

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

LORENA APARECIDA OLIVEIRA DIAS

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO  
LABORATÓRIO DE MECÂNICA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS  
DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

ITUIUTABA  
2023

LORENA APARECIDA OLIVEIRA DIAS

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO  
LABORATÓRIO DE MECÂNICA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS  
DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Uberlândia – Campus  
Pontal, como requisito parcial para a obtenção  
do título Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Aparecida de  
Oliveira Rosa

ITUIUTABA  
2023

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE  
NO LABORATÓRIO DE MECÂNICA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS  
DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Uberlândia, Campus  
Pontal, aprovado como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
de Produção, pela banca examinadora formada  
por:

Ituiutaba, 19 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa (orientadora)  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Déborah Oliveira Almeida Carvalho  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Gleyzer Martins  
Universidade Federal de Uberlândia

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a concluir esta etapa que tanto me ensinou sobre a fé e a persistência, por me permitir conhecer um pouco mais sobre mim mesma e sobre como posso superar as adversidades com seu amor e cuidado. E também a Nossa Senhora das Graças que sempre esteve a meu lado me dando toda a força necessária, intercedendo ao filho por mim!

Aos meus pais, por serem a base e o apoio sempre. O amor e a dedicação deles me ajudar a prosseguir. Espero um dia conseguir retribuir pelo menos a metade do que têm feito por mim.

Aos meus queridos irmãos, pela parceria em todo tempo!

À minha avó Dezi pelo incentivo de sempre! Acreditando e se orgulhando a cada conquista!

À UFU por essa oportunidade de crescer em conhecimento com qualidade. À minha orientadora Gabriela Menegaz por aceitar me orientar! Obrigada, professora!

À todos os professores, pelas conversas que fazem toda a diferença! Obrigada!

A todos os amigos que de alguma forma me ajudaram nessa etapa. Obrigada mesmo!!!

*“A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência, mas pela capacidade de começar de novo.”*

(F. Scott Fitzgerald)

## RESUMO

A aplicação de ferramentas da qualidade é essencial para o desenvolvimento de empresas e organizações que são comprometidos com a sua eficiência e eficácia organizacional. Os laboratórios das universidades são locais de atividades de ensino, pesquisa, extensão, além da prestação de serviços técnicos, por isso torna-se necessária a utilização destas ferramentas para auxiliar na manutenção das atividades de ensino e pesquisas com qualidade. Deste modo, este estudo propôs a utilização das ferramentas da qualidade Diagrama de Ishikawa e do plano de ação 5W2H no Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais do curso de Graduação em Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Uberlândia, com o intuito de identificar os principais problemas operacionais em seus equipamentos. Foram apontadas as causas geradoras dos problemas e selecionados os seguintes equipamentos para análise: durômetro de bancada, lixadeiras e microscópio. Em seguida, os planos de ação foram propostos e as melhorias foram executadas, tornando os equipamentos operacionais. Dessa forma, realizaram-se atividades práticas, que anteriormente estavam impossibilitadas, e a infraestrutura está disponível para ser usada em projetos de pesquisa e extensão.

**Palavras-chave:** Laboratório universitário, ferramentas da qualidade, Diagrama de Ishikawa, Plano de ação 5W2H.

## **ABSTRACT**

The application of quality tools is essential for the development of companies and organizations that are committed to their organizational efficiency and effectiveness. University laboratories are places for teaching, research, extension activities, in addition to providing technical services, so it is necessary to use these tools to help maintain quality teaching and research activities. Thus, this study proposes the use of the quality tools, Ishikawa Diagram and the 5W2H action plan in the Laboratory of Mechanics and Materials Science of the Graduation course in Production Engineering, at the Federal University of Uberlandia, in order to identify the main operational problems in their equipment. The causes generated for the problems were pointed out and the following equipment was selected for analysis: bench tester, sanders and microscope. Then, action plans were proposed and improvements were implemented, making the equipment operational. In this way, practical activities were carried out, which were previously impossible, and the infrastructure is available to be used in research and extension projects.

**Keywords:** University laboratory, quality tools, Ishikawa Diagram, 5W2H Action Plan.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>03</b>
2.1.	HISTÓRICO DA QUALIDADE.....	03
2.2.	A GESTÃO DA QUALIDADE.....	04
2.3.	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	04
2.3.2.	BRAINSTORMING.....	06
2.3.3.	DIAGRAMA DE ISHIKAWA OU DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	06
2.3.4.	PLANO DE AÇÃO 5W2H.....	07
2.4	A GESTÃO DA QUALIDADE EM LABORATÓRIOS DE ENSINO.....	08
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>08</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>09</b>
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO.....	09
4.2.	MAPEAMENTO DA REALIDADE DO LABORATÓRIO.....	11
4.3.	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DOS PROBLEMAS OPERACIONAIS DAS MÁQUINAS E IMPLEMENTAÇÃO DE PLANOS DE AÇÃO.....	12
4.3.1.	DURÔMETRO DE BANCADA.....	13
4.3.2.	POLITRIZ/LIXADEIRA METALGRÁFICA.....	17
4.3.3.	MICROSCÓPIOS.....	19
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Qualidade é um conceito espontâneo e inerente a qualquer situação que envolva o uso de algo tangível, as relações envolvidas na prestação de um serviço ou as percepções associadas a produtos de natureza intelectual, artística, emocional e experiencial (ISNARD et al., 2010). Como termo, a qualidade é conhecida há milhares de anos. No entanto, só recentemente se tornou um papel de gestão. Originalmente, tal função era relativa e voltada para a fiscalização, entretanto, as atividades relacionadas à qualidade crescer e são consideradas essenciais para o sucesso estratégico (GARVIN, 2002).

O contexto da ampliação do escopo da qualidade das atividades organizacionais, também se reflete nas responsabilidades agregadas ao campo, como a qualidade do meio ambiente e a qualidade de vida, ética e valores. Essas responsabilidades são fundamentais e objetivo da atual política nacional e de regulamentos internacionais, além de seguirem diversas normas que fornecem um modelo padrão para implantação de um sistema de gestão da qualidade, formado no Brasil pela sigla NBR (Normas Brasileiras) (OLIVEIRA et al., 2017).

Sendo assim, o conceito de qualidade foi se transformando com o passar dos anos sob influência das tendências e a percepção das necessidades nas diferentes áreas. Com isso, essa transformação pode ser resumida classificando a evolução do conceito da qualidade em quatro eras: da inspeção, do controle estatístico do processo, da garantia da qualidade e da gestão da qualidade total (MARTINS e NETO, 1998).

