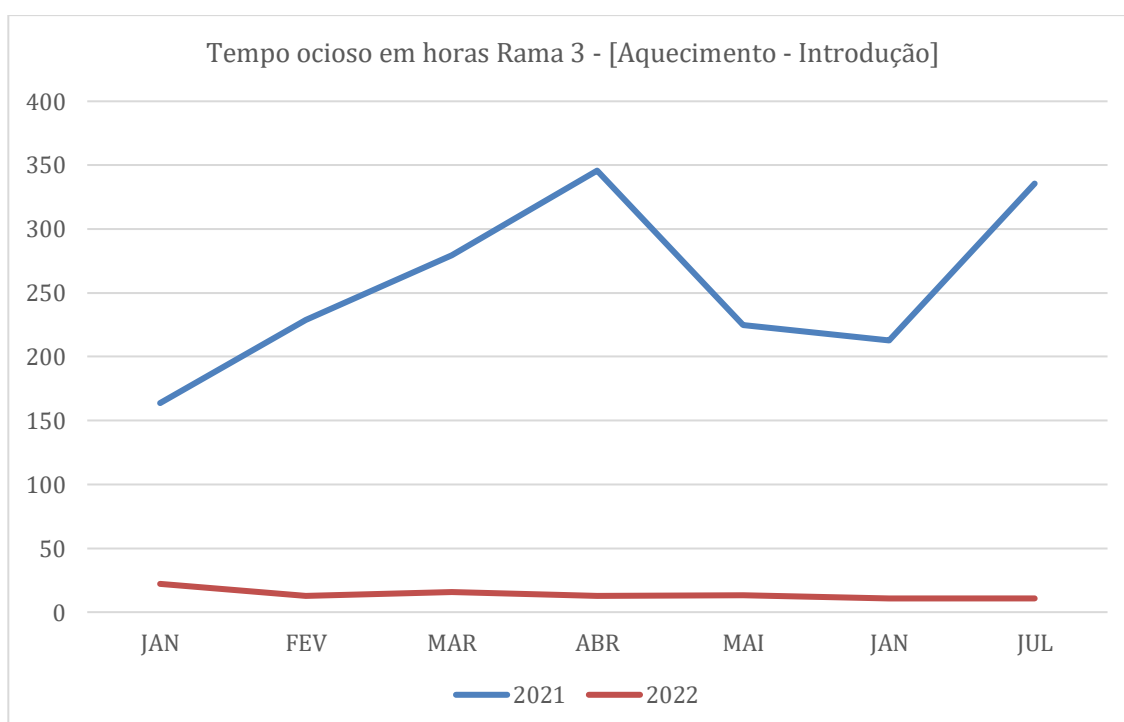


Gráfico 11 - Tempo ocioso Rama 3

Fonte: Autores

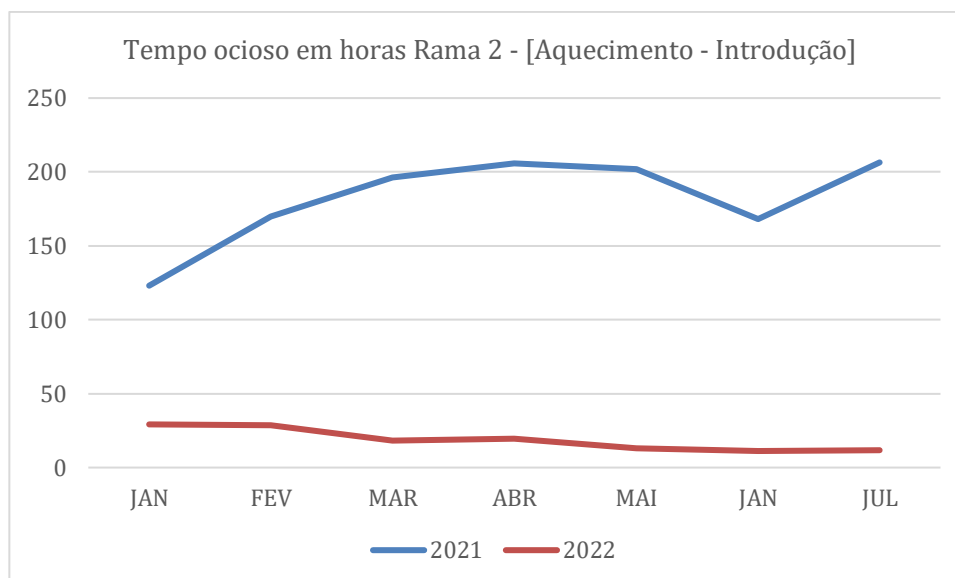


Gráfico 12 - Tempo ocioso Rama 2
Fonte: Autores

Portando, com as informações de custo de produção e de tempo ocioso basta entender a correlação entre eles e ver o grau de intensidade.

