

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ELÉTRICA

Ana Beatriz Medeiros dos Santos

Programa Training Within Industry (TWI) como método de transferência de conhecimento em uma indústria de manufatura Engineer-To-Order (ETO)

Florianópolis

2022

Ana Beatriz Medeiros dos Santos

Programa Training Within Industry (TWI) como método de transferência de conhecimento em uma indústria de manufatura Engineer-To-Order (ETO)

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva, Dr.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Santos, Ana Beatriz Medeiros dos
Programa Training Within Industry (TWI) como método de
transferência de conhecimento em uma indústria de
manufatura Engineer-To-Order (ETO) / Ana Beatriz Medeiros
dos Santos ; orientador, Glauco Garcia Martins Pereira da
Silva, 2022.
69 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, Florianópolis,
2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Elétrica. I. Silva, Glauco
Garcia Martins Pereira da. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Produção
Elétrica. III. Título.

Ana Beatriz Medeiros dos Santos

Programa Training Within Industry (TWI) como método de transferência de conhecimento em uma indústria de manufatura Engineer-To-Order (ETO)

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “de graduação em Engenharia de Produção” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia de Produção Elétrica

Florianópolis, 11 de março de 2022.

Profa. Mônica Maria Mendes Luna, Dr.(a)
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Olga Regina Cardoso, Dra.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Murilo Pires Sanchez, Engenheiro
Avaliador

Este trabalho é dedicado à minha querida família e aos meus colegas de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos familiares pelo apoio, carinho, incentivo e sustento. Aos meus pais, por serem exemplo de prosperidade e conquista. Ao meu irmão, Pedro Henrique Medeiros dos Santos, por me incentivar a seguir meus sonhos. Aos meus avós por me ensinar a nunca desistir independente das dificuldades.

Ao meu noivo, Edson Manoel da Silva, pela compreensão durante a realização desse trabalho, pelo amor e apoio incondicional durante os períodos de dificuldade e pelo incentivo incansável para eu atingir meu potencial máximo.

Ao meu professor, Glauco Garcia Martins Pereira da Silva, por aceitar o convite para ser o orientador deste trabalho de conclusão de curso e por todas as contribuições durante minha trajetória na graduação.

Ao meu colega de trabalho, Murilo Pires Sanchez, por contribuir muito para o meu desenvolvimento profissional e servir de exemplo como um verdadeiro líder Lean, que inspira e incentiva seus colegas.

Aos meus amigos, Matheus de Lucca e Mariana Gruber, pelo suporte com concelhos e gargalhadas, essenciais durante momentos difíceis. Aos meus amigos de longa data, Gabriela França, Leonardo Fischer e Luciana Minatelli, que estão sempre presentes quando mais preciso.

Por fim, ao grupo de estudos em Lean (GLean) que me proporcionou um crescimento exponencial e me moldou como profissional.

Damos o maior valor à verdadeira implementação e à realização. Há muitas coisas que não conseguimos entender, portanto perguntamos: por que simplesmente não ir em frente e pôr as mãos à obra, tentar fazer alguma coisa? Você percebe o quão pouco sabe e enfrenta seus próprios fracassos, você pode simplesmente corrigir essas falhas, refazer e na segunda tentativa, ver um outro erro ou qualquer outra coisa de que não gosta e refazer de novo. É assim, pelo aperfeiçoamento constante ou, talvez eu deva dizer, pela melhoria baseada na ação que podemos alcançar um nível mais alto de prática e de conhecimento. (CHO, 2002)

RESUMO

A crescente demanda por produtos customizados na indústria de manufatura atual leva as empresas a adaptar seus processos para atender a necessidade específica de cada cliente e utilizar a estratégia de produção *Engineer to Order* (ETO). O baixo nível de padronização das atividades em ambientes ETO dificulta o acompanhamento e aprimoramento dos processos produtivos, que ficam dependentes da experiência e performance dos colaboradores. Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo aumentar a produtividade de um processo específico de uma fábrica ETO de transformadores de alta potência, por meio de uma melhora na transferência de conhecimento entre colaboradores. Observou-se que os operadores executavam as mesmas atividades, porém de modo e em ordem diferentes, resultando em um tempo de execução discrepante entre operadores. O método de estudo utilizado no trabalho é o de pesquisa-ação, que é caracterizado pela resolução do problema definido, com intervenção da autora. A ação é a implementação do método *Job Instruction* (JI) do programa *Training Within Industry* (TWI), que utiliza diferentes técnicas para potencializar a absorção do conteúdo e garantir o aprendizado do trabalho, para que este seja executado de forma correta, segura e conscienciosa. Para avaliar o ganho de produtividade do processo, coletou-se os tempos de execução das atividades para cada colaborador, antes e depois do treinamento. Ao implementar o método JI e executar o treinamento, os colaboradores passaram a executar o melhor método definido até o momento, o que resultou no aumento da produtividade do processo.

Palavras-chave: TWI. Lean. ETO. Job Instruction. Produtividade. Treinamento.

ABSTRACT

The growing demand for customized products in today's manufacturing industry leads companies to adapt their processes to meet the specific needs of each customer and use the Engineer to Order (ETO) production strategy. The low level of standardization of activities in ETO environments makes it difficult to monitor and improve production processes, which depend on the experience and performance of employees. This study aims to increase the productivity of a specific process of an ETO factory of high power transformers, through an improvement in the transfer of knowledge between employees. It was observed that the operators performed the same activities, but in a different way and order, resulting in a discrepant execution time between operators. The study method used in the work is action research, which is characterized by the resolution of the defined problem, with the intervention of the author. The action is the implementation of the Job Instruction (JI) method of the Training Within Industry (TWI) program, which uses different techniques to enhance content absorption and ensure job learning, so that it is performed correctly, safely and conscientiously. To evaluate the productivity gain of the process, the time of execution of the activities for each employee was collected, before and after the training. By implementing the JI method and executing the training, the employees started to execute the best method defined so far, which resulted in an increase in the productivity of the process.

Keywords: TWI. Lean. ETO. Job Instruction. Productivity. Training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frente e verso do cartão de bolso do método JI	22
Figura 2 – Frente e verso do cartão de bolso do método JM.....	23
Figura 3 – Frente e verso do cartão de bolso do método JR	24
Figura 4 – Frente e verso do cartão de bolso do método JS	25
Figura 5 – Ciclo PDCA	26
Figura 6 – Matriz custo x benefício	28
Figura 7 – A casa do STP	30
Figura 8 – Modelo “Diamante” de desenvolvimento de liderança Lean	33
Figura 9 – <i>Kata de melhoria</i>	34
Figura 10 – As cinco perguntas do <i>kata coaching</i>	35
Figura 11 – Ponto de desacoplamento do pedido do cliente das estratégias de produção	37
Figura 12 – Matriz dos arquétipos de ETO	39
Figura 13 – Tipologia de empresas ETO	40
Figura 14 – Classificação da pesquisa	44
Figura 15 – Comparação do tempo de execução das atividades pelos operadores.....	53
Figura 16 – Comparação do tempo de execução entre operadores e o padrão.....	54
Figura 17 – Análise da causa-raiz do problema.....	56
Figura 18 – Avaliação das opções de solução ao problema	57
Figura 19 – Instrução operacional do processo em estudo	58
Figura 20 – Comparação do tempo de execução das atividades do operador 2 antes e depois do treinamento TWI.....	62
Figura 21 – Comparação do tempo de execução das atividades pelos operadores depois do treinamento TWI.....	63
Figura 22 – Comparação do tempo de execução entre operadores e o padrão depois do treinamento TWI.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os quatro tipos ideais de empresa ETO	40
Quadro 2 – Etapas do trabalho	45
Quadro 3 – Classificação de agregação de valor das atividades do processo	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de plantas que reportaram resultado de 25% ou mais.....	19
Tabela 2 – Tempo de execução das atividades pelo operador 1	50
Tabela 3 – Tempo de execução das atividades pelo operador 2	51
Tabela 4 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor	53
Tabela 5 – Comparativo do tempo de execução de atividades	53
Tabela 6 – Resultado da capacidade de produção versus a demanda do processo	55
Tabela 7 – Tempo de execução das atividades pelo operador 2 após treinamento TWI.....	60
Tabela 8 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor do operador 2 antes e depois do treinamento TWI.....	62
Tabela 9 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor depois do treinamento TWI.....	63
Tabela 10 – Resultado da capacidade de produção <i>versus</i> a demanda do processo após o treinamento TWI.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W1H	<i>What-When-Where-Why-Who-How</i>
ATO	<i>Assemble-to-order</i>
CTO	<i>Configure-to-order</i>
ETO	<i>Engineer-to-Order</i>
EHS	<i>Environmental-Health-Safety</i>
JI	<i>Job Instruction</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
JM	<i>Job Methods</i>
JR	<i>Job Relations</i>
JS	<i>Job Safety</i>
MTO	<i>Make-to-order</i>
MTS	<i>Make-to-stock</i>
NUMMI	New United Motor Manufacturing Inc.
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
OS	<i>Problem Solving</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TWI	<i>Training Within Industry</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	TRAINING WITHIN INDUSTRY (TWI)	17
2.1.1	História	18
2.1.2	Método dos Quatro Passos	21
2.1.3	Instrução de trabalho ou JI	22
2.1.4	Métodos de trabalho ou JM	23
2.1.5	Relações de trabalho ou JR	24
2.1.6	Segurança de trabalho ou JS	24
2.1.7	Resolução de problemas ou PS	25
2.1.7.1	<i>Ciclo PDCA</i>	26
2.1.7.2	<i>Cinco porquês</i>	27
2.1.7.3	<i>5WIH</i>	27
2.1.7.4	<i>Matriz de custo versus benefício</i>	27
2.2	FILOSOFIA LEAN	28
2.2.1	Liderança Lean	32
2.3	MANUFATURA PARA PROJETOS (ETO)	35
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	43
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	43
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA EMPRESA DENTRO DA ESTRATÉGIA ETO	49
4.2	DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO	49
4.3	COLETA DE DADOS DO ESTADO ATUAL	50

4.4	ANÁLISE DE ESTADO ATUAL DA ÁREA.....	52
4.5	IMPLEMENTAÇÃO.....	57
4.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	60
5	CONCLUSÃO.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos anos, tem se tornado comum a estratégia de diversificação das opções de produto, inclusive não sendo uma prática restrita a bens industriais complexos, de forma a atender uma demanda crescente dos consumidores pela customização dos produtos de acordo com suas preferências (FORZA; SALVADOR, 2002). A customização de produtos, por sua vez, cria dificuldades para garantir a eficiência operacional (FORZA; SALVADOR, 2002).

De forma similar, em ambientes *Engineer-to-Order* (ETO), o desenvolvimento simultâneo de diferentes produtos altamente customizados para diversos clientes faz com que as operações precisem desenvolver um novo produto a cada pedido (RAHIM; BAKSH, 2003). Essa complexidade gerada pela variabilidade e incerteza que caracteriza a produção baseada em projeto (RAHIM; BAKSH, 2003) gera diversos desafios para a Engenharia de Operações e Processos da Produção. Sua subárea, a Engenharia de Métodos, estuda de forma sistemática a melhor maneira de se executar um trabalho (BARNES, 1977). Essa subárea tem como um dos objetivos o aperfeiçoamento de processos, que pode resultar em um ganho de produtividade (PINTO, 2016).

Há diversos estudos que mostram o sucesso na aplicação da filosofia Lean em indústrias de manufatura com produção seriada (ALVES *et al.*, 2011). Porém, implementar as ferramentas clássicas Lean é desafiador em ambientes ETO, em razão da baixa frequência de repetição de produtos semelhantes e da alta variação dos processos de fabricação (BRAGLIA *et al.*, 2019).

Este trabalho, caracterizado como pesquisa-ação, tem como cenário uma empresa do ramo de energia, mais especificamente sua unidade de negócio de transformadores de alta potência, que possui uma estratégia de produção ETO. Nessa empresa, foi identificada uma diferença de desempenho entre operadores que possuíam a mesma função. Nesse contexto de ambientes ETO, existe uma grande dificuldade em padronizar o processo produtivo por meio do uso de ferramentas Lean para se obter um desempenho similar entre diferentes operadores, devido às constantes mudanças para se adaptar às novas necessidades de diferentes projetos (SCHULZE; DALLASEGA, 2021). Dessa forma, uma das adversidades enfrentadas, nesse processo, é o treinamento dos operadores, devido à ausência do trabalho padrão.

Com objetivo aumentar a produtividade desse posto de trabalho, ao diminuir as variações no tempo de execução e flutuação de competências entre operadores dessa mesma função, levantou-se a necessidade de avaliar o impacto de mudar a abordagem de transferência de conhecimento entre esses colaboradores de uma área específica da fábrica. Dessa forma, decidiu-se implementar o programa *Training Within Industry* (TWI), também conhecido como o marco zero da filosofia Lean (HUNTZINGER, 2005).

Portanto, este trabalho tem como tema a aplicação do TWI como método de transferência de conhecimento operacional na manufatura ETO da fábrica de transformadores de alta potência de uma empresa do setor de energia.

1.2 JUSTIFICATIVA

Na indústria de manufatura atual, tem crescido a demanda por produtos customizados, desde bens de consumo comuns, como roupas, computadores, carros, até produtos de alto valor agregado utilizados nas indústrias de energia, aeroespacial, marítima, entre outras (FORZA; SALVADOR, 2002; STRANDHAGEN *et al.*, 2018). Devido à alta customização dos produtos, existe uma baixa frequência de repetição de produtos similares e uma variação dos processos de fabricação muito alta (BRAGLIA *et al.*, 2019), o que aumenta muito a dificuldade da padronização de processos produtivos ou da utilização de ferramentas que busquem isso, como as ferramentas da filosofia Lean.

Esse aumento de demanda por produtos customizados tem, conseqüentemente, aumentado o número de empresas ETO. Com o aumento do número de empresas ETO, diferentes estudos (BRAGLIA *et al.*, 2019; SCHULZE; DALLASEGA, 2021; STRANDHAGEN *et al.*, 2018) analisam a dificuldade da implementação de ferramentas Lean como estratégia de aumento da eficiência operacional em um ambiente ETO. Uma das barreiras para implementação da filosofia Lean em empresas ETO descritas por Schulze e Dallasega (2021) é chamada de “barreira do conhecimento”, caracterizada, entre outros fatores, pelo compartilhamento de *know-how* insuficiente, funções de trabalho não claras e treinamento inadequado. Portanto, para melhor padronizar os processos em ambientes ETO, é necessária uma transferência de conhecimento adequada a todos operadores.

Por meio da atuação no método de treinamento da empresa apresentada, o presente trabalho estuda um problema comum entre empresas ETO, que não possuem um produto padronizado e, portanto, necessitam fazer adaptações em suas operações, o que torna os

processos dependentes da experiência e da tomada de decisão do operador. Isso, somado à dificuldade em transmitir conhecimentos entre colaboradores, resultou em um desbalanceamento no tempo de execução das atividades entre colaboradores com a mesma função.

1.3 OBJETIVOS

Nas seções a seguir estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção Elétrica.

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar o ganho em produtividade na implementação do programa TWI como método de transferência de conhecimento em uma indústria de manufatura ETO.

1.3.2 Objetivos específicos

Para este trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as causas do desbalanceamento entre operadores e das dificuldades enfrentadas na área de acabamento de bobinas.
- Estruturar implementação piloto do método JI do programa TWI no processo de isolamento de transposição em bobinas.
- Apresentar recomendações quanto ao ganho em produtividade e à transferência de conhecimento operacional entre colaboradores em um ambiente ETO.

1.4 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Uma limitação desta pesquisa foi a impossibilidade de um acompanhamento prolongado do resultado, para verificação da sua perpetuação. Outra limitação enfrentada foi a inviabilidade de fazer-se múltiplos levantamentos de tempo de execução das atividades, para análise estatística do resultado obtido. A principal causa observada foi o curto espaço de tempo disponível para execução do trabalho. Dessa forma, foi preciso priorizar a execução de todas as etapas do trabalho. Outra dificuldade foi a da pandemia do coronavírus, pois, devido a surtos

da doença, o acesso à fábrica e conseqüentemente ao processo estudado foi restrito somente a operadores essenciais para atividades operacionais de fabricação.

Este trabalho tem como escopo o estudo de ganho em produtividade em um definido processo produtivo ao implementar-se o método *Job Instruction* (JI) do programa TWI. Com isso, será implementado somente o módulo JI como metodologia de treinamento, e, dessa forma, os demais módulos do programa foram utilizados somente como embasamento para a melhoria do processo em si. Para o estudo, foi treinado somente um operador experiente da área que, com esse novo conhecimento adquirido, treinou seu colega de trabalho. Assim, foi avaliado somente o ganho em produtividade do processo. Devido à política de segurança de dados da empresa, foram apresentados somente ganhos de tempo de execução e não resultados financeiros.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de pesquisa foi estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo, Introdução, traz a apresentação e contextualização do tema do trabalho, bem como objetivos, delimitações e limitações. Já o capítulo 2, Revisão da literatura, faz um estudo da bibliografia existente sobre o programa TWI, a filosofia Lean e a estratégia de produção ETO. No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia da pesquisa, que abrange a definição do método pesquisa-ação, utilizado para o desenvolvimento do trabalho e a apresentação das etapas da pesquisa. Os resultados são discutidos, no capítulo 4, com apresentação e análise ao implementar o método pesquisa-ação. Por fim, o quinto e último capítulo, Conclusão, mostra a comparação do desenvolvimento do trabalho com os objetivos definidos e a apresentação de recomendações para continuidade do estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo explorará três assuntos que sustentam a construção deste trabalho de conclusão de curso. Dessa forma, com objetivo de dar embasamento teórico para a implementação do programa TWI, inicia-se apresentando a história dessa metodologia para então explorar os cinco métodos que a compõem. Após isso, será explicada a filosofia Lean, em razão de que seus conceitos contribuem na preparação do treinamento TWI e na formação de seus treinadores que são líderes Lean. Por fim, será analisada a estratégia de produção ETO, com a finalidade de entender o ambiente em que a empresa em estudo está inserida e como melhor adaptar os conceitos já apresentados a essa realidade.

