



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO MARCELO VIEIRA DA ROCHA

**UM PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NO
DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS DO TIPO BAJA SAE**

Recife

2020

JOÃO MARCELO VIEIRA DA ROCHA

**UM PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NO
DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS DO TIPO BAJA *SAE***

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Pernambuco apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marques da Costa Soares Júnior

Recife

2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

R672a Rocha, João Marcelo Vieira da.
Um plano de implementação da manufatura enxuta no desenvolvimento de veículos do tipo Baja SAE / João Marcelo Vieira da Rocha. - 2020.
59 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marques da Costa Soares Júnior.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Mecânica, 2020.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Engenharia mecânica. 2. *Lean Manufacturing*. 3. Manufatura enxuta. 4. Indústria automotiva. 5. Baja SAE. I. Soares Júnior, Antonio Marques da Costa (Orientador). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2020- 247

JOÃO MARCELO VIEIRA DA ROCHA

**UM PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NO
DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULOS DO TIPO BAJA *SAE***

Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Pernambuco apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 22/10/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Marques da Costa Soares Júnior (Orientador).
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Maxime Montoya (Examinador interno).
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte (Examinadora interna).
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, que transmitiram os valores que guiam até hoje o meu comportamento e as escolhas tomadas na minha vida.

À minha família, amigos e todos que me cercaram e foram importantes de alguma forma na construção do meu caráter e no meu desenvolvimento como pessoa e cidadão.

Aos professores que contribuíram para a minha formação, especialmente ao professor Armando Shinohara, que tornou possível a minha realização de um estágio no Estaleiro de Oshima, abrindo minha mente para um novo continente e uma nova cultura, e aos professores Maxime Montoya e Flávio José da Silva, orientadores da Equipe Manguê Baja que tanto me ensinaram e auxiliaram nas competições Baja *SAE*.

Ao meu professor orientador, Antonio Soares, que com paciência e sabedoria me guiou no desenvolvimento deste trabalho, mesmo durante o período de uma pandemia.

À Equipe Manguê Baja e todos os integrantes que trabalharam duro ao meu lado para construir os carros que mais dão orgulho à UFPE.

Aos meus colegas de trabalho e gestores nos estágios que eu realizei, especialmente a Julia Zyuganova, minha gestora na *Jacobs Douwe Egberts*, que me possibilitou trabalhar em diversos projetos desafiadores na indústria alimentícia.

Por fim, aos colegas de curso, que sempre foram solícitos e ajudaram uns aos outros, contribuindo para a aprovação coletiva.

RESUMO

Com o forte crescimento das competições universitárias Baja *SAE* nos últimos anos, as equipes necessitam desenvolver veículos cada vez mais rápidos, robustos e baratos para se manterem competitivas. Uma das abordagens mais bem sucedidas em problemas semelhantes é a filosofia *Lean Manufacturing (LM)*, ou Manufatura Enxuta, originária da indústria automotiva japonesa após a segunda guerra mundial. Nesse sentido, este trabalho consiste no desenvolvimento de um plano estruturado para a implementação do *LM* na equipe Mangue Baja, equipe de competição Baja *SAE* da Universidade Federal de Pernambuco, seguindo os cinco princípios-chaves de Womack e Jones. Para tanto, foi realizada uma avaliação geral do projeto, selecionado um processo modelo para aplicação do *LM* e elaborado um plano de ação consistente com a realidade da equipe para curto e médio prazo. Por fim, os passos foram documentados de maneira didática para a replicação do conhecimento adquirido em outras áreas e processos do projeto.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Manufatura enxuta. Indústria automotiva. Baja *SAE*

ABSTRACT

Due to the growth of Baja SAE student competitions in recent years, the teams need to develop faster, stronger and cheaper vehicles to remain competitive. One of the most successful approaches to similar problems is the Lean Manufacturing (LM) philosophy, originated in the Japanese automotive industry after World War II. In this sense, this work consists in the development of a structured plan for the implementation of LM in the team Manguê Baja, Baja SAE competition team of the Universidade Federal de Pernambuco, following the five key principles proposed by Womack and Jones. A general evaluation of the project was carried out, a model process was selected for the application of LM and an action plan consistent with the team's reality for the short and medium term was developed. Finally, the steps were documented for the application of the acquired knowledge in other processes and areas of the project.

