

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE DIADEMA
LUIGI PAPAIZ

CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL (GPI)

ALAN LUIZ DE OLIVEIRA
SCHUMACHER OLIVEIRA FERREIRA
YURI DE OLIVEIRA SOUZA

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: identificação e
solução de trincas na produção de mesas de centro de madeira

DIADEMA/SP

2026

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE DIADEMA
LUIGI PAPAIZ

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: identificação e
solução de trincas na produção de mesas de centro de madeira**

Trabalho desenvolvido para a obtenção do
título de graduação em Tecnologia em
Gestão da Produção Industrial (GPI) pela
Faculdade de Tecnologia de Diadema.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Miele Ruggero

DIADEMA/SP

2026

Luiz, Alan; Oliveira, Schumacher; Oliveira, Yuri;

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE TRINCAS NA PRODUÇÃO DE MESAS DE CENTRO DE MADEIRA

.

Número de páginas p.; 37.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso).
CEETEPS-FATEC DIADEMA/SP, 6º Sem. 2026.

Orientador: Sergio Miele

Referências: p. 36.

Palavras-chave: Qualidade; Ferramentas da qualidade; Controle de umidade; Processo produtivo moveleiro; Melhoria contínua.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho, primeiramente, às nossas famílias, que sempre estiveram ao nosso lado durante toda a jornada acadêmica, oferecendo apoio, compreensão e incentivo nos momentos de dificuldade. Foram elas que nos motivaram a seguir em frente, acreditando em nosso potencial e nos lembrando constantemente da importância de não desistir diante dos desafios.

Também dedicamos este trabalho a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para nossa formação pessoal e profissional ao longo desta trajetória. Cada aprendizado, cada desafio superado e cada conquista alcançada representam não apenas o resultado de esforço individual, mas também da colaboração e do apoio de pessoas que fizeram parte desse caminho.

Por fim, dedicamos este estudo à busca constante pelo conhecimento e pela melhoria contínua, valores que levaremos para nossa vida profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus pela oportunidade de chegar até aqui, pela força e pela perseverança concedidas ao longo de toda essa jornada acadêmica.

Expressamos nossa sincera gratidão ao nosso professor orientador, que desempenhou papel fundamental no desenvolvimento deste trabalho. Sua orientação, conhecimento e dedicação foram essenciais para a construção deste estudo, contribuindo significativamente para o nosso aprendizado e para a qualidade do trabalho apresentado.

Agradecemos também à instituição de ensino e a todos os professores que, ao longo do curso, compartilharam seus conhecimentos e experiências, contribuindo para nossa formação acadêmica e profissional.

De forma especial, agradecemos às nossas famílias, que sempre acreditaram em nosso potencial e nos apoiaram em todos os momentos. O incentivo, a paciência e o carinho recebidos foram fundamentais para que pudéssemos superar os desafios e seguir firmes em nossos objetivos.

Por fim, agradecemos uns aos outros, membros da equipe, pela parceria, pelo respeito e pelo espírito de colaboração que marcaram toda a realização deste trabalho. A união, o comprometimento e a valorização do trabalho em equipe foram essenciais para transformar esta jornada acadêmica em uma experiência de aprendizado, crescimento e superação.

RESUMO

Este trabalho apresentou um estudo de caso na produção de fabricação de mesas de centro em uma indústria de móveis de alto padrão, com o objetivo de identificar a causa raiz de trincas provenientes no processo produtivo e dar soluções assertivas utilizando as ferramentas da qualidade para gerenciar de forma objetiva e clara as ações que serão tomadas. Durante a realização de inspeção final do processo produtivo, foi observado que a lâmina natural de madeira em algumas regiões está apresentando rachaduras, comprometendo a qualidade do produto e se transformando em uma não conformidade. Para resolver esse problema, foram utilizadas ferramentas estratégicas da qualidade como: *Brainstorming*, diagrama de Ishikawa e o 5 Porquês para identificar as causas potenciais das rachaduras, e o *5W2H* para dar direcionamento das ações aos respectivos responsáveis. Com a implementação dessas ações, a indústria busca reduzir e prevenir a não conformidade com as trincas e melhorar a qualidade dos seus processos aumentando sua confiabilidade.

Palavras-chave: Qualidade, Diagrama de Ishikawa e Otimização de processo.

ABSTRACT

This paper presents a case study on the manufacturing of coffee tables in a high-end furniture industry. The objective is to identify the root cause of cracks occurring during the production process and to provide assertive solutions using quality management tools to manage the necessary actions objectively and clearly. During the final inspection of the production process, it was observed that the natural wood veneer presented cracks in certain areas, compromising product quality and resulting in a non-compliance. To resolve this issue, strategic quality tools were employed, including Brainstorming, the Ishikawa Diagram, and the 5 Whys, to identify potential causes of the cracking. Subsequently, the 5W2H method was used to provide clear action plans for the respective stakeholders. By implementing these actions, the industry aims to reduce and prevent the recurrence of cracks, thereby improving process quality and increasing overall reliability.

Keywords: *Quality, Ishikawa Diagram and Process Optimization.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desumidificador industrial.....	17
Figura 2 – Cálculo EMC <i>Hailwood-Horrobin</i>	17
Figura 3 – Curva sorção higroscópica da madeira em função da umidade do ar.....	19
Figura 4 – Curva de sorção ideal para madeira nogueira.....	20
Figura 5 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> 2026 – Causas potenciais.....	26
Figura 6 – 5 Por quês? 2026 – Investigação da causa raiz.....	27
Figura 7 – 5 Por quês? 2026 – Investigação da causa raiz.....	27
Figura 8 – <i>5W2H</i> 2026 – Plano de ação.....	28
Figura 9 – Madeira apresentando trinca e rachadura.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teor de umidade de equilíbrio da madeira	18
Tabela 2 – Monitoramento do ambiente antes das ações	30
Tabela 3 – Monitoramento do ambiente após as ações	30
Tabela 4 – Monitoramento do processo produtivo antes das ações	31
Tabela 5 – Monitoramento do processo produtivo após as ações	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H – *What, Why, Where, When, Who, How, How much* (O que, Por que, Onde, Quando, Quem, Como e Quanto custa)

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

GPI – Gestão da Produção Industrial

Sumário

DEDICATÓRIA.....	2
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	8
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	11
1.4 PROBLEMÁTICA.....	12
1.5 HIPÓTESES	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 ASPECTOS FÍSICO QUÍMICOS DA MADEIRA E SUA RELAÇÃO COM UMIDADE ...	14
2.1.1 ARMAZENAMENTO E CONTROLE DE UMIDADE NA INDÚSTRIA MOVELEIRA...	15
2.1.2 SENSORES DE UMIDADE	15
2.1.3 DESUMIFICADOR INDUSTRIAL	16
2.1.4 TEOR DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO (EMC).	17
2.1.5 CURVA DE SORÇÃO HIGROSCÓPICA DA MADEIRA	18
2.1.6 MATRIZ HIDROSCÓPICA DA MADEIRA NOGUEIRA (<i>Juglans spp.</i>)	19
2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	20
2.2.1 BRAINSTORMING	20
2.2.2 DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i>	21
2.2.3 5 Porquês?	21
2.2.4 5W2H	22
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	23
4 RESULTADOS/DISCUSSÕES	24
4.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE	24
4.1.1BRAINSTORMING	24
4.1.2 DIAGRAMA DE <i>ISHIKAWA</i>	25
4.1.3 FERRAMENTA DOS 5 PORQUÊS?	26
4.1.4 FERRAMENTA 5W2H	28
5 CONCLUSÕES.....	33
6 DECLARAÇÃO DE USO DE IA.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso concentrou-se no processo de fabricação de mesas de centro em uma indústria do setor moveleiro. Observou-se que a ocorrência de problemas recorrentes de qualidade tem gerado gargalos produtivos e retrabalhos, demandando uma análise técnica aprofundada sobre as variáveis do processo. Diante desse contexto, o presente trabalho utiliza ferramentas de gestão da qualidade para a identificação precisa da causa raiz das falhas detectadas. O objetivo central é a implementação de ações corretivas e preventivas que eliminem ou reduzam as não conformidades, promovendo a otimização do fluxo de fabricação e a melhoria contínua dos processos da organização.

