

INOVAT+

Cadernos de Graduação da Faculdade da Indústria

PROPOSTA PARA REDUÇÃO DE QUEBRA DE DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Produção 1º Período

Orientadora

Professora Me. Lucélia
Mildemberger

Autores
Brenda Portela
Emilly Fernandes da Silva
Gabriel Oliveira Freitag
Gabriel Silva dos Santos
Lucas Rafael Preis
Pedro Henrique B. da Silva
Rafael França Peroti
Taíse Cristine O. Rodrigues

RESUMO

- Este trabalho é uma pesquisa de campo realizada numa indústria automotiva, e teve como objetivo propor um plano de ação para diminuir o índice de quebra de dispositivos de controle de qualidade nas peças impressas em 3D no setor estudado. Os objetivos específicos foram definidos em analisar as causas do problema, buscar alternativas de solução e propor um plano de ação para correção dele. Por meio da metodologia de entrevista não-estruturada, observação não participativa, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, brainstorming e diagrama de Ishikawa foram detectadas as causas do problema. Por meio da metodologia de benchmarking e matriz GUT foram buscadas alternativas de solução para o problema encontrado. Por meio da metodologia da ferramenta 5W2H foi elaborado o plano de ação. Os principais resultados do artigo são a redução da constante quebra de dispositivos através de treinamento dos colaboradores e a elaboração de um método de controle de produção.
 - **Palavras-chave:** 1 - Impressão 3D. 2 - Filamentos. 3 - Controle de Processo. 4 - Parâmetros de Impressão.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje muitas empresas têm se dedicado cada vez mais em inserir tecnologias de ponta nos processos de produção, não apenas para se adequar ao mundo contemporâneo, mas também para garantir o controle de qualidade de cada produto fabricado. Uma dessas tecnologias é o uso de peças e acessórios impressos em 3D. Assim, é de extrema importância que os profissionais sejam totalmente treinados quanto a utilização de máquinas 3D para que a produção seja eficiente. Muitas empresas passam por um problema de falta de mão de obra qualificada, o que acaba afetando muito na qualidade dos produtos.

Este trabalho foi realizado através de uma pesquisa de campo com base no estudo da constante quebra de peças impressas em 3D numa indústria automotiva, utilizadas como dispositivos de controle de qualidade e auxílio de montagem.

Este artigo tem como objetivo tanto a contextualização de assuntos importantes para o entendimento da temática de impressão 3D e da qualidade de produtos, quanto a proposição de uma ideia que busca solucionar o problema central da área de impressões tridimensionais.

Como foi visualizado no setor estudado, a questão da quebra exacerbada de peças causa o aumento de custos de matéria-prima por conta de peças que são constantemente repostas, fato que poderia ser reduzido por meio da apresentação de melhores filamentos para a impressão de gabaritos em 3D e, em complemento, o treinamento adequado de funcionários na utilização desse método, buscando a especialização.

Na primeira seção há a descrição do contexto organizacional, objetivos, justificativa e metodologia. Na segunda ocorre a exposição do embasamento teórico. Por fim, na terceira seção evidencia-se os dados apresentados pela empresa, análise de causas, levantamento de alternativas de soluções e o plano de ações.

1.1 CONTEXTO DA SITUAÇÃO NA EMPRESA

A pesquisa ocorreu em uma indústria automotiva situada em São José dos Pinhais, a qual opera 100 fábricas espalhadas em 27 países ao redor do mundo. Seu quadro de funcionários conta com 550.000 colaboradores e seus automóveis estão presentes em 153 países. A empresa começou sua atuação no Brasil na década de 50 e se tornou a maior exportadora da história do nosso país.

O foco da pesquisa se dá na área de impressão 3D, em um setor que desenvolve e fabrica peças que auxiliam no processo, em maior parte na área da montagem, como dispositivos e chapelonas. A tecnologia das impressoras de filamento é recente na empresa, que ainda possui um desconhecimento sobre a abrangência de materiais que podem ser utilizados no processo e quais deles se adequam melhor às suas necessidades.

1.2 OBJETIVOS

Para a realização deste trabalho foram definidos um objetivo geral e três objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é diminuir o alto índice de quebra de dispositivos de auxílio e controle de montagem que ocorrem na empresa.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) analisar as causas do problema;
- b) identificar alternativas de solução para as causas do mesmo;
- c) propor um plano de ação para diminuir o índice de quebra de peças.

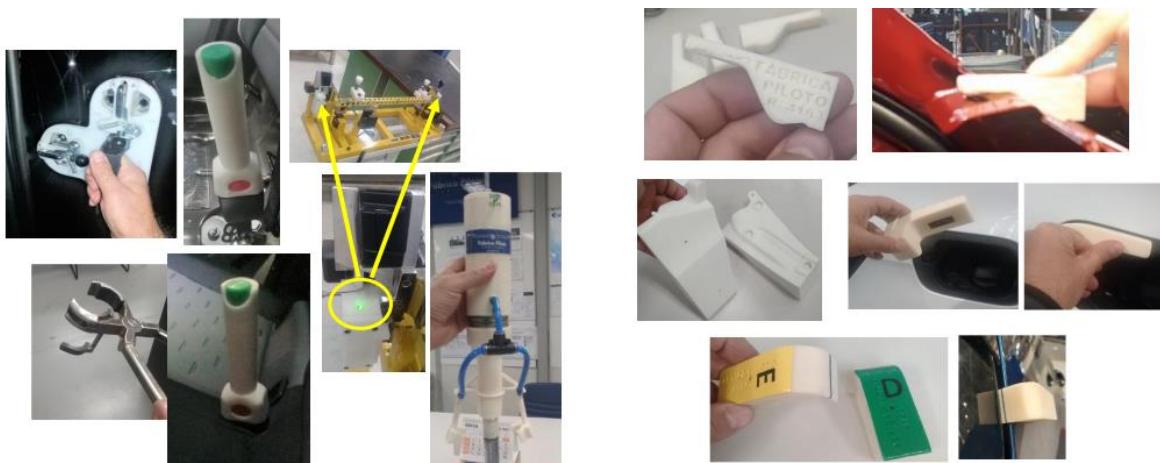
1.3 JUSTIFICATIVA

Por meio da entrevista não estruturada durante a visita na empresa, no dia 25 de março de 2022 com o operador das impressoras 3D, foi obtida a informação de que ocorrem constantemente a quebra de peças que foram produzidas no setor, e por este motivo existe uma assídua necessidade de reposição de dispositivos, ilustrados na figura 1. Por este motivo, foi realizada a tentativa de utilização de outros materiais, porém não foi obtido sucesso por dificuldade durante a parametrização da impressora. Além disso, foi constatado que não há um controle de processo destes dispositivos, por isso não existe forma de apresentar números que demonstram esta informação

de forma correta e precisa. De acordo com Chambers, Johnston e Slack (2009), administrar o processo de produção permite que os produtos sejam desenvolvidos com maior qualidade, ao mesmo tempo que se reduzem os custos, e ainda de acordo com Corrêa (2009), uma má gestão de produção pode se tornar um empecilho no desenvolvimento organizacional.

Portanto, as causas analisadas estão relacionadas ao mapeamento dos tipos de filamentos para impressão 3D no mercado e sua aplicabilidade, além de um método de controle de processo para que essas informações possam ser aplicadas de uma maneira funcional, fazendo com que a frequente fratura de peças seja diminuída.

Figura 1: Dispositivos e Chapelonas



Fonte: Autores (2022)

1.4 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia adotada neste estudo.

Esse trabalho é uma pesquisa de campo, que de acordo com Lakatos e Marconi (2010) se trata de uma absorção de dados que acontece de maneira natural e sem interferência do pesquisador, que deve estar munido de uma base teórica fundamentada por uma pesquisa bibliográfica para que possa definir de antemão o planejamento geral da pesquisa, e os métodos e ferramentas para coleta, registro e análise das informações.

Segundo Mattar (2008), este método só pode ser realizado com uma preparação prévia, delimitando seu campo de estudo e como ele será acessado,

assim como seus participantes, para que seja definido a maneira como esses dados serão coletados e analisados.

A pesquisa de campo foi realizada na empresa estudada no dia 25 de março de 2022, no setor em que são feitas impressões 3D.

1.4.1 Métodos e Técnicas para Análise de Causas

Nesta seção são apresentados os métodos e técnicas utilizados para análise das causas do problema, como entrevista não-estruturada, observação não participativa, pesquisa bibliográfica, pesquisa na internet, *brainstorming* e diagrama de Ishikawa.

1.4.1.1 Entrevista Não-estruturada

De acordo com Severino (2013), o entrevistador colhe informações a partir do discurso livre dos entrevistados, e somente interfere para aguçar os mesmos.

Segundo Rampazzo (2005), entrevista não estruturada ocorre quando as perguntas podem ser manipuladas dependendo da situação, que são respondidas livremente durante uma conversa informal.

A entrevista não-estruturada foi realizada com o supervisor do setor e o operador das impressoras 3D.

1.4.1.2 Observação Não Participativa

Na observação não participante, segundo Lakatos e Marconi (2010), o pesquisador é apenas um observador que não participa dos fatos. De acordo com Mascarenhas (2018), a observação se torna indispensável para a evolução da ciência, pois sem isso não seria possível coletar dados e evidências para ensaiar hipóteses.

A observação não participativa foi usada na indústria automotiva em questão durante a visita na mesma, visto que nenhum membro da equipe faz parte do quadro de colaboradores da empresa.

1.4.1.3 Pesquisa Bibliográfica

Segundo Mattar (2008) a pesquisa bibliográfica é um método que identifica documentos de vários tipos e em vários acervos. Essa informatização das referências gerou um certo aumento nas facilidades das pesquisas bibliográficas.

Como afirma Parra Filho (1998) a pesquisa bibliográfica é um conhecimento prévio que já existe em informações escritas em livros, revistas e em vários outros meios, se tornando fundamental para pesquisas.

Neste trabalho, a pesquisa bibliográfica foi realizada por meio do acesso a livros que permitem compreender os conceitos abordados.