A qualidade é fundamental para o desenvolvimento de modelos gerenciais comprometidos com a eficiência e eficácia organizacional. No ambiente universitário se faz necessário a utilização de ferramentas da qualidade como forma de preservação e incentivo ao ensino e a pesquisa de excelência (OLIVEIRA et al., 2017). Desta maneira, os laboratórios de pesquisa, ensino e extensão são confrontados com a necessidade de se implantar um sistema de gestão de qualidade, além de manterem suas funções primordiais com excelência acadêmica. Entretanto, deve-se levar em consideração a limitação de recursos existentes nas instituições universitárias e a diversidade das atividades desenvolvidas, o que torna a conciliação desses fatores uma tarefa desafiadora. Isso exige um sistema da qualidade flexível, cujos procedimentos devem assegurar a qualidade dos trabalhos realizados e a acessibilidade ao conhecimento desenvolvido (GOMES et al., 2000).

Diante do exposto, o objetivo geral do presente trabalho é aplicar ferramentas da qualidade no Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais do curso de Graduação em

Engenharia de Produção, na Universidade Federal de Uberlândia, com o intuito de identificar as causas críticas que impossibilitavam o seu pleno funcionamento, e implementar melhorias para mitigá-las.

Para tanto, os objetivos específicos são:

- Mapear a situação atual do Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais, identificando as causas de inoperabilidade do laboratório que impediam o desenvolvimento das atividades práticas;
- Identificar a causa crítica;
- Aplicar as ferramentas de qualidade *brainstorming*, 5W2H e Diagrama de Ishikawa para identificar quais são as principais causas dos problemas no funcionamento dos equipamentos, e propor melhorias e soluções.

Este trabalho se justifica uma vez que a aplicação destas ferramentas pode resultar na melhora da funcionalidade dos equipamentos, possibilitando a execução de aulas práticas para os estudantes do curso, projetos de pesquisa e extensão e possíveis parcerias com empresas da região, em projetos ou prestações de serviços.

Para se alcançar os objetivos anteriormente mencionados, o presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. Desta forma, o primeiro deles traz uma breve introdução acerca do que será abordado, os objetivos gerais e específicos, a justificativa da escolha do tema e a sua relevância e a estruturação do trabalho.

O capítulo 2 desenvolve a fundamentação teórica, que auxilia o estudo por meio do levantamento bibliográfico a respeito do tema. Inicialmente, é apresentado o histórico da qualidade e da gestão da qualidade, as ferramentas da qualidade *brainstorming*, Diagrama de Ishikawa e Plano de ação 5W2H. Ainda, são apresentados trabalhos que abordaram a aplicação das ferramentas da qualidade em laboratórios de ensino em universidades.

O capítulo 3 detalha a metodologia com a caracterização da pesquisa e apresenta as etapas e procedimentos metodológicos adotados ao longo do trabalho. No quarto capítulo será caracterizada a estrutura do Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais e a realidade do funcionamento dos equipamentos. Na sequência, no capítulo 5 se desenvolverão as etapas de aplicação das ferramentas da qualidade nos equipamentos selecionados, analisadas as causas dos problemas identificados e apresentadas as melhorias. Já no último capítulo serão apresentadas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Histórico da qualidade

A preocupação com a qualidade, no sentido mais amplo da palavra, começou com W. A. Shewhart, estatístico norte-americano que, já na década de 20, tinha um grande questionamento com a qualidade e com a variabilidade encontrada na produção de bens e serviços. Shewhart desenvolveu um sistema de mensuração dessas variabilidades que ficou conhecido como Controle Estatístico de Processo (CEP). Criou também o Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Action*), método essencial da gestão da qualidade, que ficou conhecido como Ciclo Deming da Qualidade (GOMES, 2004).

Afinal, nas palavras do estatístico e professor William Edwards Deming: “Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende e não há sucesso no que não se gerencia”. Assim, aperfeiçoou o conceito em qualidade denominado ciclo PDCA, cujas iniciais, em inglês, significam *plan, do, check e action*, ou seja, planejar, executar, verificar e atuar corretivamente. Além disso, Deming enumerou 14 princípios da qualidade direcionados a gestores, pois com sua vasta experiência em implementação de técnicas da qualidade em empresas japonesas e americanas, entendeu que não era suficiente envolver somente os trabalhadores da linha de produção (DEMING, 1990).

Na década de 50, a preocupação com a qualidade atingiu o gerenciamento da empresa. Logo após a Segunda Guerra Mundial, o Japão se apresentou ao mundo destruído e precisando iniciar seu processo de reconstrução. W.E. Deming foi convidado pela *Japanese Union of Scientists and Engineers* (JUSE) para proferir palestras e treinar empresários e industriais sobre controle estatístico de processo e sobre gestão da qualidade. O Japão iniciou, então, sua revolução gerencial silenciosa, que se contrapõe, em estilo, mas ocorre paralelamente, à revolução tecnológica do Ocidente e chega a se confundir com uma revolução cultural (GOMES, 2004).

### 2.2 A gestão da qualidade

A preocupação com a qualidade de bens e serviços não é recente. Os consumidores sempre tiveram o cuidado de inspecionar os bens e serviços que recebiam em uma relação de troca. Essa preocupação caracterizou a chamada era da inspeção, que se voltava para o produto acabado, não produzindo, assim, qualidade, apenas encontrando produtos defeituosos na razão

direta da intensidade da inspeção. A era do controle estatístico surgiu com o aparecimento da produção em massa, traduzindo-se na introdução de técnicas de amostragem e de outros procedimentos de base estatística, bem como, em termos organizacionais, no aparecimento do setor de controle da qualidade (LONGO, 1994).

Ainda de acordo com Longo (1994), sistemas da qualidade foram pensados, esquematizados, melhorados e implantados desde a década de 30 nos Estados Unidos e nos anos 40 no Japão e em vários outros países do mundo. A partir da década de 50, surgiu a preocupação com a gestão da qualidade, que trouxe uma nova filosofia gerencial com base no desenvolvimento e na aplicação de conceitos, métodos e técnicas adequados a uma nova realidade. A gestão da qualidade total, como ficou conhecida essa nova filosofia gerencial, marcou o deslocamento da análise do produto ou serviço para a concepção de um sistema da qualidade. A qualidade deixou de ser um aspecto do produto e responsabilidade apenas de departamento específico e passou a ser uma preocupação da empresa, abrangendo todos os aspectos de sua operação.

## **2.3 Ferramentas da qualidade**

As ferramentas básicas da qualidade são divididas em sete, são elas: fluxograma, diagrama de causa e efeito, diagrama de Ishikawa, histograma, gráfico de controle, folha de verificação e diagrama de dispersão (CORRÊA e CORRÊA, 2010). Outras ferramentas auxiliares também podem ser aplicadas, como o *brainstorming* e o 5W2H (BEZERRA e TINOCO, 2019). Serão detalhadas nos tópicos a seguir as ferramentas que serão utilizadas para a execução do presente trabalho: *brainstorming*, diagrama de Ishikawa e plano de ação 5W2H.