Keywords: Lean manufacturing. Automotive industry. Baja SAE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Colocação da equipe Mangue Baja nas últimas 10 competições Baja <i>SAE</i> Brasil	12
Figura 2 – <i>Layout</i> de um processo de manufatura de chaves tradicional vs com fluxo contínuo	20
Figura 3 – Exemplo genérico de uma tabela de <i>policy deployment</i>	22
Figura 4 – Exemplo de um cartão <i>Kanban</i> utilizado na Toyota	24
Figura 5 – Matriz <i>QFD</i> de uma porta veicular	26
Figura 6 – Exemplo de matriz de família de produtos	29
Figura 7 – Níveis hierárquicos de um mapa de fluxo de valor	29
Figura 8 – Símbolos padrões do mapa de fluxo de Valor	30
Figura 9 – <i>VSM</i> genérico para um produto	31
Figura 10 – Exemplo de análise de tempos de ciclo	34
Figura 11 – Braço de suspensão genérico da equipe Mangue Baja	39
Figura 12 – Fluxograma do processo de chanfro dos tubos	43
Figura 13 – Fluxograma do processo alinhamento	43
Figura 14 – Comparação do balanceamento dos operadores	45
Figura 15 – Exemplo de Policy Deployment aplicado ao projeto Baja <i>SAE</i>	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo de montagem de um automóvel na produção artesanal e em massa em 1913-14	15
Tabela 2 – Resumo das funções e regras do <i>Kanban</i>	25
Tabela 3 – Resumo dos termos importantes para entender o mapa de fluxo de Valor	31
Tabela 4 – Comparação das etapas do ciclo de desenvolvimento da equipe Manguê Baja	37
Tabela 5 – Tempo de processos de fabricação utilizando o método <i>PERT</i>	38
Tabela 6 – Cálculo dos recursos humanos exigidos de cada processo	38
Tabela 7 – Divisão de pontos da competição Baja <i>SAE</i> Brasil	40
Tabela 8 – Redistribuição das operações	44
Tabela 9 – Comparação entre os estados atual e futuro	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	DESENVOLVIMENTO DOS MODOS DE PRODUÇÃO	14
2.1.1	A produção artesanal	14
2.1.2	A produção em massa de Ford	15
2.1.3	O Sistema Toyota de Produção e a Manufatura Enxuta	16
2.2	OS PRINCÍPIOS DA MENTALIDADE ENXUTA	18
2.2.1	Especificar o valor	18
2.2.2	Identificar o fluxo de valor	19
2.2.3	Fluir	19
2.2.4	Puxar	21
2.2.5	Perfeição	21
2.3	CONCEITOS E FERRAMENTAS CHAVES	22
2.3.1	Os sete tipos de <i>muda</i>	22
2.3.2	5S	23
2.3.3	<i>Just-in-Time</i>	24
2.3.4	<i>Kanban</i> ou Sistema de Supermercado	24
2.3.5	Matriz <i>QFD</i>	25
2.4	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	27
2.4.1	Seleção da família de produtos	28
2.4.2	Mapa de estado atual	29
2.4.3	Características de um fluxo de valor enxuto	32
2.4.4	Mapa de estado futuro	33
3	METODOLOGIA	36
3.1	ANÁLISE DO PROJETO BAJA <i>SAE</i> NA UFPE	36
3.2	DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE TRABALHO	36

3.3	ANÁLISE DO PROCESSO MODELO	37
4	APLICANDO A MENTALIDADE ENXUTA	40
4.1	ESPECIFICANDO O VALOR	40
4.2	IDENTIFICANDO O FLUXO DE VALOR	41
4.3	FAZENDO FLUIR E PUXAR	41
4.3.1	<i>Takt time</i>	42
4.3.2	Análise das principais oportunidades de melhoria	42
4.3.3	Balanceamento das operações	44
4.3.4	Mapa de fluxo de valor do estado futuro	44
4.3.5	Plano de ação	46
4.4	BUSCANDO A PERFEIÇÃO	47
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A – FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE MANUFATURA DO BRAÇO DE SUSPENSÃO	52
	APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE MANUFATURA DO BRAÇO DE SUSPENSÃO	53
	APÊNDICE C – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL	54
	APÊNDICE D – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO	55
	APÊNDICE E – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO COM MARCAÇÕES	56
	APÊNDICE F – PLANO DE FLUXO DE VALOR	57
	APÊNDICE G – FICHA DE REVISÃO DO FLUXO DE VALOR	58
	APÊNDICE H – PADRÃO DO <i>POLICY DEPLOYMENT</i> MODIFICADO	59