1.4.1.4 Pesquisa Documentada

A pesquisa documental consiste na procura através de documentos sem finalidade definida, como cita Gil (2010), a pesquisa é composta por documentos de natureza diversa e de vários formatos possíveis, como papéis escritos à mão, documentos impressos ou até mesmo em arquivos digitais:

Além disso, segundo Lakatos e Marconi (2010), pode haver divisões entre fontes documentais – fontes escritas ou não; primária e secundária; contemporâneas ou retrospectivas. Todas essas variáveis podem ser usadas para diferenciar qual tipo de documento está sendo utilizado na pesquisa.

A pesquisa documentada foi utilizada para analisar informações em documentos apresentados durante a visita.

1.4.1.5 Pesquisa na Internet

Para Mattar (2008) é comum encontrar o que quiser na internet nos dias de hoje, podendo futuramente a internet ser a maior fonte de dados, porém nem tudo que é publicado tem total confiabilidade, lembrando que a nela existem diferentes níveis de conhecimento.

A pesquisa de internet para Severino (2013) trata-se de uma enorme rede que gerencia diversos recursos para uma pesquisa para diversos campos de conhecimento, gerando comunicações acessíveis no mundo inteiro.

Neste trabalho, a pesquisa de internet foi realizada para acesso de diversas informações, como o site da empresa pesquisada, sites de fornecedores, trabalhos publicados e informações complementares disponíveis na internet.

1.4.1.6 *Brainstorming*

De acordo com Cooper e Edget (2008) o *Brainstorming* é uma técnica cunhada para propor soluções para deficiências identificadas em problemáticas existentes.

A definição de *Brainstorming* foi criada por Alex Osborn, que defendia que ideias e pensamentos poderiam ser desenvolvidos individualmente ou em grupo, onde as ideias são exploradas sem bloqueio, expressadas em pontos interessantes e convencionadas. Como Pauling (1960) sugere, a melhor forma de aprendizado é diversificando o conhecimento. Tal fato é corroborado, levando em consideração a expansão de conhecimento e ideias concedidas pelo brainstorming.

O *brainstorming* foi utilizado para elaborar o diagrama de Ishikawa.

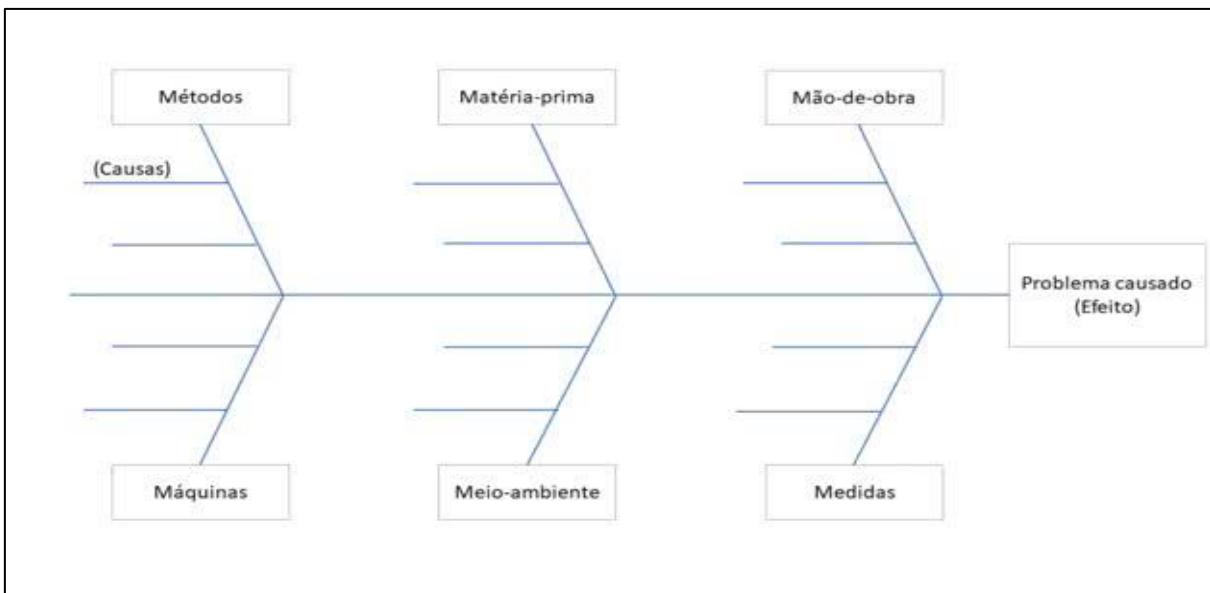
1.4.1.7 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, foi idealizado em 1943 pelo Dr. Ishikawa. Conforme Silva e Peso (2001), o diagrama possui a função de mostrar a relação de causa e consequência e seus fatores envolvidos.

O diagrama de causa e efeito é de grande relevância para analisar a causa raiz através da verificação e o controle de problemas. (PICCHIA; FERRAZ JUNIOR, SARAIVA, 2015).

Segundo Araújo (2010), tal diagrama pode ser denominado como 6M, pois em sua estrutura, os problemas se identificam de seis maneiras distintas: método, máquina, medida, matéria-prima, mão de obra e meio ambiente, como pode-se ver na figura 2:

Figura 2: Diagrama de Ishikawa



FONTE: Dicionário Financeiro (2022)

O diagrama de Ishikawa foi utilizado para analisar as causas do problema apresentado durante a visita.

1.4.2 Métodos e Técnicas para Levantar Alternativas de Solução

Nesta seção serão apresentados os métodos e técnicas para levantar alternativas de solução, como por exemplo o *benchmarking* e a matriz GUT.

1.4.2.1 *Benchmarking*

Para descrever o que é *benchmarking*, utilizou-se a definição de Albertin, Aragão Jr e Elias (2021, p. 16) “Nós olhamos ‘o que e como os outros fazem’ e procuramos fazer melhor”.

Para usar essa ferramenta, deve-se perguntar: Outras empresas já passaram pela mesma situação? Quais as formas que usaram para lidar com o mesmo? De acordo com Bogetoft (2012), o *benchmarking* é uma forma de comparação, seja para processos ou desempenho entre empresas ou organizações, que tem o objetivo de aplicar as melhores opções que já foram testadas e documentadas.

O *benchmarking* será utilizado para verificar como outras empresas já lidaram ou lidam com o mesmo problema apresentado na pesquisa.

1.4.2.2 Matriz GUT

O principal problema enfrentado pode ser ramificado em diversas causas, por isso será necessário o uso da Matriz GUT para priorizar o que deve ser resolvido.

Para Lucinda (2010), esta ferramenta traz um meio simples e eficiente de analisar as prioridades através da gravidade, urgência e tendência da situação.

Para que isso se aplique, conforme o quadro 1, se distribuem pontuações de 1 a 5 para cada elemento na matriz, e depois de multiplicados é gerada a prioridade (CAMPOS, 2020).

Quadro 1 - Critérios da Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
1	Extremamente grave.	Precisa de ação imediata.	Vai piorar rapidamente.
2	Muito grave.	É urgente.	Vai piorar em pouco tempo.
3	Grave.	Agir o quanto antes.	Vai piorar em médio prazo.
4	Pouco grave.	Pouco urgente.	Vai piorar no longo prazo.
5	Sem gravidade.	Pode aguardar.	Não vai piorar.

FONTE: GAZIN ATACADO (2022)

1.4.3 Métodos e Técnicas para Elaborar o Plano de Ação

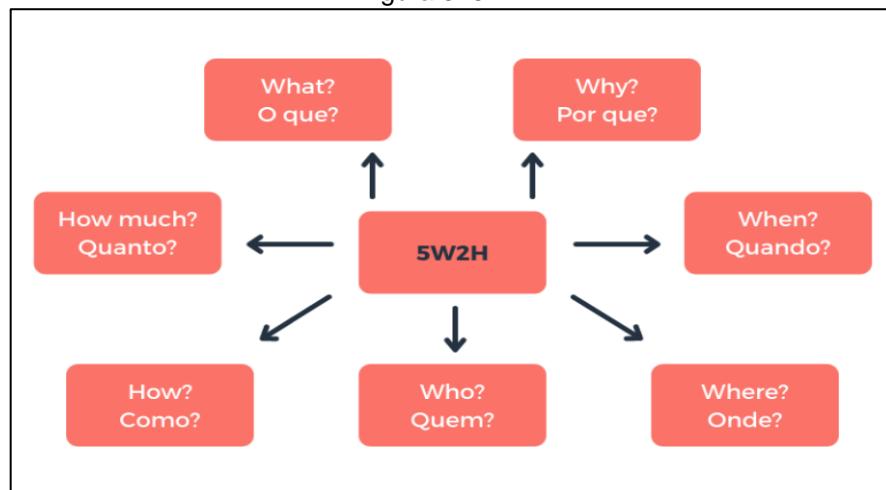
Nesta seção serão apresentados os métodos utilizados para elaborar o plano de ação do problema proposto.

1.4.3.1 5W2H

Para Cierco, Marshall e Motta (2003), 5W2H é de um método voltado para realização de planos de ação simples e ágeis após análise de causa.

Segundo Bambirra (2011), as atividades devem ser inseridas em um quadro demonstrando o custo-benefício da ação proposta, uma maneira simples e muito eficaz de se estruturar medidas capazes de mitigar perdas elevando a performance da área, como é possível visualizar na figura 3:

Figura 3: 5W2H



Fonte: G4 Educação (2022)

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos sobre resistência dos materiais, filamentos, dispositivos de controle de qualidade, controle de qualidade de processo, treinamento, manutenção, controle do ambiente, controle de produção e impressão 3D.