A qualidade não é apenas uma característica do produto, mas um compromisso com a satisfação do cliente, a redução de custos e a eliminação de desperdícios e retrabalhos, que, por sua vez, garantem a continuidade e o crescimento sustentável do negócio (Crosby, 1979, p. 15).

A melhoria do processo produtivo contribui para a padronização dos métodos de trabalho, trazendo maior eficiência, previsibilidade e garantia de qualidade.

A implementação de ferramentas de gestão fortalece a competitividade da empresa no mercado, ao mesmo tempo em que promove a criação de uma cultura de melhoria contínua entre os colaboradores, garantindo que os resultados sejam sustentáveis no longo prazo.

Assim, este estudo de caso buscou demonstrar como a aplicação estruturada das ferramentas da qualidade pode ser eficaz para identificação e resolução de não conformidades no processo de fabricação de mesas de centro de madeira.

1.1 OBJETIVOS

Identificar as causas raízes das trincas na produção de mesas de centro em uma indústria moveleira, por meio da aplicação das ferramentas da qualidade, visando implementar ações corretivas para reduzir não conformidades, retrabalhos e desperdícios no processo produtivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente competitividade no setor moveleiro exige das empresas um elevado padrão de qualidade em seus produtos, bem como eficiência em seus processos produtivos. Nesse contexto, a identificação e a correção de falhas ao longo do processo de fabricação tornam-se fatores fundamentais para garantir a qualidade e a sustentabilidade do negócio. Problemas relacionados à qualidade, como trincas e rachaduras na madeira durante o processo de produção de mesas de centro, podem comprometer o produto final, ocasionando retrabalhos, desperdícios de matéria-prima, aumento do tempo de produção e possíveis perdas financeiras para a empresa.

Assim, este estudo justificou-se pela importância de promover melhorias no processo de fabricação de mesas de centro, por meio da análise das causas das não conformidades e da implementação de práticas de gestão que possibilitem a otimização do processo produtivo. Além de contribuir para o aprimoramento da qualidade dos produtos, o estudo também busca fortalecer a competitividade da empresa no mercado, reduzir desperdícios e fomentar uma cultura organizacional voltada para a melhoria contínua. Dessa forma, os resultados obtidos poderão servir como base para futuras melhorias no processo produtivo e para a disseminação de boas práticas de gestão da qualidade dentro da organização.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa delimitou-se à análise do processo produtivo de mesas de centro em uma indústria moveleira localizada no município de Diadema, no estado de São Paulo. O estudo concentra-se especificamente no setor de marcenaria, responsável pelas etapas de processamento da madeira utilizadas na fabricação do produto.

O foco da investigação está relacionado à ocorrência de trincas e rachaduras na madeira durante o processo produtivo. Dessa forma, o estudo limitou-se à análise dos fatores que influenciam diretamente essa não conformidade, com destaque para as condições de recebimento, armazenamento e controle de umidade da matéria-prima.

A pesquisa também se refere à aplicação de ferramentas de gestão da qualidade, tais como *Brainstorming*, Diagrama de *Ishikawa*, 5 Porquês e 5W2H utilizadas para identificar a causa raiz do problema e estruturar ações corretivas e preventivas. Não fazem parte do escopo desta pesquisa análises relacionadas ao design do produto,

estratégias comerciais ou outros processos produtivos da empresa que não estejam diretamente ligados ao surgimento das trincas na madeira.

Assim, o estudo concentrou-se na melhoria do processo produtivo por meio da análise das causas das não conformidades e da proposição de ações voltadas ao controle da umidade da madeira e às condições de armazenamento da matéria-prima, buscando contribuir para a melhoria da qualidade do produto final e para a redução de desperdícios no processo produtivo.

1.4 PROBLEMÁTICA

A qualidade do produto final na indústria moveleira está diretamente relacionada às condições da matéria-prima e à eficiência do controle dos processos produtivos. No entanto, durante o processo de fabricação de mesas de centro na empresa analisada, foram identificadas não conformidades relacionadas ao surgimento de trincas e rachaduras na madeira, especialmente nas etapas finais de produção.

Esses defeitos comprometem o acabamento e a integridade estrutural do produto. Diante desse cenário, tornou-se necessário investigar de forma estruturada quais fatores estão contribuindo para o aparecimento dessas não conformidades e de que maneira a aplicação de ferramentas da qualidade pode auxiliar na identificação das causas raízes e na implementação de melhorias no processo produtivo.

Nesse contexto, a problemática desta pesquisa pode ser expressa pela seguinte questão:

Como a aplicação de ferramentas da qualidade pode contribuir para identificar e reduzir as causas das trincas na madeira durante o processo de fabricação de mesas de centro em uma indústria moveleira?

1.5 HIPÓTESES

Com base na problemática apresentada e na análise preliminar do processo produtivo, foram formuladas as seguintes hipóteses de pesquisa:

H1: A ausência de controle do teor de umidade da madeira no momento do recebimento da matéria-prima contribui significativamente para o surgimento de trincas e rachaduras durante o processo produtivo.

H2: Condições inadequadas de armazenamento da madeira, como variações de temperatura e umidade no ambiente, favorecem a instabilidade dimensional da matéria-prima, aumentando a ocorrência de defeitos no produto final.

H3: A aplicação estruturada de ferramentas da qualidade, como *Brainstorming*, Diagrama de *Ishikawa*, 5 Porquês e *5W2H*, possibilita a identificação da causa raiz das não conformidades e contribui para a implementação de ações eficazes de melhoria no processo produtivo.

H4: A implementação de medidas de controle, como o monitoramento do teor de umidade da madeira e a melhoria das condições de armazenamento, tende a reduzir significativamente a incidência de trincas na produção de mesas de centro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos físico-químicos da madeira e sua relação com umidade

A madeira é um material que, por sua própria constituição, mantém uma relação direta com a umidade do ambiente. Diferente de outros insumos industriais, como metais ou plásticos, ela é um material higroscópico, ou seja, absorve e libera água constantemente. Essa característica decorre de sua estrutura celular, composta por fibras de celulose, hemicelulose e lignina, que funcionam como pequenos reservatórios capazes de armazenar moléculas de água (Trinca, 2006).

Esse processo leva ao fenômeno conhecido como umidade de equilíbrio higroscópico. Em termos simples, significa que a madeira tende a ajustar seu teor de água até atingir um ponto de equilíbrio com a umidade relativa do ar do ambiente onde está armazenada ou utilizada (Pinheiro, 2014). Na prática, se a madeira for levada para um local mais úmido, ela absorverá água; em ambientes mais secos, perderá umidade.

Essas variações, embora naturais, trazem consequências importantes. A ausência de controle do teor de umidade pode provocar retrações e expansões nas peças, o que resulta em defeitos visíveis como empenamentos, trincas e fissuras. Esses problemas não apenas prejudicam a estética do móvel, mas também comprometem sua resistência mecânica. Estudos indicam que a faixa de 8% a 14% de umidade é considerada adequada para a produção moveleira no Brasil, variando conforme as condições climáticas regionais (Pinheiro, 2014).

Além da questão dimensional, a umidade está ligada diretamente à durabilidade do material. Pesquisas mostram que madeiras com teor acima de 22% tornam-se muito mais vulneráveis à ação de fungos e insetos xilófagos, o que acelera sua deterioração (Silva, 2004). Isso explica, por exemplo, porque peças mal secas em depósitos abertos frequentemente apresentam manchas, odor característico e, em casos mais avançados, ataque biológico.