### **2.3.1 *Brainstorming***

O *brainstorming* é uma das técnicas de geração de ideias mais conhecidas, projetado por Osborn, em 1938, e que significa “tempestade de ideias”. É uma técnica de ideias em grupo que inclui as contribuições voluntárias de todos os participantes. Soluções criativas e inovadoras para problemas, que fogem dos paradigmas estabelecidos, são alcançadas por meio do uso do desta técnica.

O clima de envolvimento e motivação criado pelo *brainstorming* garante maior qualidade nas decisões tomadas pela equipe, maior empenho na ação e sentido de responsabilidade partilhado por todos (SEBRAE, 2005).

### 2.3.2 Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito

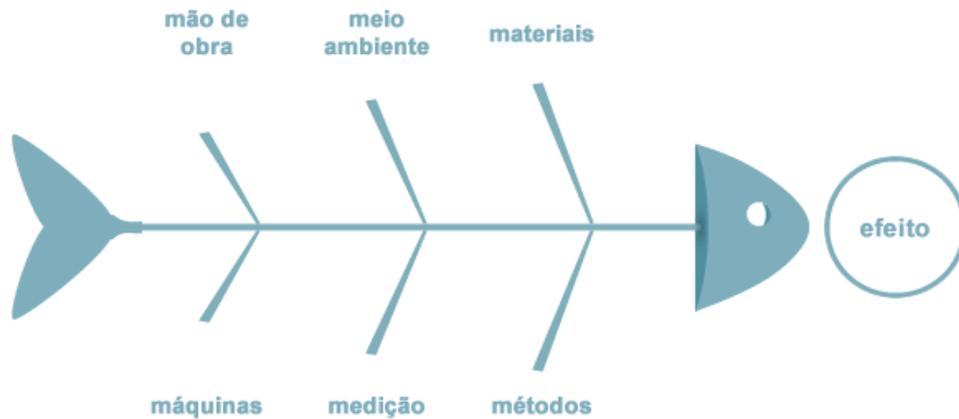
O diagrama de Ishikawa é nomeado em homenagem ao engenheiro japonês Kaour Ishikawa, que o apresentou em 1943, na Universidade de Tóquio, em um curso de treinamento para engenheiros de uma empresa metalúrgica. O diagrama foi generalizado com sucesso para a análise de problemas, explicando vários fatores relacionados as causas de problemas apresentados. Esta ferramenta também é conhecida pelo nome de cadeia causal ou *fishbone*. Assim, o diagrama de Ishikawa é um método gráfico para diagnosticar possíveis causas de determinados efeitos, que são controláveis (KANJI e ASHER, 1993).

Segundo Peinado e Graeml (2007) o digrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama espinha de peixe, auxilia nas possíveis causas de um problema ou efeito. Estas prováveis causas representam suposições que precisam ser analisadas e testadas uma a uma, a fim de comprovar sua autenticidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise. Na construção do diagrama de causa e efeito, é comum agrupar as diversas causas nos agrupamentos clássicos, são eles: máquinas, métodos, materiais, mão-de-obra e meio ambiente, como mostrado na Figura 1.

O diagrama de espinha de peixe é uma representação gráfica fácil de construir e fácil de entender. Como tal, traz muitos benefícios para a organização e para as equipes que o utilizam. Alguns desses benefícios são:

- obter uma melhor compreensão do problema a ser resolvido;
- identificar possíveis causas de forma ágil e decisiva;
- ordenar e priorizar as causas identificadas;
- registro visual intuitivo para análise futura;
- melhoria de processos e melhoria contínua;
- explorar as consequências dos problemas da empresa;
- toda a equipa estar envolvida na gestão da qualidade e na melhoria dos processos;
- organizar as ideias do grupo de maneira focada e objetiva.

Figura 1 – Exemplificação do diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007)

### 2.3.4 Plano de ação 5W2H

Segundo Werkema (1995), o plano de ação, também conhecido como 5W2H, é uma ferramenta que facilita no planejamento de ações que será desenvolvido, ou seja, parte de um problema e realiza a análise sobre o seu enfrentamento a partir de sete perguntas. Esta ferramenta é composta de um relatório de colunas, cada uma acompanhada de um título em inglês, onde os 5W2H representam as iniciais dos elementos: *Why* (por que deve ser executada a tarefa?), *What* (o que será feito?), *Where* (onde cada etapa será executada?), *When* (quando cada tarefa será executada?), *Who* (quem será responsável pela tarefa?), *How* (como deverá ser realizado cada tarefa?) e *How much* (quanto custa?). A ferramenta 5W2H foi desenvolvida para auxiliar na aplicação do ciclo PDCA, principalmente na fase de planejamento, que é de extrema importância (VERGARA, 2006).

### 2.4 A gestão da qualidade em laboratórios de ensino

Mainardes, Lourenço e Tontini (2010) entendem que definir qualidade é um exercício desafiador. Para Gomes (2004), a qualidade é fácil de reconhecer, mas é difícil definir. No mesmo panorama, Reeves e Bednar (apud Mainardes et al., 2010) destacam que não existe uma definição global, e diferentes definições surgem em diferentes circunstâncias, tornando-o um fenômeno complexo.

No contexto do avanço no conceito da qualidade, e por conseguinte, a elaboração de normas internacionais que apresentam um padrão de exigência global, estão os laboratórios pertencentes as universidades. São elas que formam os profissionais que trabalharão diretamente com esse padrão de qualidade exigido, sendo a ponte do aluno egresso com o mercado de trabalho. No caso dos futuros engenheiros, por exemplo, as grades curriculares dos cursos ainda apresentam alguma deficiência de disciplinas que contemplem conteúdos relacionados à gestão da qualidade e metrologia. Contudo, o curso de engenharia conta com a disciplina de gestão da qualidade, que traz um diferencial para esses futuros profissionais.

Oliveira et al. (2017) implementaram as ferramentas da gestão da qualidade às atividades desenvolvidas no Laboratório de Microbiologia Geral da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Sumé, Paraíba. Foi utilizada a metodologia de pesquisa qualitativa por meio de observações, entrevistas e visitas, que serviu de base para aplicação do método PDCA, por meio de ferramentas como folha de verificação, gráfico de Pareto, brainstorming, diagrama de Ishikawa, fluxograma e plano de ação (5W2H). A aplicação dessas ferramentas trouxe um resultado imediato de organização do setor, gestão visual, controle dos materiais, prazos de validade e correções de problemas indesejáveis com experimentos avaliada pela redução do número de ensaios contaminados.