3.3.1. Correlação e regressão

Após a implementação das medidas de correção e o levantamento de dados baseados no período em que foram implementadas tais medidas, compreendido entre dezembro de 2021 até o fim de janeiro de 2022, criou-se uma base de dados específica para aquele período e que possibilitou mensurar o quanto havia de correlação entre o tempo ocioso e o custo de produção total, conforme segue:

Tempo ocioso por custo produtivo		
Meses	Tempo (hs)	Custo (R\$)
jan	123	R\$ 36.165,14
fev	170	R\$ 59.595,38
mar	196	R\$ 63.280,66
abr	206	R\$ 56.794,07
mai	202	R\$ 56.087,88
jun	168	R\$ 46.740,72
jul	206	R\$ 63.563,38
TOTAL	1271	R\$ 382.227,22

Tabela 1 - Tempo ocioso por custo produtivo RAMA 2
Fonte: Banco de dados ramas

A análise do gráfico 13, de forma superficial nos leva a concluir que havia uma correlação forte e positiva entre as variáveis de tempo ocioso e custo de produção em ambas as máquinas:

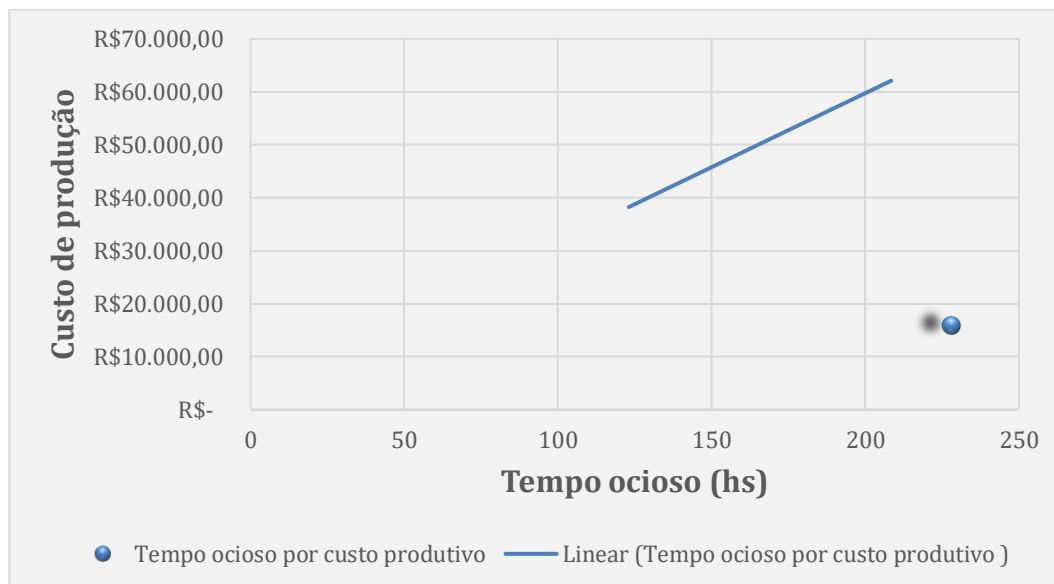


Gráfico 13 - Correlação Rama 2
Fonte: Autores

Para aplicação da fórmula de Pearson foi preciso obter os valores do produto entre o tempo ocioso e o custo de produção em cada mês e o somatório do período apurado, bem como o somatório dos quadrados dos valores mensais de tempo ocioso e custo de produção chegando ao seguinte resultado:

Meses	TXC	T ²	C ²
jan	R\$ 4.450.843,51	15146	R\$ 1.307.917.192,09
fev	R\$ 10.110.951,59	28785	R\$ 3.551.608.912,10
mar	R\$ 12.430.852,38	38589	R\$ 4.004.441.626,29
abr	R\$ 11.695.034,73	42403	R\$ 3.225.566.296,29
mai	R\$ 11.315.168,51	40699	R\$ 3.145.850.058,54
jun	R\$ 7.854.778,23	28241	R\$ 2.184.695.036,99
jul	R\$ 13.123.295,64	42626	R\$ 4.040.303.404,15
TOTAL	R\$ 70.980.924,59	236488	R\$ 21.460.382.526,46