2.1 TRAINING WITHIN INDUSTRY (TWI)

Segundo o Instituto TWI da Ibéria – Espanha e Portugal, o TWI “É um programa prático e dinâmico, composto por módulos estandardizados que desenvolvem as habilidades essenciais necessárias para os supervisores, *team leaders*, ou qualquer pessoa numa posição de liderança” (TWI INSTITUTE, 2021). O programa TWI, traduzido do inglês, significa treinamento dentro da indústria, que destaca a importância de a pessoa ser treinada no chão de fábrica para obter melhor absorção e desempenho no treinamento. Mesmo tendo sua origem em um ambiente de manufatura, o programa TWI é aplicável em organizações de qualquer setor (DINERO, 2005), uma vez que o conceito “dentro da indústria” possui um significado semelhante ao termo Lean *gemba*, palavra japonês para “lugar real”, ou seja, realizar o treinamento no ambiente no qual o aluno aplicará o que lhe foi ensinado, e não em uma sala de aula ou um escritório do supervisor.

Dinero (2005) defende que o programa TWI vai muito além de uma série de módulos que ensinam um líder a treinar seus liderados. O programa tem o poder de alavancar uma organização por meio de uma mudança cultural até o máximo do seu potencial, porém o apoio da alta liderança é necessário. Para garantir o sucesso do programa TWI, é preciso do suporte da alta gerência e da adesão de todos os supervisores, sendo estes treinados e passem a utilizar a técnica aprendida em seu dia a dia. Para isso, o programa é adaptado para se encaixar na realidade de todos da organização, e o treinamento só é bem-sucedido se todos aplicarem as novas habilidades e os conhecimentos adquiridos.

Com isso, destaca-se que o programa TWI promove uma mudança de mentalidade em todos da organização e que inclusive teve um papel essencial na fundamentação e no sucesso da filosofia Lean, a ser discutida na seção seguinte. Imai (2012) salienta em seu livro que, sem o TWI, a Toyota não seria tão excelente quanto ela é com o TWI, e que o programa foi a base para estruturação e desenvolvimento das funções, responsabilidades e habilidades de seus supervisores.

Nas subseções seguintes, serão descritos brevemente a história do TWI, o método dos Quatro Passos, bem como sua estrutura, composta pelos seguintes cinco módulos:

- Instrução de trabalho ou *Ji*: apresenta ao supervisor como desenvolver pessoas e instruí-las para executar um trabalho de forma correta.
- Métodos de trabalho ou *Job Methods* (JM): apresenta ao supervisor como melhorar processos aproveitando ao máximo a mão de obra, a matéria-prima e as máquinas disponíveis.
- Relações de trabalho ou *Job Relations* (JR): apresenta ao supervisor como liderar pessoas e torná-las resolvedoras de problemas de forma sistemática e analítica.
- Segurança de trabalho ou *Job Safety* (JS): apresenta ao supervisor como detectar ameaças de segurança e como construir um ambiente de trabalho seguro.
- Resolução de problemas ou *Problem Solving* (PS): apresenta ao supervisor como resolver problemas de forma sistemática e analítica.

2.1.1 História

Segundo Huntzinger (2005), o programa TWI *Service* foi lançado pelo governo dos Estados Unidos em agosto de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, após a invasão da França. Channing Rice Dooley, Walter Dietz e Mike Kane, com o objetivo de aumentar a produtividade da indústria de suprimentos para a guerra e atender à sua demanda crescente, criaram esse programa para melhorar o treinamento dos operadores e suprir a falta de profissionais qualificados. O TWI foi fundamentado no método dos Quatro Passos, que foi desenvolvido por Charles Allen durante a Primeira Guerra Mundial.

Dinero (2005) afirma que o propósito do TWI *Service* era transformar a técnica de treinamentos das indústrias de suporte à guerra para conseguir atender a necessidade de mão de obra. O objetivo do programa, portanto, era treinar cada trabalhador dentro da indústria, a fim

de aproveitar o seu potencial até o máximo de sua capacidade individual, e assim atender a alta produção demandada pelo país durante o período de conflitos bélicos.

O programa TWI Service tinha como desafio inicial instruir a gerência de todas as indústrias dos EUA que davam suporte à guerra; porém, devido à limitação de recursos e pessoas, alcançar essa meta se tornou impraticável. A fim de viabilizar a iniciativa, decidiu-se treinar apenas unidades fabris que queriam fazer parte do programa e descentralizá-lo ainda mais ao formar uma rede de suporte que dividiu o território estadunidense em um total de 354 subdistritos, com uma média de 23 por distrito. Foram necessárias dez janelas de aplicação do programa durante os anos de 1940 a 1945, segundo Bianchi e Giorcelli (2019).

Recomendações e resultados da implementação do programa TWI nas fábricas eram reportados em boletins emitidos pelo programa. Durante o período da guerra, observou-se expressivo aumento da produção, diminuição do tempo de treinamento, economia de mão de obra, redução de refugo e reclamações. A Tabela 1 ilustra os resultados reportados pelas plantas nas quais o TWI foi implementado.

Tabela 1 – Percentual de plantas que reportaram resultado de 25% ou mais

	Mai. 1943 [%]	Set. 1943 [%]	Fev. 1944 [%]	Nov. 1944 [%]	Abr. 1945 [%]	Jul. 1945 [%]	Set. 1945 [%]
Aumento de produção	37	30	62	76	64	63	86
Diminuição do tempo de treinamento	48	69	79	92	96	95	100
Economia de mão de obra	11	39	47	73	84	74	88
Redução de refugo	11	11	53	20	61	66	55
Redução de reclamações	Não reportado		55	65	96	100	100

Fonte: War Production Board (1943 apud HUNTZINGER, 2005).

Dinero (2005) relatou que, com o fim da guerra, o TWI perdeu forças no território americano, já que seu propósito inicial era aumentar a produção das indústrias de defesa nacional. As indústrias que estavam no negócio de suprimentos da guerra passaram a produzir utilidades civis, sem nenhum competidor aparente devido à devastação da guerra. Visto que os Estados Unidos tinham uma das maiores e mais fortes indústrias do mundo, o programa foi perdendo seu propósito e sua motivação. Com a baixa concorrência, as indústrias acreditavam

que não era preciso fazer melhorias ou aumentar a produtividade e que não era preciso gastar tempo com treinamento. Além disso, o governo dos EUA dissolveu o TWI no país. Então, devido à falta de organização e controle do programa, ele foi perdendo sua efetividade e conseqüentemente sua influência no território estadunidense. Porém, isso não resultou no fim do programa TWI, que também foi disseminado no exterior, em países como Grã-Bretanha, França, Itália, Bélgica, Holanda, Luxemburgo, Dinamarca, Suécia, Noruega, Finlândia, Nova Zelândia, Austrália, Nova Guiné, Hong Kong, Coréia, Fiji, Taiwan, Singapura, Samoa, Iraque, Uganda, Vietnã, Coreia, Indonésia, México, Turquia, Nepal e Japão.

Inicialmente, Huntzinger (2005) conta que esse programa TWI precursor, que revolucionou a indústria dos Estados Unidos durante a guerra, foi criado por Dooley, Dietz e Kane, com base no trabalho de Allen, conhecido como os “Programas J”, e abrangia os seguintes módulos (que serão mais bem explicados nas subseções seguintes):

- Instrução de trabalho ou JI.
- Métodos de trabalho ou JM.
- Relações de trabalho ou JR.
- Desenvolvimento do programa ou *program development*.

Graupp e Wrona (2016) descrevem um quarto módulo J (segurança do trabalho ou JS), que foi introduzido posteriormente, em 1967, ao programa TWI por um grupo de especialistas em segurança do trabalho do governo japonês. Esse módulo foi desenvolvido considerando a preocupação com a segurança de todos para prevenir acidentes, seguindo o mesmo padrão de quatro passos de Allen da mesma maneira que os demais módulos do programa TWI. Além disso, diante do sucesso da implementação dos três primeiros *jobs*, o governo japonês pediu aos americanos responsáveis pelo programa TWI que ensinassem aos japoneses como resolver problemas no ambiente de trabalho, dando origem ao quinto módulo do programa: PS.

No contexto do final da Segunda Guerra Mundial e da derrota do Japão, os Estados Unidos levaram o programa TWI com objetivo de ajudar na reconstrução do país em ruínas, cuja indústria operava, de acordo com Graupp e Wrona (2016), produzindo menos de 10% em relação aos anos anteriores à guerra, entre 1935 e 1937. Huntzinger (2016) conta que o maior objetivo da reconstrução das indústrias do Japão era substituir o intenso militarismo no país por uma indústria com atitudes democráticas.

Huntzinger (2016) ainda define o TWI como um “tio (não tão distante)” do Lean, na medida em que se fundamenta nas ideias originárias do TWI, as quais foram aprimoradas e contextualizadas às novas necessidades da indústria destruída do Japão pós-guerra.

Importa frisar, segundo o supracitado autor, que o TWI deixou de ser utilizado nos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial, ao mesmo tempo em que foi aplicado com sucesso no Japão, permanecendo até os dias atuais. Somando-se a isso, com a criação da New United Motor Manufacturing Inc. (NUMMI), uma *joint venture* (entre a Toyota e a General Motors), em 1984, a Toyota começou a gerenciar a fábrica em território estadunidense e com isso ensinar Lean aos americanos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). Dessa forma, o TWI foi reaplicado nos Estados Unidos. Na ocasião, o conhecimento que foi inicialmente transferido aos japoneses pelos americanos foi aperfeiçoado pelos japoneses, os quais ofereceram suporte e capacitação à indústria americana (HUNTZINGER, 2016).

2.1.2 Método dos Quatro Passos

Conforme mencionado, o trabalho de Charles Allen, desenvolvido durante a Primeira Guerra Mundial, foi essencial na formulação do programa TWI. Allen (1919) apresenta seu método de treinamento a partir de quatro passos, descritos a seguir:

- 1) Primeiro passo – Preparação: consiste em iniciar um diálogo com o aluno para motivá-lo, abordando o conhecimento que ele já detém sobre o assunto ou alguma experiência prévia que faça conexão com a temática a ser desenvolvida.
- 2) Segundo passo – Apresentação: corresponde à ação de ensinar ao aluno o melhor método conhecido até hoje, de forma gradativa, dividindo-se em etapas ou conteúdos específicos.
- 3) Terceiro passo – Aplicação: avalia-se o desempenho do aluno, verificando erros na execução da instrução de trabalho.
- 4) Quarto passo – Inspeção ou teste: momento em que o aluno executa o trabalho para o qual foi capacitado sem o auxílio do instrutor, que verificará se o aluno executou o método conforme instrução. Caso o instrutor avalie que não houve êxito, o método precisará ser aperfeiçoado e reaplicado. O autor relaciona a reprovação do aluno no teste ao insuficiente cumprimento dos primeiros três passos desenvolvidos, não por erro do aluno e sim do instrutor.

2.1.3 Instrução de trabalho ou JI

O método de treinamento JI é composto por quatro passos e assegura que o aluno aprenderá seu trabalho de forma correta, segura e conscienciosa. Além disso, promete aos treinadores que eles serão capazes de ensinar seus alunos rapidamente e eficientemente, na medida em que o método utiliza de diferentes técnicas para potencializar a absorção do conteúdo e despertar o interesse. Dessa forma, o aluno deve ser treinado, em seu real posto de trabalho, de forma que ele consiga ver e ouvir as ações e explicações do instrutor. Vale destacar a importância de o aluno estar posicionado de tal modo que ele veja o processo pelo mesmo ângulo que o instrutor, não de modo espelhado (GRAUPP; WRONA, 2016).

Para auxiliar o instrutor com a preparação do treinamento e garantir que ele sempre siga os passos definidos no método, o programa TWI criou cartões de bolso, no qual contém um resumo de cada método do programa. A Figura 1 ilustra um exemplo desse cartão, no qual o instrutor deve carregar sempre consigo (GRAUPP; WRONA, 2016).

Figura 1 – Frente e verso do cartão de bolso do método JI

<i>INSTRUÇÃO DE TRABALHO</i> Frente do Cartão	<i>COMO INSTRUIR</i> Verso do Cartão
<p style="text-align: center;">COMO SE PREPARAR PARA INSTRUIR</p> <p>Antes de instruir pessoas em como fazer um trabalho</p> <p>1. Prepare um plano de treinamento</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Quem será treinado ■ Para qual trabalho ■ Em qual data <p>2. Separe o trabalho em etapas</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Liste os Passos importantes ■ Seleccione os Pontos Chaves ■ <i>Fatores de segurança são sempre Pontos Importantes</i> <p>3. Tenha tudo preparado</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ O equipamento adequado, ferramentas, materiais e qualquer coisa necessária para dar instrução <p>4. Organize o local de trabalho</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ordenadamente, como em condições reais de trabalho 	<p>Passo 1: Prepare o operador</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Deixe a pessoa a vontade ■ Declare o trabalho ■ Descubra o que a pessoa já sabe ■ Deixe a pessoa interessada em aprender o trabalho ■ Coloque a pessoa na posição correta <p>Passo 2: Apresente a operação</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Corte, mostre, e ilustre um Passo importante por vez ■ Faça novamente destacando Pontos Chaves ■ Faça novamente dando razões para os Pontos Chaves - <i>Instrua claramente, completamente, e pacientemente, mas não os dê mais informação do que eles podem aprender a cada vez</i> <p>Passo 3: Experimente a performance</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Peça para a pessoa fazer o trabalho - corrija erros ■ Peça para a pessoa explicar cada Passo importante a você enquanto ela faz o trabalho novamente ■ Peça para a pessoa explicar cada Ponto Chave a você enquanto ela faz o trabalho novamente ■ Peça para a pessoa explicar as razões de cada Ponto Chave a você enquanto ela faz o trabalho novamente - <i>Tenha certeza que a pessoa entende</i> - <i>Continue a fazer até que você saiba que eles entendem</i> <p>Passo 4: Acompanhamento</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Coloque a pessoa por conta própria ■ Especifique quem a pessoa deve procurar por ajuda ■ Confira a pessoa com frequência ■ Encoraje perguntas ■ Estabilize o treinamento extra e o acompanhamento de perto <p>SE O OPERADOR NÃO APRENDEU, O INSTRUTOR NÃO ENSINOU</p>

Fonte: Adaptado de Graupp e Wrona (2016).

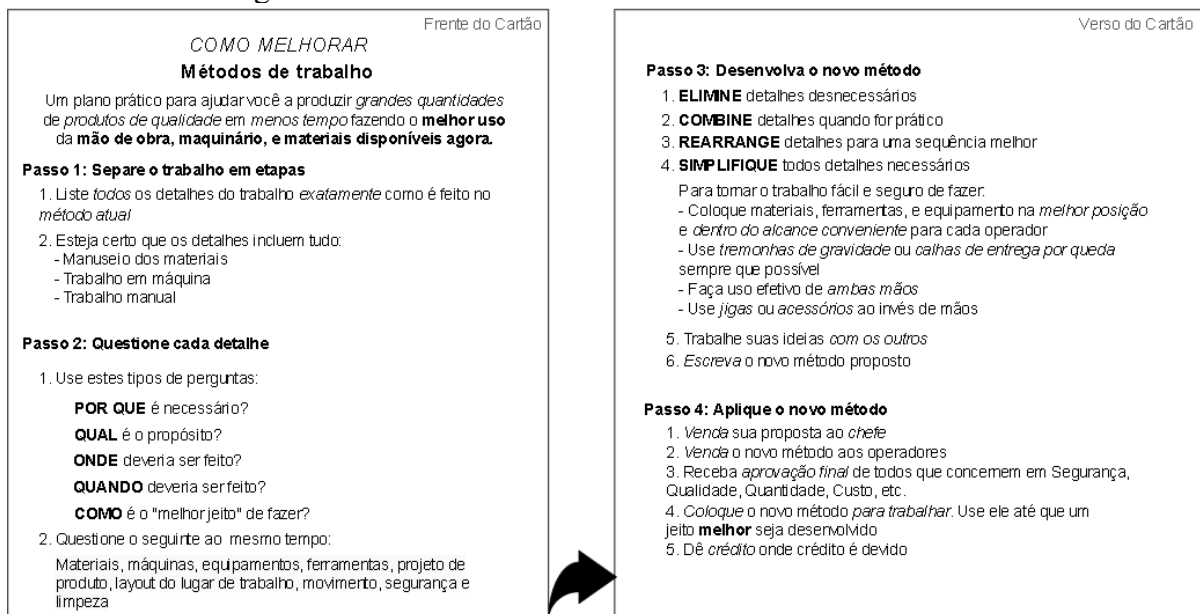
Dessa forma, o treinamento se inicia com a preparação do aluno com o tema e o ambiente. Após isso, o instrutor deve apresentar o trabalho três vezes, de modo que a cada vez ele destaque: primeiro os passos importantes (o que precisa ser feito); depois os postos-chave (como precisa ser feito); por fim, as razões (o porquê de se executar cada posto-chave). Com isso, no terceiro passo, encoraja-se que o aluno repita o trabalho aprendido destacando o que lhe foi passado anteriormente. Por fim, o instrutor deve deixar que o aluno exercite sozinho o que foi aprendido, porém com todo o suporte necessário em caso de dúvidas.

O programa TWI destaca também a importância de o instrutor se preparar para o treinamento, de modo que ele tenha todas as informações e os insumos necessários para instruir seu aluno de maneira adequada.

2.1.4 Métodos de trabalho ou JM

A metodologia JM foi desenvolvida com o objetivo de ajudar colaboradores a melhorarem seus processos e trabalhos de modo sistemático para potencializar seus esforços, bem como garantir um melhor resultado. De forma semelhante ao método anterior, a Figura 2 apresenta o cartão de bolso com um resumo do método JM (GRAUPP; WRONA, 2016).

Figura 2 – Frente e verso do cartão de bolso do método JM



Fonte: Adaptado de Graupp e Wrona (2016).