2.1 RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

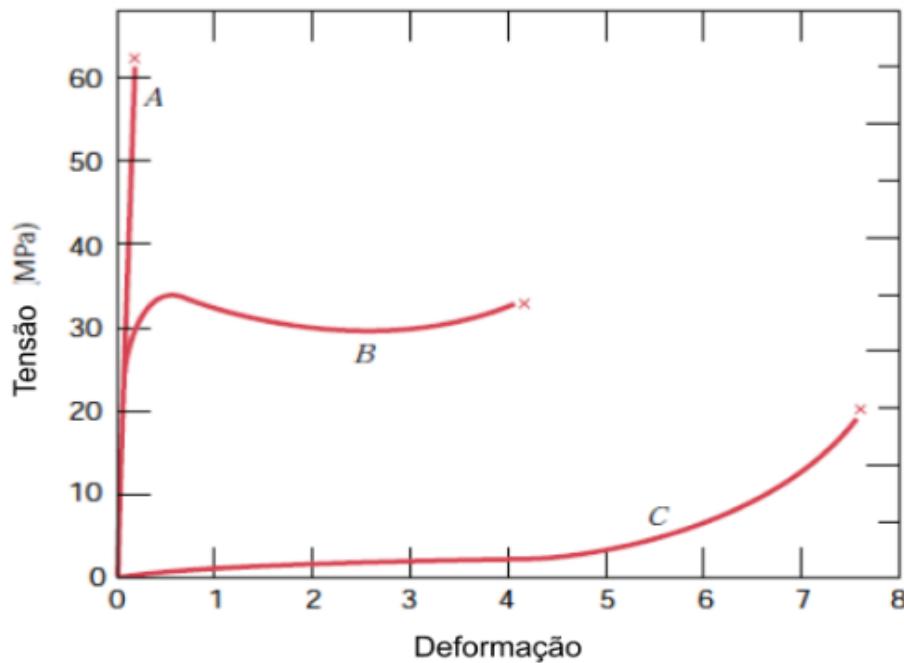
Segundo Arrivabene (1994), resistência dos materiais é o estudo das tensões e como elas podem causar deformações nos objetos estudados.

De acordo com Popov (1984), ao desenvolver uma construção na engenharia, suas partes devem ser adequadas para resistir às forças que irão sofrer.

Nesta pesquisa, os principais pontos a serem utilizados foram módulos de elasticidade, limite de resistência à tração, limite de escoamento, e alongamento. Esses conceitos, como falam Callister Jr. e Rethwisch (2021) tem como significado: começando pelo módulo de elasticidade, que também pode ser chamado de módulo de tração, é a resistência do material a sofrer deformações que podem ou não ser permanentes. Quanto maior este valor, que é medido nos plásticos comumente em Mega Paschal (MPa), menos dúctil o material será, e quanto menor, terá tendência de aceitar deformações mais facilmente. O limite de escoamento é tratado em alguns

catálogos como resistência à tração no limite, e ele se trata de quanta tensão um determinado material aguenta sofrer até sair da sua zona elástica, que é o ponto limite onde ele pode se deformar e ainda assim recuperar sua forma. O limite de resistência à tração é conhecido em alguns catálogos como resistência à tração na ruptura e corresponde a quanta tensão, uma força aplicada num determinado sentido, um material poderá sofrer até a sua fratura ou quebra. Ao ultrapassar o ponto de tensão que corresponde ao limite de escoamento, os materiais começam a entrar num estado de deformação que não é mais reversível naturalmente, até chegar ao ponto de ruptura, que pode ser maior ou menor que o limite de escoamento. Como apresentado no gráfico 1, as curvas do gráfico demonstram um ensaio de tração onde é analisado a relação entre tensão e deformação de diferentes materiais: os que aguentam uma carga maior tendem a aceitar menos deformação, enquanto os que aguentam menos tensão se deformam mais até o ponto que se rompem. Além disso, o alongamento demonstra quanto um material pode se变形 em porcentagem, podendo ser visto tanto no limite, que é até o máximo da sua zona elástica, quanto na ruptura, que é quando o material irá sofrer sua fratura ou quebra.

Gráfico 1: Relação entre Tensão e Deformação



Fonte: CALLISTER JR. e RETHWISCH (2021)

2.2 FILAMENTOS

Esta pesquisa tem como fundamento os filamentos utilizados no processo de impressão 3D por FDM. De acordo com Callister Jr. e Rethwisch (2021) estes materiais são polímeros termoplásticos em forma de arame, que ao serem aquecidos além da sua temperatura de zona vítreia podem ser depositados em camadas para a fabricação de uma peça. Além disso, os materiais mais usados são o Ácido Polilático (PLA), Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Polietileno Tereftalato (PETG), o *nylon*, Poliuretano Termoplástico (TPU) e o Filamento Policarbonato (PC).

Segundo Bittencourt (2021), os filamentos são materiais utilizados para impressão 3D em forma de fios enrolados em carretéis, conforme visto na figura 4, sendo que cada tipo diferente de material inclui propriedades diferentes, como resistência mecânica, dificuldade de impressão, custo, e absorção de umidade do ambiente, que se mostra importante para a qualidade final das peças.

Figura 4: Filamentos Diversos



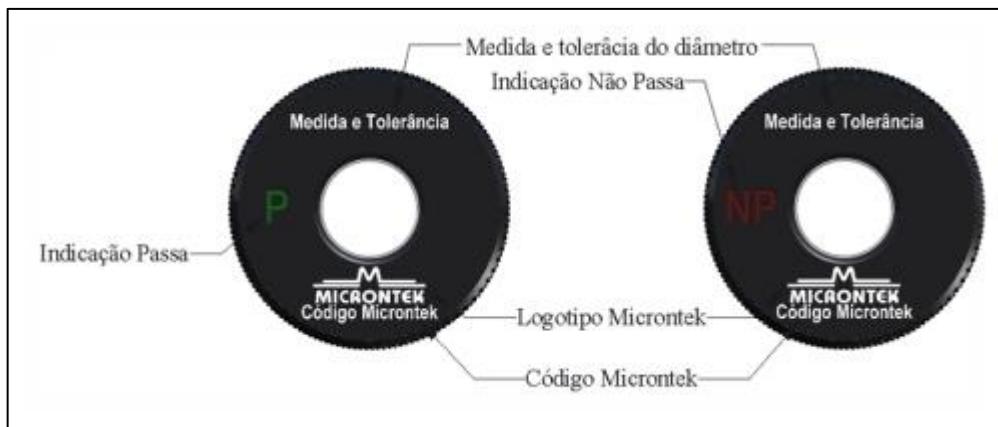
Fonte: TINTASYTONER (2022)

2.3 DISPOSITIVOS DE CONTROLE DE QUALIDADE

De acordo com a ABRAC (2022), inspeção é uma avaliação da conformidade de forma a ser julgada e acompanhada, através de medições, ensaios ou uso de calibres.

Portanto, é feito o uso de dispositivos de controle, sendo esse um meio de controle com uma medida conhecida, realizado através de um equipamento aferido, conhecidos como chapelona ou até mesmo calibres, que são gabaritos ou dispositivos “passa - ou não passa”, dentro de um processo produtivo, conforme apresentado na figura 5. Não são para uso de validação de conformidade, e sim para um caráter orientativo, de conferência rápida e baixo custo. Já os dispositivos para validar a conformidade dos produtos, a ISO 9001 (2015) Monitoramento e Recursos de Medição – A organização deve fornecer recursos adequados que garantam resultados monitorados, com medições válidas e confiáveis, quando se avalia a conformidade do produto ou serviço. Ainda dentro da ISO, a medição deve ser feita através de equipamentos calibrados, que seja feito baseado em normas de medição que podem ser tanto nacionais quanto internacionais.

Figura 5: Dispositivos de Controle de Qualidade



Fonte: MICRONTEK (2022)

2.4 CONTROLE DE QUALIDADE DE PROCESSO

A qualidade foi vista como uma atividade gerencial e independente a partir de 1922, quando a obra *The Control Of Quality in Manufacturing*, de G. S. Radford foi publicada, cujo enfoque principal da obra se baseia na inspeção, onde é necessário “exercitar o dever de verificar de perto e criticamente o trabalho, de modo a assegurar a qualidade” (GARVIN, 2002, p. 16).

Segundo Gilmore (1974), qualidade é o grau no qual um produto está de acordo com seu projeto ou especificação.

2.5 TREINAMENTO

Conforme Reichel (2016), o treinamento é a ferramenta mais poderosa da administração para a mudança nas organizações, pois inúmeros desafios surgem a cada dia exigindo dedicação e determinação.

O treinamento é qualquer atividade que auxilia o empregado a exercer melhor as funções, para atuar de forma eficiente, sendo um processo de aperfeiçoamento das capacidades e das competências das pessoas (LACOMBE, 2005).

2.6 MANUTENÇÃO

Em todo tipo de indústria o uso de máquinas é indispensável, seja ela de baixa ou alta complexidade de funcionamento. Para obter a maior performance de produção das máquinas, a manutenção se torna fundamental no processo, pois de acordo com Corrêa (2009), a ausência de manutenção pode resultar em pequenas consequências, perdas financeiras ou até perda de vida.

Como diz Monchy (1987), a manutenção é feita com o intuito de reduzir riscos de falha ou perda de material.

2.7 CONTROLE DO AMBIENTE

Como escreve Corrêa (2009), os efeitos da decisão de instalação são sérios e devem estar sempre sendo reavaliados, a fim de corrigir possíveis falhas. Além disso, para extrair o melhor desempenho de uma máquina, o ambiente em qual ela está instalada deve seguir um padrão para melhor funcionamento.

De acordo com Silva (2010), é possível compreender que, por meio da análise das condições do ambiente interno, o gestor é capaz de entender os pontos fracos e fortes da organização, ou seja, as deficiências e as potencialidades da empresa, esclarecendo quais pontos fragilizam a organização em relação aos concorrentes e quais sustentam uma vantagem competitiva.

A análise interna do ambiente deve evidenciar as deficiências e capacidades da organização analisada, ou seja, os pontos fracos e fortes da organização devem ser assentados diante da posição do produto versus mercado (MATOS; MATOS; ALMEIDA, 2008).

2.8 CONTROLE DE PRODUÇÃO

Controle de produção é uma ferramenta indispensável na indústria, tendo que ser definidas metas e estratégias como objetivo e fazer o acompanhamento para permitir correções de problemas que aparecem em meio ao processo (TUBINO, 2009).