Tabela 2 - Tabela de apoio de cálculo de correlação RAMA 2
Fonte: Banco de dados

Com os dados da tabela foi possível a aplicação da fórmula de cálculo do coeficiente de correlação e a demonstração do quanto o tempo ocioso afeta o custo produtivo atribuído a cada máquina, neste caso específico a RAMA 2:

$$r = \frac{\sum t * c}{\sqrt{(\sum t^2) * (\sum c^2)}}$$

$$r = \frac{70.980.924,59}{\sqrt{(236488)(21.460.382.526,46)}}$$

$$r = \frac{70.980.924,59}{\sqrt{5.075.123.419.337.720,0}}$$

$$r = \frac{70.980.924,59}{71.239.900,47}$$

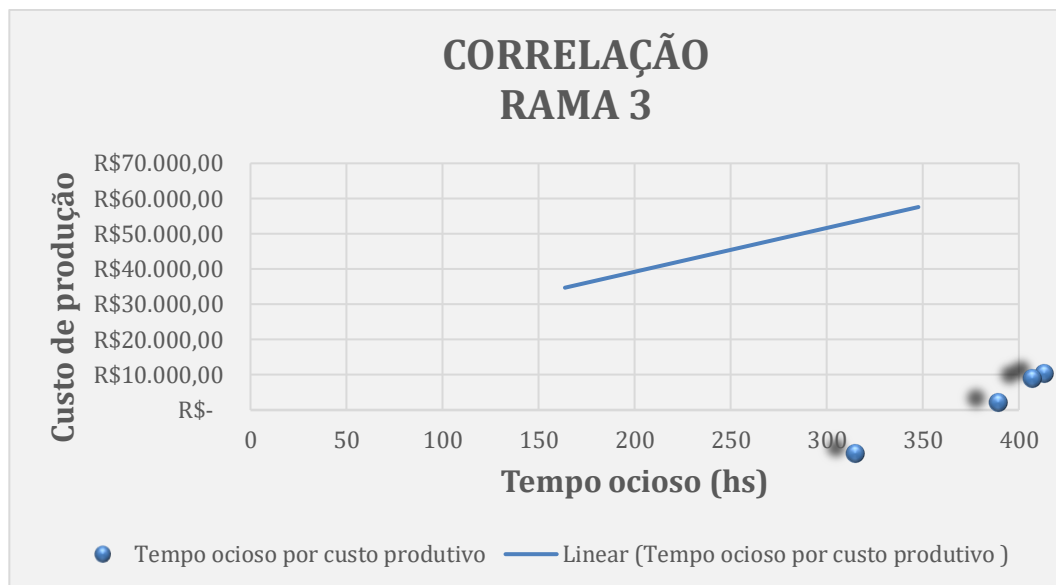
$$r \cong 0,98$$

O resultado obtido demonstra o quão forte e positiva a correlação entre o tempo ocioso da máquina e o custo produtivo total, no período de janeiro a julho.

De maneira análoga foi realizado o mesmo procedimento na RAMA 3, utilizando o respectivo banco de dados correspondente a máquina, conforme apresentado a seguir:

Tempo ocioso por custo produtivo		
Meses	Tempo (hs)	Custo (R\$)
jan	163,7	R\$ 30.622,63
fev	228,58	R\$ 45.509,85
mar	279,18	R\$ 52.408,61
abr	345,71	R\$ 53.919,16
mai	224,6	R\$ 44.699,76
jun	212,91	R\$ 40.162,53
jul	335,51	R\$ 55.760,44
TOTAL	1790,19	R\$ 323.082,98

*Tabela 3 - Tempo ocioso por custo produtivo RAMA 3
Fonte: Banco de dados*



Também na RAMA 3 foi elaborada uma tabela com o produto entre o tempo ocioso e custo produtivo para cada mês, assim como o somatório do período, o somatório do quadrado dos valores mensais de tempo ocioso e custo produtivo para auxiliar no cálculo de coeficiente da correlação:

Meses	T X C	T ²	C ²
jan	R\$ 5.012.924,04	26797,7	R\$ 937.745.284,38
fev	R\$ 10.402.641,97	52248,8	R\$ 2.071.146.629,06
mar	R\$ 14.631.434,62	77941,5	R\$ 2.746.661.982,86
abr	R\$ 18.640.392,80	119515,4	R\$ 2.907.275.815,11
mai	R\$ 10.039.566,99	50445,2	R\$ 1.998.068.901,66
jun	R\$ 8.551.003,84	45330,7	R\$ 1.613.028.655,35
jul	R\$ 18.708.184,55	112567,0	R\$ 3.109.226.445,95
TOTAL	R\$ 85.986.148,82	484846,2	R\$ 15.383.153.714,37

Tabela 4 - Tabela de apoio de cálculo de correlação RAMA 3
Fonte: Banco de dados

A partir da tabela foi obtido o valor do coeficiente que demonstra o grau de correlação entre o tempo ocioso e o custo, seguindo a equação de Pearson:

$$r = \frac{\sum t * c}{\sqrt{(\sum t^2) * (\sum c^2)}}$$

$$r = \frac{85.986.148,82}{\sqrt{(484846,2)(15.383.153.714,37)}}$$

$$r = \frac{85.986.148,82}{\sqrt{7.458.463.177.855.050,00}}$$

$$r = \frac{85.986.148,82}{86362394,47}$$

$$r \cong 0,97$$

Conforme demonstrado acima o coeficiente de correlação entre o tempo ocioso e o custo produtivo foi próximo de 1, o que deixa evidente uma correlação forte e positiva também existente na RAMA 3.