O trabalho de Escobar e Barbosa (2018) teve como objetivo agregar qualidade às atividades desenvolvidas no Laboratório de Fluido de Perfuração da UFERSA, situado na cidade de Mossoró, campus Leste. Diante disso foram aplicadas quatro ferramentas da qualidade, são elas: Brainstorming, Folha de verificação, Diagrama de Ishikawa e o Plano de ação (5W2H), com o intuito de identificar os maiores problemas dentro deste laboratório. Foi possível apontar três problemas: o uso de material inadequado para a limpeza das vidrarias, o forno mufla que está em um local indevido e a necessidade de mais armários, para melhor acomodação dos produtos.

Adriano e Cassamo (2022) analisaram a atual situação técnica e de gestão dos laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) e propuseram um sistema de gestão da qualidade e otimização dos laboratórios do a partir de informações e dados recolhidos com recurso às técnicas de observação participante, brainstorming fluxograma e entrevistas. Na sequência, usando o diagrama de Ishikawa foram apresentados os fatores que têm condicionado a qualidade dos serviços laboratoriais. Uma das conclusões obtidas foi que a ausência de planos de gestão das instalações e equipamentos laboratoriais têm impactado negativamente na qualidade dos serviços prestados porque afetam o desempenho tanto dos técnicos quanto dos estudantes.

### 3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2012), há duas categorias para a classificação da natureza de uma pesquisa, sendo elas básica e aplicada. A presente pesquisa se caracteriza com natureza aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

A pesquisa também é classificada como qualitativa, uma vez que busca analisar dados específicos, descrever a complexidade da organização, possibilitar um melhor entendimento da especificidade e auxiliar no processo de gestão da organização (GIL, 2012). De acordo com Creswell (2014), a pesquisa qualitativa é um conjunto de práticas que transformam o mundo visível em dados representativos, incluindo notas, entrevistas, fotografias, registros e lembretes. Os pesquisadores qualitativos buscam entender um fenômeno em seu contexto natural.

A pesquisa em questão também pode ser classificada como descritiva exploratória, já que visa explicar e refinar conceitos, realizando levantamentos bibliográficos, entrevistas e análise de exemplos para ajudar a compreender e caracterizar os fatos, estabelecendo relação entre as variáveis (GIL, 1996).

Essa pesquisa também é classificada como estudo de caso, pois segundo Yin (2001), estuda fenômenos contemporâneos na vida real. Nesse sentido, os estudos de caso devem ser bem definidos, específicos, explicar o contexto e retratar a realidade.

Foi usada a observação como técnica de coleta de dados. Segundo Gil (1999) a observação constitui elemento fundamental para a pesquisa, pois é a partir dela que é possível delinear as etapas de um estudo: formular o problema, construir a hipótese, definir variáveis e coletar dados. Gil (1999) e Rúdio (2002) concordam que a observação é a aplicação dos sentidos humanos para obter determinada informação sobre aspectos da realidade.

Inicialmente, foi definido o problema de pesquisa, juntamente com o estudo bibliográfico do tema. Em seguida, foi realizada a caracterização do Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais, a coleta dos dados dos equipamentos e a verificação da realidade atual do maquinário disponível e das atividades executadas. Os principais problemas foram identificados e selecionou-se aqueles equipamentos que não estavam operacionais devido a causas que não envolvessem a infraestrutura elétrica do prédio. Por fim, foi realizada a análise das informações obtidas e proposição da implementação das ferramentas da qualidade no laboratório em estudo.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização do laboratório

O Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais está localizado no Bloco J do Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia, na cidade de Ituiutaba/MG. Possui uma área ampla, dividida em térreo e mezanino. No piso térreo há 02 salas, destinadas para disposição dos equipamentos. Estas salas contam também com armários, bancadas, mesas e cadeiras de estudo. Por sua vez, o mezanino é um espaço para aulas, equipado com bancadas e banquetas, lousa e sistema de audiovisual.

Este laboratório faz parte da infraestrutura do curso de graduação em engenharia de produção da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia de Produção e Serviço Social (FACES). A engenharia de produção se dedica ao projeto e à gerência de sistemas que envolvem pessoas, materiais, equipamentos e o ambiente. Assim, o estudante de engenharia de produção aprende conteúdos relacionadas à economia, meio ambiente, finanças, gestão, qualidade, além dos conhecimentos tecnológicos básicos da engenharia.

O laboratório iniciou suas atividades em março de 2022, e foi criado com o intuito de fortalecer o pilar da engenharia básica no curso, tendo como função preparar o discente para o entendimento e domínio dos fundamentos da engenharia, a serem utilizados de forma aplicada nos desafios futuros. Desse modo, os conteúdos teóricos dos componentes curriculares “Mecânica Aplicada”, “Ciência dos Materiais” e “Mecânica dos Sólidos”, podem ser trabalhados em atividades práticas no laboratório, de acordo com a carga horária de cada um deles. Esses conteúdos são cruciais para permitir que os egressos do curso consigam entender a realidade e os desafios de engenharia nos diversos cenários, a propor soluções e a trabalharem em grupo com as outras diversas engenharias envolvidas.

Atualmente, o laboratório possui equipamentos que permitem a realização de ensaios de tração, ensaios de compressão, ensaios de flexão em três pontos, ensaios de dureza Rockwell, ensaios de dureza Brinell e preparação de amostras para ensaios metalográficos. Esses ensaios envolvem conhecimentos das disciplinas acima mencionadas. A Tabela 1 apresenta os equipamentos disponíveis no laboratório.

Tabela 1 – Relação de equipamentos no Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais

<b>Equipamento</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Ano de aquisição</b>	<b>Quantidade</b>
Cortadora metalográfica de bancada	Capacidade de corte (80 mm). Motor 2cv trifásico 220 V/380 V	AROTEC	2011	1
Durômetro de bancada	Medição de dureza Rockwell normal e Brinell	DIGIMESS	2011	1
Forno mufla microprocessado	Aplicação em procedimentos onde é utilizada alta temperatura. Oferece temperatura máxima a 1200°C.	GP CIENTIFICA	2011	1
Máquina universal de ensaios mecânicos	Capacidade de 10 toneladas mod.wdw	TIME	2011	1
Microscópio modular e metalográfico	Microscopio metalográfico trinocular de platina invertida com acessórios mod.gx41m	OLYMPUS	2011	5
Politriz/lixadeira eletrônica	Politriz/lixadeira eletrônica c/ carcaça simples motor blindado 0,5 cv monofas. 220v c/ acess mod. e2999	AROTEC	2011	4
Prensa de embutimento metalográfico	Prensa de embutimento metalografico semi-automática c/ diametro de amostra 40mm 220v	AROTEC	2011	1
Microscopio modular trinocular	Campo claro compacto com acessórios mod.cx31 marca-olympus	OLYMPUS	2011	4
Projetor de perfil	Peças médias e pequenas, c/ leitura diascópica/episcópica, 220v	DIGIMESS	2011	1

Fonte: Autor (2023)

A máquina universal de ensaios mecânicos, da marca Time<sup>®</sup>, com capacidade máxima de 10000 N, possibilita os ensaios de tração, compressão e flexão em diferentes tipos de materiais, como polímeros e metais. No durômetro de bancada Digimess<sup>®</sup> é possível testar a dureza Rockwell e Brinell de amostras com diferentes materiais e geometrias. A preparação das amostras para metalografia se inicia com o corte da amostra na cortadora metalográfica, seguida pelo lixamento realizado nas lixadeiras e pelo embutimento na prensa de embutimento. Essas amostras podem ser aquecidas no forno mufla para a realização de tratamentos térmicos. As análises metalográficas são, por fim, executadas com as observações nos microscópios.

