

APLICAÇÃO DO CONCEITO DE LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE SCRAP DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA REDUÇÃO DE KPI EM UMA EMPRESA DE MONTAGEM DE PLACA SMD DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Vinícius Rocha Lima da Silva¹

<https://orcid.org/0000-0001-5919-1356>

Décio Luiz Reis²

<https://orcid.org/0000-0001-8175-3212>

RESUMO

A todo momento companhias de grande escala no mercado mundial estão mais preocupadas em promover meios e gastar mais recursos que favoreçam seus ganhos na diminuição de despesa e redução de indicadores que colaborem com a sua lucratividade final. Sendo assim a temática de logística reversa está cada vez mais pertinente dentro dos cenários de empresas globais, haja vista, da crescente estatística do fato de denominador comum, o desperdício de matéria-prima. Dentre as mais expressivas encontram-se a do ramo de eletrônicos, pois seu material produtivo além de caro abre precedente para o debate de outro tema que seria o do lixo eletrônico, ele se mistura com a conceituação de logística reversa no sentido de conjunto de ações que envolve um sistema de reaproveitamento, reuso ou reciclagem de tratamento de resíduos produzidos pelo descarte de produtos no pós-consumo. Logo, esse presente artigo tratou um cenário de estudo de caso, dentro de uma empresa desse ramo que se propôs a conceituar logística reversa através de um projeto interno voltado para reduzir seus números com perda de material. O caso, além de resultado satisfatório, demonstrou que a expectativa gerada pela empresa pode ser um fator de referência para outros projetos.

Palavras-chave

Logística Reversa; Lixo Eletrônico; Reaproveitamento; Reuso; Reciclagem.

Submetido em: 24/10/2023 – Aprovado em: 06/11/2023 – Publicado em: 10/11/2023

1 Mestrando do Curso de Engenharia de Produção. Bacharel em Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal do Amazonas, Amazonas. E-mail: viniciuslim00@gmail.com

2 Professor Orientador. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor da Universidade Federal do Amazonas. E-mail: dercioreis@ufam.edu.br



APPLICATION OF THE REVERSE LOGISTICS CONCEPT IN THE ELECTRONIC COMPONENTS SCRAP PROCESS TO REDUCE KPIS IN AN SMD BOARD ASSEMBLY COMPANY IN THE MANAUS INDUSTRIAL HUB

ABSTRACT

At all times, large-scale companies in the world market are more concerned with promoting ways and spending more resources that favor their gains in reducing expenses and reducing indicators that contribute to their final profitability. Therefore, the theme of reverse logistics is increasingly relevant within the scenarios of global companies, given the growing statistics of the common denominator, the waste of raw materials. Among the most expressive are the electronics sector, as its productive material, in addition to being expensive, sets a precedent for the debate on another topic, which would be electronic waste, it mixes with the concept of reverse logistics in the sense of a set of actions which involve a system of reutilization, reuse or recycling of waste treatment produced by the disposal of post-consumer products. Therefore, this present research dealt with a case study scenario, within a company in this sector that proposed to conceptualize reverse logistics through a specific internal project to reduce its numbers with material loss. The case, in addition to being an overwhelming result, demonstrated that the expectations generated by the company can be a reference factor for other projects.

Keywords

Reverse Logistic; Electronic Waste; Reutilization; Reuse; Recycling.

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo trata de um estudo de caso dentro de uma empresa do polo industrial de Manaus, do ramo de fabricação de eletrônicos.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) mais de 40 milhões de toneladas de lixo eletrônico são descartados de forma incorreta pelo mundo. Também, de acordo com Rene et.al (2021), o lixo eletrônico global gerado em 2019 foi de 53,6 milhões de toneladas métricas.

O principal objetivo desse estudo não foi a redução ou um projeto específico para o tema acima em questão, porém, o mesmo se mistura com a realidade exposta nesse artigo.

Dando as devidas proporções, o desperdício com insumos de componentes eletrônicos se tornou um denominador comum para companhia, ou seja, com intuito de difundir dentro da empresa um aspecto que se tornasse um fator facilitador para redução da perda de matéria-prima, foi proposto um projeto que gerasse ganhos em custos para reduzir um indicador de KPI, chamado Taxa de Perda de Material.

Consequentemente, com a diminuição do desperdício descontrolado da sua matéria-prima, a empresa estaria favorecendo o meio ambiente, pois estaria reduzindo junto com as despesas, o volume mensalmente descartado com componentes eletrônicos.

O reflexo do projeto se baseia com entendimentos da área de conceituação de logística reversa, mais uma vez, guardadas as devidas proporções, a ação tomada pela empresa teve o devido impacto para os resultados finais.

Foi justamente visando o entendimento dentro do conceito de logística reversa que a fábrica conseguiu dentro da própria cadeia interna compartilhar uma forma de retroalimentar uma parcela do seu processo de matéria-prima. Logo, mesmo que o conceito não seja pleno, a sua base de entendimento, não deixa de se tornar fatídica para que se promovessem projetos que se apropriem do conceito.

Os resultados foram altamente satisfatórios, trazendo não só uma observância para dentro da subsidiária, que serviu de laboratório para a ideia, como servirá de referência para outros projetos futuros dentro da companhia, em outras fábricas que fazem parte dessa multinacional.

O controle de qualidade é composto por vinte colaboradores, distribuídos em duas ramificações, sendo uma delas as operacionais, composta pelos inspetores que fazem o trabalho de inspecionar os produtos no chão de fábrica, e os encarregados, que gerenciam os inspetores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Logística Reversa

Segundo Pereira Filho et al. (2019), a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e eficácia, dos custos, dos fluxos de matérias-primas, produtos em curso, produtos acabados e informação relacionada, desde o ponto de consumo até ao ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar a deposição adequada.

A logística reversa ao longo dos anos trouxe uma abordagem de minimização de danos de sucatas e produtos usados, mas ela se encontra muito além disso. De acordo com Desticioglu et.al (2022), esse tipo de logística coleta, limpa, desmonta, testa, classifica, transporta e recicla tanto produtos usados quanto resíduos. Abrange também questões de devolução, reparo, danos durante o transporte, entre outras inúmeras aplicações.

Ferreira Júnior et al., (2016) correlaciona o mesmo pois tal prática deve impactar positivamente nos custos, porque promove benefícios econômicos à companhia no sentido de uso de materiais retornáveis e reaproveitamento para o processo produtivo. Ou seja, a logística reversa é um importante objetivo para qualquer mercado, ao conseguir criar mecanismos para entregar os produtos ao destino final num tempo mais curto possível, assim reduzindo os custos.

A gestão eficaz da logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos, segundo Shittu et.al (2021), contribuirá para o progresso nos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, em uma eficiente economia circular e na eficiência da utilização de recursos.

De acordo com Ferraz (2022), a logística reversa, através de técnicas de redução, reaproveitamento e reutilização, proporciona o regresso de resíduos as empresas. Com ela é possível ter retorno ambiental, mas também sociais e econômicos.

A reciclagem de materiais dentro da empresa, é uma técnica que já é utilizada há algum tempo pelas indústrias. De acordo com Morais (2002), dois problemas são estabelecidos: saber recuperar os materiais usados e saber reutilizar os materiais recuperados.

O uso e reuso do material consiste em retorná-lo para o próprio processo, e já a recuperação constitui na recuperação do material para assim ser utilizado no mesmo ou em outro processo. No processo da logística reversa interna, a empresa reutiliza os resíduos ou materiais do processo produtivo os retornando para reaproveitamento, sendo realizado de forma mais ágil e com menos gastos possíveis.

2.2 Lixo Eletrônico

De acordo com ABDI (2013), equipamentos eletroeletrônicos são aqueles produtos que o funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Quando a vida útil desses equipamentos chega ao fim, eles começam a ser denominados de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). O termo resíduos é utilizado devido ainda deter um valor para reciclagem desse material.

Para Islam et.al (2018), o fluxo da logística dos resíduos do lixo eletrônico são o de crescimento mais rápido no momento, devido ao ciclo de vida mais curto do produto e as mudanças rápidas nas atitudes dos consumidores para descartá-los.

Os REEE possuem diversos tipos de materiais e por isso a extração de cada peça, por exemplo em uma placa de circuito impresso (PCI), demanda um procedimento diferente. Logo, a reciclagem e separação desse material é bem mais complexa e com um custo mais elevado quando comparada com latas de refrigerante, vidros, papel, etc.