A influência da umidade também se estende ao desempenho mecânico. Trinca (2006) verificou que amostras com altos níveis de água apresentaram menor resistência à compressão paralela às fibras, enquanto Lucas Filho (2004) constatou que peças com teor inadequado de umidade geraram maior índice de falhas durante operações de fresamento. Já Medeiros (2023) demonstrou que condições inadequadas de armazenamento elevam significativamente a ocorrência de rachaduras e perdas produtivas, aumentando o retrabalho e os custos do processo.

No contexto industrial, esse conjunto de fatores reforça a necessidade de atenção ao controle do teor de umidade. Mais do que um requisito técnico, trata-se de uma condição para assegurar qualidade, confiabilidade e competitividade na indústria moveleira. Afinal, peças estáveis dimensionalmente, resistentes e livres de defeitos são aquelas que melhor atendem às expectativas dos consumidores e reduzem desperdícios para as empresas (Matos, 2004).

2.1.1 Armazenamento e controle de umidade na indústria moveleira

O armazenamento da madeira é um dos pontos mais sensíveis na cadeia produtiva do setor moveleiro. É nessa etapa que muitas vezes se define se a matéria-prima chegará em condições adequadas para a produção ou se apresentará defeitos que vão comprometer o resultado final. Quando o controle de umidade não é feito corretamente, surgem problemas como rachaduras, empenamentos e até a perda completa de lotes de madeira, gerando retrabalho e desperdício (Medeiros, 2023).

Para Matos (2004), práticas simples, como empilhar corretamente as peças, garantir a circulação de ar entre elas e protegê-las da chuva ou da umidade do solo, já fazem grande diferença na preservação da qualidade. A ausência desses cuidados cria variações de teor de água que afetam a estabilidade do material e, consequentemente, a produtividade da empresa.

No que diz respeito à secagem, as pequenas marcenarias ainda recorrem à secagem natural, ao ar livre, por ser uma técnica de baixo custo. No entanto, esse método é demorado e pouco uniforme. Por outro lado, a secagem em estufas permite maior controle e rapidez, resultando em peças com teor de umidade mais estável e adequado para o uso industrial. Como afirma Melo (2005, p. 57), “a instrumentação adequada da secagem é capaz de garantir madeira com teor de umidade dentro da faixa ideal para uso industrial”.

Além da questão técnica, o controle da umidade tem impacto direto na percepção do cliente. Um móvel que chega ao consumidor com trincas ou deformações transmite a sensação de baixa qualidade, o que afeta a reputação da empresa e diminui sua competitividade (Medeiros, 2023). Nesse sentido, a gestão adequada da umidade deve ser encarada não apenas como requisito de produção, mas também como parte da estratégia de mercado.

Assim, garantir que a madeira seja armazenada e utilizada dentro da faixa adequada de umidade é um passo essencial para assegurar qualidade, reduzir desperdícios e fortalecer a posição das indústrias moveleiras no setor (Matos, 2004; Melo, 2005; Medeiros, 2023).

2.1.2 Sensores de umidade

Os sensores de umidade são dispositivos desenvolvidos para medir o teor de água presente em um ambiente, material ou substância, desempenhando papel fundamental em processos industriais que dependem de controle ambiental rigoroso. De acordo com Pereira e Souza (2018), esses sensores convertem variações de umidade em sinais elétricos que podem ser interpretados e armazenados por sistemas automatizados, garantindo medições contínuas e precisas.

Na indústria madeireira e moveleira, o controle da umidade é um dos fatores críticos para a qualidade do produto final, pois interfere diretamente nas propriedades físicas e mecânicas da madeira. Segundo Simpson (1991), o teor de umidade influencia

características como resistência, estabilidade dimensional e suscetibilidade ao ataque de fungos. Assim, o uso de sensores de umidade permite monitorar essas variações de forma mais eficiente, evitando perdas e defeitos durante o armazenamento e a secagem.

A utilização de sensores integrados a sistemas automatizados representa um avanço significativo na gestão da qualidade. Segundo Farsarella (2017), a automação e a coleta de dados em tempo real são práticas alinhadas à filosofia da melhoria contínua e à redução de variabilidade nos processos produtivos. Em secadores industriais, por exemplo, o sensor envia dados constantemente, permitindo ajustes imediatos de temperatura e ventilação para manter o teor de umidade dentro da faixa ideal (Melo, 2005).

2.1.3 Desumidificador industrial

De acordo com Santini, Matos e Scarabelot (1998), o monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar é fundamental para o gerenciamento eficiente dos processos de secagem da madeira, sendo necessário o uso de sensores e sistemas de controle capazes de manter condições ambientais estáveis ao longo do processo produtivo. Os autores destacam que o controle inadequado da umidade pode ocasionar defeitos como empenamentos, rachaduras e perdas de qualidade do material.

Além disso, Melo (2005) afirma que a instrumentação industrial aplicada aos sistemas de secagem permite maior controle operacional, contribuindo para a redução de falhas e para o aumento da eficiência energética do processo. Segundo o autor, sensores de umidade e temperatura são amplamente utilizados para fornecer dados em tempo real, possibilitando ajustes automáticos nos equipamentos de climatização e desumidificação.

Jankowsky (1995) ressalta que os sistemas de secagem com desumidificadores apresentam vantagens significativas em relação aos métodos convencionais, principalmente pela capacidade de remover a umidade do ar de maneira contínua e controlada, conforme a figura 1. Isso favorece a estabilidade dimensional da madeira e reduz os riscos de deterioração causados pelo excesso de umidade durante o armazenamento e processamento industrial.

De forma complementar, Henn (2017) destaca que ambientes industriais com elevada umidade relativa podem comprometer tanto a qualidade dos produtos quanto o desempenho operacional das empresas. O autor evidencia que a utilização de desumidificadores industriais associados a sistemas automatizados de monitoramento contribui para melhores condições ambientais e maior controle dos parâmetros físicos do processo.

Figura 1 – Desumidificador industrial



Fonte: THERMOMATIC.

2.1.4 Teor de umidade de equilíbrio (emc).

A umidade de equilíbrio da madeira (EMC) pode ser estimada por meio do modelo de Hailwood-Horrobin, amplamente utilizado na literatura para descrever o comportamento higroscópico da madeira em função da umidade relativa e da temperatura. O modelo é dado conforme a figura 2.

Figura 2- Cálculo EMC Hailwood-Horrobin

$$EMC = \frac{1800}{W} \left[\frac{K_1 \cdot h}{1 - K_1 \cdot h} + \frac{K_2 \cdot K_1 \cdot h + 2 \cdot K_1^2 \cdot h^2}{1 + K_2 \cdot K_1 \cdot h + K_1^2 \cdot h^2} \right]$$

Fonte: Adaptado de Hailwood e Horrobin (1946).

Onde h é a temperatura relativa do ar, T é a temperatura (C°), w , K_1 e K_2 são constantes dependentes da temperatura.

2.1.5 Curva de sorção higroscópica da madeira

A madeira é um material higroscópico, o que significa que possui a capacidade de absorver ou liberar umidade conforme as condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. Esse comportamento ocorre devido à estrutura celular do material, que contém componentes capazes de interagir com moléculas de água presentes no ambiente. Dessa forma, quando a madeira permanece por determinado período sob condições relativamente constantes, ela tende a atingir um estado de equilíbrio com o ar ao seu redor. Esse estado é conhecido como teor de umidade de equilíbrio (*Equilibrium Moisture Content – EMC*), no qual a quantidade de água absorvida pela madeira é aproximadamente igual à quantidade liberada para o ambiente (Mitchell, 2018).

Para garantir que ensaios e aplicações industriais sejam realizados em condições controladas, normas técnicas estabelecem procedimentos para o condicionamento da madeira até que ela atinja um teor de umidade estável. A norma ASTM D4933 apresenta diretrizes para o condicionamento de madeira e materiais derivados, permitindo que suas propriedades físicas e mecânicas sejam avaliadas de forma confiável sob condições padronizadas (ASTM D4933).

