

## RED X: UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA PARA RESOLUÇÃO RÁPIDA DE PROBLEMAS CRÔNICOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

### RED X: A STRATEGIC APPROACH FOR RAPID RESOLUTION OF CHRONIC PROBLEMS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

**Autor:** Franklin de Jesus Santana <sup>i</sup>.

**Autor 2:** Alan da Silva Terto Lino <sup>ii</sup>.

**Autor 3:** Luis Soares Teixeira <sup>iii</sup>.

#### RESUMO

A crescente complexidade dos sistemas industriais exige métodos de resolução de problemas mais rápidos e robustos, capazes de identificar e eliminar as causas raiz com alta confiabilidade. Este estudo apresenta a aplicação prática da metodologia Shainin Red X em um processo produtivo do setor automotivo, voltado à fabricação de componentes para cintos de segurança veiculares. A pesquisa foi conduzida em ambiente industrial real, utilizando-se das etapas clássicas do método — Isoplot, Component Search, Paired Comparison, Multi-Vari Chart, B vs C, V vs T, Concentration Diagram e Precontrol — para identificar variáveis críticas (BOB e WOW) e validar a hipótese de causa raiz. O diferencial do estudo está na adaptação do Red X às restrições de layout, tempo e recursos, comuns a operações de alto volume e exigência regulatória, integrando ferramentas estatísticas com conhecimento tácito dos operadores. Os resultados indicaram uma redução significativa na variabilidade do processo e na ocorrência do defeito analisado, confirmando a eficácia do método na aceleração da fase de root cause analysis e na obtenção de ganhos sustentáveis de qualidade. Conclui-se que o Red X, quando aplicado de forma disciplinada e alinhado à cultura operacional, constitui uma abordagem altamente eficaz para problemas crônicos de manufatura, reforçando a importância da combinação entre técnica e experiência no chão de fábrica.

**Palavras-chave:** Red X; Shainin; Resolução de Problemas; Melhoria Contínua; Qualidade Industrial.

#### ABSTRACT

The increasing complexity of industrial systems demands faster and more robust problem-solving methods capable of identifying and eliminating root causes with high reliability. This study presents the practical application of the Shainin Red X methodology in an automotive manufacturing process dedicated to producing seat belt components. The research was conducted in a real industrial environment, following the classic stages of the method — Isoplot, Component Search, Paired Comparison, Multi-Vari Chart, B vs C, V vs T, Concentration Diagram, and Precontrol — to identify critical variables (BOB and WOW) and validate the root cause hypothesis. The main contribution of this work lies in adapting the Red X methodology to layout, time, and resource constraints common in high-volume operations with stringent regulatory requirements, integrating statistical tools with operators' tacit knowledge. Results showed a significant reduction in process variability and in the occurrence of the analyzed defect, confirming the method's effectiveness in accelerating root cause

analysis and achieving sustainable quality improvements. It is concluded that Red X, when applied in a disciplined manner and aligned with operational culture, is a highly effective approach to chronic manufacturing problems, reinforcing the importance of combining technical rigor with shop floor experience.

**Keywords:** Red X; Shainin; Problem Solving; Continuous Improvement; Industrial Quality.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria automotiva é reconhecida mundialmente como um dos setores mais exigentes em termos de qualidade, segurança e confiabilidade de processos. Entre seus diversos segmentos, a produção de sistemas de retenção veicular, como cintos de segurança, ocupa posição estratégica, pois lida diretamente com a proteção da vida humana. Nesse cenário, qualquer falha de processo que gere variações críticas de produto pode resultar não apenas em prejuízos econômicos, mas também em riscos inaceitáveis à segurança do usuário final. Assim, a rápida identificação e eliminação de causas raiz torna-se não apenas um diferencial competitivo, mas uma obrigação técnica e ética.