De acordo com Alvez e Farina (2018), o lixo eletrônico vem sendo aproveitado para gerar lucros através de sua reciclagem, por conta de seus valiosos metais em sua composição. Com isso, logo torna-se evidente que o descarte de resíduos eletrônicos passou a ser um dos principais desafios ambientais enfrentados pelas companhias de tecnologia e a logística reversa pode ser a fonte inicial para o marco desta problemática, no sentido de solucionar um problema que hoje já é real, porém a médio e longo prazo pode ser acachapante.

2.2.1 Placa de circuito impresso

Os equipamentos eletroeletrônicos contêm diversos materiais diferentes em sua composição, como plásticos, vidros, entre outros. Os materiais mais complexos e preciosos estão presente na placa de circuito impresso. Conforme Rieger (2018), as placas de circuito impresso são uma plataforma que nelas estão contidos componentes microeletrônicos, como *chips* e capacitores.

As placas de circuito impresso (PCI), segundo Schneider et.al (2020), são componentes fundamentais na produção de produtos eletroeletrônicos, desde o mais simples até os mais complexos. Nas placas existem vários componentes que podem ser recuperados ou reutilizados. Cada placa possui as posições onde os componentes eletrônicos, como por exemplo capacitores, transistores, circuitos integrados, serão montados.

Com a diversidade dos materiais que podem compor uma PCI e a complexidade de sua produção, fazem com que seja dificultada a reciclagem das mesmas. Um dos métodos utilizados para realizá-la é a logística reversa que promove além de uma redução de custos de produção, uma sustentabilidade para o processo.

2.3 Surface Mounted Device (SMD)

Surface Mounted Device, popularmente conhecido por sua sigla SMD, pode ser traduzida como dispositivo de montagem de superfície. Sendo uma tecnologia pautada na maneira que os componentes eletrônicos são construídos na placa.

Os componentes de SMD são abastecidos em máquinas SMT, que de acordo com Uhlmann (2015), possuem um equipamento com alto grau de precisão e automação. Na tecnologia SMT, os componentes não têm fios como terminais e as ilhas da placa não possuem furos, segundo Melo (2013).

Os componentes eletrônicos são dispositivos que manejam eletricidade. Os de SMD são bastante utilizados nas indústrias eletrônicas por causa de suas dimensões e estabilidade na montagem. O SMD, com o avanço da tecnologia, vem fazendo com que os componentes além de serem cada vez menores, tenham sua capacidade aumentada, em períodos menores.

Os componentes podem ser divididos em três tipos: passivos, integrados e semicondutores. Os passivos são os que não amplificam nem geram sinal, os integrados são componentes encapsulados que executam várias funções, e os semicondutores podem amplificar ou interpretar os sinais, além de controlar voltagens e correntes.

2.3.1 Circuitos integrados

Os circuitos integrados fazem parte de praticamente qualquer equipamento eletrônico. De acordo com Ribas et.al (2001), em um único circuito integrado é possível colocar em ordem centenas de milhares de transistores, além de componentes passivos como capacitores. Com ele, é possível fazer várias ações e comandos com nível elevado de complexidade por causa da quantidade de componentes que são unidos em um só.

As duas principais vantagens da utilização do circuito integrado são o custo, que é menor comparado a outros componentes, e o desempenho que é elevado devido ocorrer a rápida alternância dos componentes internos com menos energia. Normalmente, o *chip* é colocado dentro de um encapsulamento de cerâmica ou de plástico, e assim interligado aos seus componentes através de fios condutores.

Com suas inúmeras aplicações na eletrônica, os circuitos integrados estão à disposição em diferentes tamanhos e formatos. E com o avanço da tecnologia estão sempre aprimorando suas funções.

2.3.2 Defeitos de montagem SMD

A qualidade das placas de circuito impresso possui um efeito direto no desempenho do produto. A montagem de SMD por ser um processo de diversas etapas, ocorre várias possibilidades de acontecerem defeitos na placa. Um dos problemas pode ser por falta ou excesso de elementos na PCI.

Segundo Mello (2015), os defeitos podem estar relacionados a placa ou aos componentes nela inseridos. O rompimento ou falha na impressão de trilha e o curto-circuito são os mais comuns referentes a placa.

Para Doro (2006), os defeitos numa PCI podem ser divididos em três categorias básicas:

- a) Defeitos nos componentes ou placas: nessa categoria os defeitos não são oriundos do processo de montagem, mas sim pela má qualidade dos componentes ou das placas originada do transporte, manuseio incorreto ou armazenamento. Alguns exemplos são: componente eletricamente defeituoso; componente com dimensão errada; PCI empenada.

- b) Defeitos na inserção: oriundos do processo de inserção dos componentes na placa. Podem ocorrer tanto em processos manuais como em uma distração do operador, quanto em processos automáticos na variação das máquinas. Exemplos são: componente invertido; componente faltando; componente incorreto.
- c) Defeitos nas terminações: oriundos do processo de soldagem. Podem acontecer devida aplicação de pasta de solda, parâmetros da máquina de solda, etc. Alguns exemplos são: excesso de solda; curto; falta ou insuficiência de solda; entre outros.

Alguns testes de qualidade podem ser realizados para verificar se há falta de componente, inversão ou deslocamento dos mesmos, ou também colocação de componente errado. Outro problema pode ocorrer no momento de movimentação das placas. Ao realizar o armazenamento ou o manuseio da PCI pode acontecer uma batida que ocasione a quebra da placa ou de algum componente.

Os defeitos que ocorrem irão causar alguma limitação na performance do produto. Alguns defeitos como o curto circuito e falta de componente impedem diretamente o funcionamento da placa. Já os defeitos de insuficiência ou excesso de solda, podem ocasionar um funcionamento total quando realizada a fase de testes, entretanto ao longo do tempo quando a placa for transportada ou utilizada podem afetar o funcionamento do produto.

2.4 KPI

Os *Key Performance Indicators* são popularmente conhecidos por sua sigla KPI e em português podem ser traduzidos como indicadores de desempenho chave. De acordo com Tavares (2018), a gestão quando são considerados os índices de desempenho se torna uma forma mais segura de conseguir uma performance melhor. Pois, o que não é medido, não há como ser gerenciado e conseqüentemente melhorado.

Os KPIs devem ser mensuráveis e obtidos de forma facilitada. Segundo Domínguez et.al (2018), eles servem como ferramenta para indicar e guiar o comportamento que a empresa deseja portar, melhorando sua lucratividade, produtividade, qualidade, entre outros.

Para Slack et.al (2006), existem cinco objetivos gerais de desempenho, sendo eles a qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Por exemplo, um indicador de qualidade utilizado é o de número de defeitos por unidade, e uma das formas de medir esse desempenho é através do PPM (partes por milhão), realizando medições em um período estabelecido para verificar quantas peças possuem defeitos.

O cálculo do PPM é realizado dividindo o número de peças com defeito pelo número de peças produzidas, e multiplicando o resultado por um milhão. Isso significa o quanto de produto com defeito seria produzido em uma produção de um milhão de peças.

A associação de diversos índices de desempenho, permitem que a empresa consiga enxergar de forma mais ampla o seu processo e sua evolução ao longo do tempo. Além disso,

a utilização de KPIs permite que os funcionários do chão de fábrica, que não fazem parte da alta direção, consigam receber de forma facilitada a visão e a missão da empresa através dos índices de desempenho chave.

2.4.1 Indicador de scrap

Um produto é considerado scrap quando a funcionalidade do mesmo foi comprometida e não há a possibilidade de recuperar o produto, gerando assim um custo de produção. Para Santos (2020), um produto pode ser classificado como *scrap* quando não atende aos padrões de qualidade pré-estabelecidos, quando uma ou diversas de suas características foram danificadas ocasionando uma perda de padrão aceitável para utilização.

A relação direta do *scrap* com a qualidade reflete-se também através de indicadores. Uma métrica de controle de *scrap* pode demonstrar se a produção está sendo realizada dentro da qualidade esperada. Quando o indicador de *scrap* está muito alto, isso significa que algum problema está ocorrendo, seja de máquina, de processo ou mão de obra.

É importante ressaltar que o *scrap* envolve também diretamente os índices de custo da empresa, pois foi utilizado material, energia, equipamento, tempo de produção e mão de obra para produzir um produto que será descartado.

Com isso, um dos focos das fábricas tem sido relacionado a diminuição dos indicadores de *scrap*, aplicando metas cada vez menores para que seja possível, aliado a todos os setores tanto de produção, quanto de qualidade e quanto de manutenção, evitar o desperdício que afeta não só ambientalmente, mas também o custo e conseqüentemente o lucro da empresa.

2.5 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são recursos que possibilitam identificar e melhorar a qualidade de processos e produtos. Não são apenas utilizadas para resolver problemas, mas também como parte do planejamento para atingir metas e objetivos.