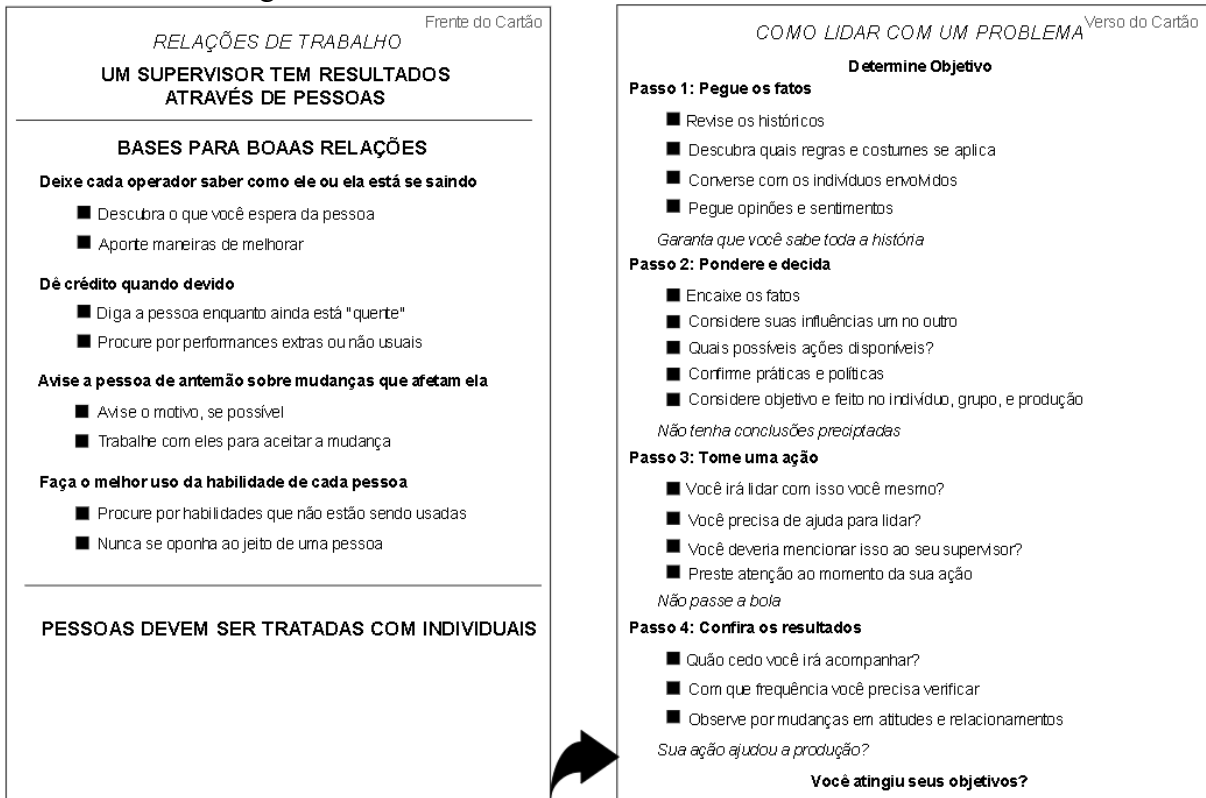
Dessa forma, esse método permite que qualquer líder ou colaborador faça uma análise metódica do seu ambiente e proponha soluções que melhorem a forma de se executar seu

trabalho. Com isso, é criado um ambiente sustentável que pode se manter competitivo no mercado, por estar em um constante processo de evolução (GRAUPP; WRONA, 2016).

2.1.5 Relações de trabalho ou JR

Com a finalidade de ajudar colaboradores a melhorarem suas habilidades de liderança, o método JR foi criado fundamentando postos-chave para se manter boas relações de trabalho e um método de como lidar com problemas. Semelhante aos Js anteriores, o programa TWI também criou um cartão de bolso (Figura 3) para o JR (GRAUPP; WRONA, 2016).

Figura 3 – Frente e verso do cartão de bolso do método JR



Fonte: Adaptado de Graupp e Wrona (2016).

Dessa maneira, em caso de dúvida de como lidar com um problema específico, o colaborador treinado na metodologia TWI pode recorrer ao seu cartão suporte, que o ajudará a avaliar a situação e tomar uma decisão mais assertiva (GRAUPP; WRONA, 2016).

2.1.6 Segurança de trabalho ou JS

O método JS sintetiza, também em quatro passos, como prevenir acidentes para garantir a segurança de todos, bem como uma lista de pontos importantes que interagem com a segurança das pessoas. Análogo aos demais métodos apresentados, o JS acompanha um cartão de bolso, apresentado na Figura 4, para guiar o profissional TWI (GRAUPP; WRONA, 2016).

Figura 4 – Frente e verso do cartão de bolso do método JS

Frente do Cartão	Verso do Cartão
<p>SEGURANÇA DO TRABALHO</p> <p>O significado de segurança é considerar medidas e tomar ações antes de um incidente de segurança. NÃO é lidar com as consequências</p> <p>Passo 1: Identifique as causas de perigo Avalie a situação; avalie o histórico; converse com pessoas Considere tanto coisas quanto pessoas Confira regulações e padrões Esteja sempre atento Antecipe riscos de incidentes e lesões <i>Cave fundo</i></p> <p>Passo 2: Decida sobre contramedidas Encaixe as causas; considere os seus efeitos uma nas outras Pergunte a pessoas que tem conhecimento detalhado Pense em inúmeras contramedidas Garanta estar de acordo com políticas, regulações, padrões Decida sobre medidas reservas também <i>Você mesmo é a causa?</i></p> <p>Passo 3: Reforce contramedidas Você pode lidar com isso sozinho? Você precisa de suporte de seu supervisor? De quem você deveria buscar cooperação? <i>Coloque em prática imediatamente</i></p> <p>Passo 4: Verifique os resultados Verifique de novo e de novo Foi realizado com certeza? As causas foram eliminadas? <i>Alguma causa nova surgiu?</i></p> <hr/> <p style="text-align: center;">INCIDENTES DE SEGURANÇA SÃO CAUSADOS QUEBRE O CICLO</p>	<p>Coisas: Partes e materiais Instalações, máquinas, e ferramentas Métodos de trabalho e layout Artigos perigosos e prejudiciais Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estado • Posicionamento • Uso <p>Pessoas: Capacidades Estado físico e mental Métodos e atitudes de trabalho Uso de equipamentos de proteção individual (EPI) Manejo de ferramentas Relações humanas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não conhece • Não pode fazer • Não se importa • Não faz <p>Contato (entre coisas e pessoas): Qual o momento certo?</p> <p>Ambiente: Organização e limpeza adequada Manutenção e inspeção minuciosa Procedimento de operação padronizados</p> <p>Um histórico de segurança perfeito não é obra do acaso; é um histórico de nossos esforços como supervisores</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Respeito para as pessoas Estudo da causa</p>

Fonte: Adaptado de Graupp e Wrona (2016).

Por consequência, a formação de colaboradores no método JS do TWI promove um ambiente de trabalho mais seguro para todos, de modo que acidentes são evitados, pois possíveis situações de risco são previstas e evitadas (GRAUPP; WRONA, 2016).

2.1.7 Resolução de problemas ou PS

De acordo com Graupp e Wrona (2016), o programa TWI também estruturou quatro passos descritos a seguir como seu método de resolução de problemas:

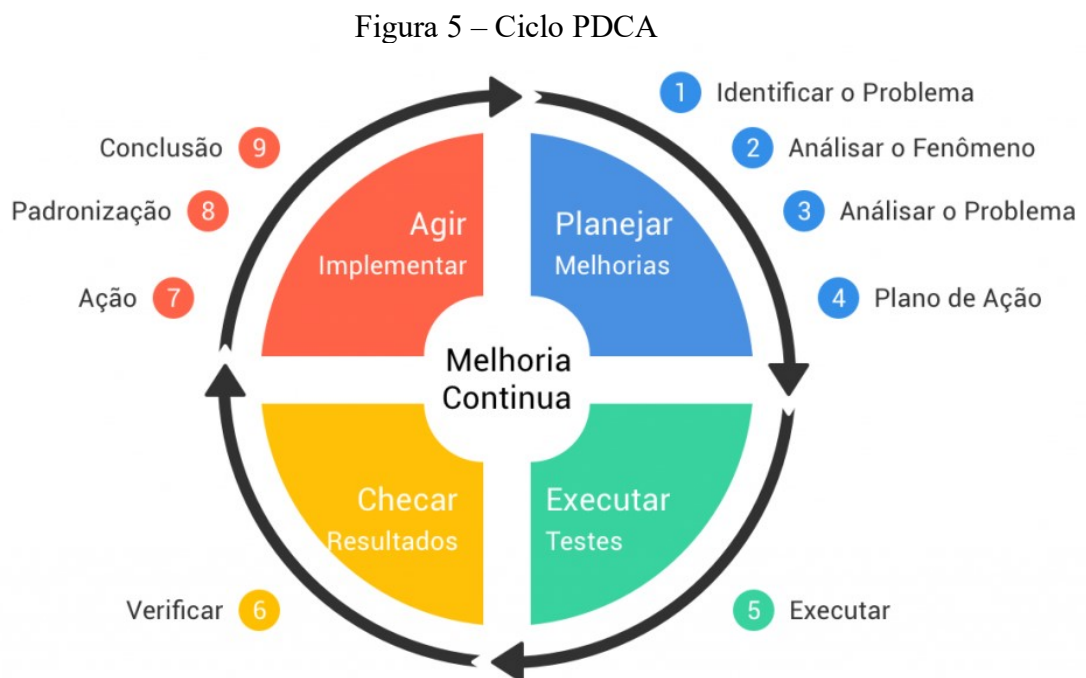
- 1) Isole o problema.
- 2) Identifique qual é o problema.
- 3) Procure provas e evidências do problema.
- 4) Investigue o que está causando esse problema.

- 5) Tire suas conclusões.
- 6) Desenhe uma solução utilizando o primeiro e segundo passo do JI, JM e JR.
- 7) Corrija o problema utilizando o terceiro e quarto passo do JI, JM e JR.
- 8) Verifique e avalie resultados.

Outras ferramentas podem ser utilizadas em conjunto com o método PS do programa TWI, como o ciclo PDCA, os Cinco Porquês, o 5W1H e a matriz de custos versus benefícios, que serão descritas nas subseções a seguir.

2.1.7.1 Ciclo PDCA

O ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA), em português Planejar-Executar-Checar-Agir, também conhecido como ciclo de Deming, é uma metodologia de resolução de problemas composta por quatro passos, conforme resume a Figura 5. A metodologia PDCA é baseada no método científico, de forma que: em planejar, observa-se o evento e levanta-se uma hipótese; em executar, realiza-se o experimento em estudo; em checar, coletam-se os resultados obtidos; para, então, em agir, analisar se os resultados comprovam ou não a hipótese desenhada (SOBEK II; SMALLEY, 2008).



Fonte: ABC Safety ([2022]).

Após a Segunda Guerra Mundial, o ciclo PDCA foi levado ao Japão, para ajudar a reconstruir a indústria do país. Essa metodologia de resolução de problemas deu início à prática da melhoria contínua e, assim como o programa TWI, contribuiu para a origem da filosofia Lean (SOBEK II; SMALLEY, 2008).

2.1.7.2 Cinco porquês

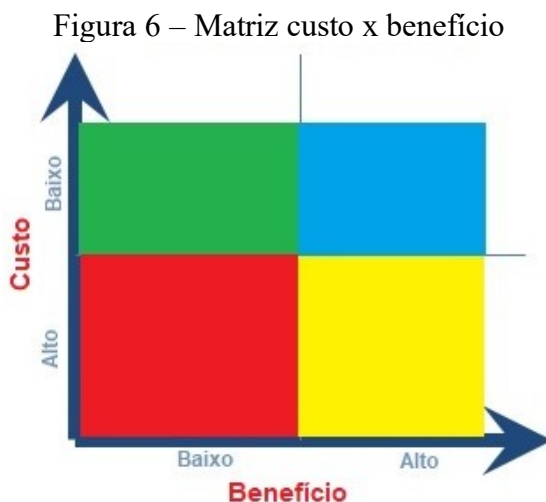
Ohno (1997) descreve, em seu livro, que perguntar cinco vezes “por que” é uma forma crucial de encontrar a verdadeira causa de um problema e não ser enganado por sintomas superficiais. Dessa forma, o autor apresenta esse exercício como uma ferramenta poderosa para se encontrar a causa-raiz do problema, que não necessariamente “aparecerá” na quinta resposta, podendo ser na quarta, quinta, sexta, ou assim por diante, até não ser possível responder o porquê seguinte.

2.1.7.3 5W1H

A ferramenta 5W1H (*what-when-where-why-who-how*), para construção de um plano de ação, consiste em fazer essas seis perguntas (em português: o que, quando, onde, por que, quem e como) como forma de descrever uma ação do seu plano de maneira objetiva e detalhada (KUMAIRA, 2018).

2.1.7.4 Matriz de custo versus benefício

A matriz custo versus benefício é uma simples ferramenta da priorização, na qual se avalia opções conforme seu custo de implementação e benefício do retorno esperado. Dessa forma, conforme ilustra a Figura 6, as opções concentradas no quadrante azul são avaliadas como melhores, de modo que as alternativas nos quadrantes verde e amarelo são intermediárias e as no vermelho são as piores (CAMARGO, 2018).



Fonte: Camargo (2018).

2.2 FILOSOFIA LEAN

Womack, Jones e Roos (2004) utilizam o termo “*lean*” (ou “enxuto”, em português) na expressão “*lean production system*” (ou sistema de produção enxuta) para descrever o Sistema Toyota de Produção (STP) no livro *A máquina que mudou o mundo*, originado do estudo feito na empresa pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

O Lean Institute Brasil (2018) define Lean como uma filosofia de gestão baseada em práticas e resultados do Sistema Toyota, que busca de forma contínua a eliminação de desperdícios por meio do desenvolvimento de pessoas para resolução sistemática de problemas ou oportunidades, que geram resultados sustentáveis.

O desenvolvimento do STP, entre as décadas de 1950 e 1960, foi liderado por Taiichi Ohno, que era chefe de produção da Toyota, para fornecer seus produtos aos clientes com a melhor qualidade, o menor custo e o *lead time* mais curto por meio da eliminação do desperdício (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2018). Na década de 1980, com intuito de promover o STP para colaboradores internos e fornecedores, a Toyota criou uma “casa” como analogia (Figura 7), para facilitar a compreensão do pensamento STP, que está dividido em três níveis descritos a seguir (EVESQUE; BALLÉ, 2016).

Objetivos, ou “telhado” da casa, descrevem o que deve ser alcançado ou as metas para conquistar a satisfação do cliente. Dessa forma, abrangem: maior qualidade, que representa entregar um produto ou um serviço de acordo com todas as especificações técnicas e práticas definidas pelo cliente (EVESQUE; BALLÉ, 2016); menor custo, que expressa reduzir gastos ao eliminar desperdícios e, portanto, aumentar a produtividade (EVESQUE; BALLÉ, 2016); e

menor *lead time*, que foca em diminuir o tempo necessário de produção (desde o primeiro até o último processo), que significa entregar o valor mais rápido ao cliente (ROTHER; SHOOK, 2003).

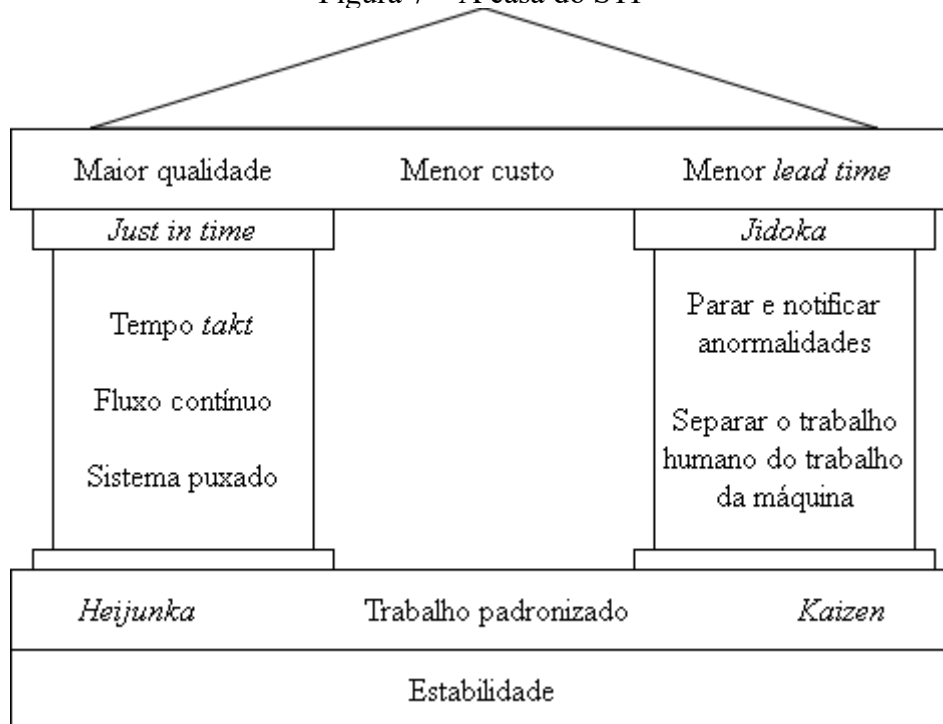
As estruturas de análise da casa representam como formar as operações para que os objetivos sejam atingidos e é composta por dois “pilares”, o *just in time* – JIT e o *jidoka*. O JIT significa “na hora certa” e expressa um estado ideal no qual os componentes precisam chegar no lugar e no momento certo em que são necessários, bem como na quantidade correta (OHNO, 1997). Essa lógica de produção engloba: tempo *takt*, que se traduz por ritmo em que se é preciso produzir para atender a demanda do cliente e é calculado pela divisão do tempo total disponível por turno pela demanda do cliente por turno (ROTHER; SHOOK, 2003); fluxo contínuo, que consiste em produzir uma unidade produtiva por vez, de modo que, quando essa unidade entra no estágio seguinte da produção, ela inicia esse processo seguinte imediatamente, sem nenhuma interrupção (ROTHER; SHOOK, 2003); e sistema puxado, que remete a sistemas nos quais um processo predecessor só começa suas atividades novamente quando o processo atual finaliza e inicia outra vez, de modo que o processo subsequente dita o ritmo de produção do anterior conforme a sua necessidade, que, por sua vez, é definida de acordo com a necessidade do seu subsequente, e assim por diante (ROTHER; SHOOK, 2003).