1 INTRODUÇÃO

Baja *SAE* é uma competição universitária criada em 1976 na universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, e atualmente organizada pela Sociedade de Engenheiros da Mobilidade (*SAE*). A competição tem como objetivo simular projetos de engenharia do mundo real e seus desafios. Nesse sentido, os estudantes de cada universidade participante devem formar uma equipe multifuncional e projetar, construir, testar e competir com um veículo monoposto *off-road* dentro de regras bem estabelecidas, além de obter apoio financeiro e gerenciar todas as etapas do projeto (SAE INTERNATIONAL, 2019). No Brasil, a competição foi lançada em 1994 pela *SAE* Brasil e atualmente é dividida em etapas regional e nacional, realizadas anualmente. Os três melhores colocados nas competições nacionais se classificam para participar da etapa mundial, que ocorre anualmente nos Estados Unidos (SAE BRASIL, 2020).

O projeto Baja *SAE* Brasil é amplamente reconhecido no cenário industrial nacional e traz benefícios à sociedade em duas vertentes. Por um lado, ele auxilia no desenvolvimento de mão-de-obra qualificada para a indústria local, visto que a experiência de simular um projeto real de engenharia, ainda durante o período universitário, possibilita a formação de engenheiros com as características buscadas pela indústria (SÁNCHEZ-ALEJO et al., 2010). Por outro lado, o projeto complementa a formação universitária com o seu caráter prático, de forma que os estudantes desenvolvem características como capacidade de trabalho em equipe, liderança, responsabilidade e comprometimento e capacidade de negociação (SÁNCHEZ-ALEJO et al., 2010).

Na UFPE, o projeto de extensão Baja *SAE* foi trazido em 1999 com a criação da equipe Mangue Baja, cuja primeira participação na competição ocorreu no ano seguinte. Desde então, a equipe obteve excelentes colocações nas competições em nível regional, nacional e mundial, como duas vezes campeã nacional e quarto lugar na competição mundial (MANGUE BAJA, 2019). Entretanto, as colocações da equipe nas competições apresentam um certo grau de irregularidade e ocorreu uma queda no desempenho da equipe nos últimos 3 anos, como pode ser verificado figura 1. Por meio de uma sessão de *brainstorming* com membros e ex-membros da equipe, foram levantadas questões que podem justificar a queda no desempenho da equipe nos últimos 3 anos, sendo elas:

1. Crescimento anual da competitividade nas competições Baja *SAE*;
2. Redução dos recursos humanos disponíveis;

3. Problemas de gerenciamento de projeto.

Figura 1 – Colocação da equipe Manguê Baja nas últimas 10 competições Baja SAE Brasil



Fonte: adaptado de SAE Brasil (2020).

Tendo em vista que a primeira questão depende de um fator externo que não pode ser controlado internamente, as demais podem ser enfrentadas por meio de uma estratégia que visa ao aumento da produtividade, a redução de desperdícios, a melhora da gestão e a tomada de decisões mais assertivas, a fim de obter maiores pontuações nas competições.

Para tanto, parte-se da hipótese de que tais melhorias podem ser atingidas por meio da filosofia de manufatura enxuta, ou *Lean Manufacturing*. Esse termo se tornou mundialmente famoso através do livro *The Machine That Changed the World* (em português, “A Máquina Que Mudou O Mundo”), onde os autores o descreveram como uma filosofia de gestão inspirada em práticas e resultados do Sistema Toyota de Produção (STP), e que consiste em um processo dinâmico de mudança impulsionado por um conjunto sistemático de princípios e melhores práticas voltadas para a melhoria contínua (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Womack e Jones (2003) reconhecem que muitos gerentes falham na implementação do *Lean Manufacturing* ao tentar aplicar ferramentas separadamente sem um conhecimento do todo e um planejamento adequado. Nesse sentido, é essencial a realização de um estudo aprofundando do assunto e de um plano de ação bem fundamentado e coerente com a organização para maximizar as chances de sucesso na conversão de uma organização em enxuta.