Com essas ferramentas é possível alcançar um grau de eficiência elevado, e assim auxiliar a empresa em seu crescimento contínuo. Através delas pode-se encontrar a causa raiz de problemas e propor planos de ação para resolvê-los. E conseqüentemente, otimizar os processos e a produção da empresa.

Sete são as ferramentas da qualidade: Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Diagrama de causa e efeito; Diagrama de dispersão; Histograma; Fluxograma; Gráfico de Controle.

Todas essas ferramentas auxiliam a empresa a identificar os potenciais problemas e causas, controlar seu processo, coletar dados e também podem ser agregadas a utilização de duas ou mais ferramentas para uma visão mais completa da organização. Algumas delas utilizam gráficos e abordagens que auxiliam na visualização mais simplificada da análise. Outras utilizam técnicas para focar nos problemas.

Um exemplo é o gráfico ou diagrama de Pareto que demonstra os itens analisados e a classe nas ordens da quantidade de ocorrências, e apresentando assim a soma acumulada de todos. Ele possui barras verticais, em que cada barra é quantificada e inserida em ordem decrescente de ocorrência ou influencia, tornando assim uma forma mais visual e evidente a ordem de importância dos problemas. Ou seja, contribui para que sejam direcionadas e priorizadas as ações para correção ou melhoria.

Outro exemplo é o fluxograma que pode ser definido, de acordo Freire et.al (2019), como uma ferramenta da qualidade utilizada no gerenciamento de processos, possuindo a finalidade de garantir a qualidade e elevar a produtividade, auxiliando na padronização das ações nas tarefas. Ele é uma representação gráfica onde o fluxo do processo e das sequências das ações são demonstrados, tornando que tenha uma visão geral do processo de uma maneira mais simples.

3 METODOLOGIA

Nessa pesquisa foi levado em consideração os referenciais que tiveram correlação aos seguintes assuntos: Logística reversa, Lixo eletrônico, SMD, KPI e Ferramentas da qualidade.

3.1 Descrição da Metodologia

A pesquisa descritiva foi a escolhida para guiar essa dissertação, e segundo Vergara (2013), é uma pesquisa que demonstra as características de algum fenômeno, estabelecendo suas correlações. É realizado nesse tipo de pesquisa a identificação, o registro e a interpretação de variáveis do objeto que será estudado.

A natureza da pesquisa foi classificada como aplicada pelo fato de gerar resultados práticos e aplicando os conhecimentos no estudo. A pesquisa aplicada possui a finalidade de criar soluções aos desafios humanos e assim, compreender como lidar com o mesmo.

O estudo de caso foi o método utilizado para a dissertação devido à realização da mesma ter sido numa empresa do polo industrial de Manaus. De acordo com Fachin (2006), o estudo de caso tem como uma de suas funções a explicação dos acontecimentos em um contexto social apoiando-se na utilização de gráficos, tabelas ou quadros analisando o estudo.

No estudo de caso, as fases envolvidas para realizá-lo são a definição e desenvolvimento da pesquisa, seguido pela coleta de dados, depois realizado a análise desses dados e finalmente a exposição dos resultados e considerações finais.

3.2 Objeto do estudo

A presente pesquisa foi realizada em uma empresa do polo industrial de Manaus com diferencial tecnológico e pioneirismo do ramo de produção de eletrônicos em geral, cuja atividade iniciou ainda na década de 90, despontando como uma das maiores empresas do polo e um nome estabelecido no mercado mundial.

Sua planta fabril na região produz televisores e produtos de áudio e vídeo, sendo os primeiros a produzir em Manaus o DVD, televisores com tela de Plasma, televisores com tecnologia OLED.

Dentro da sua planta consta sete fábricas com funções diferentes dentro da corporação, dentre as sete, uma em questão se torna objeto de estudo para essa dissertação, a fábrica que detém o processo produtivo de placas SMD, ao todo são mais de cinquenta tipos diferentes de placas produzidas por esse braço.

Para atender a essa capacidade tão grande, a mesma conta com um robusto portfólio na planta, são dezesseis linhas produtivas de placas, de todas as organizações que a companhia produz como bem de consumo final e mais de mil e duzentos colaboradores operando em três turnos, ou seja, todo produto que consta no catálogo da marca essa planta é responsável por gerar um dos principais itens para o produto final.

Com sua alta capacidade produtiva muitos KPIs se tornam importantes para a empresa, muitos deles voltados para custo, e um em especial é o elemento principal dessa dissertação, o chamada Taxa de Perda de Material. Esse indicador demonstra a perda direta em custo com o descarte mensal que a companhia tem com componentes eletrônicos.

3.3 Coleta de dados

O método de estudo de caso utiliza a coleta de dados de situações reais, podendo ser quantitativos ou qualitativos, com a finalidade de explicar e descrever os acontecimentos, sendo primordial para realização desse estudo proposto.

Segundo Martins e Theóphilo (2016), a coleta de dados deve ser bem planejada para que o estudo de caso não seja comprometido e coloque em risco a qualidade e apresentação dos resultados obtidos.

Os seguintes dados foram coletados:

- a) KPI de Taxa de Perda de Material do ano de 2022;
- b) Custo de perda de Material do ano de 2022;
- c) Dados de defeitos geradores de *scrap*;
- d) Dados de *scrap* de placas;
- e) Valor de matéria-prima (Componente eletrônico);
- f) Valor do produto acabado (Placas);
- g) KPI de Taxa de Perda de Material do ano de 2023;

Esses dados foram coletados através de documentos, como planilhas, tabelas e relatórios, pesquisados nos setores de engenharia, qualidade, custos e processo, demonstrando uma abordagem multissetorial agregando informações específicas armazenadas por cada um. Os dados levantados foram do período de janeiro de 2022 até junho de 2023.

Após a coleta dos dados mencionados acima, o tratamento dos mesmos foi realizado. Isso significa organizar e categorizar as informações para assim construir um resultado lógico para atingir o objetivo do trabalho.

Com a análise dos dados foi possível iniciar o plano de ação alinhado entre os diversos setores envolvidos, engenharia, manutenção, qualidade e planejamento, de reaproveitamento dos componentes eletrônicos. E com isso avaliá-lo através do índice de desempenho de Taxa de Perda de Material no período de janeiro de 2023 até junho de 2023.

Por fim, com a implantação do plano de ação e os dados coletados foi possível fazer uma comparação entre os resultados do indicador sem o reaproveitamento das peças no ano de 2022 e com o reaproveitamento no ano de 2023.

4 RESULTADOS

A base desse estudo de caso utilizou resultados reais advindos da conjuntura apresentada pela empresa no ano de 2022 que serviu como ponto precursor no planejamento para o ano subsequente, 2023, dados nos quais foram difundidos diversos temas que corroboraram para o fechamento dos índices chaves de gerenciamento anual, comumente conhecidos como KPI.

Dentre os índices apontados, um em questão: Taxa de perda de Material, se tornou o então objetivo central desse estudo, ou seja, logo após toda análise e aprofundamento do entendimento em cima da problemática, veio a aplicação dos métodos e ações idealizadas para o projeto, para que assim se chegasse em resultados plausíveis para a empresa matriz do caso.

Na tabela 1, logo abaixo, apresentam-se os principais indicadores do ano de 2023, onde evidencia-se o item 3, que é o índice Taxa de perda de Material, que trata de um KPI voltado para perda de materiais no processo produtivo de modo geral, o mesmo se apresenta de forma percentual através do custo em reais resultante mês a mês.

Tabela 1 - KPI 2023

Categoria	N.	KPI	Unidade	'22 Resultado	'23 Meta	(%) Melhoria
KPI	1	Taxa de operação (Eficiência)	%	84,50	85,00	1%
	2	Taxa de retorno de Defeito	PPM	466,00	420,00	-10%
	3	Taxa de Perda de Material	%	0,15	0,09	-40,0%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

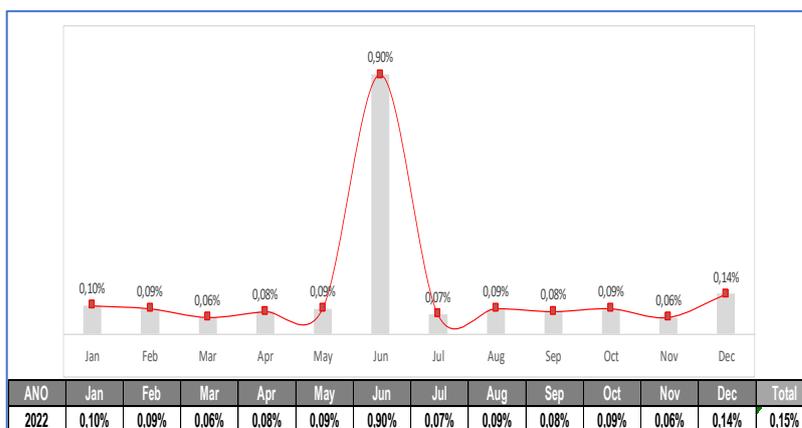
Logo, pôde-se perceber que o grande desafio seria justamente o tema abordado nessa dissertação, pois tal indicador apresentava uma meta de melhoria muito maior do que os demais KPIs, se qualificando assim com um grau de suma importância de gerenciamento para

a empresa, observando também que através dela outros indicadores melhorariam por tabela. Ressalva-se que a meta é definida com base no que a matriz da companhia usa como média e referência global.