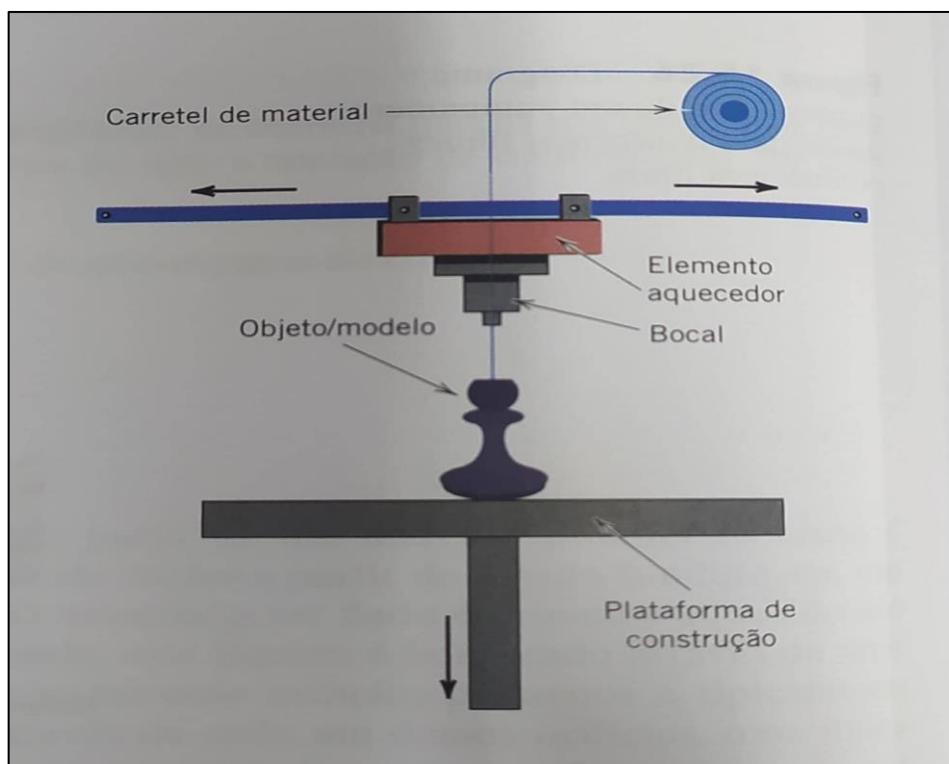
Ferreira et al (2012) afirmam que o controle de produção deve saber administrar as informações vinda de vários setores, como engenharia de produto, onde se fornecem dados como os materiais usados e a destinação de uso dos produtos.

Quanto mais dados se obtém, mais confiável é a análise feita para atingir o objetivo, onde se pode prever variações e serem corrigidas a tempo.

2.9 IMPRESSÃO 3D

De acordo com Callister Jr e Rethwisch (2021), a impressão 3D pode ser realizada de várias maneiras, porém o uso mais comum é a Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM), que se trata de um método em que o filamento, geralmente sendo de materiais plásticos, é aquecido até um ponto que pode ser moldado com movimentos programados por meio de fatiadores, softwares que transformam um arquivo tridimensional em Controle Numérico por Computador (CNC) podendo moldar geometrias complexas com um desperdício mínimo de material, exibido na figura 6.

Figura 6: Impressão por FDM



Fonte: Callister Jr e Rethwisch (2021)

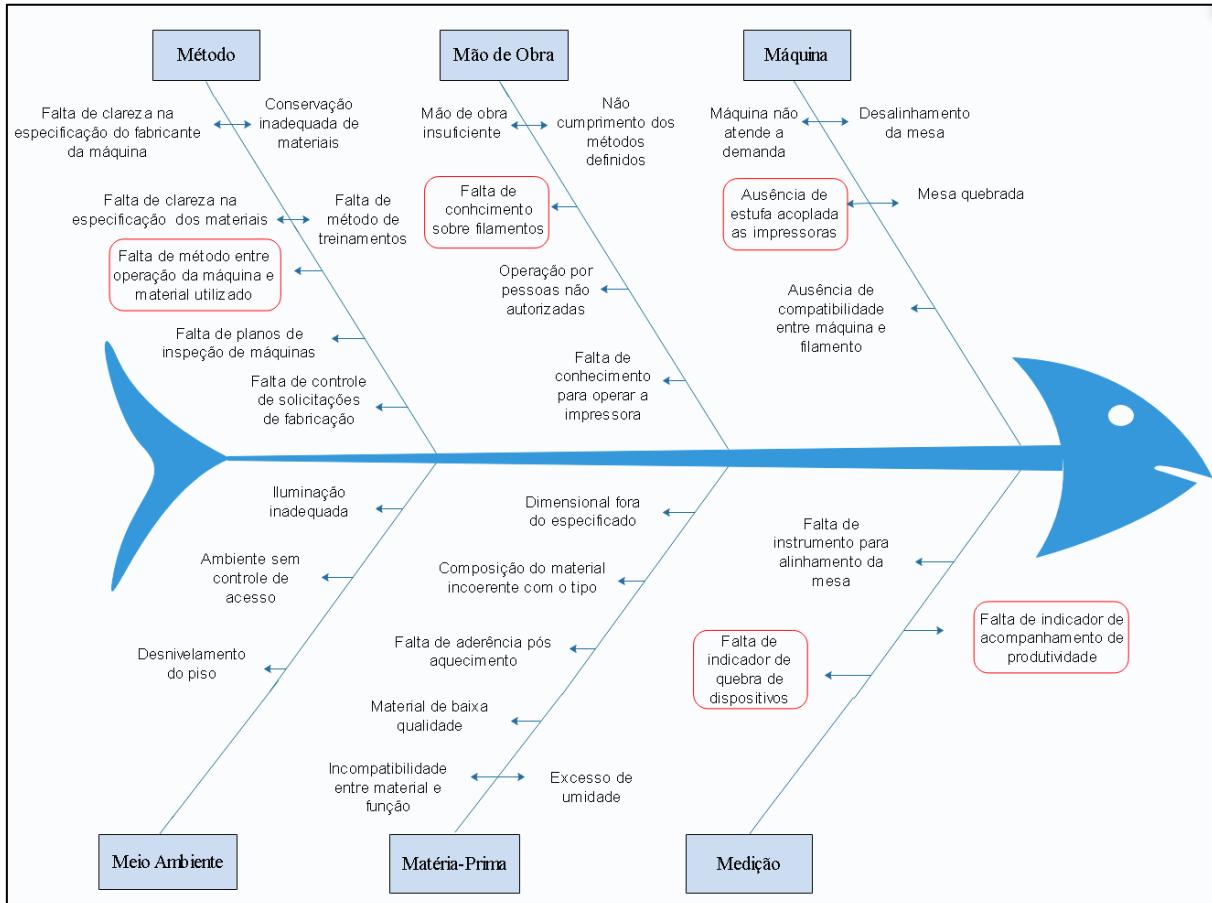
3 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção serão analisadas as causas do problema utilizando o diagrama de Ishikawa, as quais terão priorização a partir da Matriz GUT, de onde terão alternativas de solução pesquisadas por meio do *Benchmarking* e os planos de ação por meio do 5W2H.

3.1 ANÁLISE DAS CAUSAS

Nesta seção foi utilizado o *Brainstorming* em conjunto do diagrama de Ishikawa para levantar as possíveis causas do alto índice de quebra de dispositivos na empresa estudada, conforme a figura 7:

Figura 7: Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2022)

Por meio dos dados coletados na empresa foi possível identificar 29 possíveis causas do problema. Por conta do problema da constante necessidade de reposição de dispositivos as impressoras acabam tendo que trabalhar em um ritmo constante para suprir isso, além do desperdício de material que existe sem controle, pois as peças depois de quebradas não são registradas, sendo somente descartadas sem controle.

Por meio da análise no dia da visita foi possível constatar que o operador das impressoras não possui um curso específico para esta função, o que resulta no não uso dos vários tipos de filamentos que a empresa já possui pela dificuldade em conseguir lidar com estes materiais na parametrização da máquina. Além disso, sem ter um controle específico do que é feito e como é produzido, a investigação do motivo específico das quebras com análises mecânicas fica inviável.

Também foi constatado que as impressoras que estão sendo utilizadas devem ser capazes de suprir a demanda que a empresa necessita com filamentos, em específico a Epsilon W50, apresentada na figura 8, que é uma das máquinas mais sofisticadas do mercado, descartando a hipótese que esta seja a causa do problema.

Figura 8: Epsilon W50



Fonte: DYNAMISM (2022)

3.1.1 Priorização das Causas

Com as possíveis 29 causas identificadas, elas foram priorizadas com base em sua gravidade, urgência e tendência, como pode-se ver no quadro 2:

Quadro 2: Matriz GUT

MATRIZ GUT					
	Causa	Gravidade	Urgência	Tendência	TOTAL
1	Falta de método entre operação da máquina e material utilizado	5	5	5	125
2	Falta de conhecimento sobre filamentos	5	5	5	125
3	Falta de indicador de acompanhamento de produtividade	5	5	3	75
4	Falta de indicador de quebra de dispositivos	5	5	3	75
5	Falta de conhecimento para operar a impressora	5	4	3	60
6	Falta método de treinamentos	4	3	4	48
7	Conservação inadequada dos materiais	5	3	3	45
8	Excesso de umidade	5	3	3	45
9	Falta de instrumento para alinhamento da mesa	5	3	3	45
10	Mesa desalinhada	4	3	3	36
11	Falta de estufa acoplada nas impressoras	5	3	2	30
12	Incompatibilidade entre material e função	3	3	3	27
13	Falta de plano de inspeção das máquinas	2	3	3	18
14	Mesa quebrada	3	2	2	12
15	Falta de controle de solicitações de fabricação	3	3	1	9
16	Quantidade de mão de obra insuficiente	3	2	1	6

17	Operação por pessoas não autorizadas	5	1	1	5
18	Ambiente sem controle de acesso	5	1	1	5
19	Iluminação inadequada	3	1	1	3
20	Ausência de compatibilidade do filamento com a máquina	2	1	1	2
21	Desnívelamento do piso	2	1	1	2
22	Falta clareza na especificação do fabricante da máquina	0	0	0	0
23	Falta clareza de especificação do fornecedor dos materiais	0	0	0	0
24	Não cumprimento de métodos definidos	0	0	0	0
25	Máquina não atende demanda solicitada	0	0	0	0
26	Material de baixa qualidade	0	0	0	0
27	Dimensional fora do especificado	0	0	0	0
28	Falta de aderência após aquecimento	0	0	0	0
29	Composição do material incoerente com o tipo	0	0	0	0

Fonte: Autores (2022)

As causas que atingiram valor total igual ou superior a 75 pontos foram as priorizadas, sendo elas:

a) Falta de método entre operação da máquina e material utilizado: no dia da visita foi identificado que o operador das impressoras já tinha ideia de qual material ele precisava utilizar para determinados dispositivos, porém por dificuldade em parametrizar as configurações da máquina estes são deixados de lado, e o mesmo filamento de sempre continua sendo utilizado pela facilidade do seu uso, porém como ele não se adequa ao propósito final do dispositivo, estes continuam quebrando.

b) Falta de conhecimento sobre filamentos: além da dificuldade nas configurações da máquina, foi constatado que o operador não possui alguns conhecimentos fundamentais sobre os tipos de filamento e como devem ser utilizados, além de pontos importantes sobre armazenamento que podem influenciar na qualidade da impressão e na parametrização da máquina.

c) Falta de indicador de acompanhamento de produtividade: a primeira informação a ser procurada foram os números da produção de impressões, porém foi percebido a inexistência deles. Isso se demonstra muito crítico, pois para analisar as causas de quebras mecânicas é necessário uma série de informações, como os parâmetros de impressão utilizados em determinada peça.

d) Falta de indicador de quebra de dispositivos: quando os dispositivos sofrem uma quebra, eles são simplesmente repostos, ou seja, não ocorre uma investigação para identificar a causa do problema. Isso resulta numa necessidade constante de reposição de dispositivos, pois é muito provável que continuem a quebrar se forem projetados da mesma maneira.