## 4.2 Mapeamento da realidade do laboratório

Para mapear a realidade do laboratório, no que tange ao atendimento das condições de operação para realização das atividades práticas, foram feitas visitas *in loco*, observações e entrevistas com a atual professora responsável pela coordenação, e com o técnico que auxilia nas atividades. Por meio dos dados coletados, observou-se que as atividades práticas não estavam sendo realizadas, uma vez que o laboratório encontrava-se inoperante. Assim, foi realizado um *brainstorming* entre os envolvidos, que possibilitou a identificação das causas que levavam a esta condição, sendo estas apresentadas no diagrama de Ishikawa da Figura 2.

Figura 2 – Diagrama de Ishikawa para levantamento das causas do problema de laboratório inoperante



Fonte: Autor (2023)

Da Figura 2, com relação ao método, o laboratório não dispunha do procedimento operacional padrão (POP) de nenhum dos equipamentos, o que podia levar a operacionalização incorreta. Ainda, a falta deste procedimento impedia ou dificultava o uso do equipamento pelos novos discentes e outros usuários que precisavam utilizá-lo para ensaios. No que diz respeito à mão-de-obra, o técnico alocado no laboratório não possui formação na área de engenharia mecânica ou área afim, o que limitava a sua atuação no manuseio e manutenção dos equipamentos.

No que tange ao material, o laboratório não dispunha de corpos de prova para os ensaios, como por exemplo, corpos de prova para o ensaio de tração e para o ensaio de dureza. É

importante destacar que, quando aplicável, os corpos de prova devem atender as especificações estabelecidas em normas.

Ainda, não havia material adequado para limpeza das máquinas, como flanelas, álcool isopropílico e vaselina, sendo este último utilizado para evitar a oxidação das peças. Por fim, o uso de equipamento de proteção individual (EPI) é indispensável no manuseio de alguns equipamentos, como por exemplo óculos de proteção e luvas.

Referente à medida, a falta de indicadores agia como uma barreira à mudança e à melhoria, uma vez que não era possível medir a intensidade da utilização da infraestrutura do laboratório, quanto às atividades de ensino e pesquisa.

Sobre o meio ambiente, o laboratório não dispunha de tomadas com alimentação adequada, necessárias para ligar alguns equipamentos. Também não havia bancadas com pias instaladas, o que impossibilitava o uso das lixadeiras. Quanto as bancadas em que alguns equipamentos eram apoiados, estas tinham altura acima do padrão, o que dificultava o acesso ao equipamento, bem como o seu manuseio.

Por fim, no que tange à máquina, observou-se que haviam equipamentos que não ligavam, devido a problemas, por exemplo, com a alimentação incorreta das tomadas de energia. Outros que ainda não haviam sido instalados, ou que estavam instalados, porém, sem a devida fixação. Também foi observado que haviam equipamentos que estavam faltando peças, o que impedia o seu uso.

A partir do exposto, identificou-se a categoria “máquina” como aquela mais crítica, uma vez que os equipamentos são indispensáveis na realização de todos os ensaios do laboratório, de acordo com as atividades práticas planejadas. Neste sentido, o estudo foi conduzido a fim de identificar as causas dos problemas operacionais das máquinas, e propor planos de ação que possibilitem sua utilização em aulas práticas, projetos de pesquisa e prestações de serviço. Os resultados são apresentados a seguir.

### **4.3 Identificação das causas dos problemas operacionais das máquinas e implementação de planos de ação**

Para caracterizar a realidade operacional dos equipamentos do laboratório, os principais problemas identificados no estudo de caso são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Identificação dos principais problemas nos equipamentos do laboratório

<b>Equipamento</b>	<b>Está operacional?</b>	<b>Problema identificado</b>
Cortadora metalográfica de bancada – Arotec®	Não	Ausência de alimentação elétrica trifásica, necessária para operar o equipamento
Durômetro de bancada - Digimess®	Não	Ausência de furos na bancada para fixação e manivela para aplicação da carga inicial estava travada
Forno Mufla – GP Científica®	Não	Ausência de alimentação elétrica trifásica, necessária para operar o equipamento
Máquina universal de ensaios mecânicos - Time®	Não	Ausência de alimentação elétrica trifásica, necessária para operar o equipamento
Microscópio – Olympus®	Não	Não tem defeito.
Lixadeira - Arotec®	Não	Ausência de instalações hidráulicas para entrada e saída de água no equipamento. Além disso, algumas lixadeiras não estavam ligando de forma adequada
Prensa de embutimento metalográfico - Arotec®	Sim	Não foram identificados problemas

Fonte: Autor (2023)

Ao realizar uma análise nos problemas identificados na Tabela 2, observou-se que aqueles relacionados à infraestrutura elétrica do bloco necessitariam de soluções que demandam recursos financeiros elevados. Por isso, dependem de decisões de ordem superior da universidade, e não apenas dos responsáveis diretos pelo laboratório. Por outro lado, os problemas identificados que impossibilitavam a utilização do durômetro (Figura 3), das lixadeiras (Figura 4) e dos microscópios (Figura 5), poderiam ser solucionados pelos responsáveis diretos do laboratório.

Diante desse cenário, as ferramentas da qualidade foram aplicadas a estes equipamentos: lixadeiras, durômetro e microscópios. Inicialmente, utilizou-se a ferramenta do diagrama de Ishikawa para identificar as causas dos problemas operacionais de cada um destes equipamentos. Posteriormente, um plano de ação foi elaborado com auxílio da ferramenta 5W2H. Nos tópicos a seguir serão descritas as implementações destas ferramentas para cada um dos equipamentos selecionados.