Em ambas as equações temos a seguinte legenda:

r: Coeficiente de correlação

t: Tempo ocioso

c: Custo produtivo

$\sum t^2$: Somatório dos valores de **t** ao quadrado

$\sum c^2$: Somatório dos valores de **c** ao quadrado

$\sum t*c$: Somatório do produto dos valores de **t** por **c**.

Após concluirmos pela correlação forte entre as variáveis, é chegada a hora de aplicar o conceito de regressão entre elas para que se possa estimar possíveis custos relacionados a tempos ociosos futuros, e desta forma saber o quanto há de custo envolvido sem que haja produtividade e/ou tempo ocioso.

Fazendo uma breve recapitulação, o cálculo de regressão serve para obtermos um valor mais aproximado e estimado, no caso da pesquisa em questão o custo, para tempos ociosos quando nulos ou maiores que os tempos medidos durante a pesquisa, conforme demonstrado abaixo:

$$Y = aX + b$$

Com a fórmula descrita acima é possível saber quais os futuros custo para valores de tempo ocioso adotados de forma discricionária.

Para tanto é necessário obter os valores de “a” e “b” pois tais valores indicam os parâmetros da equação e são necessários para apontar o grau de inclinação da reta de correlação e o valor de custo fixo quando o tempo ocioso for igual a zero, vejamos:

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Considere que **x** corresponde aos valores de tempo ocioso, e **y** aos valores de custo produtivo.

\bar{y} e \bar{x} são os valores das médias respectivamente do custo e tempo ocioso que foram obtidas com o apoio da **tabela 1** e da **tabela 3** correspondentes á RAMA 2 e RAMA 3 respectivamente, comecemos pelo valor de “a” na RAMA 2:

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{7 * 70.980.924,59 - (1271) * (382.227,22)}{7 * 236488 - (1271)^2}$$

$$a = \frac{10.925.716,23}{39111}$$

$$a = 279,35$$

O valor 7 utilizado no cálculo diz respeito ao número de itens ou amostras apuradas, no caso, os meses de janeiro a julho.

médias	x (Tempo)	y (Custo)
	182	R\$ 54.603,89

Tabela 5 - Tabela de apoio das médias de x e y RAMA 2

Fonte: Banco de dados

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

$$b = 54.603,89 - 182 * 279,35$$

$$b = 3.867,76$$

Com os valores de “a” e “b” para a RAMA 2 conseguimos obter o cálculo estimado mais próximo da exatidão para mensurar possíveis valores de custo baseados em tempos ociosos adotados arbitrariamente:

$$y = 279,35 * x + 3.867,76$$

RAMA 2		
	y(Custo)	x(Tempo) hs
R\$	3.867,76	0
R\$	17.835,42	50
R\$	31.803,08	100
R\$	45.770,74	150
R\$	59.738,40	200
R\$	73.706,06	250
R\$	87.673,72	300

Tabela 6 - Tabela demonstrativa de valores de regressão RAMA 2
Fonte: Banco de dados

A tabela 6 demonstra os valores possíveis para cada estimativa de tempo ocioso, tomados em intervalos de 50 horas, a partir de zero horas de tempo ocioso até trezentas horas de tempo ocioso.

O valor de “b” é contábil e demonstra o quanto a máquina custa aos cofres da organização sem que haja um tempo ocioso, ou seja, um valor ideal que representa o menor custo possível visto que não há tempo ocioso registrado.

Os mesmos procedimentos foram realizados na RAMA 3 para chegarmos ao valor do cálculo de regressão e uma estimativa de valores de custo para projeções de tempos ociosos:

$$a = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{7 * 85.986.148,82 - (1790,19) * (323.082,98)}{7 * 4848462 - (1790,19)^2}$$

$$a = \frac{23.523.130,73}{189142,96}$$

$$a = 124,37$$

Assim como na RAMA 2 o valor 7 corresponde ao número da amostra, que são os períodos de janeiro a julho.

Médias	x (Tempo)	y (Custo)
	256	R\$ 46.154,71

Tabela 7 - Tabela de apoio das médias de x e y RAMA 3
Fonte: Banco de dados

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

$$b = 46.154,71 - 124,37 * 256$$

$$b = 14.348,93$$

Com os valores de “a” e “b” obtemos o cálculo de regressão na RAMA 3 e a tabela correspondente a fórmula:

$$y = 124,37 * x + 14.348,93$$

RAMA 3 regressão		
	y(Custo)	x(Tempo) hs
R\$	14.348,93	0
R\$	20.567,28	50
R\$	26.785,63	100
R\$	33.003,97	150
R\$	39.222,32	200
R\$	45.440,67	250
R\$	51.659,01	300

Tabela 8 - Tabela demonstrativa de valores de regressão RAMA 3
Fonte: Banco de dados

A tabela 8 mostra o valor exato, de acordo com o cálculo de regressão, do custo de produção na RAMA 3 para um tempo ocioso equivalente a zero. Da mesma forma como na RAMA 2 os tempos foram adotados em intervalos de 50 horas.