3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

Por meio de um estudo de caso, foi identificado que muitas empresas passaram por dificuldades semelhantes em relação a problemática no setor de impressões 3D, tanto na falta de indicadores responsáveis pela contextualização do setor, quanto pela falta de conhecimento técnico sobre as impressoras e os materiais utilizados.

O primeiro caso analisado foi o da empresa Microns onde, em 2020, foi observado uma falta de método entre operação da máquina e o material utilizado no setor responsável pela criação de acessórios em 3D. Seguindo essa linha de estudo e como forma de solução desse problema a empresa optou pela disponibilização de tempo para pesquisas na internet acerca do tema. Foi disponibilizado o acesso à internet para esclarecimento de dúvidas sobre a operação durante o horário de trabalho, visto que muitas dúvidas importantes surgiram durante a operação. A pesquisa é realizada em sites especializados no tópico de impressões 3D e filamentos e por meio de vídeos no Youtube, onde há um imenso acervo de informações gratuitas e de fácil acesso. Com a disponibilidade de acesso rápido as informações necessárias para a realização do processo de impressão 3D, a produtividade aumentou em 3% desde a implantação desse recurso. Além disso, os funcionários se sentiram satisfeitos com essa ação de autoesclarecimento. Ainda se estudou a maneira que essa empresa lidou com a falta de indicador de quebra de dispositivos, na qual focou uma implementação de controle de não conformidade de peças nas ordens de serviço delas. Quando a organização começou suas atividades existia uma grande dificuldade em controlar as não conformidades, visto que exigia documentação e as vezes isso

demandava muito tempo. Para controlar isso de uma maneira mais adequada, foi criado um campo nas ordens de serviço para que seja registrado a quantidade de peças não conformes e a justificativa. Esse processo, junto com o lançamento de informações no sistema da empresa, criou um indicador mensal de não conformidades que é facilmente controlado (MICRONS, 2022).

Em relação a falta de método, na Vallitech, foi implementada a ideia de utilizar peças de regulagem para novos materiais. Sempre que ocorria a mudança de filamentos durante a produção, o operador identificava que erros constantes começavam a ocorrer. Visto isso, foi definido que sempre que a mudança ocorre, são impressos pequenos testes de regulagem, que ajudam a identificar quais parâmetros da máquina devem ser ajustados para que a peça desejada seja impressa na melhor qualidade possível. Após a efetiva instalação desse método na empresa, o desperdício de matéria prima diminuiu consideravelmente em relação ao que acontecia anteriormente. Cerca de 2,7% de material pode ser economizado e reutilizado (VALLITECH, 2022).

Em relação a falta de conhecimento sobre filamentos, a Resiverso (2022), utilizou da análise de catálogos técnicos e pesquisa na internet. A Resiverso é uma loja focada no ramo de impressões 3D, porém no início do seu negócio os donos e funcionários não possuíam nenhum conhecimento aprofundado sobre os materiais de impressão. Desta forma, o operador das impressoras usou da análise de catálogos dos fabricantes para aprender informações importantes sobre os tipos de materiais (filamentos) e até mesmo como imprimi-los. Caso as dúvidas persistirem, o colaborador pode procurar ajuda em sites externos, como o Youtube, acessando vídeos de canais especializados no assunto. Já a Vallitech (2022) investiu na capacitação do operador. Quando a empresa começou a investir em seu setor de impressão 3D o operador sofria diversas dificuldades para lidar com os diferentes materiais que eram disponibilizados. Visto isso, a empresa investiu em treinamentos básicos e avançados para o colaborador, auxiliando nas dificuldades que havia na operação da máquina juntamente com a escolha de material adequado aos projetos desenvolvidos. O resultado alcançado foi uma maior facilidade de escolha de materiais para projetos, além de um aumento de 14,5% de eficiência da relação entre matéria-prima – máquina (RESIVERSO, 2022).

A terceira causa estabelecida foi a falta de indicadores de acompanhamento de produtividade. Uma montadora localizada em São José dos Pinhais (2022)

implementou um sistema de controle de pedidos. Através de uma entrevista não estruturada com colaborador de uma montadora localizada em São José dos Pinhais, descobriu-se que a empresa possui um laboratório aberto a todos na empresa, para impressão de qualquer projeto. Mas não nasceu assim, a empresa investiu em uma impressora pequena e simples sem ter uma visão para aplicação, foram feitas algumas peças automotivas para testes, porém sem muita saída. Por meio de uma proposta de redução de custo de operadores da linha de produção, foi realizado a impressão de bicos para robôs aplicadores de mastique em pára-brisas e vidros fixos. Como outras necessidades foram surgindo e as demandas aumentaram, foi criado um sistema online para solicitação de impressão, onde o solicitante faz o seu pedido carregando o desenho 3D e informando em qual tipo de material quer a impressão, além do nível de preenchimento necessário. Com isso é gerado um orçamento e prazo de entrega, com o aceite do solicitante a impressão é realizada e custos são descontados do setor que pediu, quando finalizado o solicitante é informado por e-mail para retirada. Foi criado um pequeno setor que faz a gestão de impressões e das pessoas que ali trabalham, garantindo que essas tenham conhecimento e capacidade de operar todas as máquinas que hoje possuem, e esse conhecimento é que faz com que a quantidade de material perdido durante a impressão seja menor. A implementação de um sistema de controle de pedidos auxiliou muito na gestão das impressões 3D, o processo tornou-se organizado, simples e rápido. Além disso, vale destacar que houve uma diminuição de cerca de 1,06% de custos devido a substituição de bicos de metal por bicos impressos em 3D.

Para resolver a causa da falta de controle de produtividade, a empresa Andejai (2022) optou pela padronização do controle de produção por ordens de serviço. Quando a empresa começou a enfrentar dificuldades em controlar o processo de produção, foi definido um modelo padrão de ordem de serviço, que existe no sistema da empresa e é impressa fisicamente. A ordem de serviço conta com informações importantes, como o prazo final, material, quantidade, além do desenho das peças para fácil identificação. O processo ajudou a criar números visíveis para a diretoria da empresa, que pode acompanhar facilmente como a produção está evoluindo. A padronização da ordem de serviço ajudou na obtenção de dados de produção da empresa, facilitando a criação e a observação de indicadores (ANDERJAI, 2022).

A visualização mais dinâmica de todas as informações contidas nesse tópico pode ser vista no quadro 3. Com a análise de todos esses casos, se decidiu estudar

uma maneira de elaborar um método de controle para o processo, disponibilizar informações sobre os materiais e opções de treinamento para os funcionários.

Quadro 3: *Benchmarking*

Falta de método entre operação da máquina e material utilizado	
Microns	Vallitech
Disponibilizado tempo para pesquisa na internet sobre o tema.	Utilização de peças de regulagem para novos materiais.
Falta de conhecimento sobre filamentos	
Resiverso	
Análise de catálogos técnicos e pesquisa na internet.	Capacitação para o operador.
Falta de indicador de acompanhamento de produtividade	
Montadora em São José dos Pinhais	Anderjai
Implementação de um sistema de controle de pedidos.	Padronização do controle de produção por ordens de serviço.
Falta de indicador de quebra de dispositivos	
Microns	
Implementação de um controle de não conformidade de peças nas ordens de serviço das mesmas.	

Fonte: Autores (2022)

3.3 PLANO DE AÇÃO

Após o levantamento de causas realizado o diagrama de Ishikawa e a priorização das mesmas com auxílio da Matriz GUT, utilizou-se a ferramenta 5W2H conforme demonstrado no quadro 4, onde de modo objetivo e eficiente foram elaboradas ideias para a solução das causas apresentadas.

Quadro 4: 5W2H

Causa	O que?	Por que?	Como?	Onde?	Quando?	Quem?	Quanto Custa?
Falta de método entre operação da máquina e o material utilizado	Será feito uma capacitação para o funcionário que opera as impressoras	Para que ele adquira o conhecimento necessário para utilizar todo o potencial das impressoras	Por meio de um curso indicado pela equipe	Curitiba	Agosto de 2022	Rogério Guerra	R\$1489,00 + 16 Horas para cada funcionário que realizará o curso, que é realizado durante um fim de semana.
Falta de conhecimento sobre filamentos	Será desenvolvido e disponibilizado um catálogo geral que dá uma introdução sobre cada material	Para que o operador tenha uma noção básica de fácil acesso sobre as propriedades de cada material e como ele pode ser melhor utilizado	Por meio da análise de catálogos técnicos disponibilizados pelos fabricantes de filamentos	Durante a apresentação para a Volkswagen	Data da apresentação a Volkswagen a ser definida	Rogério Guerra	Estimativa de 1 hora para leitura do conteúdo para cada funcionário que irá analisar o conteúdo.
Falta de conhecimento sobre filamentos	Será necessária a compra de duas estufas de filamento	Para controlar a situação de retenção de umidade pelos filamentos	Por meio da compra de estufas indicadas pela equipe	Volkswagen	Julho de 2022	Production Way	Estimativa de R\$999,80
Falta de indicador de acompanhamento de produtividade	Irá ser desenvolvida uma planilha para controlar as informações de produção	Para que os dados sejam armazenados de uma forma que possam ser interpretados posteriormente	Por meio de exemplos observados em outras empresas	Na faculdade	Junho de 2022	Production Way	1 Hora do líder do setor da Fábrica Piloto para a apresentação da idéia realizada pela nossa equipe.
Falta de indicador de acompanhamento de produtividade	Irá ser aplicado uma planilha de controle de produção	Para que os dados sejam armazenados de uma forma que possam ser interpretados posteriormente	Por meio de uma palestra explicando como a planilha funcionará	Volkswagen	Julho de 2022	Rogério Guerra	Estimativa de 5 minutos / impressão pelo operador das impressoras.
Falta de indicador de acompanhamento de produtividade	Identificar e padronizar códigos para as peças	Para que elas possam ser rastreadas e identificadas posteriormente	Códigos em relevo nas impressões	Volkswagen	Julho de 2022	Rogério Guerra	Estimativa de 5 minutos / impressão pelo operador das impressoras.
Falta de indicador de quebra de dispositivos	Será desenvolvida uma planilha que controle o número de quebra de peças	Para que os dados sejam armazenados de uma forma que possam ser interpretados posteriormente	Por meio de uma palestra explicando como a planilha funcionará	Durante a apresentação para a Volkswagen	Julho de 2022	Production Way	1 Hora do líder do setor da Fábrica Piloto para a apresentação da idéia realizada pela nossa equipe.
Falta de indicador de quebra de dispositivos	Será aplicada uma planilha de controle de não conformidades	Para controlar a situação de quebra de peças	Por meio de uma planilha idealizada pela equipe	Durante a apresentação para a Volkswagen	Julho de 2022	Rogério Guerra	Estimativa de 5 minutos / quebra de peças do operador das impressoras.