Figura 3 – Durômetro Digimess®



Fonte: Digimess (2023)

Figura 4 – Politriz/Lixadeira Arotec®



Fonte: Arotec (2023)

Figura 5 – Microscópio Olympus®



Fonte: Olympus (2023)

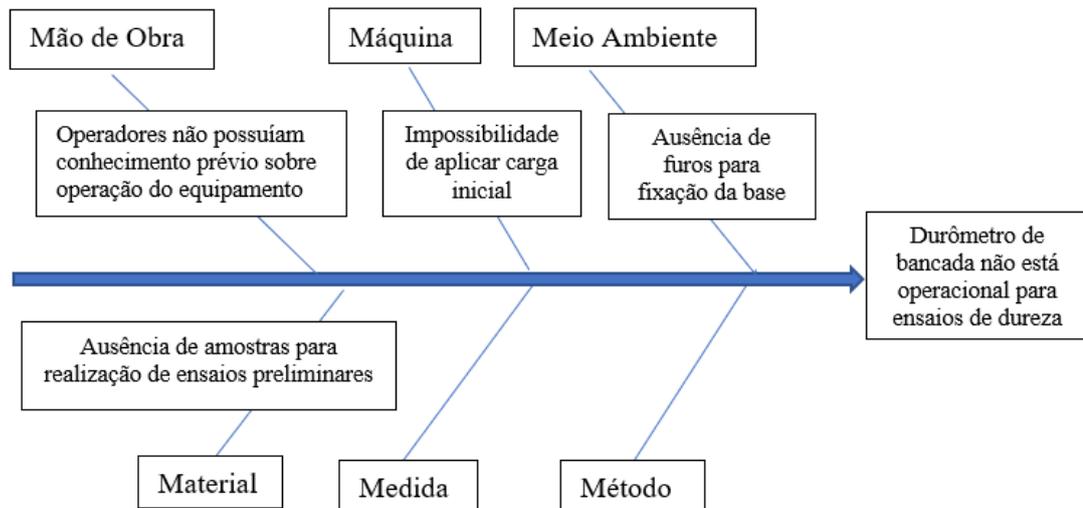
#### 4.3.1 Durômetro de bancada

A dureza é a resistência do material a deformação plástica localizada. O método de medida de dureza é bastante utilizado tendo em vista sua simplicidade e exigência mínima de habilidades (CALLISTER e RETHWISCH, 2013). O durômetro existente no laboratório executa as medições de dureza Rockwell e Brinell.

O princípio do método de dureza Rockwell é medir a diferença de profundidade das penetrações resultantes da aplicação de uma pequena carga menor inicial e de uma posterior aplicação de uma carga maior. As normas que regem esses ensaios são a ABNT NBRNM146-1 (1998) e a ASTM E18-05e1. Enquanto no método Brinell emprega-se como penetrador uma esfera de aço tratado ou de carboneto de tungstênio e a dureza será medida em função do diâmetro da endentação. As principais normas para testes de dureza Brinell são ABNT NBR NM 187 (05/1999) e ASTM E10-01e1 (CALLISTER e RETHWISCH, 2013).

Para detecção das causas mais prováveis que geram os problemas operacionais, aplicou-se o diagrama de causa e efeito, apresentado na Figura 6. Observa-se que as causas principais apontadas estavam no meio ambiente, devido à ausência de furos na bancada para fixação da base do equipamento, e na máquina, pois ocorria a impossibilidade de aplicação da carga inicial de teste já que a manivela reguladora dos pesos estava com seu acionamento travado. Além disso, notaram-se causas envolvendo a mão de obra e o material, sendo, respectivamente, a ausência de conhecimento prévio sobre operação do equipamento por parte do técnico do laboratório e a falta de amostras para realização de ensaios preliminares de dureza.

Figura 6 – Diagrama de causa e efeito para o durômetro de bancada



Fonte: Autor (2023)

A partir da análise do diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 6, elaborou-se um plano de ação 5W2H, detalhado na Tabela 3. É possível observar que a execução dos furos na bancada é fundamental para fixação do equipamento, permitindo a realização dos ensaios. Nessa ação, a professora e o técnico do laboratório abriram uma ordem de serviço no sistema da universidade para solicitar a execução por um prestador terceirizado. Para solucionar o problema da aplicação da carga inicial no teste de dureza, a professora entrou em contato com o fabricante do equipamento. Verificou-se que os travamentos dos pesos internos no durômetro não tinham sido retirados, pois desde a aquisição o equipamento não havia sido utilizado. Isto impedia a movimentação da manivela de aplicação das cargas. O técnico e a aluna de iniciação científica foram responsáveis por fazer a abertura do durômetro, retirar os travamentos e instalar algumas peças faltantes.

Além disso, para a falta de amostras para realização dos ensaios foi proposta a solução de aquisição de corpos de prova de laboratórios parceiros dentro da universidade, o que evitou gastos com a fabricação de amostras. Para solucionar o problema da ausência de conhecimento prévio dos operadores sobre o equipamento foi proposto o estudo das informações dadas no manual do durômetro, além de vídeos da realização dos ensaios e conversas por telefone com o técnico da empresa fabricante.

Tabela 3 – Plano de ação 5W2H para o durômetro de bancada

5W					2H	
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto custa?
Executar os furos na bancada	Possibilitar a fixação da base	Bancada do Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora e técnico responsável	Solicitação realizada em abril de 2022	Devem abrir ordem de serviço solicitando no sistema. Os furos serão executados pelo prestador da universidade.	Sem custo direto do laboratório
Solucionar o problema da aplicação de carga inicial	Possibilitar ensaios de dureza de diferentes escalas	Durômetro no Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora, técnico responsável e aluna de iniciação científica	Setembro de 2022	Professora deve entrar em contato com o fornecedor do equipamento e buscar as soluções. Técnico e aluna realizarão as atividades indicadas para funcionamento do equipamento	Sem custo direto do laboratório
Ausência de amostras para realização de ensaios preliminares	Possibilitar ensaios de dureza de diferentes escalas	Laboratórios parceiros na universidade	Professora responsável	Outubro de 2022	Requisição de corpos de prova de diferentes matérias para laboratórios parceiros dentro da própria universidade	Sem custo direto do laboratório
Ausência de conhecimento prévio sobre operação do equipamento	Permitir a operação adequada do equipamento	Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora, técnico responsável e aluna de iniciação científica	Abril de 2022	Leitura do manual do equipamento e contato com fornecedor para solucionar dúvidas operacionais	Sem custo direto do laboratório

Fonte: Autor (2023)

Observou-se que com a execução das atividades de melhorias propostas no plano de ação (Tabela 3), o equipamento passou a estar operacional, possibilitando a realização das primeiras aulas práticas sobre ensaios de dureza Rockwell e Brinell, na disciplina Ciência dos Materiais em janeiro de 2023. Os avanços alcançados foram registrados, e propõe-se discussões visando melhorias futuras. A padronização dos ensaios foi adotada, seguindo as normas ABNT e o manual de operação do fabricante.