O outro pilar, *jidoka*, significa automação com um toque humano em português e representa a ideia de: parar e notificar anormalidades, que significa dar autonomia aos colaboradores e às máquinas para que parem a produção quando a quantidade a ser produzida já foi atendida ou há condições anormais que resultariam em falha de segurança ou em produtos com desvio de qualidade. Todas as máquinas são equipadas com dispositivos inteligentes ou sistemas *poka-yoke* (à prova de erros, em português), para que elas ganhem a inteligência humana de parar automaticamente a qualquer sinal de não conformidade e sinalizar ao operador a anomalia. Isso destaca a importância de notificar problemas, por menor que eles sejam, quando eles ocorrem, para que eles sejam resolvidos e não cresçam ao serem passados adiante (OHNO, 1997); e separar o trabalho humano do trabalho da máquina, que quer dizer permitir que as máquinas consigam operar normalmente sem a supervisão de uma pessoa. Assim, os operadores só prestarão assistência à máquina quando ela parar a produção devido a alguma inconsistência (OHNO, 1997).

O programa de atividades ou “base” retrata o que é preciso ter na prática para que as operações funcionem e que os objetivos sejam atingidos por meio das estruturas de análise. O programa inclui: *kaizen* (melhoria contínua, em português) que representa melhorias com

objetivo de maximizar a entrega de valor ao cliente ao eliminar desperdícios e otimizar o fluxo. (ROTHER; SHOOK, 2003); trabalho padronizado, que define procedimentos específicos para os colaboradores responsáveis do processo com base no tempo *takt* (para garantir o atendimento da demanda), na sequência de atividades (para certificar que o colaborador execute suas atividades dentro do tempo *takt*) e no estoque padrão (para permitir que o processo prossiga normalmente) (MARCHWINSKI; SHOOK, 2007); *heijunka*, ou nivelamento, segundo o qual as operações devem ser planejadas de forma que a sequência de produção seja distribuída com diferentes produtos intercalados para atingir um ritmo e carga regular; e estabilidade, representada como a primeira base para casa do STP, descreve a importância da confiabilidade dos processos para sustentar a estrutura organizacional.

Figura 7 – A casa do STP



Fonte: Adaptado de Evesque e Ballé (2016).

Para Womack e Jonas (2004, p. 3): “O pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”. Dessa forma, os citados autores detalham os cinco princípios do pensamento enxuto como um passo a passo cíclico ou a busca constante para a eliminação dos desperdícios (WOMACK; JONAS, 2004).

O primeiro princípio é especificar o valor, com foco no cliente final, definir exatamente o produto ou serviço que satisfaça as suas necessidades e que ele esteja disposto a pagar em um determinado momento.

Após isso, identificar o fluxo de valor é o segundo princípio e significa descrever todas as ações necessárias (que agregam ou não valor) para cada produto ou serviço da sua organização, abrangendo desde o início da percepção das necessidades do cliente para criação desse produto ou serviço até a sua entrega final.

Já o terceiro princípio é fluxo, ou seja, com a informação do que é valor para o seu cliente final e como a sua organização transforma os insumos necessários em um produto ou serviço final, é preciso fazer com que todas essas atividades fluam sem interrupções.

O quarto princípio é puxar, que representa projetar, programar e fabricar conforme a demanda real do seu cliente, de modo que ele “puxe” o que ele precisa e quando ele precisa da sua organização, cujo sistema seja capaz de se adaptar para atender instantaneamente a essa nova demanda.

Por fim, o quinto e último princípio é perfeição, que expressa, considerando infinito o potencial de melhoria do seu sistema, que se deve reiniciar novamente o ciclo em busca da maior qualidade, do menor custo e do menor *lead time*.

Além disso, Liker (2005) explica, em seu livro *O Modelo Toyota*, 14 princípios de gestão que caracterizam a Toyota, que podem ser divididos em 4 Ps, descritos a seguir:

I) *Philosophy* (filosofia):

- 1) Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

II) *Process* (processo):

- 2) Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
- 3) Usar sistemas “puxados” para evitar a superprodução.
- 4) Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*).
- 5) Construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.
- 6) Adotar tarefas padronizadas como a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.
- 7) Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
- 8) Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.

III) *People & partners* (funcionários e parceiros):

- 9) Desenvolver líderes que compreendem completamente o trabalho, vivem a filosofia e ensinam aos outros.
- 10) Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
- 11) Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

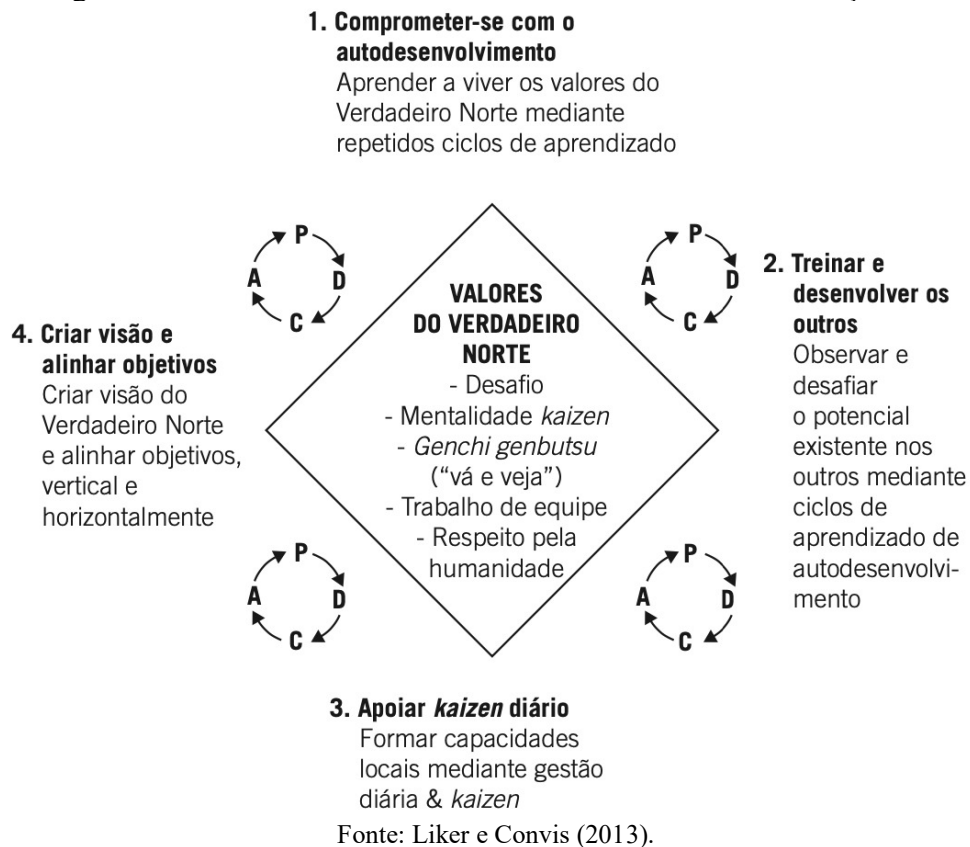
IV) *Problem solving* (solução de problemas):

- 12) Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*).
- 13) Tomar decisões lentamente por meio do consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez (*nemawashi*).
- 14) Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (*hansei*) e pela melhoria contínua (*kaizen*).

2.2.1 Liderança Lean

A Toyota defende a importância de desenvolver seus funcionários, os quais são o seu recurso mais precioso. Com isso, o princípio 9 reforça o desenvolvimento de líderes, no qual, segundo Liker e Convis (2013), a Toyota possui um método sistemático conforme modelo da Figura 8.

Figura 8 – Modelo “Diamante” de desenvolvimento de liderança Lean



Os autores destacam que o líder Lean é orientado por cinco valores essenciais: desafio, que o instiga a explorar seu potencial e entregar o seu melhor; mentalidade *kaizen*, que está programada em sua mente para procurar continuamente pequenas melhorias ao seu redor; *genchi genbutsu*, que demonstra a importância de ir ao local em que seus liderados estão, bem como ver a operação e os problemas; trabalho em equipe, que realça a importância do colaborativismo para otimizar o desempenho da empresa; e respeito pela humanidade, que destaca a preocupação com o próximo como algo fundamental a todos. Liker e Convis (2013) destacam que seu modelo de desenvolvimento de liderança não segue necessariamente um formato linear, e sim uma lógica cíclica, na qual o líder pode evoluir (por exemplo, com suporte da ferramenta PDCA) entre os passos descritos a seguir:

- 1) Comprometer-se com o autodesenvolvimento: não significa se desenvolver sozinho, mas sim buscar ativamente e continuamente melhorar a si mesmo e suas habilidades, junto com o suporte de outros líderes.
- 2) Treinar e desenvolver os outros: orientar o desenvolvimento de outros líderes, para que eles também possam progredir e se tornarem melhores solucionadores de problemas.

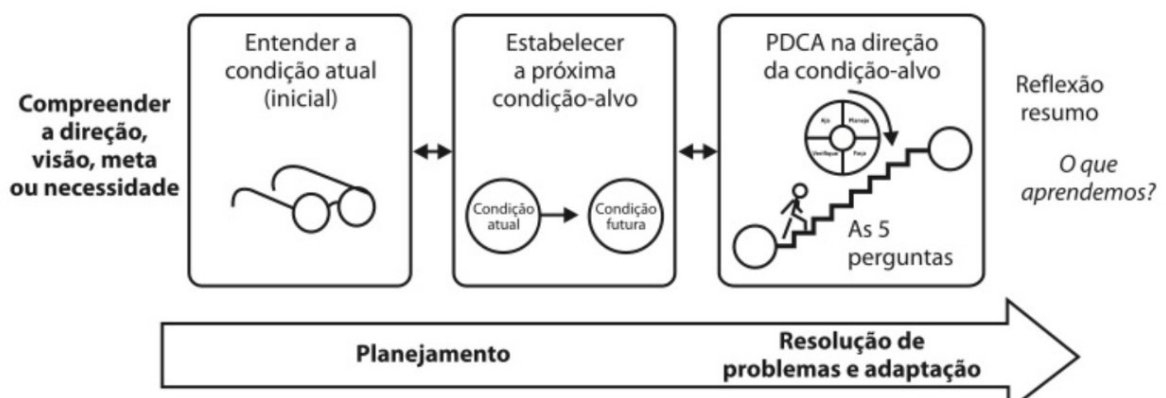
- 3) Apoiar o *kaizen* diário: facilitar ao eliminar obstáculos da equipe e incentivá-la a praticar o *kaizen* de manutenção (imprevistos que desviam do padrão) e o *kaizen* de melhoria (planejados para elevar o padrão) para garantir a otimização.
- 4) Criar visão e alinhar objetivos: garantir o desdobramento da estratégia ao alinhar melhorias conforme os objetivos da empresa, para que todos os seus esforços sejam canalizados na direção correta definida conforme o *hoshin kanri*.

Além disso, com objetivo de entender e documentar o método de liderar e gerir pessoas da Toyota, Rother (2010) detalha dois comportamentos intrínsecos na rotina de todos os líderes da empresa. O autor apresenta esses padrões comportamentais (ou *kata*) como a forma que os líderes praticam a melhoria contínua diariamente (*kata* de melhoria) e como eles ensinam essa prática uns aos outros (*kata coaching*).

Dessa forma, um dos hábitos mencionados é o *kata* de melhoria, que estabelece uma rotina sistemática, para alcançar objetivos e resolver problemas, esquematizada na

Figura 9, que contém os quatro passos descritos a seguir: entender o desafio definido pela equipe, que está alinhado com a visão da organização, conforme estabelecido na sua estratégia de longo prazo; compreender a condição atual ao analisar dados e fatos que vão além dos conhecimentos prévios ao início do desafio; estabelecer uma condição-alvo atingível que esteja na mesma direção do desafio estabelecido e de modo que seja possível identificar que ela foi alcançada por meio de metas; e direcionar-se até a condição-alvo gradativamente por meio de experimentos rápidos estruturados, conforme o ciclo PDCA, permitindo o aprendizado durante as interações.

Figura 9 – *Kata* de melhoria

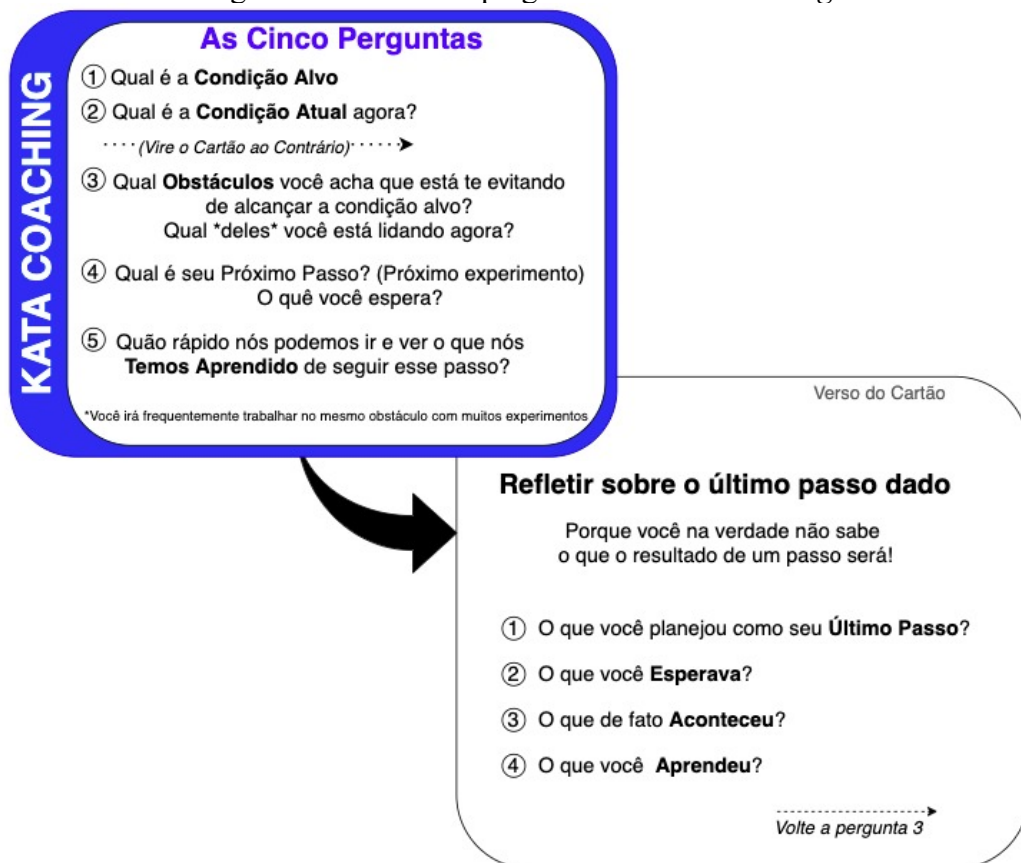


Fonte: Rother (2010).

A outra rotina é o *kata coaching*, que é praticado por líderes para ensinar e instruir os membros da sua equipe. O método, definido por Rother (2018) em seu guia prático, é baseado

em um diálogo interativo, conduzido por cinco perguntas, conforme a Figura 10. Esse diálogo entre mentor e pupilo possui três elementos importantes descritos a seguir: o mentor deve orientar o pupilo de forma que ele chegue sozinho a conclusões para que aprenda por si próprio; responsabilidade compartilhada, de forma que o mentor também responde pelos resultados do seu pupilo, sobretudo pelos fracassos, conforme a comum frase utilizada na Toyota: “Se o aprendiz não aprendeu, o professor não ensinou”; aprendizado na prática, de modo que o pupilo aprende ainda mais com os erros do que com os acertos, que lhe gerarão aprendizados valiosos, para se tornar um melhor solucionador de problemas (ROTHER, 2010).

Figura 10 – As cinco perguntas do *kata coaching*



Fonte: Rother (2018).

2.3 MANUFATURA PARA PROJETOS (ETO)

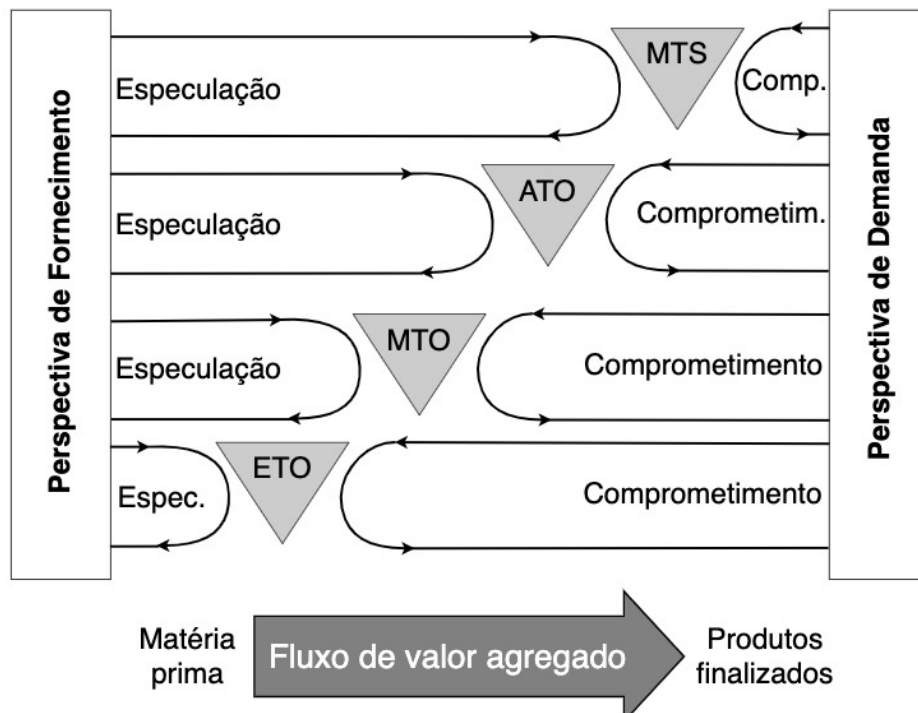
Com o objetivo de reconhecer sistemas produtivos em relação às suas diferentes técnicas de planejamento da produção, Wortmann (1983) define um esquema de classificação com estratégias de produção. A seguir, são descritas cinco estratégias de produção em ordem

crescente, considerando seus respectivos *leads time* de entrega, que significa o tempo de entrega total a partir do pedido do cliente (CHAPMAN *et al.*, 2017):

- *Make-to-stock* (MTS, ou produção para estoque): antes do pedido do cliente, os produtos padronizados são produzidos e então vendidos conforme estoque da empresa.
- *Assemble-to-order* (ATO, ou montagem sob encomenda): com o pedido do cliente feito, os produtos são montados a partir de componentes padronizados já produzidos, e então enviados.
- *Configure-to-order* (CTO, ou configuração sob encomenda): em seu pedido, o cliente configura o produto conforme opções definidas, e com isso inicia-se o processo de fabricação ou montagem do produto que será diretamente enviado.
- *Make-to-order* (MTO, ou produção sob encomenda): a partir do pedido do cliente, inicia-se o processo de fabricação do produto, que pode ser padronizado ou com uma pequena personalização.
- *Engineer-to-order* (ETO, ou projeto sob encomenda): cliente define as especificações técnicas necessárias, das quais pode resultar um produto único a ser fabricado. Com isso, inicia-se o processo de projeto do produto para posteriormente fabricar e enviar o produto encomendado.