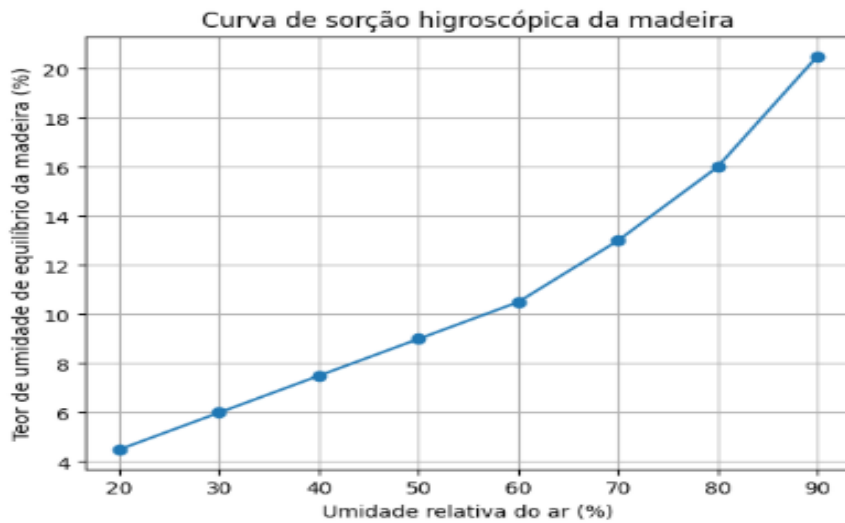
A relação entre a umidade relativa do ar e o teor de umidade de equilíbrio da madeira pode ser observada na Tabela 1, que apresenta valores médios da curva de sorção higroscópica utilizados em estudos de tecnologia da madeira.

Tabela 1 – Teor de umidade de equilíbrio da madeira

Umidade relativa do ar (%)	Teor de umidade de equilíbrio da madeira (%)
20	4 – 5
30	6
40	7 – 8
50	9
60	10 – 11
70	13
80	16
90	20 – 21

Fonte: Adaptado de MITCHELL (2018) e ASTM D4933

Figura 3- Curva de sorção higroscópica da madeira em função da umidade relativa do ar



Fonte: Adaptado de MITCHELL (2018) e ASTM D4933.

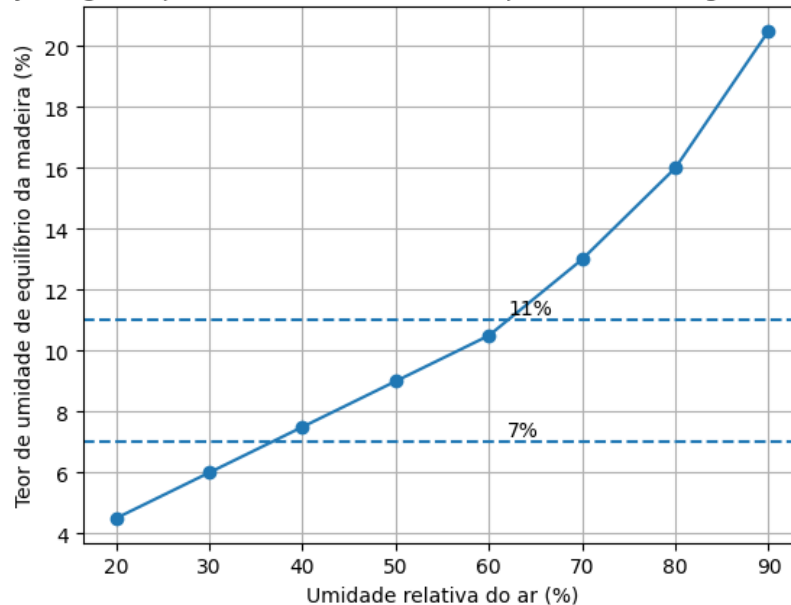
A figura 3 apresenta a curva de sorção higroscópica da madeira, que descreve a relação entre a umidade relativa do ar e o teor de umidade de equilíbrio do material. Observa-se que, à medida que a umidade relativa do ambiente aumenta, o teor de umidade da madeira também se eleva. Esse comportamento ocorre devido à natureza higroscópica da madeira, que tende a absorver ou liberar vapor de água até atingir equilíbrio com o ambiente (Mitchell, 2018). Para garantir que esse equilíbrio seja alcançado de forma controlada em ensaios e aplicações industriais, a norma ASTM D4933 estabelece procedimentos para o condicionamento da madeira e de materiais derivados até que atinjam um teor de umidade estável.

2.1.6 Matriz hidroscopia da madeira nogueira

A madeira de nogueira (*Juglans spp.*), utilizada com frequência na indústria moveleira devido às suas propriedades estéticas e mecânicas, segue esse mesmo princípio de interação com o ambiente. Isso significa que, quando exposta a diferentes condições de umidade relativa, a nogueira tende a absorver ou liberar água até atingir o equilíbrio higroscópico correspondente às condições ambientais (Mitchell, 2018).

Figura 4- Curva de sorção ideal para madeira nogueira

Curva de sorção higroscópica da madeira (faixa ideal para madeira nogueira em móveis: 7-11%)



Dessa forma, os valores apresentados na tabela 4 podem ser utilizados como referência para estimar o comportamento da madeira de nogueira

. Por exemplo, em ambientes internos onde a umidade relativa do ar geralmente varia entre 40% e 60%, a madeira tende a apresentar um teor de umidade de equilíbrio entre aproximadamente 7% e 11%, faixa considerada adequada para aplicações na indústria moveleira. Manter a madeira dentro dessa faixa contribui para reduzir problemas como empenamento, fissuras e deformações dimensionais nas peças produzidas.

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2.2.1 *Brainstorming*

O *Brainstorming* é uma das ferramentas mais conhecidas quando se trata da geração de ideias e da busca por soluções criativas em processos de melhoria da qualidade. Criado por Alex Osborn na década de 1940, o método foi inicialmente aplicado em agências de publicidade para estimular a criatividade de equipes e superar bloqueios mentais (Osborn, 1953). Desde então, a técnica foi incorporada ao campo da gestão da qualidade como um recurso para a identificação de causas de problemas e proposição de alternativas de melhoria.

Segundo Farsarella (2017), o *Brainstorming* consiste em uma reunião estruturada de grupo na qual os participantes são estimulados a apresentar ideias de forma livre, sem críticas ou julgamentos imediatos. Essa abordagem cria um ambiente colaborativo, que valoriza a criatividade coletiva e permite reunir diferentes pontos de vista sobre um mesmo problema.

Historicamente, a aplicação da técnica seguiu a expansão da qualidade total, principalmente a partir da década de 1980, quando organizações passaram a perceber que a participação de colaboradores em processos decisórios resultava em maior engajamento e geração de soluções inovadoras (Farsarella, 2017).

Na prática, o Brainstorming pode ser aplicado em conjunto com outras ferramentas, como o Diagrama de *Ishikawa*, servindo como etapa inicial para o levantamento de possíveis causas de um problema. Kume (1993) destaca que a força da técnica está na quantidade de ideias produzidas, já que a análise crítica pode ser feita posteriormente, a partir da seleção e categorização das contribuições.

2.2.3 Diagrama de *Ishikawa*

O Diagrama de *Ishikawa*, também chamado de diagrama de causa e efeito ou “espinha de peixe”, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa na década de 1960. Seu objetivo é organizar e representar graficamente as causas potenciais de um problema (Ishikawa, 1985).

Segundo Farsarella (2017), essa ferramenta classifica as causas em categorias, como método, máquina, material, mão de obra, meio ambiente e medição. A representação visual ajuda a compreender de forma clara a origem dos problemas e facilita a priorização de ações corretivas. No setor moveleiro, o diagrama pode ser utilizado para investigar as causas do aparecimento de trincas na madeira, distribuindo hipóteses em categorias que orientam análises mais profundas.

2.2.4 5 Porquês?