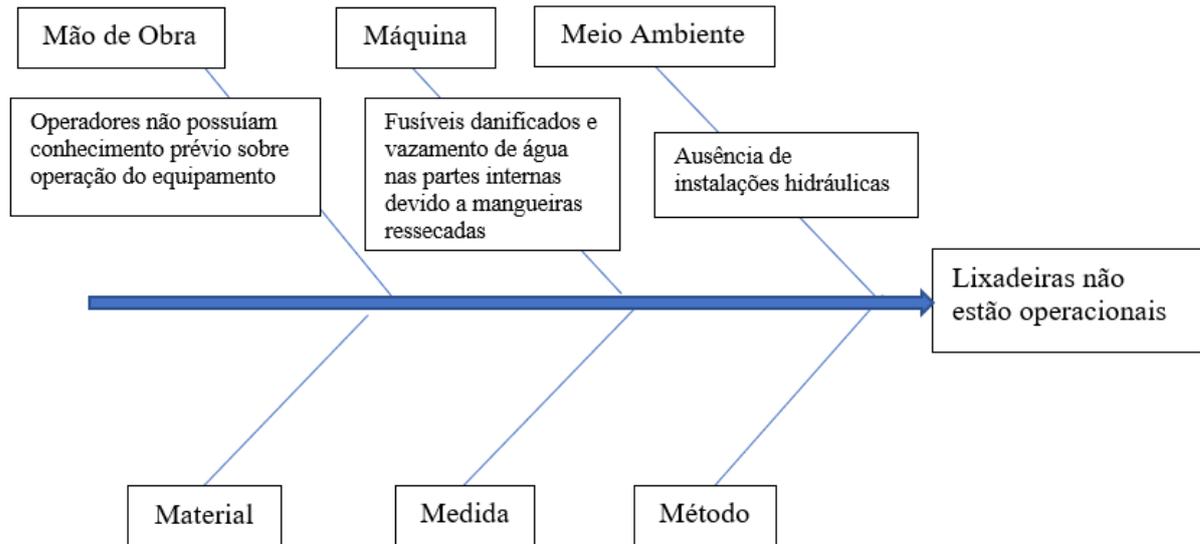
#### 4.3.2 Politriz/Lixadeira metalográfica

A politriz/lixadeira é um equipamento essencial para a preparação metalográfica de amostras, sendo utilizada para lixar e polir determinadas superfícies. A velocidade de rotação

do disco é baixa e nele são acopladas diferentes lixas, permitindo a preparação de diversos materiais.

Para detecção das causas mais prováveis que geram os problemas operacionais, aplicou-se o diagrama de causa e efeito, apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Diagrama de causa e efeito para a politriz/lixadeira metalográfica



Fonte: Autor (2023)

Na Figura 7, observou-se que as causas principais apontadas estavam no ambiente, devido à ausência da parte hidráulica para o funcionamento do equipamento. Além disso, notaram-se defeitos em alguns dos equipamentos que quando eram ligados ocorria o vazamento de água nas partes internas da máquina, causado pelo ressecamento da mangueira, e outros estavam com fusíveis danificados, por isso não ligavam.

Neste sentido, foi elaborado um plano de ação 5W2H, apresentado na Tabela 4. Primeiramente, a causa relacionada ambiente foi analisada e solucionada, assim, as instalações hidráulicas no bloco foram finalizadas, para que a entrada e saída de água no equipamento fossem feitas. Nessa ação, a professora e o técnico do laboratório abriram uma ordem de serviço no sistema da universidade para solicitar a execução por um prestador terceirizado.

Tabela 4 – Plano de ação 5W2H para a politriz/lixadeira metalográfica

5W					2H	
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto custa?
Executar a instalação hidráulica no laboratório	Possibilitar a entrada e saída de água da lixadeira	Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora e técnico responsável	Solicitação realizada em abril de 2022	Devem abrir ordem de serviço solicitando no sistema. A instalação hidráulica será executada pelo prestador da universidade.	Sem custo direto do laboratório
Solucionar o problema das mangueiras ressecadas	Possibilitar a preparação de amostras na lixadeira	Lixadeira no Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora, técnico responsável e aluna de iniciação científica	Setembro de 2022	Professora deve entrar em contato com o fornecedor do equipamento e buscar as soluções. Técnico e aluna realizarão as atividades indicadas para funcionamento do equipamento.	Custo das mangueiras (R\$ 36,00)
Ausência de conhecimento prévio sobre operação do equipamento	Permitir a operação adequada do equipamento	Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora, técnico responsável e aluna de iniciação científica	Julho de 2022	Leitura do manual do equipamento e vídeos de montagem do equipamento.	Sem custo direto do laboratório

Fonte: Autor (2023)

Para solucionar as causas relacionadas a máquina, o técnico do laboratório e aluna de iniciação científica abriram a lixadeira para os reparos, trocaram as mangueiras que estavam ressecadas e os fusíveis danificados. Verificou-se que depois de trocada as mangueiras os equipamentos estavam operando em perfeito estado, pois desde a aquisição não haviam sido utilizados. Por fim, o problema gerado pela ausência de conhecimento prévio sobre o funcionamento e montagem dos componentes da lixadeira, foi solucionado pelos operadores responsáveis a partir do estudo do manual e busca de vídeos que detalhavam a montagem.

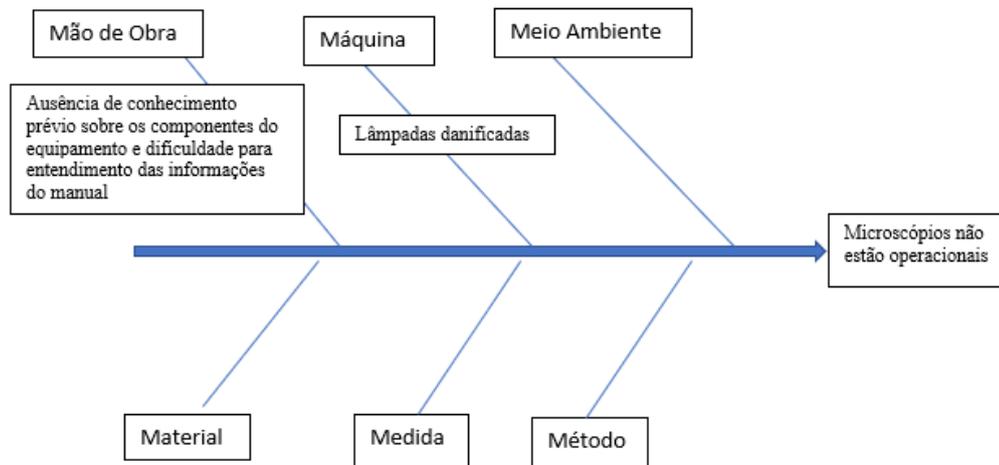
### 4.3.3 Microscópios

Os microscópios metalográficos podem ser binoculares, constituídos por duas lentes, ou trinoculares, constituídos por três lentes. Este tipo de microscópio possui um sistema de iluminação eficiente que permite ao operador ter uma visão completa da amostra que está sendo analisada, facilitando assim testes eficientes e de alta precisão. O microscópio metalográfico é um equipamento fabricado com elevada tecnologia para possibilitar uma análise amplo do operador. Este tipo de instrumento é formado por variados componentes, tais como: lentes,

ajuste de foco, ajuste de iluminação, iluminador, ajuste de foco fino, seletor de imagem, entre outros.