Um conceito importante que diferencia as estratégias de produção entre si é o ponto de desacoplamento do pedido do cliente, que separa as decisões feitas com base na previsão ou especulação da demanda das decisões feitas com base na demanda real do cliente (WIKNER; RUDBERG, 2001). O *lead time* de entrega começa a contar a partir do ponto de desacoplamento, que representa o ponto de diferenciação do produto para uma ordem de pedido específica (SAGEGG; ALFNES, 2020). A Figura 11 mostra as diferentes estratégias de produção e em qual ponto da cadeia de valor seus respectivos pontos de desacoplamento estão.

Figura 11 – Ponto de desacoplamento do pedido do cliente das estratégias de produção



Fonte: Adaptado de Wikner e Rudberg (2001).

Com o objetivo de ajudar empresas ETO a determinar qual grau de automatização e padronização de projeto melhor se encaixa na sua realidade, Willner *et al.* (2016) propuseram uma classificação: os arquétipos de empresas ETO. Essa classificação, representada pela Figura 12, considerou dois indicadores na sua concepção: a média anual de unidades vendidas; e a complexidade de engenharia, referindo-se à quantidade de horas de engenharia utilizadas por unidade, calculada a partir do total de horas de engenharia do ano dividido pela média anual de unidades vendidas. Do estudo resultou uma matriz 2x2 que propõe quatro arquétipos de empresas ETO e suas respectivas estratégias de automatização e padronização.

O arquétipo ETO complexa representa um cenário com um baixo volume de vendas (menor que 750 unidades por ano) e alta complexidade de engenharia (maior ou igual a 2.000 horas de engenharia por unidade vendida). Aumentar consideravelmente o volume de produção ou diminuir a complexidade de engenharia não é economicamente viável, já que, respectivamente, o mercado dessas empresas normalmente é limitado pelo tamanho da demanda e o investimento promete ser maior do que o ganho resultante. Com isso, é preciso ter processos altamente flexíveis que se adaptam conforme as especificações do cliente, com um baixo nível de padronização e automatização.

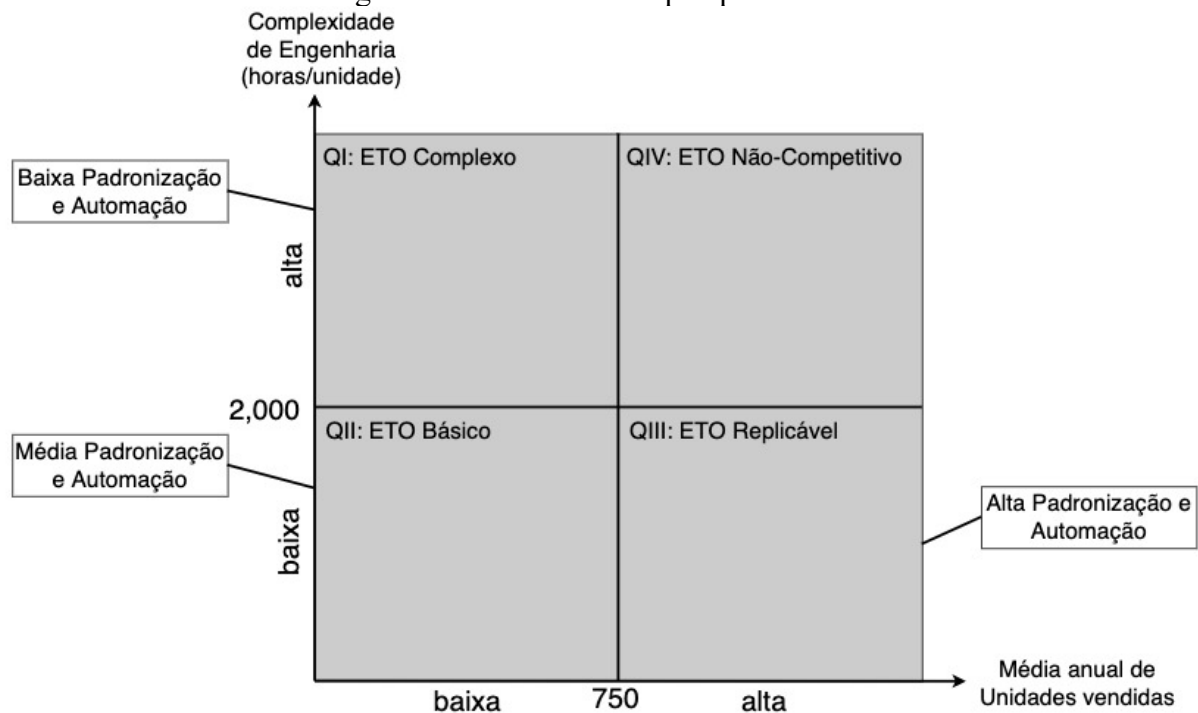
Já o arquétipo ETO básica representa um cenário com um baixo volume de vendas (menor que 750 unidades por ano) e baixa complexidade de engenharia (menor que 2.000 horas

de engenharia por unidade vendida). Aumentar consideravelmente o volume de produção é inviável, pela mesma razão apresentada no arquétipo ETO complexa, devido ao tamanho limitante do mercado. Uma padronização e automatização completa não é viável, devido ao baixo volume de vendas e à baixa repetitividade de pedidos. Com isso, recomenda-se um nível médio de padronização e automatização dos processos, com adaptações manuais para as especificações técnicas definidas.

Ademais, o arquétipo ETO repetível representa um cenário com um alto volume de vendas (maior ou igual a 750 unidades por ano) e baixa complexidade de engenharia (menor que 2.000 horas de engenharia por unidade vendida). O nível de padronização e automação dos processos é elevado, devido à alta repetitividade das especificações, com espaço para exceções em pedidos mais específicos e diferenciados do demais.

Por fim, o arquétipo ETO não competitiva representa um cenário com um alto volume de vendas (maior ou igual a 750 unidades por ano) e alta complexidade de engenharia (maior ou igual a 2.000 horas de engenharia por unidade vendida). Foram poucos casos encontrados no mercado que se enquadram nessa classificação, somente em raras exceções. Considerando que com o tempo as empresas vão adquirindo o conhecimento necessário para diminuir a complexidade de engenharia, as empresas vão mudando de quadrante da matriz para se manter competitivas no mercado, devido ao alto volume demandado e à potencial concorrência. Com isso, os autores sugerem que produtos que se encaixam nesse quadrante são economicamente inviáveis a longo prazo, devido ao fato de que a economia gerada pela padronização e automação dos processos cresce proporcionalmente com o aumento de vendas, porém, em contrapartida, o custo dessa automatização cresce exponencialmente devido à complexidade de engenharia.

Figura 12 – Matriz dos arquétipos de ETO

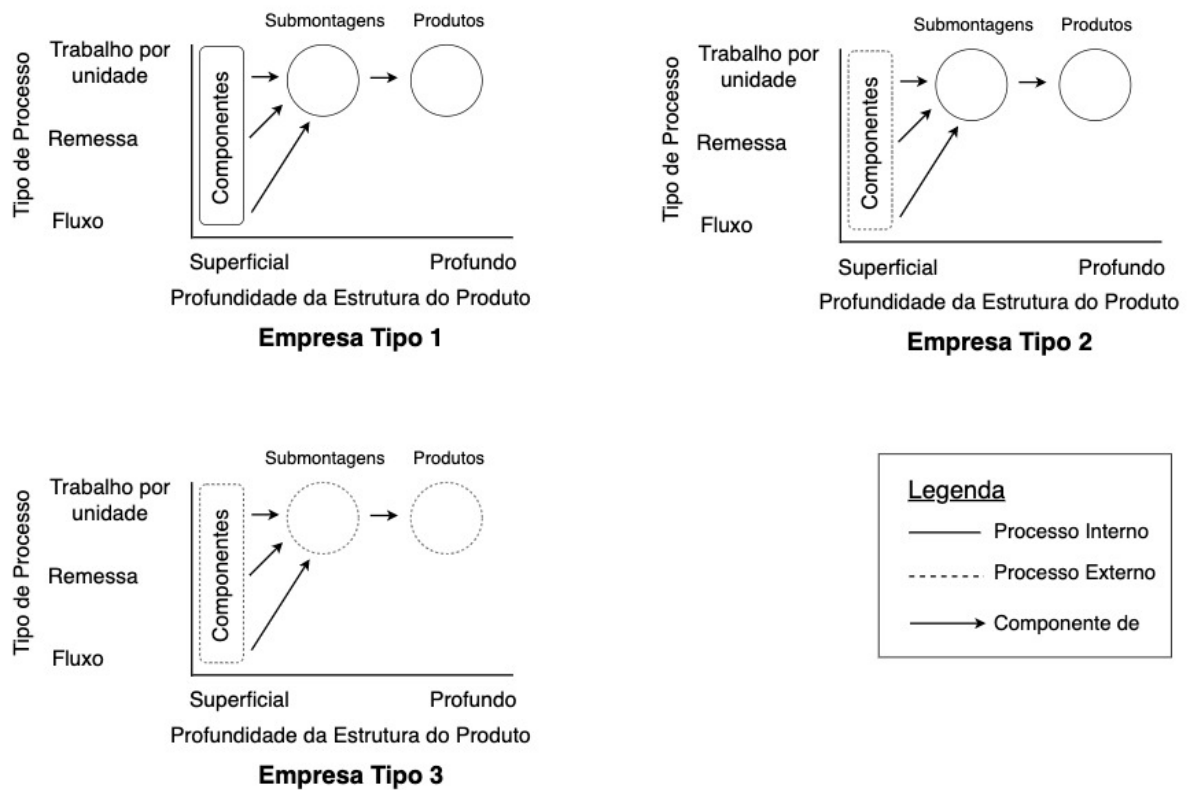


Fonte: Adaptado de Willner *et al.* (2016).

Outra classificação de empresas ETO encontrada na literatura foi a de Hicks, McGovern e Earl (2001), que as categoriza com a finalidade de analisar o impacto que as mudanças no mercado têm na configuração dos processos. As variáveis consideradas no estudo, conforme mostra a Figura 13, foram: os tipos de processo de fabricação, que são determinados a partir do volume de produção (em ordem decrescente do volume de produção: fluxo, em lotes e trabalho por unidade) e da complexidade do produto; e a profundidade da estrutura do produto, que varia de superficial (componentes) até profundo (produto). Dessa forma, o principal conceito utilizado para diferenciar as empresas foi a terceirização ou não dos processos de fabricação. Com isso, os citados autores introduzem os seguintes quatro tipos ideais de empresas ETO (veja resumo no Quadro 1):

- Tipo 1 – verticalmente integrada.
- Tipo 2 – projeto e montagem.
- Tipo 3a – projeto e contratação.
- Tipo 3b – gerenciamento de projeto.

Figura 13 – Tipologia de empresas ETO



Fonte: Adaptado de Hicks, McGovern e Earl (2001).

Quadro 1 – Os quatro tipos ideais de empresa ETO

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3a	Tipo 3b
Definição	Verticalmente integrada	Projeto e montagem	Projeto e contrato	Gerenciamento de projeto
Competência principal	Projeto, manufatura, montagem, gerenciamento de projeto	Projeto, montagem, gerenciamento de projeto	Projeto, gerenciamento de projeto, logística	Gerenciamento de projeto, conhecimento de engenharia, logística
Vantagem competitiva	Conhecimento de produto e processos; integração de processos internos	Integração de sistemas; coordenação de processos internos e externos	Integração de sistemas; coordenação de processos internos e externos	Reputação; conhecimento de engenharia
Integração vertical	Alta	Média	Baixa	Muito baixa
Relação com fornecedores	Contraditório	Parceria	Parceria	Contratual
Ambiente	Estável	Incerto	Dinâmico	Dinâmico
Tipo de riscos	Utilização da capacidade, retorno de capital, sub	Baixo nível de manufatura pode prejudicar capacidade de design. Partilhar conhecimento principal	Risco contratual, capacidade e performance de fornecedores	Perda de reputação

	recuperação de gastos	com fornecedores transforma-os em potenciais concorrentes		
--	-----------------------	-----------------------------------------------------------	--	--

Fonte: Adaptado de Hicks, McGovern e Earl (2001).

Como resultado de um estudo qualitativo dos princípios Lean (explorados na seção anterior) e do contexto de empresas ETO, Powell *et al.* (2014) propuseram o novo conjunto de princípios para excelência operacional em manufaturas ETO a seguir:

- Definição de valor das partes interessadas: semelhante ao primeiro princípio Lean definido por Womack e Jonas (2004), porém abrangendo outras partes interessadas no negócio, além do cliente final, devido à complexidade do produto.
- Liderança, pessoas e aprendizado: similar ao terceiro “P” (funcionários e parceiros) descrito por Liker (2005).
- Flexibilidade: enfatiza a necessidade da adaptação rápida dos processos para um produto ou demanda diferente.
- Modularização: como combinação da padronização e customização, essencial para ambientes ETO.
- Fluxo contínuo: análogo ao terceiro princípio definido por Womack e Jonas (2004).
- Demanda puxada: análogo ao quarto princípio definido por Womack e Jonas (2004).
- Partes interessadas e sistema de integração: referente ao alinhamento completo com todas as partes interessadas da organização – do cliente com a engenharia na fase de projeto; entre os diferentes departamentos da organização, para sincronizar a fase de projeto com a de fabricação; dos fornecedores com o departamento de compras; entre outros.
- Transparência: com controles visuais e compartilhamento de indicadores-chave por todas as partes interessadas.
- Tecnologia: essencial para o alto nível de customização do projeto e dos processos de fabricação.
- Melhoria contínua: análogo ao quinto princípio definido por Womack e Jonas (2004).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

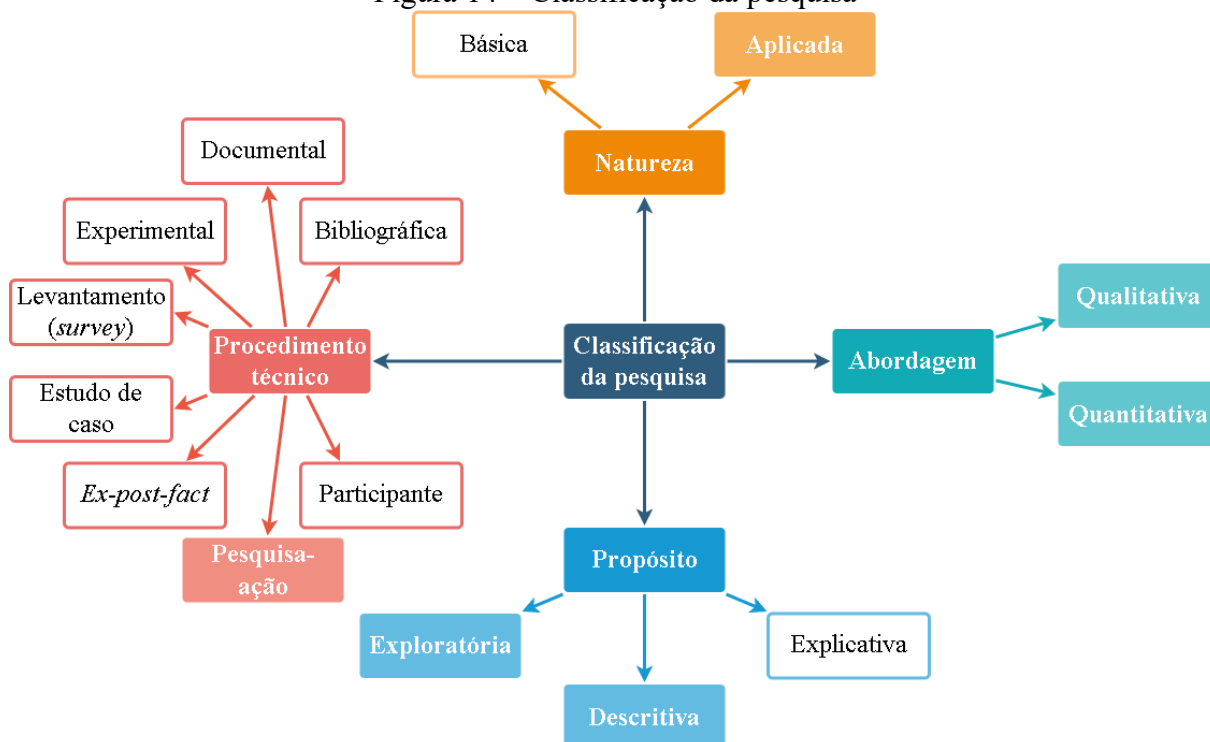
Este capítulo tem como objetivo justificar a classificação metodológica escolhida e descrever as etapas do trabalho, cujos resultados serão discutidos no capítulo seguinte, Resultados e discussão.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Gil (1994), é possível classificar trabalhos de pesquisa a partir de quatro pontos de vista: natureza; abordagem; propósitos; e procedimentos técnicos. Referente à natureza, divide-se entre básica e aplicada. A forma de abordagem ao problema pode ser quantitativa ou qualitativa. Quanto ao propósito, categoriza-se de forma exploratória, descritiva e explicativa. Para procedimentos técnicos, classifica-se entre bibliográfica, documental, experimental, levantamento (*survey*), estudo de caso, *ex-post-facto*, pesquisa-ação e participante. Conforme esses critérios, este trabalho classifica-se como uma pesquisa (conforme resumo na Figura 14):

- Aplicada.
- Qualitativa e quantitativa.
- Exploratória e descritiva.
- Pesquisa-ação.