A técnica dos 5 Porquês foi desenvolvida por Sakichi Toyoda e difundida pelo Sistema Toyota de Produção como um método simples para identificar a causa raiz de um problema. O princípio consiste em perguntar repetidamente “por quê?” até encontrar a verdadeira origem da falha (Ohno, 1997).

Para Farsarella (2017), o método se destaca pela simplicidade e baixo custo, sendo aplicável em diferentes contextos organizacionais. Em uma indústria moveleira, por exemplo, se uma peça apresenta rachaduras, pode-se iniciar perguntando “por que a madeira trincou?”, chegando progressivamente a fatores como falha no armazenamento ou ausência de controle da umidade.

2.2.5 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de planejamento utilizada para estruturar planos de ação de forma clara e objetiva. O método se baseia em sete perguntas fundamentais: *What* (o que será feito?), *Why* (por que será feito?), *Where* (onde?), *When* (quando?), *Who* (quem?), *How* (como?) e *How much* (quanto custará) (Farsarella, 2017).

De acordo com Campos (2014), o 5W2H permite organizar responsabilidades, prazos e recursos, tornando a execução de melhorias mais transparente e eficiente. Na prática, pode ser aplicado na elaboração de um plano de ação para o controle da umidade no armazenamento da madeira, detalhando desde a justificativa até os custos envolvidos.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho caracterizou-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, com objetivo exploratório e descritivo, realizada por meio de um estudo de caso em uma indústria do setor moveleiro localizada no município de Diadema/SP.

A escolha do estudo de caso justifica-se pela necessidade de analisar, em profundidade, um problema real do processo produtivo, a ocorrência de trincas na madeira, permitindo a aplicação prática de ferramentas da qualidade para identificação das causas e proposição de melhorias.

A metodologia foi estruturada em etapas sequenciais, conforme descrito a seguir:

Inicialmente, foi realizado o acompanhamento do processo produtivo e análise dos dados de qualidade, identificando a ocorrência de trincas nas mesas de centro. Foram coletados dados por meio de inspeções e registros internos, possibilitando a mensuração do índice de não conformidade.

Foram realizadas três reuniões de brainstorming com uma equipe multidisciplinar composta por colaboradores dos setores de Engenharia, Qualidade, Produção, Manutenção e Logística. O objetivo foi levantar, de forma ampla e colaborativa, as possíveis causas do problema, sem julgamentos prévios.

As causas levantadas foram organizadas e classificadas por meio do Diagrama de Ishikawa, estruturado nas categorias: Método, Máquina, Material, Mão de obra, Meio ambiente e Medição. Essa ferramenta permitiu uma visão sistêmica do problema e facilitou a identificação das causas mais relevantes.

A partir das causas identificadas no Diagrama de Ishikawa, foi aplicada a técnica dos 5 Porquês para aprofundamento da análise e identificação das causas raízes. Esse método permitiu compreender a origem do problema de forma estruturada.

Com base nas causas raízes identificadas, foi desenvolvido um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H, definindo claramente as ações a serem implementadas, responsáveis, prazos e recursos necessários.

Após a implementação das melhorias, foram realizados novos monitoramentos do ambiente e do processo produtivo, permitindo a comparação dos resultados antes e depois das ações. Os dados coletados foram analisados quantitativamente, evidenciando a redução das não conformidades.

Dessa forma, a metodologia adotada permitiu a aplicação estruturada das ferramentas da qualidade, possibilitando a identificação das causas do problema e a avaliação da eficácia das ações implementadas.

4 RESULTADOS/DISCUSSÕES

4.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

4.1.1 *Brainstorming*

Para a identificação das possíveis causas relacionadas à ocorrência de trincas na produção das mesas de centro, foram realizadas três reuniões de brainstorming com uma equipe multidisciplinar composta por colaboradores dos setores de Engenharia, Qualidade, Produção, Manutenção e Logística.

Durante os encontros, os participantes foram incentivados a expor livremente suas ideias, sem julgamentos prévios, com o objetivo de levantar o maior número possível de causas potenciais do problema. Cada reunião contribuiu para aprofundar a análise, permitindo a consolidação das informações posteriormente organizadas no Diagrama de Ishikawa.

No primeiro encontro, foram identificadas causas potenciais mais amplas, com base na percepção dos colaboradores sobre o processo produtivo. Entre os principais pontos levantados, destacam-se:

- Falta de controle de umidade no recebimento da madeira.
- Armazenamento inadequado da matéria-prima.
- Variação de temperatura no ambiente.
- Falta de padronização no processo produtivo.
- Matéria-prima com qualidade variável.

No segundo encontro, as ideias foram mais aprofundadas destacando-se:

- Ausência de procedimentos padronizados para controle de umidade.
- Inexistência de equipamentos como desumidificador e sensores.
- Madeira recebida fora da faixa ideal de umidade.
- Falta de treinamento para inspeção da matéria-prima.
- Ambiente com alta umidade relativa.
- Ausência de monitoramento contínuo.

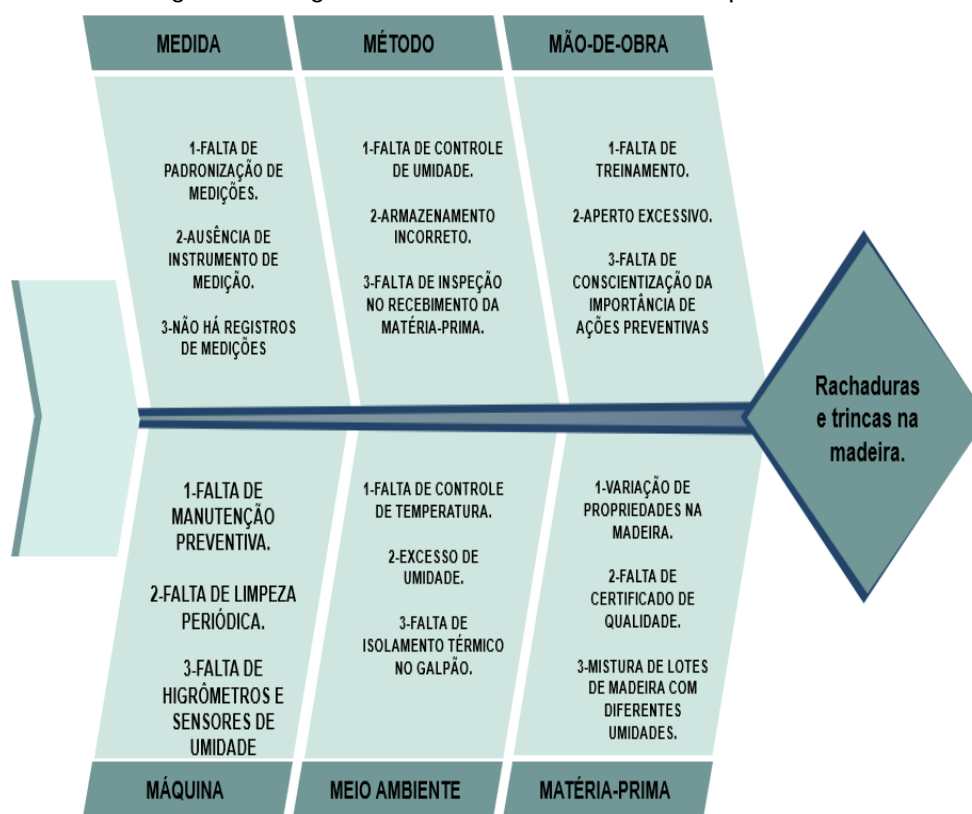
No terceiro encontro, foi realizada a análise crítica das causas levantadas, com foco na identificação das mais relevantes para o problema. As principais causas potenciais consolidadas foram:

- Falta de controle do teor de umidade no recebimento da madeira.
- Condições inadequadas de armazenamento (umidade e temperatura elevadas)
- Ausência de monitoramento ambiental.
- Falta de equipamentos para controle de umidade.
- Falta de padronização e controle no processo.