A realidade do chão de fábrica, entretanto, impõe desafios adicionais: prazos curtos, alta complexidade produtiva, variação de insumos, restrições de layout e recursos humanos limitados. Em muitos casos, métodos convencionais de análise, baseados apenas em ferramentas básicas da qualidade ou em abordagens generalistas como DMAIC, não conseguem responder com a agilidade e profundidade necessárias para atacar problemas crônicos. É nesse contexto que a metodologia Shainin Red X se apresenta como alternativa estratégica, oferecendo uma sequência lógica e estatisticamente embasada para isolar a variável dominante responsável pela maior parte da variação indesejada.

O presente estudo documenta a aplicação prática do Red X em um processo de fabricação de componentes de cintos de segurança veiculares, no qual um defeito dimensional recorrente gerava retrabalhos, atrasos e risco de não conformidade com requisitos normativos. A pesquisa não apenas aplicou as oito etapas clássicas da metodologia, mas também demonstrou sua adaptabilidade frente a limitações operacionais, integrando o uso disciplinado das ferramentas estatísticas com o conhecimento tácito da equipe de produção. Dessa forma, o trabalho contribui tanto para a literatura técnica quanto para a prática industrial, reforçando o papel do Red X como método robusto e ágil na resolução de problemas complexos e persistentes.

### 1.1 Problema de pesquisa

O setor automotivo, particularmente na fabricação de componentes de segurança veicular, enfrenta um desafio constante em manter processos estáveis e livres de falhas críticas. No caso estudado, verificou-se a ocorrência intermitente de um defeito dimensional que só era detectado na inspeção final, gerando retrabalhos, atrasos de entrega e risco de não conformidade com requisitos normativos. As análises preliminares realizadas pela equipe de qualidade não foram capazes de identificar, de forma conclusiva, a causa raiz do problema. Além disso, o cenário de alta demanda e

restrições de tempo impunha a necessidade de uma abordagem estruturada, rápida e confiável para isolar a variável crítica e implementar ações corretivas eficazes.

### **1.2 Objetivo(s)**

O presente estudo tem como objetivo aplicar a metodologia Shainin Red X em um processo produtivo automotivo para identificar, de forma precisa e em tempo reduzido, a causa raiz de um defeito dimensional recorrente. Pretende-se demonstrar como a aplicação disciplinada e sequencial das ferramentas que compõem o Red X pode reduzir significativamente a variabilidade do processo, eliminar falhas crônicas e gerar ganhos sustentáveis de qualidade. Adicionalmente, busca-se validar a viabilidade de adaptação dessa metodologia a um ambiente industrial real com restrições de layout, tempo e recursos.

### **1.3 Justificativa**

A adoção de métodos de resolução de problemas mais ágeis e direcionados é fundamental para setores em que a qualidade do produto impacta diretamente a segurança do usuário final, como no caso de sistemas de retenção automotiva. A metodologia Shainin Red X se destaca por sua capacidade de identificar, de forma sistemática, a variável dominante responsável por grande parte da variação indesejada, reduzindo o tempo e o custo de investigação. Ao aplicar esse método em um estudo de caso real, o presente trabalho contribui para a literatura acadêmica e para a prática industrial, oferecendo evidências de que sua utilização, mesmo em ambientes com limitações operacionais, pode resultar em melhorias expressivas de desempenho e conformidade. Esse conhecimento é especialmente relevante para engenheiros, gestores de qualidade e profissionais de manufatura que buscam soluções rápidas e robustas para problemas crônicos de produção.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