Figura 14 – Classificação da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Este trabalho, quanto à natureza, classifica-se como pesquisa aplicada, pois utiliza conhecimentos de pesquisas básicas pré-existentes (exploradas no capítulo anterior, Revisão da literatura) e tem como foco a solução de um problema prático específico (GIL, 1994).

Quanto à abordagem para solução do problema do trabalho, identifica-se como uma pesquisa qualitativa e quantitativa, uma vez que utiliza um método descritivo no qual a pesquisadora interpreta os dados de forma indutiva e avalia o desempenho do trabalho com dados numéricos padronizados de forma sistemática, respectivamente (NASCIMENTO, 2016).

A classificação da pesquisa, quanto ao propósito ou objetivo, é exploratória e descritiva. Isso se dá em razão de que o trabalho busca investigar o problema definido, bem como as possíveis opções para o solucionar, e descrever o cenário encontrado, assim como o resultado obtido (GIL, 1994).

Por fim, em relação ao procedimento técnico seguido no trabalho, identifica-se como pesquisa-ação, já que o estudo é caracterizado pela resolução do problema definido, com participação da autora e seu grupo de trabalho. Desse modo, ao estudar o problema, aplica-se uma intervenção no objeto estudado para, dessa forma, gerar conhecimento ao solucionar o problema em questão (MIGUEL *et al.*, 2012).

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Conforme explicado na seção anterior, este trabalho utiliza o método de pesquisa-ação, que é empregado como o meio de atingir o objetivo definido no capítulo de introdução. Somado a isso, com a finalidade de facilitar o entendimento do procedimento escolhido, compara-se o citado método com o ciclo PDCA, oriundo do pensamento científico. Dessa forma, conforme passos, etapas e atividades do método pesquisa-ação, propostos por Miguel *et al.* (2012), definiu-se oito etapas para estruturar o presente trabalho, descritas no Quadro 2. Portanto, o estudo se inicia na etapa de planejar, que consiste em entender o problema, bem como criar um plano para resolvê-lo, e engloba os passos de planejamento da pesquisa, coleta de dados e análise de dados do procedimento pesquisa-ação. Após isso, a fase executar consiste em executar o plano (ou ação) formulado anteriormente. Com isso, dentro do passo de avaliação da ação, a fase checar corresponde a levantar dados para analisar o resultado obtido. Por fim, ainda dentro do passo de avaliação da ação, passa-se à fase final, agir, que consiste em analisar o resultado obtido com o planejado na primeira fase, para então definir quais ações precisam ser tomadas, a fim de corrigir algum desvio, ou garantir a perpetuação do trabalho, ou então sugerir melhorias.

Quadro 2 – Etapas do trabalho

Fase (PDCA)	Passo (pesquisa-ação) Miguel <i>et al.</i> (2012)	Etapa	Descrição
Planejar	Planejamento da pesquisa	Contextualização	Definir o problema e critério de avaliação do resultado
		Revisão da literatura	Analisar bibliografias: programa TWI, filosofia Lean e estratégia de produção ETO
	Coleta de dados	Coleta de dados do estado atual	Levantar dados da unidade de análise
	Análise de dados	Análise do estado atual da área em estudo	Analisar dados coletados
		Formulação do plano de ação	Definir ferramentas e criar plano de implementação
Executar	Execução da ação	Implementação do plano de ação	Aplicar a ferramenta / metodologia escolhida para resolver o problema

Checar	Avaliação da ação	Análise dos resultados obtidos	Apresentar os resultados obtidos
Agir		Conclusão	Analisar desempenho e propor próximos passos

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Dessa forma, inicia-se o trabalho na etapa de contextualização, que engloba as seguintes atividades: entendimento e definição do problema, do objetivo do trabalho; e alinhamento do critério de avaliação do estudo, como verificar se o objetivo foi atingido. Nessa etapa, foi analisado o contexto em que a empresa em estudo está inserida e quais seus desafios e objetivos.

Na etapa de revisão da literatura, busca-se ter uma melhor compreensão do problema e contexto enfrentado por meio do estudo da bibliografia existente, que consiste em conhecimentos já gerados por pesquisas anteriores. Além disso, procura-se encontrar ferramentas ou metodologias que contribuam para solução do problema definido na primeira etapa. Com isso, foram exploradas obras a respeito do programa TWI (metodologia a ser implementada nesse trabalho), filosofia Lean (ideologia utilizada na implementação, cujos líderes se tornam professores) e estratégia de produção ETO (ambiente e contexto no qual o estudo está inserido).

A terceira etapa é a coleta de dados do estado atual, que, para o presente trabalho, compreende filmar, por quatro vezes distintas, os dois operadores do setor de bobinagem executando todas as atividades do processo de “isolação da transposição das ligações”, para levantar qual o desempenho atual da operação em análise. A partir das quatro filmagens, foi considerado o menor valor de tempo repetido para cada atividade executada por operador, e, quando não houve valor repetido, foram consideradas as médias dos valores coletados. Ademais, para compreender o quê e quanto é o esperado desse processo, obtém-se com o planejamento da fábrica qual é o tempo de execução padrão documentado, qual é a demanda para esse processo e o tempo disponível para operação. Além disso, com o objetivo de entender as especificações técnicas desse processo, será necessário buscar o procedimento técnico definido pela engenharia industrial da fábrica. Por fim, com o intuito de levantar dados qualitativos a respeito do processo, propõe-se entrevistar os dois colaboradores responsáveis pela execução desse processo, bem como o seu líder de produção.

A análise do estado atual da área em estudo equivale à quarta etapa do trabalho e consiste em investigar o processo de “isolação da transposição das ligações”, ao tabular os

dados de cada operador e classificar entre atividades que agregam ou não valor, conforme o primeiro e o segundo princípio Lean definido por Womack e Jonas (2004). Além disso, ao considerar os dados do planejamento da fábrica (tempo de execução padrão definido, a demanda para esse processo e o tempo disponível para operação), foi possível calcular o tempo *takt* do processo e comparar com o tempo de execução padrão e dos dois operadores e, dessa forma, analisar o atendimento ou não da demanda esperado do processo.

Com isso, foi possível definir as possíveis causas-raiz com o uso da ferramenta dos Cinco Porquês e, assim, levantar as barreiras que impeçam que o processo atinja o desempenho esperado, bem como possíveis ferramentas ou metodologias que forneçam alternativas para solução do problema. Por fim, as alternativas foram avaliadas por uma matriz de custo versus benefício, definindo-se a implementação do programa TWI como método de transferência de conhecimento de opção mais vantajosa e adequada.

A quinta etapa é a de formulação do plano de ação, que corresponde a planejar a implementação do programa TWI como alternativa de solução, definida na etapa anterior, com o uso da ferramenta 5W1H. O plano consiste em cinco ações, e a primeira é a de preparar o treinamento sobre a metodologia TWI, bem como confeccionar os documentos necessários. A segunda ação corresponde a ensinar ao operador 1 a metodologia TWI, visto que ele é o que possui mais experiência e conhecimento tácito sobre o processo em estudo e demonstrou ser orientado pelos cinco valores, propostos por Liker e Convis (2013), do líder Lean: desafio, mentalidade *kaizen*, *genchi genbutsu*, trabalho em equipe e respeito pela humanidade. Dessa forma, o operador 1 apresenta um elevado grau no seu comprometimento com o autodesenvolvimento, primeiro passo do modelo “Diamante” de desenvolvimento de liderança Lean. Além disso, já está no segundo passo, que consiste em treinar e desenvolver os outros, visto que já ensina seus aprendizados aos seus colegas. Portanto, ele se propôs a evoluir para o terceiro passo, de apoiar o *kaizen* diário, ao aceitar o desafio de se formar como um treinador TWI (LIKER; CONVIS, 2013). A terceira ação foi a de confeccionar o documento suporte para o treinamento do processo de “isolamento da transposição das ligações” com o método JI do TWI. Já a quarta ação correspondeu ao ato de o operador 1 treinar o operador 2, que possuía menor experiência no processo e um maior tempo de execução das atividades. Por fim, a quinta ação consiste em analisar o resultado obtido com a implementação desse plano de ação. Destaca-se que essa etapa engloba atividades de alinhamento com todas as pessoas e os departamentos envolvidos para garantir o bom andamento do plano.

Por seguinte, na sexta etapa de implementação do plano de ação, será aplicada a proposta desenhada na etapa anterior. Junto a isso, faz-se necessário o acompanhamento das ações para verificar se elas estão contribuindo para o resultado conforme o esperado. Dessa forma, é possível interferir e reconfigurar o plano para garantir o resultado proposto. A formulação e implementação do plano foi feita por uma equipe de treinadores TWI másteres, já formados na metodologia TWI e responsáveis por formar outros treinadores TWI. A equipe executou suas ações seguindo os três elementos de um líder Lean, descritos por Rother (2010): conduzindo por perguntas; atuando com responsabilidade compartilhada; e priorizando o aprendizado na prática.

Na sequência, a sétima etapa é a análise dos resultados obtidos, que consiste em coletar novamente os tempos de cada atividade do processo executada pelo operador 2, da mesma maneira feita na terceira etapa, para então refazer as análises de dados anteriores e, portanto, apresentar os resultados obtidos pelo estudo, que serão discutidos no capítulo seguinte.

Por fim, na última etapa, tem-se a conclusão, que compara o resultado previsto com o obtido e verifica se todos os objetivos definidos foram atingidos, além de recomendar próximos passos para dar início a um novo ciclo do estudo. Essa análise será discorrida no último capítulo desse trabalho, que possui o mesmo título dessa etapa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar e analisar os resultados obtidos em cada etapa do método pesquisa-ação definida no capítulo anterior.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA EMPRESA DENTRO DA ESTRATÉGIA ETO

De acordo com as classificações de empresas ETO exploradas no capítulo de revisão da literatura, a empresa estudada se enquadra no arquétipo de empresa ETO complexa, pois possui menos de 750 unidades vendidas no ano e mais de 2.000 horas de engenharia por unidade vendida. Dessa forma, conforme Willner *et al.* (2016), a estratégia que melhor se adéqua a esse cenário é a de baixa automatização e padronização dos processos de fabricação.

Ao considerar as características de cada tipo de companhia ETO, a empresa estudada pode ser classificada como tipo 2 – projeto e montagem, pois a maioria dos componentes são manufaturados externamente em empresas parceiras, com poucas exceções de componentes que são produzidos internamente, com características do tipo 1 – verticalmente integrada (HICKS; MCGOVERN; EARL, 2001).

4.2 DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO

A empresa em estudo apresenta uma tendência crescente em seu número de pedidos. Com isso, seu processo de acabamento de bobinas tornou-se um gargalo na produção, uma vez que, sem o uso de mão de obra adicional e hora extra, não é possível atender a demanda esperada pelo setor. Esse processo produtivo é totalmente manual, portanto, seu rendimento é diretamente proporcional à produtividade dos seus dois operadores fixos, que juntos não atendem à demanda esperada do processo.

Para realizar uma análise da situação, colocou-se em prática o princípio 12 da filosofia Lean – ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*) – definido por Liker (2005). Após discussões com os supervisores e colaboradores da área, constatou-se, empiricamente, um desbalanceamento entre os operadores, de forma que o mais experiente tinha uma velocidade de produção maior.

Além disso, observou-se também uma dificuldade em mensurar esse desbalanceamento, dado que os processos possuem um baixo nível de padronização (estratégia

de empresa ETO complexa), de forma que cada profissional executa sua atividade individualmente em bobinas diferentes, ou seja, em projetos diferentes que possuem determinadas especificações técnicas. Em razão disso, cada projeto resulta em tempo de execução único, o que torna o acompanhamento da produtividade do processo não trivial.

Portanto, com o intuito de definir um parâmetro para análise, observou-se que, na execução desse processo, o processo de “isolação da transposição das ligações” repete-se inúmeras vezes, independentemente do projeto. Então, é possível mensurar, para um mesmo tipo de bobina específica, o tempo utilizado por operador para realizar esse processo e utilizar essa medida como critério de avaliação do ganho em produtividade após a aplicação do TWI.

4.3 COLETA DE DADOS DO ESTADO ATUAL

A coleta de dados foi feita a partir da análise da gravação de cada operador executando o processo de “isolação da transposição das ligações”. Dessa forma, considerou-se o menor valor de tempo repetido para cada atividade executada por operador, e, quando não houve valor repetido, foram consideradas as médias dos valores coletados. Com isso, foram obtidos os resultados representados na Tabela 2 e na Tabela 3, equivalente aos operadores 1 e 2, respectivamente. A descrição de cada atividade executada no subprocesso foi substituída, sem prejudicar a análise, por uma sequência alfabética para proteger a inteligência dos processos da empresa em estudo. A unidade de tempo utilizada na coleta de dados foi o segundo, com o objetivo de analisar as atividades com mais detalhe.

Tabela 2 – Tempo de execução das atividades pelo operador 1

Sequência	Atividade	Duração [segundos]
1	A	1
2	B	3
3	C	9
4	D	7
5	E	8
6	F	4
7	D	5
8	G	5
9	H	18
10	I	49
11	G	3
12	J	11
13	K	29
14	L	4

15	D	8
16	F	13
17	G	9
18	H	13
19	M	57
20	G	3
21	N	10
22	G	5
23	H	18
24	O	87
25	G	5
26	P	6
27	K	17
28	Q	6
29	R	4
30	S	4
Total		421

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tabela 3 – Tempo de execução das atividades pelo operador 2

Sequência	Atividade	Duração [segundos]
1	A	1
2	B	3
3	C	12
4	F	14
5	D	28
6	E	29
7	G	14
8	H	14
9	I	228
10	J	19
11	K	25
12	L	34
13	F	6
14	G	3
15	H	29
16	M	259
17	N	94
18	F	14
19	G	23
20	H	28
21	O	312
22	P	188
23	G	2
24	P	17
25	L	15
Total		1411

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Outro dado coletado foi o tempo padrão definido pelo departamento de planejamento da empresa para execução desse processo. O *software* utilizado na programação determinou uma duração de 407 segundos, com base nas mesmas condições técnicas estabelecidas no processo em que foram coletados os tempos dos operadores.

O processo em análise possui uma demanda média de 100 isolações de transposição das ligações por turno. O turno funciona de segunda-feira a sexta-feira com 8 horas e 48 minutos de duração e finais de semana destinados a hora extra caso necessário. Durante o turno, considera-se 40 minutos de intervalo livre, 30 minutos de reuniões de início/fim do turno e 20 minutos de ginástica laboral. Dessa forma, o tempo disponível para produção é de 7 horas e 18 minutos por operador. Como esse processo é realizado por dois operadores, resulta em 14 horas e 36 minutos de capacidade.

Por fim, o último dado coletado foi o documento oficial da engenharia industrial, que estabelece o processo de fabricação, cuja finalidade é definir o procedimento para isolação da transposição das ligações. Nele, são determinados todos os critérios necessários que precisam ser seguidos para assegurar a qualidade do produto e garantir a segurança de todos os envolvidos. Esse arquivo não será divulgado no presente trabalho para proteger a inteligência dos processos da empresa em estudo.

4.4 ANÁLISE DE ESTADO ATUAL DA ÁREA

Com o objetivo de analisar o processo de isolação da transposição das ligações, classificou-se as atividades entre as que agregam ou não valor para o cliente, conforme primeiro e segundo princípio Lean proposto por Womack e Jonas (2004). Conseqüentemente, considerando valor como um transformador entregue no prazo correto, conforme todas as especificações técnicas definidas e com qualidade garantida, obteve-se o resultado apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação de agregação de valor das atividades do processo

Agregação de valor	Atividades
Agrega	E, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P e Q
Não agrega, mas é necessário	B, F e S
Não agrega	A, C, D e R

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

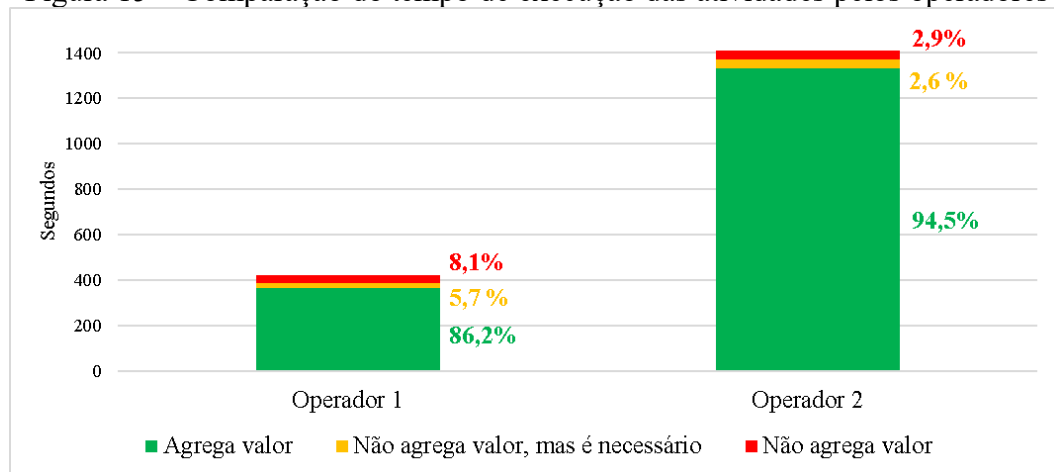
Com isso, foi possível calcular quanto tempo cada operador despense com cada categoria de atividade, conforme expõe a Tabela 4, bem como um comparativo entre operadores ilustrado na Figura 15. Logo, os operadores 1 e 2 obtiveram uma taxa de agregação de valor de 86,2 % e 94,5 %, respectivamente.