Para os microscópios foi identificado o problema que alguns deles não ligavam quando conectados a alimentação elétrica, por isso não poderiam ser utilizados nas análises das amostras. As causas principais para o problema relatado foram determinadas no diagrama de causa e efeito apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Diagrama de causa e efeito para o microscópio metalográfico



Fonte: Autor (2023)

Neste caso, observa-se que as causas principais apontadas estavam envolvendo a mão de obra e a máquina. A ausência de conhecimento prévio sobre os componentes do microscópio e a dificuldade para entender as informações dadas no manual estavam prejudicando a operação e a realização dos reparos necessários. Do ponto de vista da máquina, a causa era apenas a troca das lâmpadas danificadas.

A partir desta análise, foi desenvolvido o plano de ação 5W2H, dado na Tabela 5. A dificuldade relacionada ao entendimento das informações do manual e do não conhecimento prévio sobre a montagem dos componentes dos microscópios foi solucionada com o estudo dos manuais. Além disso, as lâmpadas danificadas foram substituídas e não houve custo, pois já havia lâmpadas reserva no laboratório. Dessa forma, após as melhorias aplicadas os microscópios funcionaram normalmente.

Tabela 5 – Plano de ação 5W2H para os microscópios

5W					2H	
O que?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?	Quanto Custa?
Executar a montagem das lâmpadas	Possibilitar a utilização dos microscópios	Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Técnico responsável e aluna de iniciação científica	Novembro de 2022	Montagem das lâmpadas seguindo o manual. As lâmpadas substitutas já estavam no laboratório.	Sem custo
Ausência de conhecimento prévio sobre operação do equipamento	Permitir a operação adequada do equipamento	Laboratório de Mecânica e Ciência dos Materiais	Professora, técnico responsável e aluna de iniciação científica	Novembro de 2022	Leitura do manual do equipamento	Sem custo direto do laboratório

Fonte: Autor (2023)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Laboratório de Mecânica Aplicada e Ciências dos Materiais tem como objetivo a missão da formação de qualidade de futuros engenheiros de produção, possibilitando para os discentes, além de dominar os principais aspectos da Engenharia de Produção, a capacidade de relacioná-los e abordarem problemas complexos de forma ampla, com uma visão sistêmica e transdisciplinar.

A partir do estudo de caso de aplicação das ferramentas de qualidade e propostas de melhoria conduzido no laboratório observou-se que a ausência de aplicação das ferramentas da qualidade e suas melhorias nas ações e equipamentos têm impactado negativamente a realização de aulas práticas e projetos de ensino, pesquisa e extensão, afetando o desempenho dos estudantes. Além disso, a própria estrutura do laboratório é afetada, pois possíveis prestações de serviço e parcerias com empresas e outras instituições fica prejudicada devido aos problemas operacionais nos equipamentos.

Diante desse cenário, foi proposta a realização deste projeto para aplicar as ferramentas Diagrama de Ishikawa e plano de ação 5W2H em alguns equipamentos. Inicialmente, realizou-se um *brainstorming* com os responsáveis pelo laboratório e os principais problemas operacionais foram apontados. Assim, foram selecionados o durômetro, as lixadeiras e os microscópios para implementação das ferramentas e propostas de melhorias para solução dos problemas.

Após as etapas de aplicação e implementação das melhorias, foi possível notar que os equipamentos retomaram a sua total funcionalidade e se encontram operacionais. Isto possibilitou a realização de aulas práticas no laboratório e incentiva a busca por novos projetos de pesquisa e extensão que possam usufruir nesta infraestrutura.

Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação das sucessivas ferramentas da qualidade na análise de outros equipamentos existentes no laboratório e em outros laboratórios do curso de Engenharia de Produção e da Universidade Federal de Uberlândia, para que assim problemas de operação e gestão possam ser solucionados. Além disso, propõe-se o desenvolvimento de uma documentação de procedimentos operacionais padrão para os equipamentos do laboratório, que possam ser seguidos pelos usuários e garantam a operação adequada.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. S. Lubrificação Industrial-Tipos e métodos de lubrificação. Saraiva Educação AS, 2014.
- BEZERRA, I.M.D.; TINOCO, D.J.B. Aplicação das Ferramentas da Qualidade em Projetos Governamentais – Um Estudo de Caso do Projeto de Integração das Bacias do Rio São Francisco. ENEGEP – ABEPRO. Santos, 2019.
- BRANCO FILHO, G. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Ciência Moderna, 2008. DEMO, Pedro. Metodologia do conhecimento científico. Atlas, 2000.
- CAMPOS, V. F. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia. 4 ed. Belo Horizonte, MG. Ed. IDG, 1994. 276p.
- CALLISTER, William D., Jr.; RETHWISCH, David G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Tradução de Sérgio Murilo Stamile Soares. 9. ed. 2013.
- CORRÊA, H. L; CÔRREA, C. A. Administração de produção e operações. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- DEMING, W. E. Qualidade: A Revolução da Administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.
- GARVIN, D. A. Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- ISNARD, M. J., CIERCO, A. A., ROCHA, A. V., MOTA, E. B., LEUSIN, S. Gestão da Qualidade. 10. Ed. – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. 204 p.
- KANJI, G. K., ASHER, M. 1993. Advances in Total Quality Management. Avances en la Administración de la Calidad Total
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção-função estratégica. Qualitymark Editora Ltda, 2009.
- LONGO, R. M. J. Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação
- MAINARDES, E. W., LOUREÇO, L. & TONTINI, G. (2010). Percepções dos conceitos de Qualidade e Gestão pela Qualidade Total: estudo de caso na universidade. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional. Brasil;
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e serviços. Curitiba: UNICENP, 2007.
- MARTINS, R. A.; NETO, P. L. D. O. C. Indicadores de Desempenho para a Gestão pela Qualidade Total. Gestão & Produção, v. 5, n. 3, p. 298-311, dezembro 1998.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013. 277 p. ISBN 978-85-7717-158-3.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Ferramentas da Qualidade SEBRAE.pdf. Agosto, 2005.

VERGARA, Sylvia Constant. Gestão da Qualidade. Editora FGV. 3º Edição. Rio de Janeiro. 2006.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. 6. ed. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995. 106 p