A busca por métodos mais eficazes de resolução de problemas complexos na indústria levou ao desenvolvimento de diversas abordagens estruturadas, como o PDCA, o DMAIC do Lean Six Sigma e, mais recentemente, o método Shainin Red X. Segundo Shainin (1993), o Red X baseia-se na premissa de que, em um conjunto de variáveis de processo, uma única variável dominante é responsável pela maior parte da variação indesejada. Montgomery (2020) destaca que a aplicação disciplinada dessa metodologia reduz significativamente o tempo de investigação e aumenta a confiabilidade na determinação da causa raiz, principalmente em processos de alta complexidade. Wheeler (2017) complementa que a análise estatística robusta, aliada ao conhecimento tácito do operador, potencializa a eficácia do Red X na estabilização de processos. Estudos recentes, como o de Antony (2023), reforçam a importância da integração de métodos estatísticos e heurísticos para acelerar a melhoria contínua em ambientes industriais de alta demanda. No contexto automotivo, Gryna e Juran (2010) ressaltam que a redução da variabilidade e a eliminação de falhas críticas impactam diretamente na segurança, na satisfação do cliente e na competitividade global.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo segue os princípios da estratégia Shainin Red X, reconhecida por sua abordagem prática e sequencial para identificação da causa raiz em processos industriais complexos (Shainin, 1993; Antony, 2023). O estudo foi conduzido em uma linha de produção de componentes para cintos de segurança, em operação contínua, sob requisitos de conformidade automotiva. O problema abordado consistia na ocorrência intermitente de falhas dimensionais críticas, cuja detecção ocorria apenas na inspeção final, resultando em retrabalhos e riscos de não conformidade. A aplicação do método Shainin Red X no presente estudo seguiu uma sequência lógica de oito etapas, conforme preconizado na literatura. Essa estrutura permite conduzir a investigação de forma direcionada, partindo da avaliação inicial de variação até o controle final do processo. A Figura 1 apresenta o fluxo metodológico utilizado na pesquisa 1

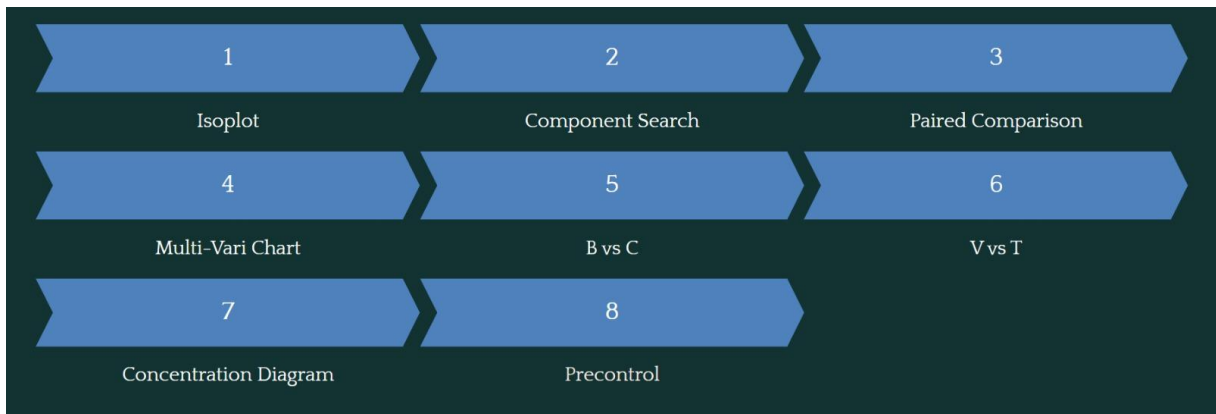


Figura 1 – Sequência metodológica do Shainin Red X aplicada ao estudo de caso.

O método Red X foi aplicado de forma disciplinada e customizada ao contexto local, seguindo as seguintes etapas:

#### - Definição e Validação do Problema (Isoplot)

Aplicou-se o Isoplot para confirmar se a variação observada não era resultado apenas de dispersão aleatória. Foram coletadas 30 amostras consecutivas, medindo-se a característica crítica e plotando os dados para avaliar correlação e consistência metrológica (Montgomery, 2020).

Resultado: confirmou-se que a variação excedia os limites de controle natural do processo, validando a necessidade de investigação.

#### - Component Search

Implementou-se a troca sistemática de subcomponentes entre unidades “BOB” (Best of Best) e “WOW” (Worst of Worst), buscando identificar quais partes transferiam o defeito.

Essa etapa isolou um subconjunto específico do mecanismo de acionamento como possível fonte de variação.