Fonte: Autores (2022)

3.3.1 Capacitação para operadores da impressora

Com base nos dados apresentados pela empresa, o funcionário responsável pela operação da máquina não possui qualificações para tal. O investimento na qualificação dos funcionários está se tornando cada vez mais comum nas organizações de sucesso, tudo isso se deve aos resultados positivos de produtividade e satisfação do colaborador.

Buscando solucionar a causa, foram realizados três orçamentos através de uma pesquisa aprofundada em sites especializados, os valores variam de gratuito a R\$1.489,00, como mostra no quadro 5. A opção indicada é a da Creativity3D, por apresentar o maior tempo de aulas, além de ser presencial. Além disso, a empresa oferece assistência e manutenção de equipamento caso seja necessário. O curso será feito em um único fim de semana, e o custo monetário será multiplicado pela quantidade de funcionários que irão usufruir do curso.

Quadro 5: Orçamentos de Cursos

ORÇAMENTO DE CURSOS DE IMPRESSÃO 3D				
SITE	DESCRIÇÃO	VALOR	DURAÇÃO	MODALIDADE
Udemy	Impressão 3D DLP/SLA	R\$ 27,90	5 horas	EAD
Impress3D	Impressão 3D - Para todos níveis	Gratuito	6 horas	EAD
Creativity3d	Curso de impressão 3D PRESENCIAL + ONLINE 3DLAB	R\$ 1.489,00	16 horas	Presencial e EAD

Fonte: Autores (2022)

3.3.2 Catálogo de Filamentos

Para apresentar o catálogo sobre os filamentos e seus diferentes tipos, foi realizada uma pesquisa sobre alguns materiais que são de uso comum e já existem na empresa estudada, por exceção do último item da lista.

3.3.2.1 PLA

O PLA é um dos materiais mais utilizados para impressão por conta da sua resistência e sua facilidade de impressão, já que não depende de impressoras fechadas para ser impresso, além disso, este filamento é biodegradável. A aparência está disponível na figura 9.

Figura 9: PLA



Fonte: Ultimaker (2022)

As características gerais deste material têm como base uma boa resistência à tração, fácil utilização e qualidade garantida em alta velocidade de impressão.

Este material não é adequado para ambientes com temperatura acima de 50°C e aplicações que terão contatos com alimentos.

As principais dicas para imprimir este material são: manter o material seco, pois pode absorver umidade e isso pode ocasionar perca da qualidade de impressão. (ULTIMAKER, 2022).

No quadro 6 estão dispostas as propriedades mecânicas dele:

Quadro 6: Propriedades Mecânicas do PLA

Propriedades Mecânicas	Valor típico	Método do teste
Módulo de tração	1,820 MPa	ISO 527 (1mm/min.)
Resistência à tração no limite	37 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Resistência à tração na ruptura	37 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento no limite	3,1%	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento na ruptura	3,1%	ISO 527 (50 mm/min.)

Fonte: Ultimaker (2022)

3.3.2.2 ABS

O ABS é um dos filamentos mais utilizados ao lado do PLA, possuindo algumas vantagens em comparação a ele, como sua resistência térmica, sendo visualmente muito parecido com outros filamentos, conforme pode ser visualizado na figura 10.

Figura 10: ABS



Fonte: Ultimaker (2022)

Este material é um pouco mais dúctil que o PLA, porém mantém ainda uma boa resistência mecânica. Pode ser trabalhado em altas velocidades e o acabamento posterior é facilmente feito com vapor de acetona ou lixas. Este material não é adequado para ambientes com temperatura acima de 85°C e aplicações que terão contatos com alimentos.

As principais dicas para trabalhar com este material são: utilizar cola adesiva para fixação na mesa e manter a impressora fechada para que o calor se mantenha durante o momento do trabalho (ULTIMAKER, 2022).

As propriedades mecânicas deste material estão no quadro 7.

Quadro 7: Propriedades Mecânicas do ABS

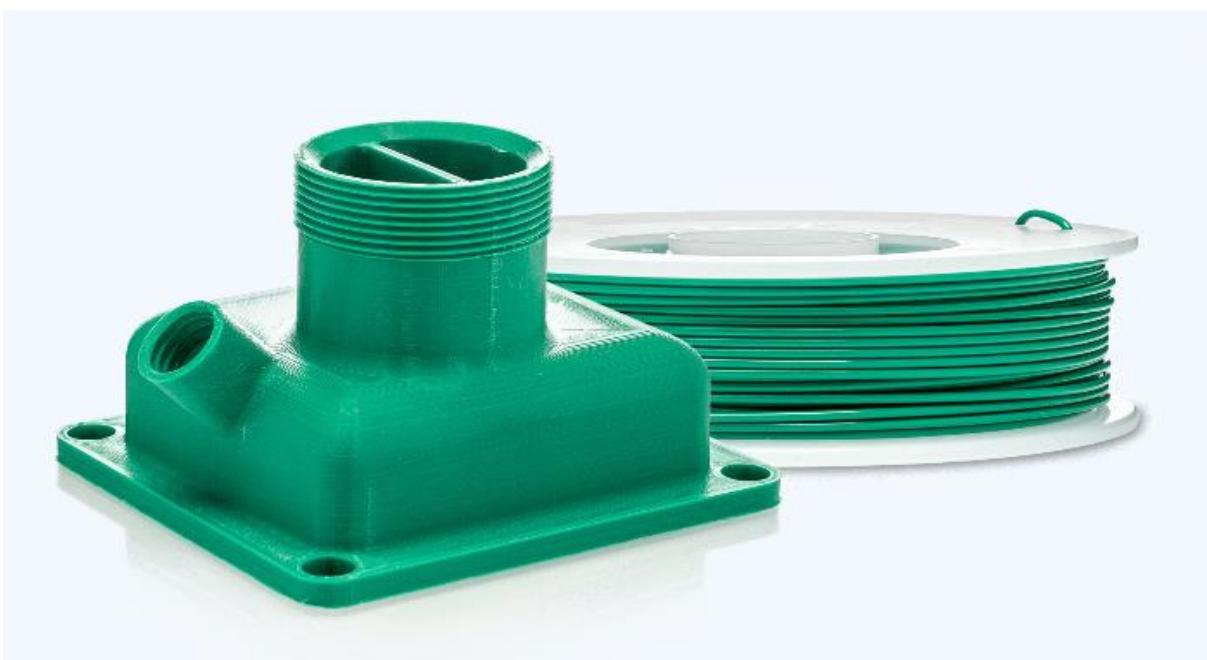
Propriedades Mecânicas	Valor típico	Método do teste
Módulo de tração	1681,5 MPa	ISO 527 (1mm/min.)
Resistência à tração no limite	39,0 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Resistência à tração na ruptura	33,9 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento no limite	3,5%	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento na ruptura	4,8%	ISO 527 (50 mm/min.)

Fonte: Ultimaker (2022)

3.3.2.3 PETG

O PETG é um filamento que está ganhando cada vez mais espaço no mundo da impressão 3D, pois ele é mais facilmente impresso que o ABS e possui características mecânicas melhores que o PLA. Este filamento é demonstrado na figura 11.

Figura 11: PETG



Fonte: Ultimaker (2022)

A vantagem do PETG é que ele pode ser usado em peças que necessitam de certa flexibilidade, alta resistência mecânica, alta resistência química, boa resistência térmica e peças sujeitas a pressão.

As desvantagens do PETG são a baixa qualidade superficial, peças que sofrerão desgaste por fricção e peças que serão expostas em ambientes mais quentes ou ao sol (ADDITIVA3D, 2022).

As características mecânicas do PETG se encontram no quadro 8:

Quadro 8: Propriedades Mecânicas do PETG

PROPRIEDADES MECÂNICAS	<u>Ultrafuse® PET</u>
Resistência à tração (MPa)	33,4
Módulo de elasticidade (MPa)	1933
Módulo de flexão (MPa)	2063
Resistência ao impacto (kJ/m ²)	12,3

Fonte: Additiva3D (2022)

3.3.2.4 TPU

O TPU se trata de um filamento flexível, que depois de impresso lembra muito a composição de uma borracha. Este material é ideal para peças que necessitam de flexibilidade e resistência ao impacto, já que dificilmente ele irá se romper. Este filamento é demonstrado na figura 12.

Figura 12: TPU



Fonte: Ultimaker (2022)

A principal desvantagem deste filamento é sua alta absorção de umidade e sua dificuldade de impressão, tendo que ser trabalhado com velocidades baixas.