Para tanto, seguindo as classificações propostas por Silva e Menezes (2001), foi realizada uma pesquisa do tipo aplicada, uma vez que busca utilizar as técnicas da manufatura enxuta para resolver um problema, e qualitativa, pois não se limita a análises numéricas do problema. Do ponto de vista dos objetivos a pesquisa pode ser classificada como exploratória, ao passo que em relação aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso.

1.1 OBJETIVOS

Seguem os objetivos geral e específicos, a partir da hipótese considerada.

1.1.1 Objetivo geral

- Aumentar a competitividade da equipe Manguê Baja da UFPE ao propor um plano de implementação do *Lean Manufacturing*.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica do *Lean Manufacturing*;
- Avaliar os processos da equipe e definir um processo modelo;
- Propor melhorias para o processo modelo e elaborar um plano de ação seguindo princípios do *Lean Manufacturing*;
- Documentar todos os passos realizados de forma didática para uso futuro em outros processos.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

A fim de solucionar o problema em questão e atingir os objetivos estabelecidos, foram definidas as etapas para realização deste trabalho. Na INTRODUÇÃO estão descritas a determinação do problema e a definição dos objetivos, seguido pelo capítulo 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA, que explana as ferramentas teóricas utilizadas através de um estudo bibliográfico. No capítulo 3 - METODOLOGIA, está descrita a forma como a pesquisa foi conduzida, ao passo que a implementação das ferramentas teóricas estudadas é detalhada no capítulo 4 - APLICANDO A MENTALIDADE ENXUTA. Por fim, a CONCLUSÃO analisa os objetivos e os resultados alcançados, expõe as principais dificuldades enfrentadas e propõe sugestões de trabalho futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a melhor compreensão deste trabalho, consta abaixo um resumo dos estudos teóricos realizados com base na bibliografia estudada.

2.1 DESENVOLVIMENTO DOS MODOS DE PRODUÇÃO

A ideia de que produzir em fluxo contínuo, como adotado numa produção enxuta, é custoso e que produção em lotes (ou *batches*) é mais econômica, é muitas vezes encarada como natural. Entretanto, a história tem mostrado que essa última apresenta diversas desvantagens, obrigando à indústria a adotar modos de produção mais enxutos para se manter competitiva no cenário global. Para entender as características da produção enxuta, é importante conhecer o contexto histórico que culminaram no seu surgimento. Este capítulo descreve brevemente o desenvolvimento da indústria automotiva, pioneira na implementação dos modos de produção em massa e enxuto, em ordem cronológica.

2.1.1 A produção artesanal

Entre o fim do século XIX e início do século XX, a produção de automóveis dependia de trabalhadores altamente qualificados, que conheciam bem os princípios de projetos mecânicos e os materiais utilizados para o seu trabalho. Esses trabalhadores iniciavam a carreira como aprendizes e no ápice da sua carreira trabalhavam como agentes autônomos, produzindo componentes sob encomenda para montadoras, que chegaram a existir em centenas (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Nas montadoras, ajustadores bem qualificados eram responsáveis por desbastar os componentes para que eles se encaixassem perfeitamente, uma vez que não havia um sistema de medição padronizado entre os fornecedores. Esse trabalho de ajuste das peças era realizado com as duas primeiras peças do veículo, em seguida se adicionava uma terceira, uma quarta e assim por diante, até que a montagem do veículo estivesse finalizada. Além disso, os fornecedores de peças produziam por meio processos não-padronizados e em máquinas e ferramentas polivalentes, como furadeiras e esmeris. Assim, a produção de uma maior quantidade de peças idênticas não resultava em uma redução de custo de produção por unidade significativo.

Como resultado, as fabricas apresentavam um volume de produção baixo, inferior a 1000 veículos anuais, e a maioria dos veículos eram customizados. Na prática, os veículos eram protótipos que possuíam preços elevados, careciam de uma validação sistemática e frequentemente

apresentavam falhas de qualidade e durabilidade. Após a compra, o cliente, que normalmente possuía uma equipe de mecânicos e motoristas, precisaria realizar a validação e ajustes finais no veículos. Além disso, essa equipe era responsável por realizar todas as manutenções e a condução o veículo.