É possível realizar uma análise rápida entre as duas ramas e fazer algumas observações. Para isso foi elaborada uma tabela comparativa dos valores de custo obtidos com a regressão de cada uma das máquinas:

RAMA 2 regressão			RAMA 3 regressão	
	y(Custo)	x(Tempo) hs		y(Custo)
R\$	3.867,76	0	R\$	14.348,93
R\$	17.835,42	50	R\$	20.567,28
R\$	31.803,08	100	R\$	26.785,63
R\$	45.770,74	150	R\$	33.003,97
R\$	59.738,40	200	R\$	39.222,32
R\$	73.706,06	250	R\$	45.440,67
R\$	87.673,72	300	R\$	51.659,01

Tabela 9 - Tabela comparativa de valores de regressão entre RAMA 2 e 3
Fonte: Banco de dados

Ao visualizarmos a tabela notamos uma diferença entre o custo produtivo da RAMA 2 e da RAMA 3 quando o tempo ocioso é zero e quando o tempo ocioso chega ao limite estabelecido de trezentas horas. Isso ocorre devido à diferença entre os valores do coeficiente “a” que define o grau de avanço do custo a cada cinquenta horas.

Na RAMA 2 temos um coeficiente no valor de 279,35 e na RAMA 3 um coeficiente de 124,37. Isso representa uma diferença de 154,99 entre ambas, e explica o porquê de ao chegar no limite do tempo ocioso, trezentas horas, o custo de

produção na RAMA 3 consegue ser menor que o custo de produção na RAMA 2, mesmo quando aquela tem um custo fixo quatro vezes maior que essa.

É preciso ressaltar que os valores demonstrados até aqui são de períodos correspondentes a sete meses, de janeiro a julho.

Graficamente é possível observar a diferença demonstrada na tabela acima:

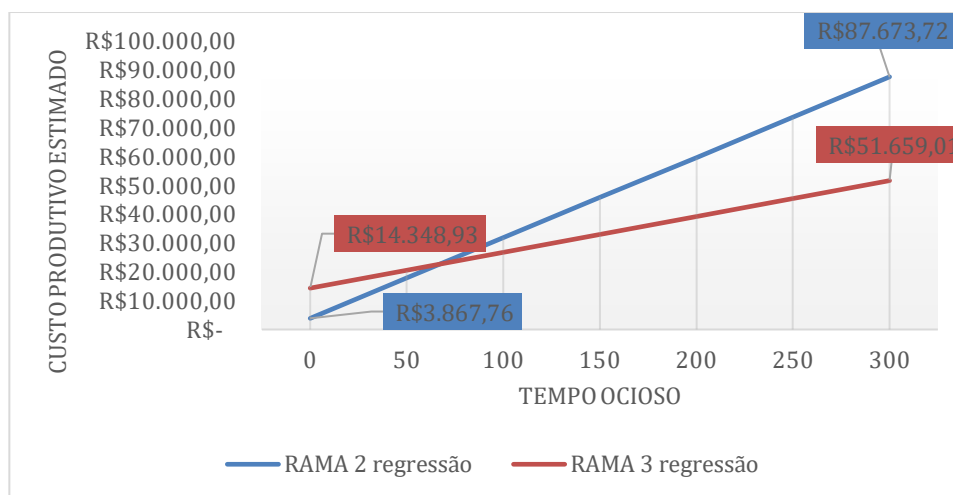


Gráfico 15 - Gráfico comparativo das regressões RAMA 2 e RAMA 3
Fonte: Autores

De maneira análoga, é possível traçarmos linhas de tendência entre os dados obtidos com a correlação demonstrada no início do tópico e os dados dos valores estimados obtidos na regressão, para cada RAMA, em um gráfico de dispersão, senão vejamos:

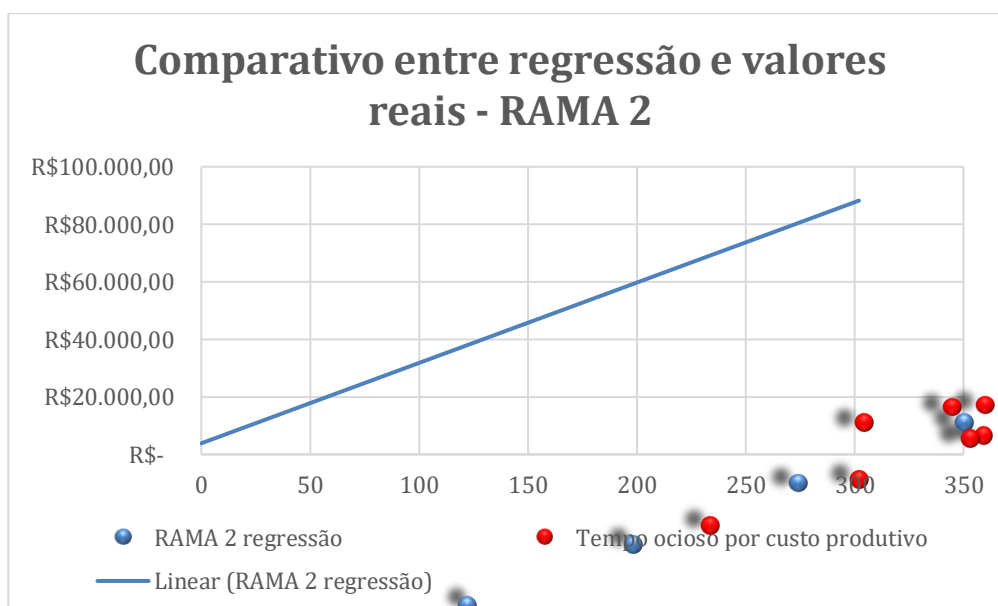


Gráfico 16 - Gráfico comparativo dos valores reais com a regressão - RAMA 2
Fonte: Autores

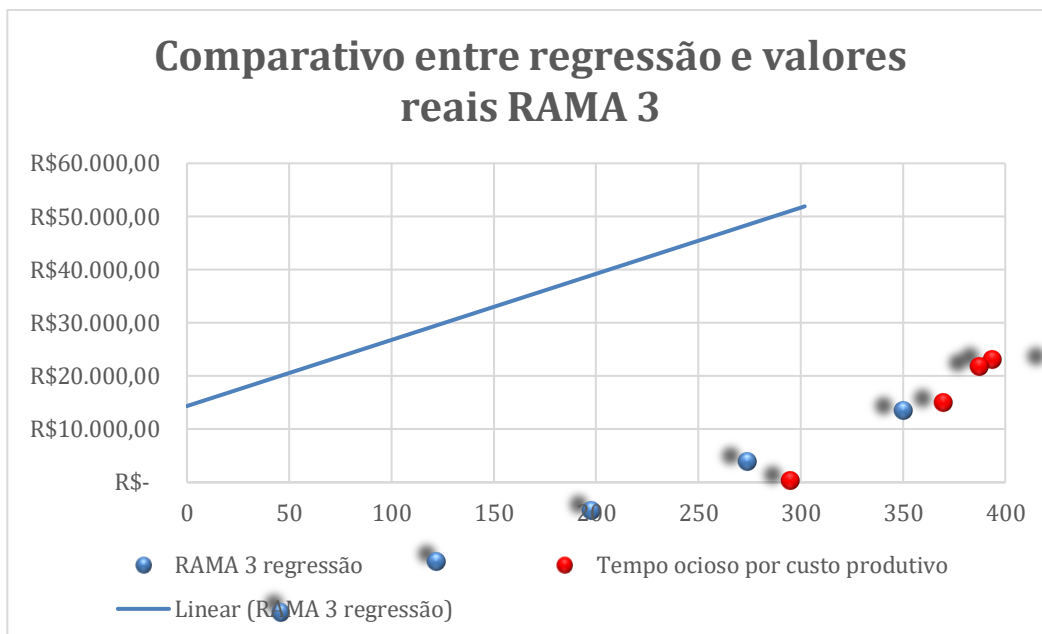


Gráfico 17 - Gráfico comparativo dos valores reais com a regressão - RAMA 3
 Fonte: Autores

Alguns esclarecimentos para melhor entendimento do gráfico:

1. Os pontos em vermelho são os valores da dispersão obtida inicialmente tanto na RAMA 2 quanto na RAMA 3 para cada gráfico respectivamente.
2. Os pontos em azul demonstram os valores obtidos com a regressão e sua respectiva linha de tendência.

Fica demonstrado matematicamente e por meio dos gráficos que a regressão traz uma estimativa próxima da exatidão dos valores de custo que poderão ser atribuídas a cada máquina e a equação para se obter tais números, além é claro do custo atribuído a cada máquina levando em conta um tempo ocioso de zero horas.

3.4. Ações de manutenção

Como forma de manter a uniformidade nos resultados e futuramente adquirir desempenhos ainda melhores foi estabelecido que haveria um menor espaço de tempo entre as auditorias.

Também foi acordado que seria realizado *Gembas* de maneira mais constantes e transmitido tudo, in loco, aos funcionários ao final do *Gemba* em reuniões realizadas até no máximo 20 minutos antes do final do turno.