4.1 Análise Inicial

Primeiramente, em janeiro de 2023, foi preciso estratificar os dados do ano de 2022 para entender o cenário atual da fábrica naquele dado momento e também servir de comparativo ao fim do estudo. O projeto teve seis meses de duração, finalizado em junho do ano de 2023, mês esse que é o de inventário geral da fábrica, e todo ajuste de matéria-prima é feito nesse período. O gráfico 1 demonstra o resultado do ano anterior.

Gráfico 1 – Resultado da Taxa de Perda de Material em 2022



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Lembrando que tal percentual é um cálculo feito sobre a perda total do custo de material descartado, dividido pelo valor de custo total de matéria-prima utilizada na produção durante o mesmo período.

Como mensalmente a companhia deve reportar para sua matriz a contabilização geral de perdas da sua matéria-prima, fazendo uma correlação monetária, a mesma contabiliza sua despesa com perdas em material levando em consideração toda matéria-prima consumida durante o mês e quanto de fato foi usada no produto final acabado, ressalva-se que a mesma é precificada conforme a própria matriz da companhia indica, então usa-se uma tabela de valor referência para cada matéria prima, vê-se esse exemplo na Figura 1, conforme abaixo.

Figura 1 – Exemplo de valores componentes

POSIÇÃO	Valor(R\$)
IC101	81,03
IC8100	10,42
IC100	97,12
IC100	97,12
IC101	81,03
IC8800	10,64
IC8800	10,64
IC8100	10,42
IC100	122,10

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Ao avaliar todo esse contexto, logo, ficou evidente que o IC é o campeão entre os maiores valores de matéria-prima. Foi, então, válido ressaltar na análise que o componente com maior valor é o chamado circuito integrado, conforme consta alguns desses valores na tabela acima, porque ele tem um valor muito maior que os demais componentes.

O mesmo se trata do principal componente que compõe a placa, por conseguinte, ele que serviu como norte para aplicação das ações de retroalimentação no processo que serão descritas mais explicitamente adiante.

Nesta empresa, como já dito anteriormente, é fabricado mais de cinquenta tipos de placas de SMD, devido a mesma ser uma das maiores multinacionais do ramo de eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Somando tudo isso, o valor agregado de uma placa produzida nessa empresa se torna muito maior do que apenas um simples componente eletrônico, devido a sua alta capacidade e qualidade de produzir vários produtos distintos, na Figura 2, logo abaixo, é possível visualizar exemplos do custo de suas placas.

Figura 2 – Exemplo de valores de placas

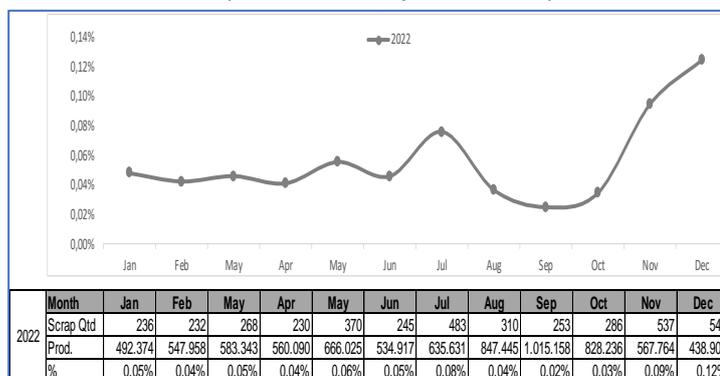
Número de Série	Placa	Valor (R\$)
EB XXX - 2	TV	204,27997
EB XXX - 6	TV	101,51884
EB XXX - 4	TV	135,5022
EB XXX - 5	TV	134,51116
EB XXX - 2	TV	165,09834
EB XXX - 1	TV	308,42489
EB XXX - 2	TV	109,03494
EB XXX - 3	TV	210,7958

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Como refletido, pôde-se analisar que o valor agregado de um produto acabado é maior do que o valor isolado de componente a componente, e mensalmente gerava-se um custo altíssimo para companhia com o descarte descontrolado da placa que diretamente afetava o KPI de Taxa de Perda de Material.

Então, certo de toda essa análise, foi feito o levantamento desse descarte e a quantidade total de placas descartadas mês a mês dentro da empresa durante o ano de 2022 que pode ser visualizado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Descarte de placas em relação ao total produzido em 2022



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

O descarte da placa, como já explicado, era refletido no montante final do custo total mês a mês com perda de material. Na tabela 2 é possível enxergar o exemplo do mês de maio de 2022, de como é feito a contabilização do custo total do mês com *scrap* de componente, onde é inventariado pelo setor de planejamento a despesa total em diferença a quantidade produzida do produto acabado naquele mesmo mês. Ou seja, o *scrap* dos componentes de um produto final também estava incluso nessa somatória.

Tabela 2 – Taxa de perda de Material (maio 2022)

GRUPO	ORG.	Produção em Massa: Custo em Reais (R\$)	Soma Scrap Componente: Custo em Reais (R\$)	Percentual (%)
TELEVISOR	(TV)	R\$ 34.545.117,94	R\$ 20.453,35	0,07%
	(OLED TV)	R\$ 2.527,50	R\$ 3.544,06	
MONITOR	(MONITOR TV)	R\$ 1.720.574,84	R\$ 3.116,45	0,36%
	(MONITOR)	R\$ 3.409.977,58	R\$ 15.247,54	
LINHA BRANCA	(AR-CONDICIONADO)	R\$ 2.293.017,93	R\$ 1.350,57	0,07%
	(MIRCROONDAS)	R\$ 344.227,44	R\$ 456,27	
MÍDIA	(MÍDIA TIPO 1)	R\$ 874.953,10	R\$ 2.343,73	0,36%
	(MÍDIA TIPO 2)	R\$ 241.480,39	R\$ 1.487,24	
	(MÍDIA TIPO 3)	R\$ 87.365,01	R\$ 485,02	
COMPUTADOR	(ALL IN ONE)	R\$ 628.364,56	R\$ 563,34	0,09%
	(NOTEBOOK)	R\$ 18.858.188,31	R\$ 8.546,24	0,05%
TOTAL		R\$ 63.005.794,60	R\$ 57.593,81	0,09%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

O percentual de perda desse mês foi de 0,09%, então ficou definido que o mês de maio de 2022, serviria como base analítica, devido ao fato já supracitado de que o mês de junho

serve como inventário geral para fábrica. Com isso, possíveis dados podem conter ajustes devido a acuracidade final do estoque dentro desse mês de junho.

Logo, claramente, ressalva-se que os fatores que levam a discrepância de dados durante o mês de junho entram na contabilização de divergência desse mês e é justificado como perda, logo, exemplifica o motivo do mês de junho sempre encontrar-se com o KPI de Taxa de perda de Material mais elevado que o normal.

Então, os dados foram confrontados, para que a análise se tornasse mais robusta e pudesse se chegar em uma conclusão final satisfatória da causa de perda de matéria-prima para a empresa. Foi preciso usar como amostra, dados do mesmo período, evitando que a informações fossem divergentes durante outros meses.

Por, todavia, mesmo pegando como referência o mesmo mês, maio de 2022, conforme pôde-se ver nas tabelas acima, tanto para *scrap* de placa, como para o *scrap* total de matéria-prima, era essencial que a conclusão fosse baseada em números monetários, valores em reais, para que tais evidências fossem expostas para alta direção, pois o principal ponto da companhia era redução de custo em dinheiro, e não apenas números quantitativos. Logo exemplificou-se abaixo, como foi feita tal análise:

- a) Valor do custo de *scrap* de placas em maio de 2022: Usando a tabela do custo de matéria-prima como exemplo da referência na figura 1, já citado anteriormente, foi feito o levantamento da quantidade de *scrap* de placas em maio de 2022, e contabilizando item a item da placa, resultando em uma somatória final de 370 unidades de placas, no valor total agregado de R\$ 35.421,88. A tabela 3 demonstra esse resultado.