4.1.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

A elaboração do Diagrama de Ishikawa foi realizada a partir das informações obtidas nas três reuniões de brainstorming conduzidas com a equipe multidisciplinar, composta por representantes dos setores de Engenharia, Qualidade, Produção, Manutenção e Logística. Essas reuniões foram fundamentais para o levantamento e aprofundamento das possíveis causas relacionadas à ocorrência de trincas na madeira durante o processo produtivo.

Após a organização das causas, o diagrama foi estruturado de forma visual, tendo como efeito principal o problema identificado: trincas e rachaduras na madeira. A partir desse ponto central, foram dispostas as ramificações correspondentes às categorias, contendo as causas potenciais levantadas pela equipe. A utilização do Diagrama de Ishikawa possibilitou uma visão ampla e organizada do problema, evidenciando os principais fatores, conforme imagem 5.

Figura 5 - Diagrama de *Ishikawa* 2026 – Causas potenciais

Fonte: Autoria própria (2026)

4.1.2 FERRAMENTA DOS 5 PORQUÊS?

Após análise crítica do Diagrama de Ishikawa, foi possível identificar um conjunto de causas potenciais relacionadas à ocorrência de trincas na madeira durante o processo produtivo. No entanto, para aprofundar a investigação e identificar a verdadeira origem do problema, aplicou-se a ferramenta dos 5 Porquês, com o objetivo de determinar as causas raízes da não conformidade. A metodologia consistiu em selecionar as causas potenciais mais relevantes identificadas no diagrama e, a partir delas, realizar questionamentos sucessivos do tipo “por quê?”, buscando explorar a relação de causa e efeito até atingir a origem do problema. Como resultado da aplicação da ferramenta, foram identificadas como principais causas raízes:

- A falta de controle do teor de umidade no recebimento da matéria-prima.
- A ausência de controle das condições ambientais (temperatura e umidade) no armazenamento.

Para melhor entendimento de aplicação dos 5 porquês as figuras 6 e 7 estão representando as investigações das causas raízes identificadas.

Figura 6 – 5 Por quês? 2026 – Investigação da causa raiz

1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?
POR QUE HÁ FALTA DE CONTROLE DE UMIDADE DA MADEIRA NO RECEBIMENTO?	POR QUE NÃO SÃO REALIZADAS MEDIÇÕES REGULARES?	POR QUE NÃO HÁ INSTRUMENTOS NEM ROTINA ESCRITA?	POR QUE NÃO EXISTE PROCEDIMENTO PADRÃO NEM RESPONSÁVEL DEFINIDO?	POR QUE A GERÊNCIA NÃO ESTABELECEU REQUISITOS E INDICADORES?
• PORQUE NÃO SÃO REALIZADAS MEDIÇÕES REGULARES DO TEOR DE UMIDADE.	• PORQUE NÃO HÁ INSTRUMENTOS ADEQUADOS NEM ROTINA ESCRITA PARA MEDIÇÕES.	• PORQUE NÃO EXISTE PROCEDIMENTO PADRÃO QUE EXIJA MEDIÇÕES NEM RESPONSÁVEL DEFINIDO POR ESSA ATIVIDADE.	• PORQUE A GERÊNCIA NÃO ESTABELECEU REQUISITOS DE QUALIDADE/CONTROLE DE MATERIAL NEM INDICADORES (KPIs) LIGADOS À UMIDADE.	• PORQUE NÃO HOVE COLETA SISTEMÁTICA DE DADOS QUE COMPROVASSEM O IMPACTO DA UMIDADE NAS TRINCAS E HÁ BAIXA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE O RISCO.

Fonte: Autoria própria (2026)

Figura 7 – 5 Por quês? 2026 – Investigação da causa raiz

1º Por quê?	2º Por quê?	3º Por quê?	4º Por quê?	5º Por quê?
POR QUE HÁ FALTA DE CONTROLE DE TEMPERATURA NO ARMAZENAMENTO?	POR QUE O LOCAL NÃO POSSUI MONITORAMENTO DE CLIMATIZAÇÃO?	POR QUE A INSTALAÇÃO NÃO FOI PROJETADA OU ADAPTADA?	POR QUE ESSES REQUISITOS NÃO FORAM CONSIDERADOS NO PROJETO?	POR QUE NÃO HOVE ESSA COMUNICAÇÃO?
• PORQUE O LOCAL DE ARMAZENAGEM NÃO POSSUI MONITORAMENTO NEM SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO ADEQUADO.	• PORQUE A INSTALAÇÃO NÃO FOI PROJETADA COM CONTROLE TÉRMICO E NÃO FORAM INSTALADOS SENSORES.	• PORQUE NAS ESPECIFICAÇÕES INICIAIS DO LAYOUT E NO ORÇAMENTO NÃO FORAM CONSIDERADOS REQUISITOS DE ARMAZENAMENTO PARA MADEIRA.	• PORQUE NÃO HOVE COMUNICAÇÃO EM RELAÇÃO ÀS NECESSIDADES DE ESTOCAGEM DA MATÉRIA-PRIMA.	• PORQUE NÃO EXISTE UM PROCESSO FORMAL DE DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE ARMAZENAGEM DA MATÉRIA PRIMA EVIDENCIANDO O CONTROLE TÉRMICO DO AMBIENTE.

Fonte: Autoria própria (2026)

4.1.4 Ferramenta 5W2H

Foi elaborado um 5W2H para dar direcionamento ao plano ação, nomear os respectivos responsáveis para cada atividade e estipular prazos de execução (conforme figura 8).

Figura 8 – 5W2H 2026 – Plano de ação

5W					2H		Status
O quê? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem (Who?)	Quando (When?)	Como? (How?)	Quanto custa? (How much?)	
Aquisição de um higrômetro	Não há meio de controle	Setor recebimento	Comprador	Imediato	Realizar medições por amostragem	R\$ 327,70	Pendente
Aquisição de um desumidificador	Não há meio de controle	Setor de armazenagem	Comprador	Imediato	Realizar controle de umidade	R\$ 6.120,00	Pendente
Aquisição de um termohigrômetro.	Não há meio de controle	Setor de armazenagem	Comprador	Imediato	Realizar controle de temperatura e umidade	R\$ 208,00	Pendente

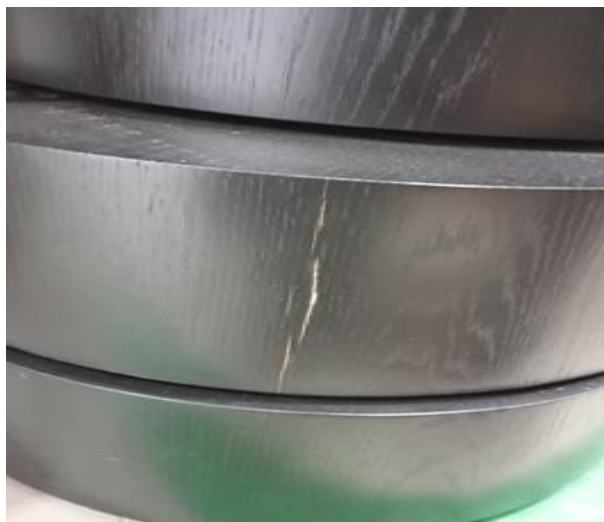
Fonte: Autoria própria (2026)

Durante o diagnóstico do processo produtivo foi identificado que não havia controle no recebimento da matéria prima e também o ambiente destinado ao armazenamento das lâminas de madeira não possuía qualquer tipo de controle de umidade ou monitoramento das condições climáticas. Essa situação fazia com que a madeira permanecesse exposta a níveis elevados de umidade relativa do ar, condição que favorece a absorção excessiva de água pelo material.

Considerando que havia riscos de já estar recebendo a matéria prima em uma condição irregular e que a madeira nogueira apresenta capacidade de absorção média entre 6% e 8% de umidade, ambientes com elevada umidade relativa podem levar a madeira a ultrapassar esse limite de equilíbrio, ocasionando instabilidade dimensional e aumentando a probabilidade de surgimento de defeitos como trincas, fissuras e fragilidade estrutural.