Assim como descrito no item 3.2 no tópico 5, houve a implementação de treinamentos para os funcionários com ações diretas sobre as máquinas. Tais treinamentos são para adequar os operadores aos novos procedimentos e servem para incorporar a nova cultura as práticas do dia a dia. Desta forma, os treinamentos são realizados a cada trimestre e visam não só a manutenção das boas práticas, mas também uma atualização dos pontos que foram encontrados nas auditorias e nos *Gembas* periódicos.

3.5. Cronograma do projeto

Durante todo o estudo foram implementadas etapas baseadas no ciclo PDCA com vias a manter a linearidade dos trabalhos e o controle dos prazos de entrega de cada resultado.

Como a obtenção dos dados é constantemente atualizada a equipe decidiu realizar a comparação baseada em períodos de cada ano, considerando o início das mensurações até o fim da implementação das medidas adotadas. Assim, os trabalhos de pesquisa vão de janeiro de 2021 até julho de 2022, mas os dados são apresentados por período, desconsiderando os últimos seis meses do ano de 2022.

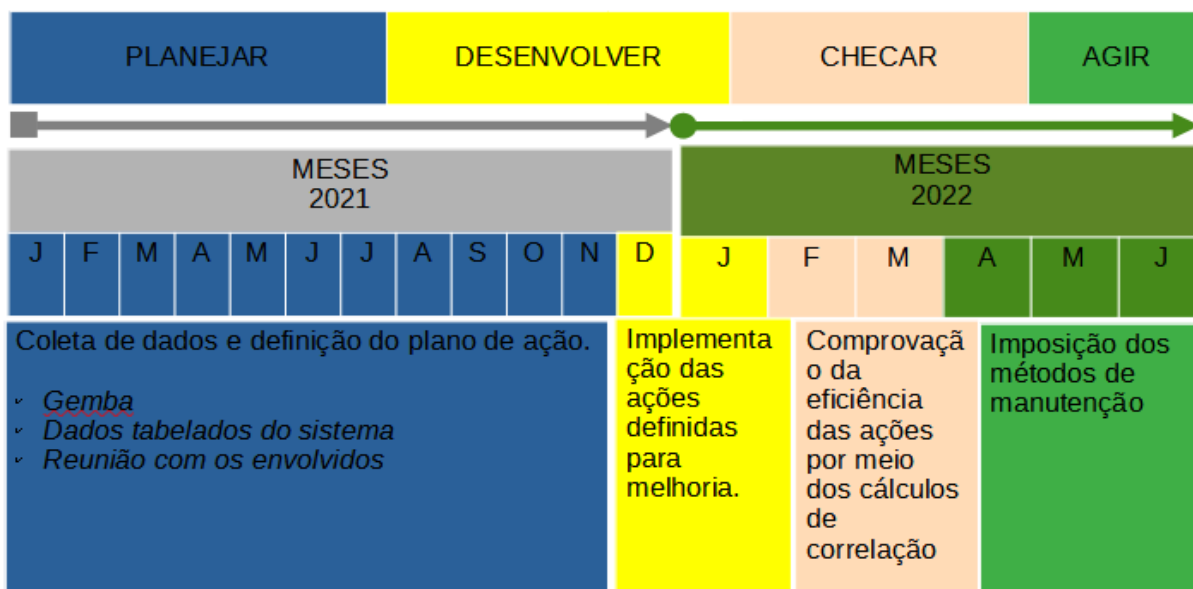


Figura 14 - Cronograma do projeto
Fonte: Autores

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fatores externos que afetam diretamente empresas são incontrolláveis, isso é um fato, cabe a toda empresa tentar prever, se precaver e estar preparada para que esses casos não impactem tanto, toda via, falando em pandemia, foi um caso que jamais queremos viver novamente.

Era impossível estar totalmente preparado e esperando que um dia acontecesse algo nesse sentido ou se quer fosse parecido, os impactos foram imensuráveis, vidas foram perdidas e empresas fechadas.

Passado a crise, o que restou no quesito empresas foi necessidade de reinvenção e da reconstrução, analisar os processos e reestruturá-los foi o caminho.

Com base em nosso objetivo geral que consistia em analisar e propor melhorias com foco em redução de desperdícios e custos e em nosso objetivo específico que foi compreender o processo aplicando ferramentas analíticas, propor correções com base nos resultados dessas análises e demonstrar a partir das correções propostas que é possível a redução do consumo, dos desperdícios e a economia.

Fica compreendido que foi alcançado todos os pontos pois de uma forma geral, foi proposto melhorias com base nos pontos focais.

Foi utilizado diversas ferramentas analíticas como por exemplo o PDCA que foi uma ferramenta fundamental para a organização e planejamento e norteamento de todo o estudo de caso, viabilizando na prática o entendimento e provando de fato o funcionamento da melhoria contínua trabalhando em conjunto com o *Gemba* nos mostrou o quanto é importante e fundamental ir e estar onde as coisas acontecem para compreender a real necessidade resultando em um assertivo mapeamento do processo e assim compreendendo o processo.