2.1.2 A produção em massa de Ford

Até o início do século 20, centenas de pequenas montadoras produziam automóveis em pequena escala na Europa Ocidental e nos Estados Unidos. Nesse contexto, Henry Ford identificou maneiras de resolver os problemas da produção artesanal através de mudanças em duas frentes. Em relação ao cliente, Ford eliminou a customização com a introdução do modelo T, vigésimo modelo de Ford e caracterizado pela facilidade de utilizar e de reparar, o que eliminava a necessidade de manter motoristas e mecânicos dedicados ao veículo. Para resolver os problemas de qualidade e do alto custo de fabricação, Ford trabalhou para obter intercambialidade de peças através de um sistema de medição padrão para todo o processo produtivo, eliminando a necessidade dos trabalhadores ajustadores, que eram maioria nas montadoras. Além disso, ele projetou o modelo T para ser extremamente fácil de montar e introduziu a linha de montagem, de modo que os operadores não necessitavam mais se deslocar para realizar o seu trabalho.

As mudanças realizadas por Ford deram início ao modo de produção em massa, que reduziram o tempo médio de montagem de um automóvel consideravelmente em relação ao modo de produção artesanal tardio, tabela 1, que já contava com algumas das inovações criadas para o sistema de produção em massa, como a intercambialidade de peças e a divisão do trabalho, mas realizavam a montagem de maneira estacionária. Nos anos seguintes, Ford implementou diversas outras ações buscando simplificar as operações, minimizar a necessidade de conhecimento prévio e aumentar a produtividade. O modo de produção em massa revolucionou a indústria automotiva e foi adotada praticamente em todas as atividades industriais nas décadas seguintes.

Tabela 1 – Tempo de montagem de um automóvel na produção artesanal e em massa em 1913-14

Minutos para realizar a montagem	Produção Artesanal (Outono de 1913)	Produção em Massa (Primavera de 1914)
Motor	594	226
Magneto de ignição	20	5
Eixo	150	26,5
Componentes maiores no veículo	750	93

Fonte: Womack, Jones e Roos (1990).

2.1.3 O Sistema Toyota de Produção e a Manufatura Enxuta

Apesar do aumento considerável da produtividade com as inovações de Ford, elevando a produção do modelo T de 13.840 veículos em 1908 para 585.388 em 1916 (HOUNSHELL, 1978), o modo de produção em massa também introduziu pontos negativos. Esses pontos foram identificados por Taichi Ohno, engenheiro da Toyota, que visitou a Fabbrica Rouge, em Detroit, a fim de utilizá-la como modelo para a produção da Toyota. Ele percebeu que a produção estava repleta de *muda*, que significa desperdício em Japonês, e que se refere à qualquer utilização que recursos que não gera valor, e passou a trabalhar em formas de como aprimorá-la, dando início ao modo de produção enxuto.

Do ponto de vista das relações humanas, Ohno percebeu que havia um grande número de profissionais, como reparadores, profissionais de limpeza, inspetores de qualidade e especialistas de manutenção que não agregavam valor ao carro. Contudo, os operadores - únicos a agregar valor - eram os trabalhadores com o menor status da fábrica. Ele passou a delegar aos operadores as atividades realizadas anteriormente por profissionais específicos. Além disso, ele introduziu sessões periódicas para os operadores discutirem formas de aprimorar os processos em colaboração com os engenheiros de produção, que existam em menor proporção do que na Ford.

Tendo identificado uma grande quantidade de retrabalho na fábrica de Rouge, Ohno acreditava que a política de passar erros para frente na linha de produção gerava uma quantidade de desperdícios muito grande e não resolvia o problema permanentemente. Para evitar esse problema na Toyota, ele idealizou uma corda acima da linha de produção para que os trabalhadores parassem a linha se um problema ocorresse e eles não conseguissem resolver sozinhos, chamando toda a equipe para ajudar à resolver. Além disso, ele introduziu métodos sistemáticos de resolução de problema, como a técnica dos 5 porquês. Ao passo que os operadores ganhavam experiência na resolução de problemas e os problemas foram solucionados, as paradas de linhas se tornaram menos frequentes, até o ponto que na década de 1990 as linhas de montagem da Toyota atingissem tempo de operação próximo de 100 por cento. Como consequência, a quantidade de retrabalho e a necessidade de inspeção reduziram consideravelmente.