Tabela 4 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor

Atividades	Duração [s] (%do total individual)	
	Operador 1	Operador 2
Agrega valor	363 (86,2 %)	1333 (94,5 %)
Não agrega valor, mas é necessário	24 (5,7 %)	37 (2,6 %)
Não agrega valor	34 (8,1 %)	41 (2,9 %)

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 15 – Comparação do tempo de execução das atividades pelos operadores



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

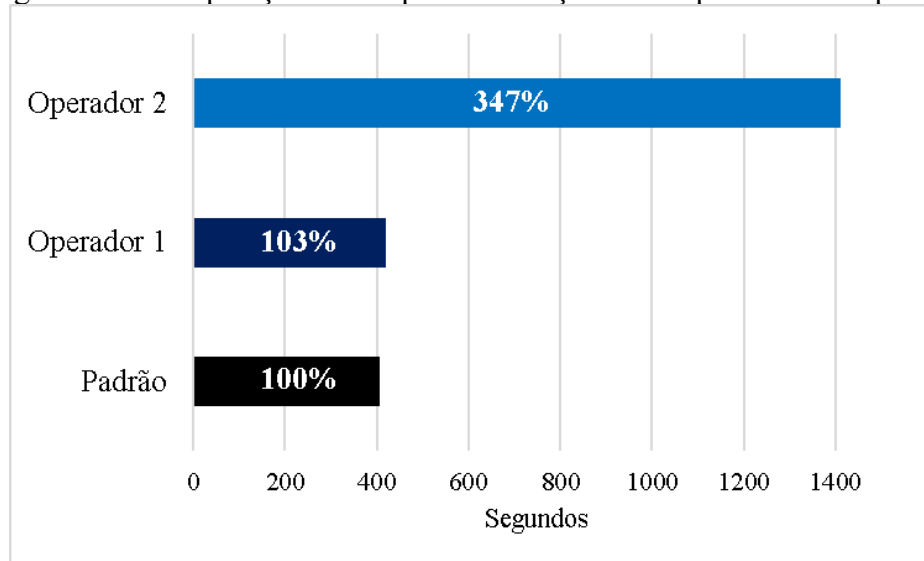
Além disso, ao comparar o tempo total de execução do processo pelos operadores e o tempo padrão definido pelo planejamento da fábrica, conforme a Tabela 5, observa-se que o operador 2 possui uma produtividade muito mais baixa do que o operador 1 e o esperado do processo. O resultado dessa comparação, que é representado graficamente na Figura 16, mostra que o operador 2 leva mais de três vezes o tempo estipulado para ser executado o processo de isolamento da transposição das ligações.

Tabela 5 – Comparativo do tempo de execução de atividades

	Padrão	Operador 1	Operador 2
Duração [s]	407	421	1411
Comparativo [% em relação ao padrão]	100%	103%	347%

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 16 – Comparação do tempo de execução entre operadores e o padrão



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Ao analisar a execução do processo feita pelos operadores, evidenciou-se que os dois realizam as mesmas atividades, porém em ordem e de modo diferente. O trabalho deles resulta no mesmo produto, entretanto um operador precisa de mais tempo do que o outro, devido à forma como eles desempenham suas atividades. Isso porque não existe um passo a passo padrão de como executar o processo, apenas o procedimento padrão estabelecido pela engenharia industrial, que define o que precisa ser feito e não como precisa ser feito. Esse documento contém informações técnicas, que determinam quais materiais e ferramentas devem ser usados na execução do processo, conforme as especificações técnicas de cada projeto, bem como requisitos que precisam ser seguidos para assegurar a qualidade do produto e segurança do operador. Em diálogo com os operadores, eles relataram que o documento é uma boa fonte de informação para consultar quando se tem dúvidas técnicas, porém a orientação de como realizar a atividade não está documentada nele. Para isso, eles dependem do conhecimento tácito dos operadores mais experientes ou de seus líderes, aos quais eles recorrem em caso de dúvida de como prosseguir.

Para executarem as atividades atribuídas a eles, os operadores são capacitados por meio de um treinamento composto por duas partes, uma teórica e outra prática. A parte teórica consiste na apresentação minuciosa do documento mencionado feita por um especialista técnico em uma sala de treinamento ou reuniões. Já a parte prática é aplicada pelo líder da área ou por um operador experiente do processo, que apresenta ao treinando como ele executa esse processo, bem como informações que ele avalia necessárias conforme sua experiência. O

próprio ministrante do treinamento possui qualificações para avaliar se o operador está apto ou não a executar o processo em pauta, sempre considerando a segurança de todos como prioridade. Em entrevista com o operador 1, que é o mais experiente desse processo, ele relatou que se pode levar semanas para que um operador novo aprenda a desempenhar o processo sozinho. Além disso, destacou que levou anos para acumular experiência e executar suas atividades com agilidade.

Outro fato observado foi que, conforme dados apresentados anteriormente na Tabela 4 e na Tabela 5, o operador 1 realiza as atividades D e G com mais frequência que o seu colega e mesmo assim executa o processo mais rapidamente. Ao ser questionado, ele relatou que, conforme o tempo, observou que distribuir essas atividades com mais frequência no decorrer do processo possibilitava que ele finalizasse as atividades mais críticas com mais facilidade. Além disso, verificou-se que o operador 2 não executava, igual ao seu colega, as últimas três atividades (Q, R e S), que correspondem a procedimentos destinados a facilitar o acompanhamento da fabricação do produto.

Além disso, foi calculada uma taxa percentual para avaliar o atendimento da demanda, que representa a razão entre a capacidade de produção e a demanda esperada do processo. A capacidade é calculada a partir da multiplicação da disponibilidade real do processo com a sua produtividade. Esta representa quantas unidades o processo produz por hora. A disponibilidade real é igual ao produto da disponibilidade dos operadores com o índice de aproveitamento do tempo. A empresa analisada utiliza, conforme alinhado com seu departamento de Environmental-Health-Safety (EHS), um índice de 85%, ou seja, ela considera que o operador não é produtivo em 15% do seu tempo. A demanda do processo de 100 isolações da transposição das ligações foi dividida igualmente entre os seus dois operadores. A Tabela 6 expõe o resultado dessa análise, considerando os dados coletados na seção anterior para cada operador e o tempo padrão definido pelo planejamento da fábrica.

Tabela 6 – Resultado da capacidade de produção versus a demanda do processo

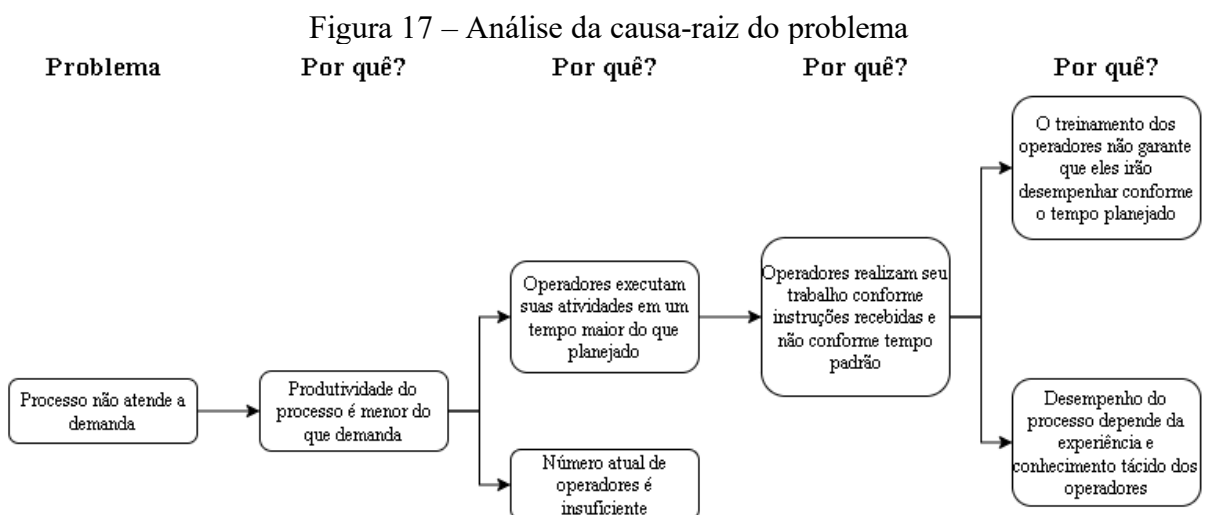
	Disponibilidade real [horas]	Produtividade [isolações/hora]	Demanda [isolações]	Capacidade [isolações]	Taxa [%]
Operador 1	6,2	8,6	50	53,1	106,1
Operador 2	6,2	2,6	50	15,8	31,7
Operador 1 e Operador 2	12,4	5,6	100	68,9	68,9
Padrão	12,4	8,8	100	109,8	109,8

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Com isso, verifica-se que o operador 1 atende a demanda esperada dele, ao contrário do operador 2, resultando que o processo deste não supre a necessidade da fábrica, com uma taxa de 68,9%. Dessa forma, constata-se que, para atender a demanda média considerada, os operadores precisam ter uma produtividade mínima de 8,1 isolações por hora, equivalente a um tempo de execução de 447 segundos (12,4 horas ou 44.676 segundos para confeccionar 100 isolações), que corresponde ao tempo *takt* do processo. Logo, se os dois operadores produzissem conforme o tempo padrão ou o tempo do operador 1 (que é menor que o tempo *takt* do processo), a demanda seria atendida.

Ademais, constatou-se que o tempo padrão do processo foi estabelecido, pelo planejamento de fábrica há seis anos, como resultado de um estudo de tempos e métodos feito em todo o setor de bobinagem. Isso demonstra que, com a baixa diferença de 3% entre o tempo padrão e o operador 1, o processo se manteve estabilizado. Então, mesmo com histórico de necessidade do uso de hora extra para atender a demanda, o processo não teve nenhuma melhora na produtividade.

Portanto, considerando como problema primário que o processo em estudo não atende a demanda do cliente, realizou-se o estudo da causa-raiz com o uso da ferramenta dos Cinco Porquês, apresentado na Figura 17. Com essa informação, foram levantadas possíveis opções para se atacar esse problema.

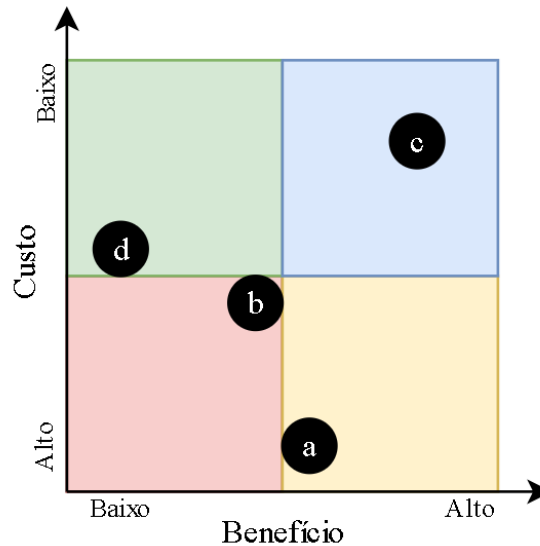


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Com o objetivo de definir qual solução seguir, utilizou-se a matriz de custo versus benefício, apresentada na Figura 18. A opção “a” seria a de instalar um robô para executar essas atividades. A alternativa “b” seria de contratar outro operador para desempenhar essa função

junto com os demais. A possibilidade “c” seria treinar os operadores com a metodologia TWI encontrada na literatura. Por fim, o caminho “d” seria utilizar horas extras.

Figura 18 – Avaliação das opções de solução ao problema



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Visto que a alternativa “c” se apresentou como a opção mais vantajosa, optou-se por implementar o método JI do Programa TWI no processo de “isolação da transposição das ligações” no setor de bobinagem da fábrica, cujos resultados obtidos serão apresentados nas seções seguintes.

4.5 IMPLEMENTAÇÃO

Com objetivo de preparar o treinamento utilizando o método JI, confeccionou-se um documento de instrução operacional, apresentado na Figura 19. Esse procedimento segue todas as regras do método e serve como um instrumento para quem vai dar o treinamento com o método TWI. A Figura 19 apresenta esse documento, no qual foram ocultadas algumas partes para preservar a inteligência da empresa, porém sem prejudicar o conteúdo deste estudo.

Figura 19 – Instrução operacional do processo em estudo

Logo da empresa		Instrução Operacional			TUQ 5.D.000 ed.16.11 Rev 0 Página 1/4	
Processo:		Isolação de transposição				
Aprovação:			Área:		Líder da área:	
TUF/ Procedimento:					Elaborador:	
Nº	Etapas Importantes (O quê)	Pontos Chave (Como)		Tipo	Razões (Porquê)	
1	Seguir procedimentos de segurança	Conforme pictograma definido do setor		Segurança	Porque nele estão descritos todos os EPI's necessários	
		Conforme ART da atividade		Segurança	Para obter a percepção dos riscos das atividades	
2	Separar fios para isolar primeiro	Posicionando cunha entre fios		Dica	Determinado dessa maneira, quais fios serão separados	
		Batendo com martelo na cunha		Dica	Para separar fios	
		De uma extremidade para outra		Qualidade	Para abrir todo o fio por igual	
3	Etapa 3	Ponto Chave 3.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 3.1	
		Ponto Chave 3.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 3.2	
4	Etapa 4	Ponto Chave 4.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 4.1	
		Ponto Chave 4.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 4.2	
5	Etapa 5	Ponto Chave 5.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 5.1	
		Ponto Chave 5.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 5.2	
6	Etapa 6	Ponto Chave 6.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 6.1	
		Ponto Chave 6.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 6.2	
7	Etapa 7	Ponto Chave 7.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 7.1	
		Ponto Chave 7.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 7.2	
8	Etapa 8	Ponto Chave 8.1		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 8.1	
		Ponto chave 8.2		Segurança Dica Qualidade Controle	Razão 8.2	
Setor		Elaborador		Aprovador		Classificação TUQ 0.001 Restrita
						Atualizado em:

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A estrutura da Instrução Operacional foi confeccionada com base no método JI, com isso para que o documento cumpra com o seu propósito, durante o seu preenchimento, o autor deve seguir as seguintes regras, classificadas conforme cada item do documento:

- Geral:

- 1) As instruções são feitas para descrever as atividades realizadas por pessoas e não máquinas.
 - 2) As instruções devem ser preparadas no posto de trabalho onde o processo é realizado.
 - 3) A operação deve ser realizada diversas vezes para se preparar uma instrução.
 - 4) Todas as informações precisam estar de acordo com o procedimento estabelecido pela engenharia industrial.
- Etapas importantes:
 - 1) Certifique-se de que determinado passo seja importante, ou seja, se o trabalho tenha avançado com a sua execução.
 - 2) Use no máximo 5 palavras para descrevê-las.
 - 3) Seja direto e objetivo.
 - 4) Comece sempre com um verbo chave no infinitivo.
 - 5) Medidas de controle de qualidade devem ser consideradas como etapa importante.
 - Pontos-chave:
 - 1) Use no máximo cinco palavras para descrevê-las.
 - 2) Não use palavras vagas ou com duplo sentido, por exemplo “corretamente” ou “direito”.
 - 3) Não inicie com verbos no infinitivo, somente no gerúndio.
 - 4) Inclua todos os pontos chaves necessários para execução da etapa importante.
 - 5) Seja objetivo, quanto menos pontos chaves melhor.
 - Razões:
 - 1) Não há limite de palavras para descrever uma razão.
 - 2) Seja convincente, quanto melhor for o motivo, melhor seja o êxito da execução.
 - 3) Todo ponto-chave deve ter uma razão. Se o ponto-chave não possui uma razão, ele não existe.
 - 4) Não use palavras vagas ou com duplo sentido, por exemplo “limpo” ou “correto”.
 - 5) Toda razão deve responder a seguinte pergunta: “O que acontecerá se eu não realizar esse ponto-chave?”.

Dessa forma, como o operador 1 é o mais experiente e teve o melhor tempo de execução do processo, ele recebeu o treinamento da metodologia TWI e das ferramentas. Com

isso, como preparação para ministrar o treinamento ao operador 2 seguindo o método JI do TWI, ele elaborou o conteúdo do documento de instrução operacional com o auxílio do TWI máster. Feita a elaboração, o operador solicitou revisão do documento para engenharia industrial, a qualidade e a engenharia de produto. Esse fluxo de aprovação garante que o procedimento documentado esteja de acordo com todos os requisitos técnicos e de qualidade estabelecidos.

A instrução operacional não substitui o procedimento técnico do processo estabelecido pela engenharia industrial. Os dois documentos são complementares, destacando-se a importância do alinhamento entre eles. Com isso, quando se faz necessário apontar alguma informação técnica na instrução operacional, o autor deve citar como referência o procedimento da engenharia industrial, para que não haja informações controversas entre os materiais.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após o operador 1 treinar o operador 2 utilizando o método JI do programa TWI, foi feita a análise da gravação do operador executando novamente o processo. Para possibilitar o comparativo da execução antes e depois do treinamento TWI, a bobina a ser trabalhada possuía as mesmas especificações técnicas que a anterior, com isso o processo executado novamente de “isolação da transposição das ligações” era o mesmo. Com isso, atingiu-se os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Tempo de execução das atividades pelo operador 2 após treinamento TWI

Sequência	Atividade	Duração [segundos]
1	A	1
2	B	3
3	C	10
4	D	16
5	E	12
6	F	7
7	D	8
8	G	7
9	H	29
10	I	60
11	G	4
12	J	14
13	K	44
14	L	5
15	D	12
16	F	20

17	G	13
18	H	21
19	M	81
20	G	5
21	N	15
22	G	7
23	H	27
24	O	102
25	G	7
26	P	22
27	K	25
28	Q	8
29	R	6
30	S	5
Total		596

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Dessa forma, observa-se que, após o treinamento, o operador 2 executa as mesmas atividades e na mesma ordem que o operador 1, dado que o operador 1 construiu a instrução operacional que ele utilizou para ministrar o treinamento conforme ele mesmo executa o processo.

O operador 2 relatou que, com essa nova forma de explicação do processo, ficou muito mais claro o que ele precisa fazer e a importância de cada atividade. Ainda acrescentou que saber o motivo de se executar cada atividade ajuda a lembrar o modo como o processo precisa ser feito. Ele adicionou que o fato de ele precisar repetir o processo quatro vezes enquanto repete em voz alta todas as etapas, além dos pontos-chave e das razões de se executar tudo isso, enquanto o treinador o corrige, acelera a absorção do conhecimento sobre o processo. Ele falou: “Agora ficou muito mais claro e fácil lembrar o que eu preciso fazer para que tudo saia perfeito”.

O operador 1 acrescentou que, para ele, pela forma como o treinamento foi estruturado, ficou muito mais fácil organizar todas as informações importantes que precisam ser repassadas durante o treinamento. Ele também mencionou que, dessa forma, o treinamento pareceu mais curto que o habitual, porque não foi preciso repetir a explicação muitas vezes, como normalmente ocorria, já que a informação estava mais simples e direta. Ele destacou: “Até para mim ficou mais claro agora. Organizar minhas ideias assim ficou mais fácil de explicar”.