Tabela 3 – Custo scrap placas (maio 2022)

GRUPO	ORG.	Quantidade Maio. '22	Valor Scrap (R\$)
TELEVISOR	(TV)	139	R\$ 14.327,36
	(OLED TV)		
MONITOR	(MONITOR TV)	105	R\$ 8.921,63
	(MONITOR)		
LINHA BRANCA	(AR-CONDICIONADO)	27	R\$ 868,93
	(MIRCROONDAS)		
MÍDIA	(MÍDIA TIPO 1)	76	R\$ 2.921,21
	(MÍDIA TIPO 2)		
	(MÍDIA TIPO 3)		
COMPUTADOR	(ALL IN ONE)	23	R\$ 8.382,75
	(NOTEBOOK)		
Total		370	R\$ 35.421,88

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

- b) Valor do custo total de perda de material levando em consideração o montante da quantidade que foi *scrap* em placas: Valor total de componentes (Matéria-prima) perdidos naquele mesmo período, de acordo com KPI de Taxa de Perda

de Material, em maio de 2022, foi de R\$ 57.593,81, logo, o resultado mostrou que R\$ 35.421,88 do valor das placas que se tornaram *scrap* era 61,5% do total de perda de matéria-prima, vê-se na tabela 4:

Tabela 4 – Custo scrap de componentes em placas (maio 2022)

GRUPO	Soma scrap de componentes por Grupo (R\$)	Qtd. Placa scrap por Grupo (Unidade)	Soma scrap por Placa: Custo em Reais (R\$)	Valor percentual em relação ao scrap total de componente por grupo (%)	Média de valor por placa (R\$)
TELEVISOR	R\$ 23.997,41	139	R\$ 14.327,36	59,7%	R\$ 103,07
MONITOR	R\$ 18.363,99	105	R\$ 8.921,63	48,6%	R\$ 84,97
LINHA BRANCA	R\$ 1.806,84	27	R\$ 868,93	48,1%	R\$ 32,18
MÍDIA	R\$ 4.315,99	76	R\$ 2.921,21	67,7%	R\$ 38,44
COMPUTADOR	R\$ 9.109,58	23	R\$ 8.382,75	92,0%	R\$ 364,47
Total	R\$ 57.593,81	370	R\$ 35.421,88	61,5%	R\$ 95,73

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Com todos esses resultados ficou claro a análise e concluiu-se onde deveria ser o ponto de observância para se aplicar ações de promoção visando a redução desse indicador de KPI.

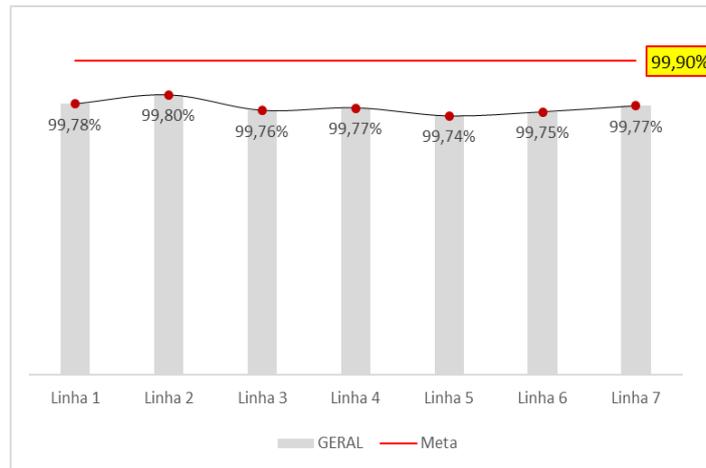
4.2 Estratificação dos principais ofensores

Em um segundo momento foi feito o levantamento dos causadores dessas perdas, por se tratar de uma empresa de montagem de placa de circuito eletrônico, onde a tecnologia usada pela mesma é o chamado *SMD*. A fábrica utiliza então como base dois tipos de controle para monitoramento de perda da sua matéria-prima, o chamado índice de montagem por máquina e o levantamento de *scrap* ocasionado por modos de falhas em seu processo.

4.2.1 Índice de montagem por máquina

Toda máquina de montagem do processo é capaz de emitir um relatório de quantos componentes foram montados no seu ciclo de funcionamento. Ao fim desse ciclo a mesma gera um índice do resultado de montagem em relação a 100% do que foi alimentado na máquina. Por se tratar de uma operação automática, onde não requer interferência humana direta, a meta desse indicador, conforme a matriz, deve ser menor que 0,10% de perda. O gráfico 3 exemplifica o que seria esse resultado na prática:

Gráfico 3 - Índice de montagem de máquina por linha



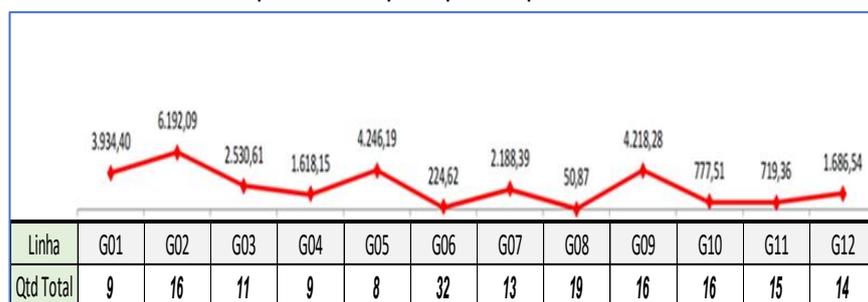
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

4.2.2 Modos de falha

Defeitos são oriundos de diversos tipos de modos de falhas. Dentre várias tipologias de causas, encontra-se o chamado *scrap* de placa, esse que se torna item principal para a compilação resultante do custo de perda de material mês a mês. Haja vista que apenas uma única placa requer em média por volta de 300 componentes, logo, seu custo na perda de material será muito superior do que apenas a não montagem de um único componente na placa de acordo com índice de montagem da máquina.

A mesma usa um sistema interno próprio para lançamento de defeitos ocasionados no processo, onde cada linha de produção é logada nesse sistema e individualmente são contabilizados os defeitos de cada linha, logo sendo possível estratificar esses defeitos de forma acumulada, linha a linha, e criar-se uma tabela para avaliar esse monitoramento conforme será possível ver no gráfico 4.

Gráfico 4 – Exemplo de scrap de placas por linha valores em reais



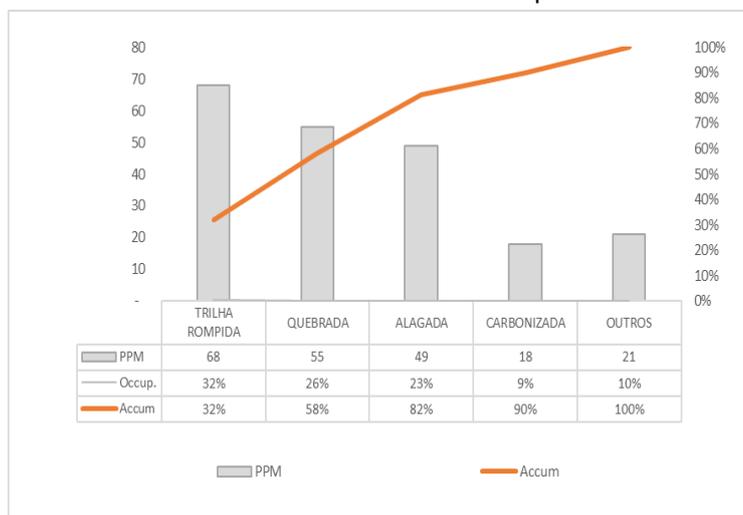
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

4.2.3 PPM e Diagrama de Pareto

Através do Diagrama de Pareto foi possível enxergar qual o tipo de ação deveria ser tomado. O banco de dados do ano de 2022 foi extraído do sistema onde contém todas as

informações que são necessárias para criação da análise das causas, e foi juntado a quantidade de *scrap* total e o número de produção acumulada durante o mesmo período para se tirar o valor de PPM e montar o Diagrama de Pareto. Então vide gráfico 5, logo abaixo, é possível visualizar as principais causas raízes de *scrap* de placa.

Gráfico 5 – Causas de Scrap



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Com esta análise ficou claro onde seria o ponto de qual caminho tomar, haja vista dos seguintes níveis de classificação das causas de *scrap* de placa:

- a) Trilha Rompida: Placa encontra-se muitas das vezes em perfeito estado estético e componentes intactos.
- b) Quebrada: Placa esteticamente danificada, passível de outros componentes também estarem danificados.
- c) Alagada: Placa com curto de solda, esteticamente danificada passível de outros componentes também estarem danificados.
- d) Carbonizada: Placa esteticamente danificada, passível de outros componentes também estarem danificados.