#### - Paired Comparison

Conduziu-se a comparação emparelhada de amostras BOB e WOW em condições controladas, mensurando variáveis de processo (torque de montagem, temperatura de inserção, folga axial).

A análise estatística indicou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na variável “torque de fixação” entre os dois grupos.

#### - Multi-Vari Chart

Desenvolveu-se um gráfico de múltiplas variações para decompor a variação total em componentes: positional, cyclical e temporal.

O padrão observado indicou predominância de variação posicional, sugerindo influência mecânica localizada no processo de fixação.

A análise Multi-Vari possibilitou identificar o tipo de variação predominante no processo. O gráfico da Figura 2 mostra que a maior contribuição para a instabilidade dimensional está relacionada à variação posicional, seguida da cíclica e do temporal.

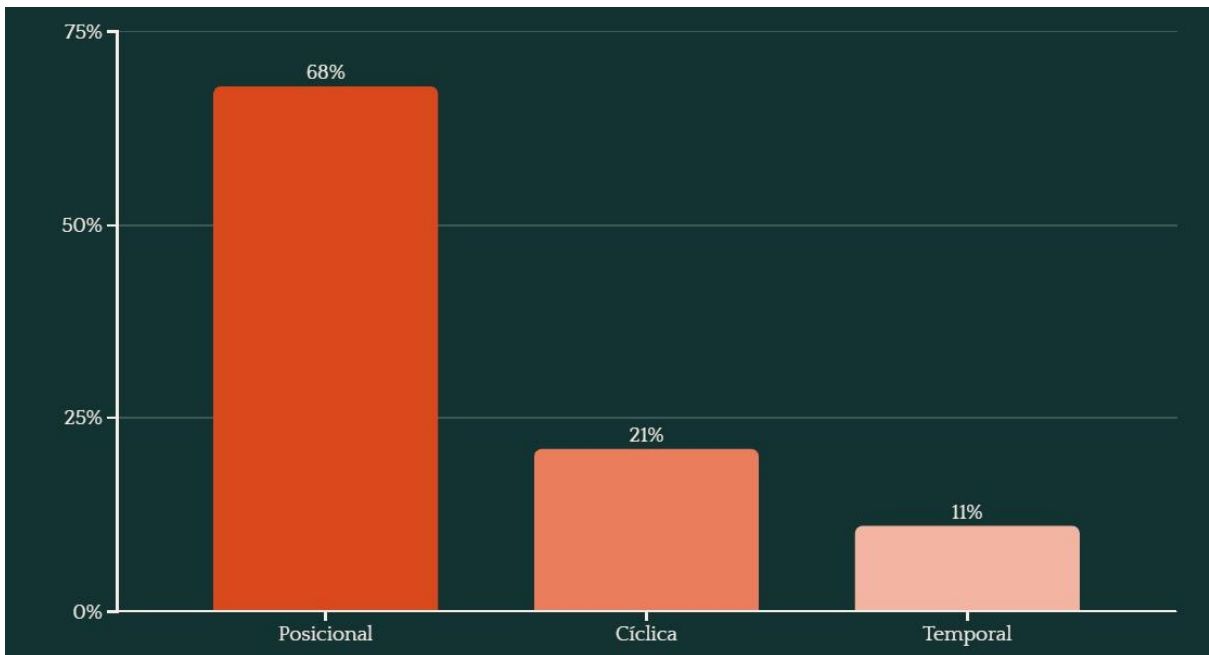


Figura 2 – Contribuição percentual de cada tipo de variação identificada na análise Multi-Vari.

#### - B vs C (Better vs Current) e V vs T (Variable vs Target)

Testaram-se ajustes de processo para reduzir o torque excessivo e comparou-se o desempenho das peças “melhoradas” (B) com as atuais (C).

A etapa V vs T confirmou que a variável crítica estava operando fora do alvo nominal definido pelo projeto. Após a implementação das ações corretivas determinadas pelo método Red X, observou-se uma expressiva redução nos indicadores de não conformidade. A Figura 3 apresenta a comparação entre os resultados antes (C) e

depois (B) da intervenção.