As principais dicas para imprimir este material com qualidade são: Imprimir com no máximo 20mm/s, ajustar a temperatura de acordo com a fluidez do material, e manter o filamento numa estufa, pois a umidade compromete a qualidade de impressão (ULTIMAKER, 2022). Suas características estão presentes no quadro 9:

Quadro 9: Propriedades Mecânicas do TPU

Propriedades Mecânicas	Valor típico	Método do teste
Módulo de tração	26,0 MPa	ISO 527 (1mm/min.)
Resistência à tração no limite	8,6 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Resistência à tração na ruptura	39,0 MPa	ASTM D638
Alongamento no limite	55%	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento na ruptura	580,0%	ISO 527 (50 mm/min.)

Fonte: Ultimaker (2022)

3.3.2.5 PC

O PC é um material que tem como principal característica a sua dureza e estabilidade dimensional. Sua alta dureza e resistência a temperaturas elevadas em comparação a outros filamentos, podendo chegar até 110°C, e sua estabilidade dimensional fazem dele uma ótima matéria prima para protótipos funcionais e até mesmo ferramentas, como está visível na figura 13. É importante manter esse material longe da umidade no momento da impressão, pois como outros materiais também absorve muita água (ULTIMAKER, 2022).

Figura 13: PC



Fonte: Ultimaker (2022)

O Policarbonato precisa ser impresso torno de 300°C, porém com as impressoras disponíveis na empresa estudada isto não seria um problema. As características mecânicas deste material se encontram no quadro 10.

Quadro 10: Propriedades Mecânicas do PC

Propriedades Mecânicas	Valor típico	Método do teste
Módulo de tração	2134 MPa (t) 1904 MPa (p/b)	ISO 527 (1mm/min.)
Resistência à tração na ruptura	76,4 MPa (t) 53,7 MPa (p/b)	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento na ruptura	6,4% (t) 5,9% (p/b)	ISO 527 (50 mm/min.)

Fonte: Ultimaker (2022)

3.3.2.6 NYLON

O nylon é um material que pode ser considerado intermediário entre os mais flexíveis, como o TPU, e os com dureza mais elevada, como o ABS. Como conversado com o operador, provavelmente seja o material que mais se adeque a necessidade da empresa por conta de testes já feitos com dispositivos produzidos na ferramentaria. Ele garante uma boa resistência ao impacto, mantendo sua forma de uma maneira mais consistente que o TPU. Este material é comumente utilizado em engrenagens, como é possível observar ver na figura 14.

Figura 14: Nylon



Fonte: Ultimaker (2022)

O principal problema deste filamento é sua dificuldade de trabalho, já que é o que mais retém água e necessita de uma estufa para conseguir ser impresso de

maneira ideal. Sua temperatura de impressão também é ligeiramente maior que o padrão, podendo chegar até 270°C, e os coolers da impressora devem ser mantidos desligados durante o momento da impressão (ULTIMAKER, 2022). Suas propriedades se encontram no quadro 11:

Quadro 11: Propriedades Mecânicas do Nylon

Propriedades Mecânicas	Valor típico	Método do teste
Módulo de tração	579,0 MPa	ISO 527 (1mm/min.)
Resistência à tração no limite	27,8 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Resistência à tração na ruptura	34,4 MPa	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento no limite	20%	ISO 527 (50 mm/min.)
Alongamento na ruptura	210%	ISO 527 (50 mm/min.)

Fonte: Ultimaker (2022)

3.3.2.7 17-4 PH e AISI316L

Para o final da lista, foram escolhidos alguns dos poucos materiais que ainda não existem no estoque do setor onde o estudo foi realizado. Estes dois filamentos, exclusivos da BASF, são compostos por 90% de pó de aço sinterizável de 17-4 PH ou AISI316L, sendo os 10% restantes de polímeros projetados para facilitar a extrusão do material. Enquanto a primeira possui propriedades mecânicas mais elevadas, o segundo garante uma resistência superior a corrosão, podendo ser utilizados para criar geometrias complexas sem desperdício de material, como está disposto na figura 15.

Figura 15: AISI316L



Fonte: BASF (2022)

O processo de fabricação destas peças é diferente, ao contrário das outras ela não termina ao final da impressão. As impressoras não têm a temperatura necessária para chegar ao ponto de fusão dos metais, e somente derrete o polímero para que ele tome o formato das peças projetadas, e após isso elas sofrem um processo externo de *Debinding* e *Sintering*, como demonstrado na figura 16. Esses processos, respectivamente são responsáveis por retirar o polímero das peças e fazer com que o pó de aço seja fundido (BASF, 2022).

Figura 16: Processo de Impressão



Fonte: BASF (2022)

Embora processos externos sejam necessários, este material e método garantem que possam ser fabricadas peças de geometrias muito complexas com um desperdício quase nulo de material em conjunto com as propriedades mecânicas muito superiores dos aços, conforme quadros 12 e 13.

Quadro 12: Propriedades Mecânicas do 17-4 PH

Tensile strength	ISO 6892-1 ¹	760 MPa / 110.2 ksi
Elongation at Break	ISO 6892-1 ¹	4 %
Yield Strength, R _{p 0.2}	ISO 6892-1 ¹	680 MPa / 98.6 ksi

Fonte: BASF (2022)

Quadro 13: Propriedades Mecânicas do 316L

Tensile strength	ISO 6892-1 ¹	561 MPa / 81.4 ksi
Elongation at Break	ISO 6892-1 ¹	53 %
Yield Strength, R _{p 0.2}	ISO 6892-1 ¹	251 MPa / 36.4 ksi

Fonte: BASF (2022)

Além disso, como estes materiais são novos para a empresa foi orçado diretamente com a BASF, conforme o quadro 14.

Quadro 14: Orçamento Filamentos

Material	Quantidade	Diâmetro	Valor
AISI316L	3 kg	1,75 ou 2,85mm	R\$ 4.795,83
17-4PH	3 kg	1,75 ou 2,85mm	R\$ 4.535,06

Fonte: Autores (2022)

3.3.3 Instalação de Estufas para Filamentos

Como pesquisado, alguns filamentos são muito suscetíveis a absorção de água, e onde as impressoras estão localizadas existe uma saída de ar-condicionado acima delas. Como duas das impressoras não possuem estufas internas, isso pode ocasionar na dificuldade de impressão dos materiais como Nylon e TPU, visto isso, foram orçados três modelos de estufas, conforme demonstrado no quadro 15. É indicado a primeira opção por entregar um resultado tão eficiente quanto os outros e possuir um valor mais baixo. Sendo assim, com um investimento de R\$999,80 o problema da umidade poderia ser resolvido de maneira simples e prática. O modelo da estufa escolhida se encontra na figura 17.

Quadro 15: Orçamento de Estufas

Orçamento de Estufas			
Site	Estufa	Valor individual	Valor total (*Duas estufas)
Kabum	Secador de Filamentos Creality Dry Box, 115W, Bivolt, Branco - 4005010031	R\$ 499,90	R\$ 999,80
Mercado Livre	Estufa De Secagem De Filamento 3d Drybox Filadryer Sunlu	R\$ 529,00	R\$ 1.058,00
Mercado Livre	Drybox Secador De Filamento Duplo Sovol Estufa Secadora	R\$ 650,00	R\$ 1.300,00

Autores (2022)

Figura 17: Estufa de Filamentos



Fonte: KABUM! (2022)

3.3.4 Desenvolver uma Planilha de Controle de Produção

A base de uma produção está ligada diretamente a organização de dados. A criação de uma planilha de controle de produção é essencial para a organização ter o conhecimento de quantos acessórios de qualidade estão sendo produzidos cotidianamente. Assim, os dados na planilha serão armazenados e poderão ser utilizados a qualquer momento, conforme o quadro 16.

Além disso, controla-se informações que podem ser importantes posteriormente, como as configurações de impressão que estão sendo utilizadas, auxiliando assim o desenvolvimento de dispositivos novos ou uma revisão dos que já existem.

Quadro 16: Planilha de Controle de Produção

Fonte: Autores (2022)

Os dados escolhidos para serem armazenados são o item e código, que serão apresentados no próximo tópico. Além disso, a data e tempo de produção irão ajudar a controlar a produtividade, e informações como material, altura de camada e preenchimento nos darão ideias do que pode ser modificado caso elas apresentem problemas futuros. O campo de solicitante ajuda a controlar quem pediu a peça e em observações podem ser anotadas informações que se julguem importantes no momento da impressão.

3.3.5 Aplicar a Planilha de Controle de Produção

Por meio de uma palestra para o líder do setor a equipe mostrará como utilizar a planilha desenvolvida e as vantagens que isso trará ao trabalho.

3.3.6 Catalogar as Peças

A padronização de peças e equipamentos é o ponto chave para garantir a organização de qualquer empresa. Por meio da utilização de códigos numéricos e alfabéticos a empresa garantirá o total controle e rastreamento de cada peça produzida, como consta no exemplo do quadro 17:

Quadro 17: Exemplo de códigos para peças

Peça	Setor	Parte do carro	Posição	Código / Revisão
A	Montagem	Capô	-	MC0001-00
B	Montagem	Capô	-	MC0002-00
C	Montagem	Retrovisor	Esquerdo	MRE0001-00
C	Montagem	Retrovisor	Direito	MRD0001-01

Fonte: Autores (2022)

Como pode-se ver nos exemplos, o processo de padronizar o código das peças será feito de uma maneira simples: o código começaria com a inicial do setor onde ela se destinaria, seguido pela inicial da parte do automóvel que ela auxilia a montagem. Em partes que possam possuir posições diferentes, como o retrovisor, é possível adicionar a terceira letra para diferenciar esquerda, direita, dianteiro ou traseiro. Após isso, o código numérico pode diferenciar os modelos diferentes de peças, enquanto os dígitos seguidos do traço são usados para controlar a revisão dos modelos, caso eles sofram alteração. Caso haja necessidade, é possível implementar mais uma letra para diferenciar possíveis casos em que haja repetição para partes diferentes.

Como as peças serão impressas em 3D, os códigos podem ser impressos em alto relevo, descartando a necessidade de etiquetagem posterior.