Com os já resultados apresentados, foi possível comparar o tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor do operador 2 antes e depois de receber o novo treinamento com a metodologia TWI. A Tabela 8 apresenta esse comparativo, bem como

uma taxa de redução que foi calculada a partir da diferença entre o tempo de execução antes e depois do treinamento sobre o tempo de execução antes do treinamento.

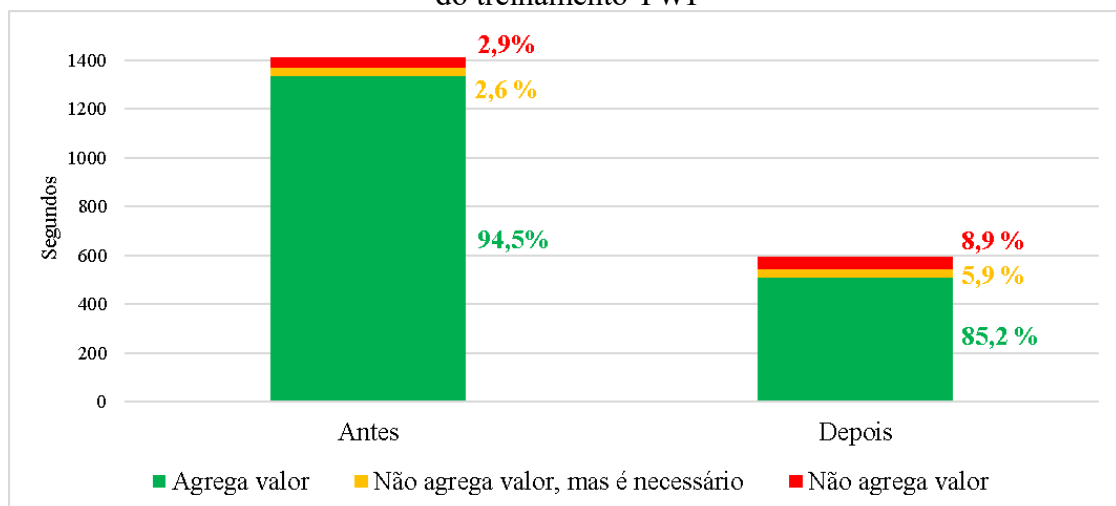
Tabela 8 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor do operador 2 antes e depois do treinamento TWI

Atividades	Duração [segundos]		Taxa de redução [%]
	Antes	Depois	
Agrega valor	1333	508	61,9
Não agrega valor, mas é necessário	37	35	5,4
Não agrega valor	41	53	-29,3
Total	1411	596	57,8

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Logo, observa-se que, com o treinamento TWI, o operador 2 reduziu em 57,8 % o seu tempo total de execução do processo em estudo. A Figura 20 apresenta visualmente essa diferença, bem como as proporções entre as classificações das atividades. Portanto, mesmo apresentando um aumento no tempo despendido com atividades que não agregam valor, o ganho no aprimoramento das atividades foi maior, o que compensou o tempo total.

Figura 20 – Comparação do tempo de execução das atividades do operador 2 antes e depois do treinamento TWI



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

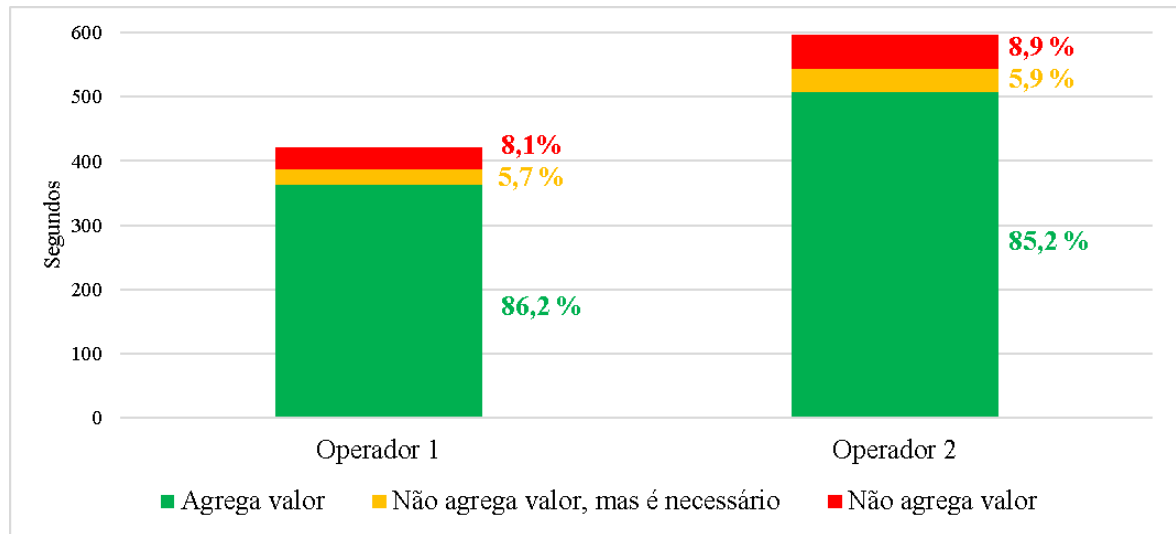
Além disso, mesmo com a redução de mais da metade do seu tempo de execução, o operador 2 ainda possui um tempo de execução maior que o operador 1, conforme mostra a Tabela 9, ao separar as atividades pela classificação de agregação de valor. A Figura 21 apresenta de forma gráfica essa diferença entre os tempos de execução dos operadores, bem como suas respectivas taxas de agregação de valor de 86,2% e 85,2%.

Tabela 9 – Tempo de execução de atividades por classificação de agregação de valor depois do treinamento TWI

Atividades	Duração [segundos]	
	Operador 1	Operador 2
Agrega valor	363	508
Não agrega valor, mas é necessário	24	35
Não agrega valor	34	53
Total	421	596

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

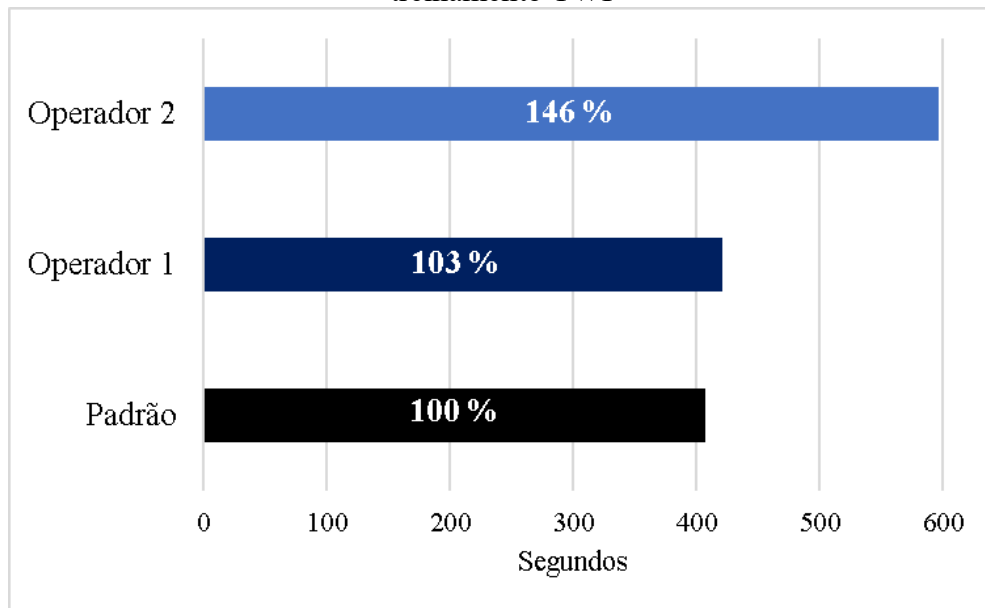
Figura 21 – Comparação do tempo de execução das atividades pelos operadores depois do treinamento TWI



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Em contrapartida, ainda que o operador 2 possua um tempo de execução maior que o operador 1, comparando a Figura 16 com a Figura 22, evidencia-se uma melhora do novo tempo após o treinamento TWI em relação ao tempo padrão, definido pelo planejamento da fábrica para o processo.

Figura 22 – Comparação do tempo de execução entre operadores e o padrão depois do treinamento TWI



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Por fim, de forma semelhante à análise feita na Tabela 6, a Tabela 10 apresenta o cálculo da taxa percentual que avalia o atendimento da demanda, com o novo índice de produtividade do operador 2 após o treinamento TWI. Com isso, verifica-se que o processo ainda não atende a demanda esperada, mesmo com um aumento de 236,7 % de produtividade, que antes era de 2,6 isolações por hora e, após o treinamento, passou a 6,0 isolações por hora. Dessa forma, antes o processo precisava de 5,6 horas extras por dia para atender a demanda, e agora precisa de 1,3 horas extras por dia, o que significa uma redução de 76,9% de necessidade de horas extras para atender a demanda esperada do processo de “isolação da transposição das ligações”. Portanto, visto que o operador 2 possui um tempo de execução de 596 segundos após o treinamento TWI, ele não atende a demanda, pois opera acima do tempo *takt* do processo de 447 segundos.

Tabela 10 – Resultado da capacidade de produção *versus* a demanda do processo após o treinamento TWI

	Disponibilidade real [horas]	Produtividade [isolações/hora]	Demanda [isolações]	Capacidade [isolações]	Taxa [%]
Operador 1	6,2	8,6	50	53,1	106,1
Operador 2	6,2	6,0	50	37,5	75,0
Operador 1 e Operador 2	12,4	7,3	100	90,5	90,5
Padrão	12,4	8,8	100	109,8	109,8

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho de conclusão de curso cumpriu com o seu objetivo geral de avaliar o ganho em produtividade na implementação do programa TWI como método de transferência de conhecimento em uma indústria de manufatura ETO. Ao verificar uma notável diferença entre o tempo de execução do mesmo processo entre dois operadores, o estudo propôs que o colaborador mais experiente no processo documentasse seu conhecimento tácito para, com isso, ensinar o seu colega seguindo o método JI. Como resultado desse treinamento, o operador menos experiente aprendeu um jeito melhor de executar o seu trabalho, o que resultou em uma redução de 57,8 % do seu tempo de execução e conseqüentemente em um ganho de 236,7% em sua produtividade.

O operador que recebeu o treinamento relatou que aprender com o seu colega o jeito que ele executa suas atividades, da forma como o programa TWI sugere, o ajudou a entender e executar melhor o seu trabalho. Já o operador que deu o treinamento descreveu que muitas vezes é difícil repassar ao outro tudo aquilo que ele precisa saber para executar o processo da melhor forma, porém que o método JI o ajudou a estruturar e organizar melhor o conteúdo necessário a ser passado. Dessa forma, avalia-se que o método JI facilitou a transferência de conhecimento entre colaboradores.

Além disso, ao revisar os três objetivos específicos definidos para esse trabalho, pode-se concluir que todos foram alcançados durante a execução desse estudo: o primeiro, de analisar as causas do desbalanceamento entre operadores e das dificuldades enfrentadas na área de acabamento de bobina; o segundo, de estruturar implementação piloto do método JI do programa TWI no processo de isolação de transposição em bobinas; o terceiro e último, de apresentar recomendações quanto ao ganho em produtividade e à transferência de conhecimento operacional entre colaboradores em um ambiente ETO.

Dessa forma, verificou-se que, como os processos possuem um baixo nível de padronização para se adaptar a diferentes especificações técnicas de cada cliente, a execução das atividades dependia muito da experiência e do conhecimento tácito adquirido pelos operadores, que muitas vezes não eram adquiridos por meio de treinamentos, e sim no dia a dia da operação. Ademais, foi estruturado um documento personalizado para o processo, que auxiliou na execução do treinamento com o método JI. Fora isso, relatou-se como a implementação do programa TWI foi feita, a qual gerou ganhos, com aumento de produtividade

por meio do repasse de conhecimento entre operadores mais experientes e operadores iniciantes.

Como recomendação acadêmica a estudos futuros, propõe-se avaliar a redução de retrabalho com a implementação do programa TWI em ambientes de manufatura ETO. Também, sugere-se para trabalhos futuros um estudo para analisar uma possível mudança cultural na organização com a implementação de todos os métodos do programa TWI, o JI, o JM, o JR, o JS e o PS, para então avaliar uma melhora global nos indicadores da operação e da organização.

Por fim, para a empresa em estudo, recomenda-se a expansão do programa TWI para mais processos e em outras áreas da organização, bem como avaliar outros possíveis ganhos com a metodologia na redução de retrabalho e tempo de treinamento. Além disso, para outras indústrias de manufatura ETO que buscam aumentar a produtividade de sua operação, sugere-se a implementação do programa, principalmente em processos que dependem muito da mão de obra direta, sua experiência e seu conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ABC SAFETY. **Imagem**: Ciclo PDCA. [2022]. Disponível em: <https://abcsafetybr.com.br/gro-pgr/imagem-ciclo-pdca/>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- ALLEN, C. **The Instrutor, The Man, and The Job**. Philadelphia and London: J. B. Lippincott Company, 1919.
- ALVES, A. C. *et al.* Benefits of lean management: results from some industrial cases in Portugal. *In*: CONGRESSO LUSO-MOÇAMBICANO DE ENGENHARIA (CLME), 6.; CONGRESSO DE ENGENHARIA DE MOÇAMBIQUE (CEM), 3., 2011, Porto. **Proceedings** [...]. Porto: Universidade do Porto, 2011.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**: projeto e medida de trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BIANCHI, N.; GIORCELLI, M. Not all management training is created equal: Evidence from the Training Within Industry program. 2019.
- BRAGLIA, M. *et al.* Lean manufacturing tool in engineer-to-order environment: Project cost deployment. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 6, p. 1825-1839, 2019.
- CAMARGO, R. F. Conheça os principais métodos de priorização de projetos e processos. **Treasy**, 17 abr. 2018. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/metodos-de-priorizacao/>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- CHAPMAN, S. N. *et al.* **Introduction to Materials Management**. 8. ed. [S. l.]: [s. n.], 2017.
- DINERO, D. A. **Training within industry**: The foundation of lean. New York: Productivity Press, 2005.
- EVESQUE, B.; BALLÉ, M. A casa STP é uma luz orientadora para a empresa que deseja iniciar sua jornada lean. **Lean Institute Brasil**, 6 abr. 2016. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/453/a-casa-stp-e-uma-luz-orientadora-para-a-empresa-que-deseja-iniciar-sua-jornada-lean.aspx>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- FORZA, C.; SALVADOR, F. Managing for variety in the order acquisition and fulfilment process: The contribution of product configuration systems. **International Journal of Production Economics**, v. 76, p. 87-98, 2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- GRAUPP, P.; WRONA, R. J. **The TWI workbook**: essential skills for supervisors. CRC Press, 2017.
- HICKS, C.; MCGOVERN, T.; EARL, C. F. A Typology of UK Engineer-to-Order Companies. **International Journal of Logistics**, [s. l.], v. 4, n. 1, 2001.

HUNTZINGER, J. **As raízes do Lean**. 2005. Disponível em: https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_97.pdf. Acesso em: 24 dez. 2021.

HUNTZINGER, J. **The Roots of Lean: training within industry: the origin of japanese management and kaizen and other insights**. Indiana: Lean Frontiers, 2016.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy**. 2nd. ed. 2012.

KUMAIRA, L. 5W1H: aprenda a elaborar um Plano de Ação. **UFMG Consultoria Júnior (UCJ)**, 11 jul. 2018. Disponível em: <https://ucj.com.br/blog/5w1h-plano-de-acao/>. Acesso em: 23 fev. 2018.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Definição e aplicações**. 2018. Disponível em: <https://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>. Acesso em: 23 fev. 2022.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K.; CONVIS, G. L. **O modelo Toyota de liderança Lean: como conquistar e manter a excelência pelo desenvolvimento de lideranças**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. (ed.). **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

MIGUEL, P. A. C. *et al.* (coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012.

NASCIMENTO, F. P. **Classificação da pesquisa: natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos**. 2016. Disponível em: <http://franciscopaulo.com.br/arquivos/Classifica%C3%A7%C3%A3o%20da%20Pesquisa.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PINTO, V. R. C. **Engenharia de métodos**. Londrina: Educacional, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/190093131-Engenharia-de-metodos.html>. Acesso em: 23 fev. 2022.

POWELL, D. A New set of principles for pursuing the lean ideal in engineer-to-order manufacturers. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 571-576, 2014.

RAHIM, R. A. A.; BAKSH, S. N. M. The need for a new product development framework for engineer-to-order products. **European Journal of Innovation Management**, v. 6, n. 3, p. 182-196, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

ROTHER, M. **The Toyota Kata practice guide**. New York: McGraw Hill, 2018.

ROTHER, M. **Toyota kata**: gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais. Porto Alegre: Bookman, 2010. SAGEGG, O. J.; ALFNES, E. **ERP systems for manufacturing supply chains**: applications, configuration, and performance. Boca Raton: CRC Press, 2020.

SCHULZE, F.; DALLASEGA, P. Barriers to lean implementation in engineer-to-order manufacturing with subsequent assembly on-site: state of the art and future directions. **Production Planning & Control**, 2021.

SISTEMA Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS). *In*: LEAN Institute Brasil. [2022]. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx). Acesso em: 23 fev. 2022.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Understanding A3 Thinking**: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System. CRC Press, 2008.

STRANDHAGEN, J. W. *et al.* Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 128-133, 2018.

TWI INSTITUTE. Iberia – Spain & Portugal. [Página inicial]. 2021. Disponível em: <https://www.instituto-twi.com/pt-pt/>. Acesso em: 24 dez. 2021.

WIKNER, J.; RUDBERG, M. On the customer order decoupling point. Working Paper No. WP-284, Department of Production Economics, Linköping Institute of Technology, Sweden, 2001.

WILLNER, O. *et al.* Exploring the archetypes of engineer-to-order: an empirical analysis. **International Journal Of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 24-264, 2016.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; Campus, 2004.

WORTMANN, C. A classification scheme for master production schedule. *In*: WILSON, B.; BERG, C.; FRENCH, D. (ed.). **Efficiency of manufacturing systems**. New York: Plenum Press, 1983.