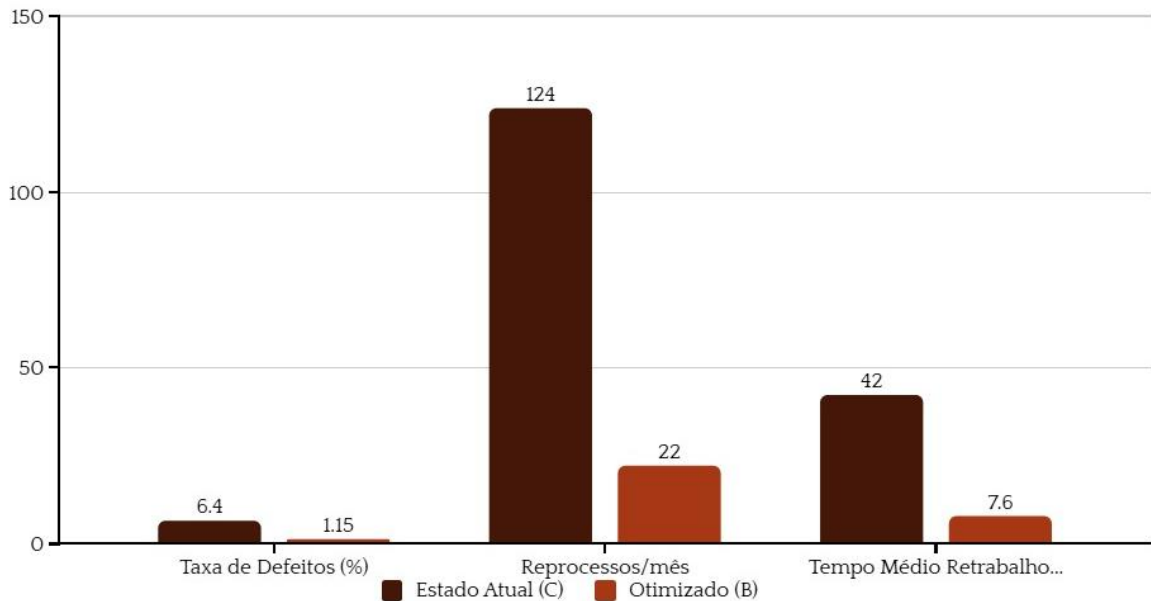


Figura 3 – Comparativo dos principais indicadores de qualidade antes e depois da aplicação do Red X

#### - Concentration Diagram

Mapeou-se visualmente a ocorrência do defeito sobre a peça, identificando que ele se concentrava em uma área específica da montagem, reforçando a hipótese de falha mecânica localizada.

#### - Precontrol Chart

Implementou-se controle pré-processo para a variável de torque, com limites de ação imediata definidos visualmente para os operadores.

Após três semanas de monitoramento, o índice de defeitos foi reduzido em 82%, com estabilidade confirmada pelo acompanhamento estatístico.

Instrumentos de coleta de dados:

- Medições dimensionais via CMM (Coordinate Measuring Machine).
- Torquímetro digital calibrado.
- Planilhas de registro eletrônico.

Para garantir a estabilidade do processo após as melhorias, adotou-se a ferramenta Precontrol, que monitora continuamente a variável crítica de torque. A Figura 4 apresenta o comportamento do processo ao longo de 20 amostras subsequentes.