3.3.7 Desenvolver uma Planilha de Controle de Quebras e não Conformidades

Com base nos dados disponíveis, a inexistência de um indicador relacionado ao número de peças inutilizáveis e não conformes dificultou muito a noção do operador em relação a quantidade de material gasto. Com o intuito de evitar mais confusões e perdas desnecessárias, a utilização da planilha apresentada será de extrema importância nesse cenário, pois facilitará a visão de quantas peças sofreram avaria durante o processo e impressão e quantas retornaram quebradas da linha de produção, conforme o quadro 18:

Quadro 18: Planilha de Controle de Quebra de Dispositivos

Planilha de Controle de Perdas de Peças					
Data	Item	Código	Quantidade	Motivo da perda/quebra	Descrição

Fonte: Autores (2022)

Informando esses dados, em conjunto com a planilha de controle de produção, a criação e estruturação de um indicador que nos mostre o que está sendo perdido da produção fica mais próximo da realidade. Desta forma é possível rastrear as configurações de cada peça e determinar qual será o plano mais adequado para evitar que isto ocorra novamente.

3.3.8 Aplicar a Planilha de Controle de Quebra de Controle de Dispositivos

Por meio de uma palestra, será orientado como proceder para o lançamento destes dados, além das vantagens que isso irá proporcionar, demonstrando quanto material está sendo jogado fora e como evitar que isso ocorra futuramente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado teve como objetivo geral diminuir o alto índice de quebras de dispositivos de auxílio e controle de montagem no setor da responsável pelas impressões 3D da indústria automotiva estudada, e como objetivos específicos analisar as causas do problema, identificar métodos de solução e, por fim, elaborar um plano de ação para tal problemática. Os objetivos foram atingidos, pois após a análise profunda e específica de cada causa priorizada, um plano de ação foi proposto para solucionar o problema de quebra de dispositivos e peças, como no investimento na especialização do colaborador responsável pelo setor de impressões 3D, para que haja um eficiente uso das máquinas disponibilizadas na empresa e uma alta qualidade nas peças produzidas.

A maior dificuldade da pesquisa se deu pelo fato que o tema proposto no início teve uma grande diferença do problema encontrado, o que mudou a perspectiva do estudo repentinamente.

Para o levantamento de dados a análise de causas, priorização das causas e elaboração de um plano de ação foram utilizadas as seguintes metodologias: entrevista não-estruturada, pesquisa de campo, Matriz GUT, Brainstorming e o 5W2H, ferramentas que auxiliaram na identificação das causas do problema presente, na montagem do plano de ação e na solução do problema.

Uma sugestão de pesquisa futura é identificar através do rastreamento das peças a causa da quebra delas, através disso sendo possível identificar aspectos mecânicos que estejam aptos a melhoria para que não ocorram mais quebras.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Avaliação da Conformidade. **Avaliação da Conformidade**. Disponível em: <<https://www.abrac-ac.org.br/a-abrac/avaliacao-da-conformidade#:~:text=INSPE%C3%87%C3%83O,ensaios%20ou%20uso%20de%20calibres%E2%80%9D>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

Additiva3D. **Catálogo de Materiais**. Disponível em: <<https://www.additiva3d.com.br/ultrafuse-pet>>. Acesso em: 08 mai. 2022.

ALBERTIN, M. R.; ARAGÃO JR., D. P.; ELIAS, S. J. B. **Benchmarking Para um Desempenho Superior**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

ANDERJAI. **Engenheiro de Qualidade**. [Entrevista cedida a] Lucas Rafael Preis. Paraná, 2022.

ARAÚJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**, v.2.3.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ARRIVABENE, V. **Resistência dos Materiais**. São Paulo: Makron Books, 1994.

BAMBIRRA, M. S. **Mudanças organizacionais**: métodos e técnicas para inovação. Curitiba: Juruá, 2011.

BASF. **Catálogo de Materiais**. Acesso em: <<https://www.additiva3d.com.br>>. Acesso em: 26 mai. 2022.

BITTENCOURT, M.R.d. **Filamentos de Impressora 3D**. Camboriú: IFC, 2021.

BOGETOFT, P. **Performance Benchmarking: Measuring and Managing Performance**. New York: Springer US, 2012.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2021

CAMPOS, L. M. F. **Administração Pública Estratégica**: Planejamento, Ferramentas e Implementação. Curitiba: Contentus, 2020.

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

CIERCO, A. A.; MARSHALL JR., I.; MOTA, B.; ROCHA, A. V. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro: FGV, 2003.

COOPER, R. G.; EDGEITT, S. J. *Ideation for product innovation: what are the best methods?* PDMA Visions: 2008.

CORRÊA; H. L. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços - Uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2009.

Creativity 3D. **Curso Intensivo de Impressão 3D.** Disponível em: <<https://www.loja.creativity3d.com.br>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

Dicionário Financeiro. **Diagrama de Ishiwaka.** Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

DYNAMISM. **Epsilon W50.** Disponível em: https://www.dynamism.com/bcn3d/bcn3d-3d-printers/bcn3d-epsilon-w50.html?position=&keyword=epsilon%20w50&device=c&network=o&matchtype=e&campaignid=388324051&adgroupid=1225955693644577&msclkid=608affc338771cffc67c9d05153d45f5&utm_source=bing&utm_medium=cpc&utm_campaign=_Model_BCN3D%20Epsilon%20W50&utm_term=epsilon%20w50&utm_content=Model_BCN3D%20Epsilon%20W50. Acesso em: 05 jul. 2022.

FERREIRA A. L; DALTO, J. L.; OLIVEIRA, R.; FERREIRA, M. A. **Práticas de Gestão de Produção e Operações.** Gráfica Universal: Paraná, 2012.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade. A Visão Estratégica e Competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2002.

GAZIN ATACADO. **O que é a Matriz GUT e como utilizá-la para priorizar tarefas.** Disponível em: <<https://blog.gazinatacado.com.br/matriz-gut/>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

GILMORE, H. L.; **Product Conformance Cost.** Harvard University: Quality Progress, 1974.

G4 EDUCAÇÃO. 5W2H: O Que é e Como Criar Um Plano de Ação Utilizando-a. Disponível em: <https://g4educacao.com/portal/o-que-e-5w2h/?gclid=Cj0KCQjw6pOTBhCTARIsAHF23flZQkPpqmrAVuRi4ow4x0ik3a2lj2uvDv_dmhPRUarpgETEhVZDAHQaAj1IEALw_wcB>. Acesso em: 07 abr. 2022.

Impress3D. **Impressão 3D.** Disponível em: <<https://cursos.impress3d.com.br>> Acesso em: 18 mai. 2022.

ISO 9001. **Sistemas de Gestão de Qualidade.** Disponível em: <http://associacaodeinspetores.com.br/arquivos/arquivo_informativo/c2c76186249e40f1f5da5c8b09582702.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2022.

KaBuM! Secador de Filamentos Creality Dry Box, 115W, Bivolt, Branco – 4005010031. Disponível em: <https://www.kabum.com.br/produto/312292/secador-de-filamentos-creality-dry-box-115w-bivolt-branco-4005010031?gclid=Cj0KCQjwkruVBhCHARIsACVliOyUUUD8SDtJPDQ2jD5zJ6-Jig7RfS1tl7M1kLsMZgKBwtRonGDcLT6QaAlksEALw_wcB> Acesso em: 19 abr. 2022.

LACOMBE, F. J. M. **Recursos Humanos:** princípios e tendências. São Paulo: Saraiva, 2005.

LAKATOS, M. A.; MARCONI, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2010.

LUCINDA, M. A. **Qualidade: fundamentos e práticas para cursos de graduação.** Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MASCARENHAS; S. A. **Metodologia Científica.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

MATOS, J. G. R.; MATOS, R. M. B.; ALMEIDA, J. R. **Análise do ambiente corporativo: Do caos organizado ao planejamento estratégico das organizações.** 1ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

MATTAR, J. **Metodologia Científica na Era da Informática.** São Paulo: Saraiva, 2008.

MICRONTEK. **Dispositivos de Controle de Qualidade.** Disponível em: <<http://www.microntek.com.br/anel-liso/calibrador-anel-liso-passa-nao-passa-din-2250.html>>. Acesso em: 04 jul. 2022.

MICRONS. **Controle de Processos.** Disponível em: <<https://microns.ind.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

MONCHY, F. **A Função Manutenção.** São Paulo: Durban, 1987.

OALOO IMPRESSÃO 3D. **O Que é Impressão 3D? Para Que Serve a Impressora 3D? [Guia Definitivo 2021].** Disponível em: <<https://www.oaloo.com.br/impressao-3d-o-que-e-2/>> Acesso em: 24 abr. 2022.

PARRA FILHO, D. **Metodologia Científica.** São Paulo: Futura, 1998.

PAULING, L. **Nature of the chemical bond and the structure of molecules.** New York: Cornel University, 1960.

PICCHIA, D.; FERRAZ JUNIOR, S.; SARAIVA, M. I. N. **Ferramentas aplicadas à qualidade: estudo comparativo entre Literatura e as Práticas das Micro e Pequenas empresas (MPES).** Revista de Gestão e Projetos: Rio de Janeiro, 2015.

POPOV, E. P. **Resistência dos Materiais.** Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1984.

RAMPAZZO, L. **Metodologia Científica Para Alunos dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação.** São Paulo: Loyola, 2005.

REICHEL, H. **Treinamento e desenvolvimento.** Curitiba: Isde Brasil, 2016.

RESIVERSO. **Operador das Impressoras.** [Entrevista cedida a] Lucas Rafael Preis. Paraná, 2022.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico.** São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, R. B. **Diagnóstico organizacional como base para o planejamento estratégico.** 2010. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, 2010. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp132381.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2022.

SILVA, P. R. S.; PESO, R. C. **Qualidade total. Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo.** São Paulo: Atlas, 2001.

TINTASYTONER. **Filamentos.** Disponível em: <<https://www.tintasytonercompatibles.es/blog/filamentos-3d-baratos/>>. Acesso em: 04 jul. 2022.

TUBINO; D. F. **Planejamento e Controle da Produção.** Editora Atlas: São Paulo, 2009.

UDEMY. **Impressão 3D em resina.** Disponível em: <<https://www.udemy.com/course/impressao-3d-em-resina>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

ULTIMAKER. **Catálogo de Filamentos.** Disponível em: <https://3dcriar.com.br/produto/ultimaker-produtos/?gclid=CjwKCAjw-8qVBhANEiwAfjXLrhJNRenY491rreoU5LeNBHDVS17zYyaJFCwQoGKkanPp0EZV6aVqgBoC5LYQAvD_BwE> Acesso em: 25 mai. 2022.

VALLITECH. **Controle de Processos.** Disponível em: <<https://vallitech.com.br/empresa/>>. Acesso em: 24 mai. 2022.