Concluiu-se então que seria definido um plano de ação em torno da temática do *scrap* de placa, para que se fosse possível atingir melhores índices de redução no custo de perdas de matéria-prima. Pois, com análise de Pareto mostrou-se viável a reutilização de componentes, visto que a trilha rompida em nada afeta o reaproveitamento dos componentes, de forma física e funcional.

Logo, visou-se que o mesmo ainda resguardaria o máximo de qualidade possível como matéria-prima quando reutilizado em outras placas. Ou seja, o produto acabado que é a placa, não seria impactado, sendo considerado como um produto de mesma qualidade em relação a uma placa produzida sem desvio.

4.3 Plano de ação

Com todo o levantamento feito através de estudos e análises usando como referência os dados do ano de 2022 foi feito um *brainstorming* junto com os setores de Engenharia, Manutenção, Qualidade e Planejamento, onde concluiu-se que uma pertinente ação seria o desenvolvimento de uma cadeia que retroalimentasse o próprio processo com matéria-prima que pudesse ser reutilizada, usando o conceito de logística reversa.

Para isso, primeiramente foi-se pensado uma forma de amarrar o controle desse processo da melhor forma, onde o setor de qualidade pudesse controlar e monitorar a quantidade de *scrap* mês a mês. Foi-se criado então uma área dentro da própria sala de reparo onde ficariam alocados as placas *scrap* que seriam jogadas no lixo ou não.

Junto disso, toda placa só poderia ser descartada, caso fosse gerado um documento com seu número de série, indicando o não uso da placa e o motivo do descarte e seu responsável, onde ao final de todo mês seria recolhido o montante junto com o documento para que fosse levado até o setor de resíduos apropriados.

No setor de resíduos seria confrontado o material físico com o documento evitando qualquer tipo de desvio ou falha no processo de gerenciamento de descarte de placas, validando toda a cadeia desse monitoramento e seu real destino final na casa. Na Figura 3 abaixo é possível ver o documento utilizado para descartes de placa.

Figura 3 – Exemplo documento para descarte de placa

DOCUMENTO: DESCARTE DE PLACAS / NÚMERO DO PROTOCOLO: XX-XX2023-XX					
LOGO DA EMPRESA	DATA DO DESCARTE	ASSINATURA			
		RESPONSÁVEL PELO DESCARTE	SUPERVISOR	GERENTE	DIRETOR
EVIDÊNCIA		MATERIAL: QUANTIDADE: FÁBRICA: TIPO DE DESCARTE:			
OBSERVAÇÕES:					
DATA DO RECEBIMENTO		RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO		SETOR	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Ficou definido também que toda placa que fosse dada entrada no sistema como *scrap* seria analisada por um técnico de reparo, onde o mesmo atestaria qual o nível de classificação.

Se o mesmo avaliasse que a placa estava em boas condições sem danos físicos nos componentes, ele as separava para área de *scrap*.

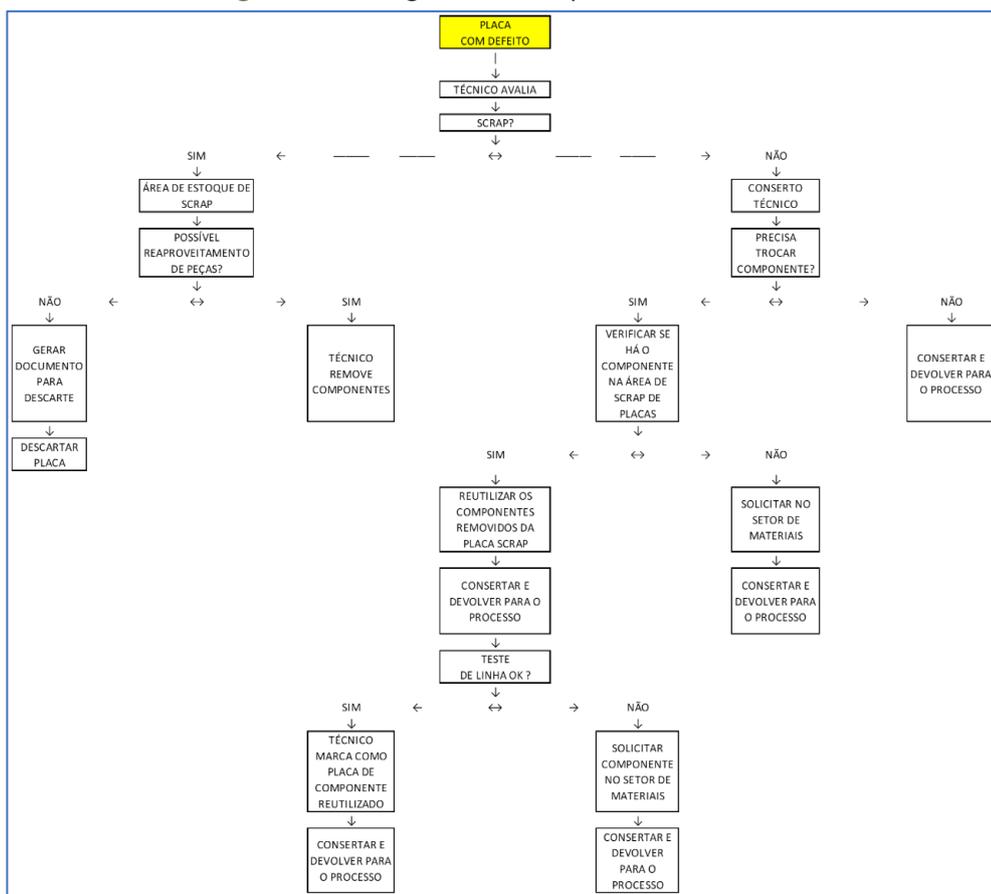
Quando ocorresse algum reparo de placa do processo, fazia-se a remoção dos componentes necessários que o mesmo precisasse para repor em uma placa com defeito, sem precisar solicitar da área de materiais um novo componente para fazer o reparo.

Foi decidido então fazer uma introdução aos poucos no processo e analisar quais resultados iriam ser obtidos durante o primeiro mês de 2023 e consequentemente abrir margem para comprovar junto a alta direção o investimento no projeto.

4.3.1 Fase um (Fase inicial de teste)

Como já explicado, a priori, basicamente, foi apenas flexibilizada a operação através do próprio técnico de reparo de placas, seguindo o seguinte conceito: o mesmo iria reutilizar componentes das placas que eram *scraps* para fazer conserto de placas com defeito. De acordo com o fluxograma da figura 4 abaixo:

Figura 4 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Abaixo na Figura 5, encontra-se o número resultado de reaproveitamento de componentes no primeiro mês da ação, resultando no total de 541 componentes reaproveitados. Utilizando a tabela de preços foi possível chegar no valor de R\$ 2.046,39 salvos.

Figura 5 – Quantidade de componentes reaproveitados (janeiro 2023)

GRUPO	Qtd.
TELEVISOR	275
MONITOR	152
LINHA BRANCA	37
MÍDIA	72
COMPUTADOR	5
Total	541

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Levando em consideração que o processo foi apenas uma ação inicial, sem muita complexidade e investimento, onde em um mês foi guardado um montante que significou naquele mesmo período a redução de 5,36% no percentual de perda de material, conforme vê-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado Taxa de Perda de Material (janeiro 2023)

Org	ITEM	23.JAN
TOTAL	Despesa	R\$ 74.668.221,22
	Scrap Componente	R\$ 38.155,93
	Meta	0,09%
	Resultado	0,05%
	Atingimento KPI	176,12%
	Qtd. Componentes reaproveitados	541
	Valor Salvo	R\$ 2.046,39
	Percentual Salvo	5,36%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Consequentemente, como o resultado de 0,05% em janeiro de 2023 foi altamente satisfatório, a fase 2 foi aceita pela gerência e implementada no mês subsequente. Ressalvou-se na análise e discussão com a direção que além do bom número, o resultado ficou abaixo da meta esperada de 0,09% no KPI, logo no primeiro mês de implementação do projeto. A Tabela 5 acima demonstra o resultado.

4.3.2 Fase dois (Implementação da ação final)

Nessa segunda fase, obviamente, foi uma complementação mais robusta da Fase 1 e com investimento da subsidiária com contratação primeiramente de um colaborador técnico a mais para que ficasse especificamente com a atividade de avaliação técnica do defeito de *scrap* e a remoção dos componentes passíveis de reaproveitamento.