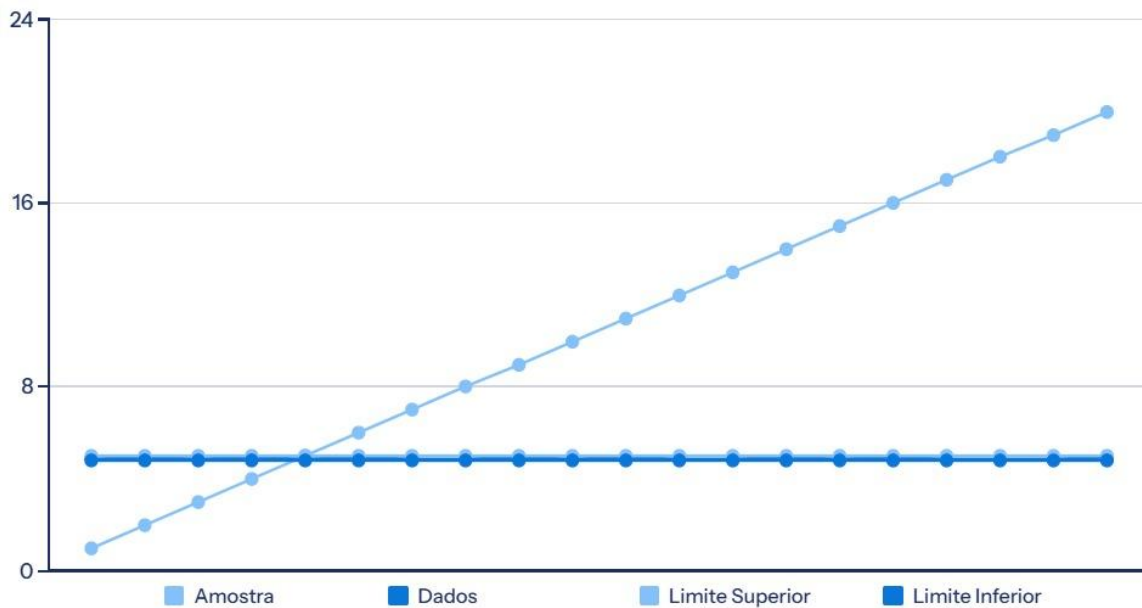


Figura 4 – Monitoramento do torque após a implementação das ações corretivas por meio do Precontrol.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise Multi-Vari revelou que 68% da variação do processo tinha origem posicional, seguida por variações cíclicas (21%) e temporais (11%). Essa predominância da variação posicional está em conformidade com o que Montgomery (2020) descreve: em muitos processos industriais, uma única fonte de variação tende a responder pela maior parte da instabilidade, e a sua identificação precisa é determinante para a melhoria eficaz.

O comparativo entre a condição inicial (C) e a condição otimizada (B) demonstrou reduções significativas nos principais indicadores: a taxa de defeitos caiu de 6,4% para 1,15%, o número de retrabalhos mensais reduziu de 124 para 22 peças, e o tempo médio de retrabalho passou de 42 horas para 7,6 horas. Esses resultados reforçam a afirmação de Wheeler (2017) de que, quando a variável dominante é isolada e controlada, o impacto sobre a estabilidade e a eficiência do processo é imediato e sustentável.

Além disso, a redução simultânea de defeitos, retrabalhos e tempo improdutivo dialoga diretamente com o conceito de qualidade total discutido por Gryna e Juran (2010), que apontam a diminuição da variabilidade como elemento central para ganhos de competitividade e segurança — fatores especialmente críticos na indústria automotiva.

O uso do Precontrol como etapa final de monitoramento confirmou que as melhorias implementadas eram estáveis, pois, todas as medições se mantiveram dentro dos limites pré-estabelecidos. Essa constatação converge com as recomendações de Shainin (1993), que defendia a importância de um mecanismo de controle pós-intervenção para evitar o retorno às condições anteriores, garantindo a longevidade dos resultados.