Durante a produção, foram observadas trincas na lâmina natural de madeira, comprometendo o acabamento e a qualidade do produto final. A Figura 9 apresenta um exemplo da não conformidade identificada durante o processo produtivo.

Figura 9 – Madeira apresentando trinca e rachaduras



Fonte: Autoria própria (2026)

A implementação do higrômetro de madeira como ferramenta de controle de qualidade no recebimento de matéria-prima visa garantir que os lotes de madeira ingressem no processo produtivo dentro da faixa de umidade considerada ideal para a indústria moveleira nacional, que compreende o intervalo de 7% a 11%.

A aplicação desta medida seguirá o seguinte protocolo operacional:

Inspeção Obrigatória por Amostragem: Todo lote de madeira recebido passará por uma medição imediata com o uso de um higrômetro digital antes de ser encaminhado ao estoque.

Padronização do Procedimento: A medição será realizada em diferentes pontos das peças de madeira para assegurar a uniformidade do teor de umidade, evitando que variações internas passem despercebidas.

Critério de Aceite e Rejeição: Caso o higrômetro aponte um teor de umidade acima do limite estabelecido, o lote será identificado como "Não Conforme" e poderá ser devolvido ao fornecedor.

Registro e Rastreabilidade: Os dados coletados serão registrados em planilhas de monitoramento de qualidade. Isso permitirá correlacionar o índice de umidade no recebimento com a eventual incidência de trincas nas etapas finais de fabricação, facilitando futuras análises de causa raiz.

Para comprovação de eficácia de estocagem da matéria prima, foram realizadas medições ambientais preliminares no setor de armazenamento com equipamento de medição termo-higrômetro.

As condições observadas foram classificadas de acordo com o teor de intervalo de equilíbrio da madeira nogueira que varia de 7% a 11%.

Tabela 2 – Monitoramento do ambiente antes das ações

Dia de medição	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Condição observada
1	27,2	79	Ambiente muito úmido
2	26,8	81	Ambiente muito úmido
3	28,1	83	Umidade excessiva
4	27,5	80	Umidade elevada
5	26,9	82	Umidade excessiva
6	27,3	78	Ambiente úmido
7	26,7	81	Umidade elevada
Temperatura média: 27,2 °C		Umidade média: 80,6%	

Fonte: Autoria própria (2026)

Conforme a tabela 2 a análise dos dados demonstra que o ambiente apresentava umidade relativa média superior a 80,6%, valor considerado elevado para armazenamento de madeira nogueira. Nessas condições, a madeira tende a absorver umidade além de sua capacidade ideal, ultrapassando o intervalo de equilíbrio recomendado, que se situa entre 7% e 11%. Esse cenário favorece alterações dimensionais nas peças e reduz sua resistência mecânica, aumentando a probabilidade de surgimento de trincas durante as etapas posteriores do processo produtivo.

Condições ambientais após implementação do desumidificador.

Tabela 3 – Monitoramento do ambiente após as ações

Dia de medição	Temperatura ambiente (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Condição observada
1	26,4	58	Ambiente controlado
2	26,7	56	Condição adequada
3	26,9	55	Ambiente controlado
4	26,5	57	Condição estável
5	26,8	54	Ambiente adequado
6	26,6	56	Controle mantido
7	26,7	55	Ambiente controlado
Temperatura média: 26,7 °C		Umidade média: 55,8%	

Fonte: Autoria própria (2026)

Os resultados observados na tabela 3 indicam que a instalação do desumidificador possibilitou uma redução da umidade relativa do ambiente, que passou de aproximadamente 80,6% para 55,8%.

A análise comparativa demonstra que, antes da implementação das melhorias, o ambiente apresentava níveis elevados de umidade relativa, condição que favorecia a absorção excessiva de água pela madeira nogueira, ultrapassando sua faixa ideal de equilíbrio higroscópico. Essa situação contribuía diretamente para o surgimento de defeitos como trincas e fragilidade nas peças utilizadas na produção das mesas de centro.

Após a implementação do desumidificador e do sistema de monitoramento por termo-higrômetro, observou-se uma redução significativa da umidade do ambiente,

mantendo os níveis dentro de uma faixa mais estável e adequada para o armazenamento da matéria-prima. Com isso, o processo passou a contar com maior controle das condições ambientais, contribuindo para a estabilidade da madeira e para a redução das não conformidades observadas no processo produtivo.

Monitoramento do processo produtivo antes da implementação das ações

Tabela 4 – Monitoramento do processo produtivo antes das ações

Monitoramento	Mesas produzidas (un.)	Mesas com trincas (un.)	não conformidade (%)	Setores
Semana 1	42	6	14,28	Inspeção final
Semana 2	45	7	15,55	Laminação
Semana 3	40	5	12,5	Centro de usinagem
Semana 4	44	6	13,63	Montagem
Produção total de mesas 171		Mesas com trincas 24	Média de não conformidade 13,99%	

Fonte: Autoria própria (2026)

O processo produtivo apresentava um índice significativo de não conformidades relacionadas ao surgimento de trincas nas mesas de centro produzidas conforme na tabela 4. Durante o período de monitoramento, foram fabricadas 171 mesas, das quais 24 apresentaram trincas, resultando em uma média de 13,99% de não conformidade observou-se também que as falhas foram identificadas em diferentes etapas do processo produtivo.

Monitoramento do processo produtivo após as implementações das ações

Tabela 5 – Monitoramento do processo produtivo após as ações

Monitoramento	Mesas produzidas (un.)	Mesas com trincas (un.)	não conformidade (%)	Setores
Semana 1	43	3	6,98	Inspeção final
Semana 2	46	1	2,17	Laminação
Semana 3	41	0	0	Centro de usinagem
Semana 4	45	1	2,22	Montagem
Produção total de mesas 175		Mesas com trincas 5	Média de não conformidade 2,84%	

Fonte: Autoria própria (2026)

Conforme a análise comparativa entre os períodos antes e após a implementação das ações demonstra uma melhoria significativa na qualidade do processo produtivo. Antes da implementação das melhorias, foi observado um índice médio de 13,99% de mesas com trincas, o que gerava retrabalhos e desperdícios de matéria-prima.

Após a aplicação das ferramentas da qualidade e a implementação das ações definidas, que foram o controle de umidade da madeira no recebimento e a melhoria das condições de armazenamento, o índice de não conformidades foi reduzido no período de monitoramento. Esse resultado evidencia que as ações implementadas foram altamente eficazes, uma vez que atuaram diretamente sobre as causas raízes do problema.

A presença residual de não conformidades é considerada aceitável dentro do contexto industrial, principalmente devido às características naturais da madeira, que apresenta variabilidade inerente. Ainda assim, o processo produtivo tornou-se mais estável, previsível e controlado.

5 CONCLUSÕES

A aplicação das ferramentas da qualidade no processo produtivo da indústria moveleira evidenciou a importância de uma gestão estruturada para a identificação, análise e solução de problemas. O estudo de caso demonstrou que a ocorrência de trincas nas mesas de centro estava fortemente associada à ausência de controle adequado da umidade da matéria-prima, bem como às condições inadequadas de armazenamento da madeira.

A utilização sistemática das ferramentas de gestão da qualidade possibilitou não apenas a identificação da causa raiz do problema, mas também a definição e implementação de ações corretivas mais assertivas. Os resultados obtidos reforçam a relevância das práticas de melhoria contínua, demonstrando que as ferramentas da qualidade vão além da simples correção de falhas, contribuindo também para o aumento da eficiência operacional, da confiabilidade dos processos e da competitividade organizacional.

Antes da implementação das ações propostas, foram identificadas 24 mesas com trincas ao longo do processo produtivo, correspondendo a um índice de não conformidade de 13,99%. Após a aplicação das melhorias, esse número foi reduzido para apenas 5 mesas com trincas, resultando em um índice de não conformidade de 2,84%. Essa redução demonstra a efetividade das ações implementadas, contribuindo para a diminuição de retrabalhos, redução de desperdícios de matéria-prima e aumento da eficiência do processo produtivo.