Tal investimento custará ao final do ano de 2023 para fábrica um total em torno de R\$ 56.000,00 (Cinquenta e Seis Mil reais). Esse valor investido foi provisionado para ajustar o ganho real previsto ao fim desse mesmo ano, porém como o projeto em si, foi de duração de 6 meses, foi levado em consideração apenas a metade do custo total, ficando como despesa de investimento para o projeto presente nessa dissertação o valor de R\$ 28.000,00 (Vinte e Oito Mil reais).

Basicamente com isso foi possível separar todo tipo de componente, pois com uma pessoa exclusivamente exercendo essa atividade e dando atenção especial essencialmente aqueles com maior valor de custo, faria com que o técnico de reparo não precisasse dividir seu tempo nessa atividade. E assim, ficou mais fácil de definir a forma como aquele componente seria reaproveitado na cadeia e não tão somente reaproveitado pelo conserto de placas.

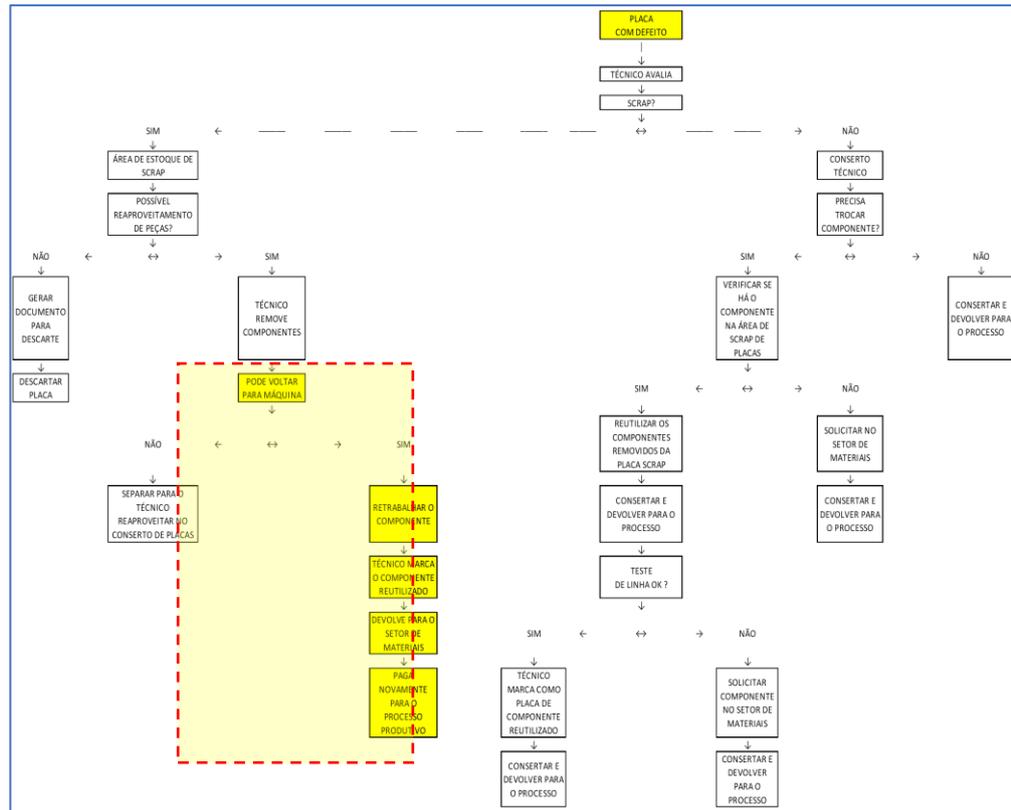
Nem todo componente pode voltar para máquina devido a sua característica, como por exemplo, componentes em rolo que já chegam assim diretamente do fornecedor. Para que sejam alimentados nas máquinas, eles precisam vir enclausurados dentro de um enfitamento.

Porém *Chips*, de circuito integrado, que já referenciado diversas vezes no texto como o componente de maior valor em custo para uma placa, normalmente são adquiridos em bandejas sendo assim possíveis de serem recolocados na mesma bandeja e com possibilidade de reuso de matéria-prima desde o início do processo produtivo.

Outra forma seria justamente a questão da reutilização do componente em placas que apresentaram defeito durante seu processo de produção, ocasionado por modos de falhas, em sua grande maioria filtrados em testes ou inspeções visuais.

Logo abaixo no fluxograma da figura 6, foi evidenciado onde entrou a segunda fase do projeto dando mais vazão e colaborando ainda mais para o reaproveitamento de matéria-prima.

Figura 6 – Fluxograma de Reaproveitamento de Material na Fase 2



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

4.3.2.1 Cadeia de reaproveitamento de componente

O fluxograma do processo serviu como norte na prática para o processo de reaproveitamento desses componentes, ficando claro que mesmo que parcialmente, o processo encontrava-se dentro de uma cadeia, conforme pode-se perceber na figura 7 abaixo.

Figura 7 – Cadeia de reaproveitamento de materiais



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Logo a cadeia, segue a lógica, correlacionando os seguintes itens:

- a) Indústria: Linha de produção / Processo Produtivo.
- b) Produto Acabado: Placa.
- c) Resíduo: Placa *scrap*.

- d) Descarte: Área de descarte de placa *scrap*.
- e) Coleta e Seleção: Técnico avalia e remove os componentes.
- f) Matéria-prima: Reutilização em outras placas.

Ao final da implementação, deu-se início a fase de monitoramento que pôde-se atestar a eficácia através da comprovação dos números que não apenas uma mera cadeia, mas como um conceito de reaproveitamento de matéria-prima que pode gerar resultados satisfatórios dentro de uma empresa.

4.4 Resultado Final

Para que o estudo atendesse a uma análise coerente, foram utilizados dados do KPI de Taxa de Perda de Material do mesmo mês do ano anterior e do mesmo mês do ano corrente como objeto de comparação, com isso foram expostos os resultados abaixo, na tabela 6.

Tabela 6 – Taxa de Perda de Material (Comparativo 2022 e 2023)

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%
Meta	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
2023	0,05%	0,04%	0,06%	0,03%	0,07%	0,13%
Atingimento	180%	225%	150%	300%	129%	69%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Ficou evidente o nível de atingimento satisfatório com a implementação das ações para que se conseguisse atingir uma redução na Taxa de Perda de Material.

Porém, não só em relação a meta, ressaltou-se também a relação do resultado com o ano anterior, muito acima do esperado conforme pode ser observado na tabela 7, logo abaixo, tornando mais robusto ainda a satisfação final do projeto.

Tabela 7 – Comparação mês a mês (Comparativo 2022 e 2023)

Item	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%
2023	0,05%	0,04%	0,06%	0,03%	0,07%	0,13%
Atingimento	200%	225%	100%	267%	129%	692%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

4.4.1 Resultado Final no mês do inventário

Conforme já explicitado, o mês de junho para empresa, é o mês onde se apresenta um volume maior na Taxa de Perda de Material, haja vista, do seu inventário geral de matéria-prima devido a implementação de novos modelos que virão para o próximo ano, fazendo com

que todo o estoque possa vir a ser ajustado ao máximo possível para que seja consumido no produto que está saindo de linha.

Então, esse foi mais um resultado que explicitou a eficiência da implementação do projeto na fábrica, devido ao fato de que a discrepância no mesmo mês de inventário do ano corrente em relação ao ano anterior, teve uma alavancagem de 692%, comprovando que além do estoque de matéria-prima estar consumindo perto daquilo que é o esperado, o processo de reuso de componentes é eficaz dentro da realidade desse processo produtivo.

Ressalvado que mesmo não atingindo a meta esperada de 0,09%, no inventário, a média final entre os mesmos períodos dos anos mostra que os 6 primeiros meses são muito superiores no mês corrente, conforme evidenciado na tabela 8, abaixo.

Tabela 8 – Média acumulada até junho (Comparativo 2022 e 2023)

ANO	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Média Ac.
2022	0,10%	0,09%	0,06%	0,08%	0,09%	0,90%	0,22%
2023	0,05%	0,08%	0,06%	0,07%	0,09%	0,13%	0,08%
Melhoria	200,00%	112,50%	100,00%	114,29%	100,00%	692,31%	275,00%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

4.4.1 Resultado Final de ganhos em reais para a companhia

Então, a última análise a ser feita foi justamente o ganho em valor monetário para a empresa, pois assim fecharia o ciclo de comprovação que de fato a ferramenta aplicada no processo foi eficaz para a redução do indicador difundido em todo o estudo. Vide figura 8 abaixo, onde têm-se a contabilização geral da quantidade reutilizada durante esse período.

Figura 8 – Quantidade de componentes reciclados até junho de 2023

Item	QTD.
IC	522
Outros SMD	2.151
TTL	2.673

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Logo abaixo, na Figura 9, vê-se o valor em reais desse mesmo período, transformado pela quantidade de acordo com a tabela de preço de cada componente.