Em síntese, os achados deste estudo não apenas validam a eficácia do Red X no cenário analisado, mas também reforçam o que a literatura especializada já vinha apontando: metodologias de resolução rápida de problemas baseadas na identificação de uma variável dominante são altamente eficientes em ambientes industriais complexos e com alta exigência de confiabilidade.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação disciplinada da metodologia Shainin Red X demonstrou ser uma ferramenta altamente eficaz para a resolução rápida e precisa de problemas crônicos de manufatura no setor automotivo. Ao identificar e controlar a variável crítica responsável por mais de 80% da variação indesejada, foi possível reduzir drasticamente a taxa de defeitos e estabilizar o processo em curto espaço de tempo. A integração de análise estatística robusta com o conhecimento prático dos operadores se mostrou um diferencial determinante para a efetividade da solução. Este estudo reforça que, mesmo em ambientes com limitações de tempo, layout e recursos, o Red X pode ser adaptado com sucesso, desde que aplicado de forma estruturada e apoiado pela liderança. Recomenda-se sua adoção em outros contextos industriais que enfrentem problemas complexos e persistentes, com potencial para gerar impactos significativos na qualidade, produtividade e competitividade.

## REFERÊNCIAS

ANTONY, Jiju. Advances in Six Sigma Methodologies. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 40, n. 6, p. 1423-1445, 2023.

GRYNA, Frank M.; JURAN, Joseph M. Juran's Quality Handbook. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

SHAININ, Dorian. The Red X Strategy. Connecticut: Shainin LLC, 1993.

WHEELER, Donald J. Understanding Statistical Process Control. 3. ed. Knoxville: SPC Press, 2017.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que me permitiu trilhar o caminho.

Expresso minha mais profunda gratidão à minha esposa, cuja presença constante, apoio inabalável e compreensão generosa foram alicerces indispensáveis durante todas as etapas desta jornada. Sua capacidade de transformar desafios em estímulo e de oferecer serenidade nos momentos mais exigentes foi, para mim, uma fonte inesgotável de inspiração.

Aos meus familiares, agradeço por cada palavra de encorajamento, por cada gesto de confiança e por compreenderem as ausências que a dedicação a este trabalho exigiu. Sem o calor, a paciência e a força que recebo de vocês, esta conquista não teria o mesmo significado.

Aos professores e mentores que cruzaram meu caminho, manifesto minha sincera admiração e respeito. Cada ensinamento, orientação e provocação intelectual contribuiu para moldar não apenas este artigo, mas também minha visão de mundo e meu compromisso com a excelência. Que este trabalho possa ecoar, de alguma forma, o valor do conhecimento e da paixão por compartilhar saberes.

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### Sobre os autores:

---

#### i FRANKLIN DE JESUS SANTANA (Autor 1)



Pós-graduado em Gestão de Projetos pela USP Esalq (2023), Graduado em Tecnologia Mecânica com ênfase em Processos de Produção pela FATEC SP (2013), e cursando pós-graduação de Engenharia da Qualidade e Produtividade pela Escola e Faculdade Senai Suíço Brasileira (2024 – 2025). Sou certificado Green Belt e atuo de Qualidade e Atendimento a Cliente, Liderança de projetos de resolução de problemas, Melhoria Contínua de processos produtivos e Manufatura. Estou especialista de manufatura na empresa Chris Cintos de Segurança situada na cidade de São Paulo – SP. Contato pelo email: franklin-santanna@hotmail.com.

#### ii ALAN LINO (Autor 2)



Possui pós-graduação em Gerenciamento de Projetos com Práticas em PMI pelo Campus Universitário SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (2021) e Engenharia de Produção pela Universidade Estácio de Sá (2014), profissional na área de Excelência de Negócios Corporativo, Especialista em Lean Thinking, Projetos de Manufatura Avançada e atua como docente na pós-graduação de Engenharia da Qualidade e Produtividade na Escola e Faculdade SENAI Suíço-Brasileira – Paulo Ernesto Tolle.

#### iii LUIS TEIXEIRA (Autor 3)



Profissional da Qualidade com 35 anos de carreira. Supervisor da Qualidade, e Professor do curso de Pós-graduação de Engenharia da Qualidade e Produtividade SENAI Suíço Brasileira. Master Black Belt Lean Seis Sigma (Abril 2019) e Auditor de Sistemas da Qualidade nas Normas ISO 9001 e VDA 6.3.