Em relação às hipóteses estabelecidas no início da pesquisa, os resultados obtidos permitiram sua confirmação. A hipótese H1 foi validada, uma vez que a investigação demonstrou que a ausência de controle do teor de umidade no recebimento da matéria-prima contribuiu significativamente para o surgimento de trincas e rachaduras durante o processo produtivo.

A hipótese H2 também foi confirmada, pois as condições inadequadas de armazenamento, associadas aos elevados níveis de umidade relativa do ar, favoreciam a instabilidade dimensional da madeira e aumentavam a incidência de defeitos.

Da mesma forma, a hipótese H3 foi validada, visto que a aplicação estruturada de ferramentas da qualidade, como Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês e 5W2H, possibilitou a identificação das causas raízes do problema e a definição de ações corretivas eficazes.

Por fim, a hipótese H4 também foi confirmada, uma vez que a implementação do monitoramento da umidade da madeira no recebimento, aliada à melhoria das condições de armazenamento por meio do controle ambiental, resultou na redução do índice de não conformidades de 13,99% para 2,84%. Esse resultado representa uma redução aproximada de 79,7% na ocorrência de trincas nas mesas de centro produzidas, comprovando a eficácia das ações implementadas e o alcance dos objetivos propostos pela pesquisa.

Embora o índice de defeitos não tenha sido completamente eliminado, observou-se uma redução significativa das não conformidades, evidenciando a eficácia das ações implementadas ao atuarem diretamente sobre as causas raízes do problema. Como consequência, houve maior estabilidade, padronização e controle do processo produtivo.

A permanência de uma parcela residual de defeitos pode ser explicada, principalmente, pelas características naturais da madeira, material higroscópico suscetível a variações ambientais, mesmo quando submetido a condições controladas de armazenamento e processamento.

Dessa forma, a implementação deste projeto contribui para a elevação do padrão de qualidade dos produtos, o fortalecimento da imagem da empresa no mercado e o desenvolvimento de uma cultura organizacional orientada à eficiência, à qualidade e à excelência operacional.

Entretanto, ressalta-se que o presente estudo foi realizado em uma única empresa, considerando especificamente as características e condições do setor analisado. Assim, os resultados apresentados refletem a realidade organizacional investigada, podendo haver limitações quanto à generalização das conclusões para outros segmentos industriais, empresas ou contextos distintos.

6 DECLARAÇÃO DE IA



Fatec
Diadema
Luiz Papai



CPS
Cursos
Paula Souza



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

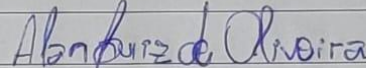
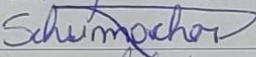
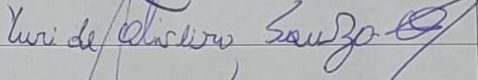
Nós, Alan Luiz de Oliveira, Schumacher de Oliveira Ferreira, Yuri de Oliveira Souza e Sergio Miele Ruggero responsáveis pela obra APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: Identificação e solução de trincas na produção de mesas de centro de madeira, declaramos que as informações prestadas refletem de forma verdadeira e completa o uso de ferramentas de Inteligência Artificial Generativa nesta produção, em conformidade com a Portaria CNPq nº 2.664/2026, os autores declaram que utilizaram ferramentas de Inteligência Artificial Generativa no desenvolvimento deste trabalho:

Campos de preenchimento obrigatório

1. **Ferramenta utilizada:** Scholar GPT-5.5
2. **Etapa da pesquisa:** Revisão bibliográfica, tradução de textos em inglês e formatação de referências.
3. **Finalidade:** (marcar todas que se aplicam):
 - ☐ Exploração inicial de ideias
 - ☒ Busca/triagem de literatura
 - ☐ Leitura assistida/Resumos (com conferência humana)
 - ☒ Revisão linguística/Referências
 - ☐ Apoio reprodutível à análise/apresentação (restrito à geração automatizada e reprodutível de tabelas, gráficos, figuras ou visualizações a partir de dados previamente analisados e interpretados pelos autores, sem substituição da análise científica humana)
 - ☐ Programação (sugestão/depuração/documentação)
 - ☐ Transcrição (com anonimização): conversão literal, mediante autorização, de áudios ou vídeos em texto de entrevistas, aulas, reuniões ou palestras, com obrigatória revisão humana, anonimização e respeito aos direitos autorais, vedada a identificação de voz ou outros dados biométricos.
 - ☒ Tradução técnica (com revisão humana)

Os autores confirmam que revisaram criticamente o conteúdo gerado, assumindo total responsabilidade pela integridade, veracidade e autoria do texto final. A IA não foi listada como autora ou coautora.

Diadema (SP), [03/06/2026]

Nomes do(s) Autores - aluno(s) e orientador	Assinatura
Alan Luiz de Oliveira	
Schumacher de Oliveira Ferreira	
Yuri de Oliveira Souza	
Sergio Miele Ruggero	

REFERÊNCIAS

ARROYO, F.; GARCIA, R.; MARTINEZ, P. **Controle ambiental em processos industriais**. São Paulo: Blucher, 2023.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D4933: Standard guide for moisture conditioning of wood and wood-based materials**. West Conshohocken: ASTM International, [s. d.].

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 9. ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

CROSBY, Philip B. **Quality is free: the art of making quality certain**. New York: McGraw-Hill, 1979.

DEMING, W. Edwards. **Out of the crisis**. Cambridge: MIT Press, 1986.

FARSARELLA, J. C. **Gestão da qualidade: conceitos e ferramentas**. São Paulo: Érica, 2017.

HENN, M. C. **Estufa automática para secagem de madeira**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

ISHIKAWA, Kaoru. **What is total quality control? The Japanese way**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1985.

JANKOWSKY, I. P. **Equipamentos e processos para a secagem de madeiras**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/LCF/ESALQ/USP, 1995. p. 109-118.

KUME, Hitoshi. **Ferramentas estatísticas básicas para a melhoria da qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.

LUCAS FILHO, F. C. **Análise da usinagem da madeira visando a melhoria de processos em indústrias de móveis**. 2004. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MATOS, Roselane Biangaman de. **Indicadores de desempenho para o beneficiamento de madeira serrada em empresas de pequeno porte: um estudo de caso**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MEDEIROS, L. E. **Avaliação dos diferentes tipos de defeitos que ocorrem na madeira**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

MELO, R. C. **Controle e instrumentação de sistemas de secagem de madeira na indústria moveleira**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MITCHELL, P. H. **Calculating the equilibrium moisture content for wood based on humidity measurements**. *BioResources*, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 171-175, 2018.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Portland: Productivity Press, 1997.

OSBORN, Alex F. **Applied imagination: principles and procedures of creative problem-solving**. New York: Charles Scribner's Sons, 1953.

PEREIRA, J. R.; SOUZA, A. L. **Sensores e instrumentação industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

PINHEIRO, C. **Efeitos do teor de umidade da madeira no fresamento de *Pinus elliottii***. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2014.

SANTINI, E. J.; MATOS, J. L. M.; SCARABELO, F. E. **Gerenciamento do processo de secagem de madeiras**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141–151, 1998

SILVA, C. H. M. **Estudo do controle de qualidade em madeiras**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2004.

SIMPSON, W. T. **Drying wood: a review of the basic principles**. Madison: USDA Forest Service, 1991.

THERMOMATIC. **Como funciona um desumidificador industrial**. Thermomatic. Disponível em: <<https://www.thermomatic.com.br/fique-por-dentro/como-funciona-um-desumidificador-industrial.html>>. Acesso em: 20 mar. 2026.

TRINCA, A. J. **Influência da dimensão do corpo-de-prova no ensaio destrutivo de compressão paralela às fibras e no ensaio não-destrutivo utilizando ultrassom**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.