Figura 9 – Valor em reais de componentes reciclados até junho de 2023

Item	Valor
IC	R\$ 78.634,08
Outros SMD	R\$ 10.475,37
TTL	R\$ 89.109,45

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Agora é possível visualizar na tabela 9, os valores mês a mês alcançados durante os 6 primeiros meses de 2023, que gerou os resultados já expostos no índice da Taxa de Perda de Material.

Tabela 9 – Valor em reais de componentes reciclados até junho de 2023

Org	ITEM	23.JAN	23.FEV	23.MAR	23.ABR	23.MAI	23.JUN
TOTAL	Despesa	R\$ 74.668.221,22	R\$ 57.135.494,59	R\$ 72.166.734,39	R\$ 67.328.831,76	R\$ 64.989.099,49	R\$ 64.248.678,77
	Scrap Componente	R\$ 38.155,93	R\$ 43.247,83	R\$ 40.789,01	R\$ 47.405,62	R\$ 59.484,11	R\$ 81.460,34
	Result	0,05%	0,08%	0,06%	0,07%	0,09%	0,13%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da pesquisa (2023)

Conclui-se então, levado em consideração os dados exposto, onde na somatória geral de perda, durante os 6 meses iniciais do ano, ficou no valor total de R\$ 310.542,84 (Trezentos e Dez Mil e Quinhentos e Quarenta e Dois Reais e Oitenta e Quatro centavos) e o que foi salvo ficou no valor total final de R\$ 89.109,45 (Oitenta e Nove Mil e Cento e Nove reais e Quarenta e Cinco centavos), que o valor salvo com o projeto significa um montante de 29% de ganho do valor total de *scrap* de componentes no ano de 2023.

5 CONCLUSÃO

Por fim, trata-se de um processo onde o conceito de logística reversa não é pleno, pois não há uma cadeia onde o produto final chegue até um consumidor final. Porém a ferramenta da logística reversa para o projeto em questão foi mais colaborativo no sentido conceitual, bem como, por se tratar de uma situação onde o grande desafio era justamente a redução do indicador de KPI para a companhia que serviu como objeto de estudo de caso.

Logo, conceituando que o produto final seria justamente a placa que será consumida em um outro produto nessa mesma empresa e que por si só a mesma já se caracteriza como um produto acabado, pois utiliza diversas matérias-primas em sua montagem, fazendo a correlação com tal conceito de logística reversa, o estudo se tornou completamente plausível para o caso que foi gerador desse artigo atribuindo assim um marco para a empresa, mais ainda devido ao fatos dos números serem comprovadamente eficientes.

Reitera-se que foi entendido que a lógica não é amplamente difundida no processo que serviu de estudo de caso, por, todavia, de maneira intrínseca ao conceito final, está presente a característica de: reuso, reaproveitamento e reciclagem de material, onde o descarte seria seu destino final.

Porém o objetivo principal desse estudo de caso foi alcançado quando por meio da implementação do conceito, os resultados do KPI foram reduzidos. Logo, todo o estudo fez-se sentido, pois além de saldo positivo, o projeto pode comprovar que há meios possíveis de se fazer o reuso ou reciclagem de materiais dentro de uma cadeia própria.

Nesse projeto, também é possível interligar ao grande meio do lixo eletrônico de forma relevante, pois foi-se evitado que o destino final dos mesmos não tivesse retorno relevante para o meio ambiente. Pois, não só foi possível fazer-se adaptações para o proposto do conceito de logística reversa, como é válido ressaltar que não só o ganho monetário que a empresa teve durante esse período serve como proveito, como também a ressalva que esses componentes seriam descartados como destino final.

Conclui-se então que a forma do projeto além de eficaz em número, ele se torna multidisciplinar, trazendo benefícios que podem gerar outras fontes de projetos futuros para a empresa. Sendo assim o mesmo servirá como exemplo para outras possíveis formas de aplicação desse projeto, em outras subsidiárias dentro da própria companhia, e não obstante a isso, aplicações de novas ideias que podem ser também geradoras de reutilização e reaproveitamento de matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônico. **Brasília**, p. 1-179, 2013.
- ALVES, D., & FARINA, M. Disposal and reuse of the information technology waste: A case study in a Brazilian university. **European Business Review**, v.30(6), p.720-734, 2018.
- DESTICIOGLU, B.; CALIPINAR, H.; OZYORUK, B. & KOC, E. Model for Reverse Logistic Problem of Recycling under Stochastic Demand. **Sustainability (Basel, Switzerland)**, v.14(8), p.4640, 2022.
- DOMÍNGUEZ, E.; PÉREZ, B.; RUBIO, A. L.; ZAPATA, M. A. A Taxonomy for Key Performance Indicators Management. **Computer Standards & Interfaces**, 2018.
- DORO, M. M. Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2006.
- FACHIN, O. Fundamentos de Metodologia. **São Paulo: Saraiva**, 5. ed., 2006.
- FERRAZ, P. H. R. Characterization and diagnosis of the process of reuse of electronic waste: case study in a specialized center in Recife, Pernambuco, Brazil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 24, p. e6, 2022.
- FERREIRA JÚNIOR, R.; GEMAQUE, S.; MELO, A.; MARTINS, V. & NUNES, D. Proposta de um desenho da cadeia reversa para resíduos eletroeletrônicos. **Revista metropolitana de sustentabilidade**. v.6(3), p.123-145, 2016.
- FREIRE, A. S.; BOBOT, L. S.; CORRÊA, R. A. N.; VIEIRA, M. D.; CASTRO, A. O.; OLIVEIRA, A. C. Redução de indicadores de sucata por meio de ferramentas da qualidade: um estudo de caso de uma indústria metal mecânico, segmento duas rodas. **ITEGAM-JETIA**, v. 05, n. 19, p. 136-144, 2019.
- ISLAM, M. & HUDA, N. Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, v.137, p. 48-75, 2018.
- MARTINS, G. A. & THEÓPHILO, C. R. Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicada. **Atlas**, 3 ed., 2016.
- MELLO, A. R. Sistema de inspeção visual de placas de circuito impresso para linhas de produção em pequenas séries em um contexto multiagentes. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2015.
- MELO, D. F. F. Desenvolvimento de máquina automática para inspeção óptica de placas de circuito impresso em pequenas séries. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2013.
- MORAIS, M. R. Reciclagem de resíduos de indústria de placas cerâmicas: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado), **Universidade de São Paulo**, 2002.

PEREIRA FILHO, E.; DE OLIVEIRA, M.; DE SOUZA, C.; YANAI, A.; DE OLIVEIRA, M. & GOMES, V. Estudo bibliométrico da produção científica sobre logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista metropolitana de sustentabilidade**. v.9(1), 2019.

RENE, E.; SETHURAJAN, M.; KUMAR PONNUSAMY, V.; KUMAR, G.; BAO DUNG, T.; BRINDHADEVI, K., & PUGAZHENDHI, A. Electronic waste generation, recycling and resource recovery: Technological perspectives and trends. **Journal of Hazardous Materials**, v.416, p.125664, 2021.

RIBAS, R. P.; REIS, A. I.; LUBASZEWSKI, M. S. Concepção de Circuitos e Sistemas Integrados. **RITA**, v.8, 2001.

RIEGER, T. J. Resíduos eletroeletrônicos: uma análise do setor empresarial do município de Gravataí/RS. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2018.

SANTOS, L. O. Aplicação do MASP na redução de índices de sucata numa linha de montagem de placas notebook – Empresa do Polo Industrial de Manaus. Dissertação (Mestrado), **Universidade do Minho**, 2020.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON R. Administração da Produção. **Editores Atlas**, 8ª Edição, 2018.

SCHNEIDER, E. L.; GRASSI, G. D.; AMICO, S. C.; CHAVES, R. de A.; MAZZUCA, D. C., & ROBINSON, L. C. Reaproveitamento de resíduo de placas de circuito impresso como cargas em compósitos de polipropileno. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, n. 3, p. e-12832, 2020.

SHITTU, O.; WILLIAMS, I. & SHAW, P. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Management (Elmsford)**, v.120, p.549-563, 2021.

TAVARES, O. G. A relação dos indicadores de desempenho da logística portuária com os indicadores de desempenho da logística internacional. **Revista Eletrônica De Estratégia & Negócios**, v. 11, n. 1, p. 80, 2018.

UHLMANN, I. R., Aplicação de ferramentas do Lean Manufacturing em um processo de Smt: Estudo De Caso. Dissertação (Mestrado), **Universidade Federal do Pará**, 2015.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. **São Paulo: Atlas**, 14. ed., 2013.