Diversas medidas foram propostas e adotadas com base nesse mapeamento e nos indicadores gerados.

As ações tomadas foram em cima de dois fatores, custo e consumo, onde através da correlação fica provado que são fortes e positivas.

Por fim, esse estudo de caso e todas as ações adotadas e comprovadas resultaram em uma economia no período estudado de R\$326.309,13 resultado do não consumo de gás devido a redução do tempo ocioso dos maquinários que foi em 2832 horas, além de todos os ganhos indiretos como tempo de produção melhorada e diminuição nas manutenções por depreciação ao uso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Diniz, Marcelo Gabriel, **Desmisficando o controle estatístico de processo** / Marcelo Gabriel Diniz – 1. ed. – São Paulo: Artiber Editora, 2001./ Cap. 1 p. 12

Brisot, Valério Garcia, **Sistema de gestão de qualidade** : entendendo a NR ISSO 9001:2008 / Valério, Garcia Brisod . ed . – Santa Cruz do Rio Prado, SP : Editora Viena, 2013 . – (Coleção Premium)

Ohno, Taiichi **O sistema Toyota de produção em larga escala** / Taiichi Ohno; tradução: Cristina Shumacher ; revisão técnica: Paulo C. D. Motta ; consultoria e supervisão técnica: José Antonio Valle Antunes Júnior. – Porto Alegre : Bookman 1997.

Costa, Reinaldo Pochedo da. **Preços, orçamentos e custos industriais** / Reinaldo Pochedo da Costa, Abraão Freires Saraiva Júnior, Helisson Akira Shimada Ferreira. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

Spiegel, Murray Ralph

Estatística / Murray Spiegel ; Tradução, revisão e adaptação Carlos Augusto Crusius. – 2. Ed. - São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1985.

Rocha, Henrique Martins. **Mapeamento e Controle de Processos** [recursos eletrônicos] / Henrique Martins Rocha, Ligia Fonseca Affonso, Jeanine dos Santos Barreto; revisão técnica: Gisele Lozada. – porto Alegre : SAGAH, 2017.

Ramos, Edson Marcos Leal Soares, **Controle estatístico da qualidade** [recursos eletrônicos] / Edson Marcos Leal Soares Ramos, Silvia dos Santos de Almeida, Adrylaine dos Reis Araújo. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2013

Liker, Jeffrey K. **A crise da Toyota** [recursos eletrônicos] : como a Toyota enfrentou o desafio dos recalls e da recessão para ressurgir mais forte / Jeffrey K.

Liker, Timothy N. Ogden; tradução: Ronald Saraiva de Menezes. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2012.

Imai, Masaaki. **Gemba Kaisen** : uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua [recursos eletrônicos] / Masaaki Imai ; tradução: Rodrigo Dubal ; revisão técnica: Altair Flamarion Klippel ; coordenação: José Antonio Valle Antunes Junior. – 2. Ed. – Porto Alegre : Bookman, 2014.

Ortiz, Chris A. **Kaisen e implementações de eventos kaisen** [recurso eletrônicos] / Chris A. Ortiz ; tradução: Luiz Claudio de Queiroz Faria ; revisão técnica: Altair Flamarion Klippel ; coordenação e supervisão: José Antonio Valle Antunes Jr. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre ; Bookman, 2010.

Lozada, Gisele. **Controle estatístico de processos** [recursos eletrônicos] / Gisele Lozada ; [revisão técnica: Henrique Martins Rocha]. – Porto Alegre : SAGAH, 2017.

Shingo, Shigeo. O sistema Toyota de produção [recursos eletrônicos] : o ponto de vista da engenharia de produção / Shigeo Shingo ; tradução Eduardo Schaan.- Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Bookman, 2017.

Sites visitados

<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/6913/Felipe%20Coelho%20Marques.pdf;jsessionid=482BC719A465E47EA060B359E8D3006B?sequence=1>

<https://medium.com/@hramosdesigner/processo-de-estamparia-t%C3%AAxtil-16667de6dcf>

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/94079/281477.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf

<https://www.ideiademarketing.com.br/2016/07/04/por-que-voce-precisa-rever-os-seus-processos/#:~:text=Estes%20dados%20permitir%C3%A3o%20avaliar%20o,veja%20dos%20sempre%20que%20poss%C3%AAdvel>

<https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/importancia-da-industria/#:~:text=Em%202021%2C%20a%20Ind%C3%BAstria%20respondeu,brasileiras%20de%20bens%20e%20servi%C3%A7os>

<https://www.coppermetal.com.br/blog/impactos-da-pandemia-na-industria/>