Em relação a rede de fornecedores, a Toyota identificou problemas na forma como as montadoras ocidentais se relacionavam os fornecedores. Por um lado, os fornecedores somente recebiam a quantidade informação suficiente para produzir o produto, possuindo poucas possibilidades de sugerir melhorias com base na sua experiência. Por outro lado, as montadoras

sabiam pouco sobre os processos de manufatura dos fornecedores, dificultando que auxiliassem na melhora da qualidade e na redução do custo de produção. Por fim, à falta de fidelidade das montadoras e a exigência de entregas rápidas fazia com que os fornecedores necessitassem de grandes estoques, gerando custos altos à serem repassados no produto.

Para solucionar esses problemas, a Toyota estabeleceu um sistema hierárquico de fornecedores através de *tiers*, níveis em português, delegando responsabilidades de acordo com o nível de cada fornecedor. Os fornecedores de nível um, responsáveis por uma parte integral do veículo, como o sistema de direção, teriam acesso a toda informação necessária e trabalhariam em conjunto com a Toyota para desenvolver um sistema que funcionasse em harmonia com os outros sistemas do veículo. Ademais eles trabalhariam também ao lado dos fornecedores de nível 2, responsáveis pela fabricação de componentes individuais. Para garantir o funcionamento dessa parceria da cadeia de fornecedores, a Toyota comprou ações dos fornecedores e passou a funcionar como um banco para os fornecedores, fornecendo empréstimos para financiar maquinários para novos produtos. Como resultado da troca de conhecimento, a Toyota criou uma cadeia de fornecedores capaz de desenvolver produtos que melhor se adaptam às necessidades do cliente, seja ele um cliente final, a montadora ou um fornecedor de *tier* superior, e com menor custo, visto que à demanda de produtos passou à ser mais flexível.

Além das mudanças baseadas na solução dos problemas encontrados no sistema de produção em massa, o sistema Toyota de Produção idealizado inicialmente por Ohno foi continuamente aperfeiçoado pela Toyota e se difundiu também em outras indústrias dentro e fora do Japão. Atualmente, essas ferramentas e práticas compõem o Sistema Toyota de Produção, e de forma mais ampla, o *Lean Manufacturing*.

De acordo com Bhamu e Sangwan (2014), existem inúmeras definições de *Lean Manufacturing* com objetivos e escopo divergentes e não há uma estrutura padrão para sua implementação. Além disso, a maioria dos estudos exploratórios sobre o assunto tem como foco a indústria automotiva de veículos de passeio e a literatura carece de estudos sobre a implementação de princípios de manufatura enxuta em aplicações semelhantes ao desenvolvimento de veículos do tipo Baja *SAE*. Dessa forma, este trabalho será realizado conforme o ponto de vista de Womack e Jones (2003) no livro “Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie a riqueza”, cujos autores são responsáveis pela introdução do termo *Lean Manufacturing* e oferecem uma abordagem global à implementação de práticas enxutas.

2.2 OS PRINCÍPIOS DA MENTALIDADE ENXUTA

Womack e Jones (2003) definiram cinco princípios básicos para tornar uma organização enxuta, denominados **especificar o valor, identificar o fluxo de valor, fluir, puxar e perfeição**. É esperado que a organização aplique e revise esses princípios periodicamente, a fim de aperfeiçoá-los de forma contínua. Nesta seção, serão explanados os princípios com mais detalhes e citadas ferramentas que podem auxiliar na sua execução.

2.2.1 Especificar o valor

Segundo Womack e Jones (2003), valor é tudo pelo qual o que cliente está disposto pagar e deve ser especificado em termos de um produto: um bem e/ou um serviço. O valor deve atender às necessidades do cliente a um preço específico e em um momento específico. Womack e Jones (2003) expõem duas dificuldades para definir o valor:

1. Os produtores querem continuar fazendo o que já fazem e a maioria dos clientes está acostumada a pedir no máximo uma variação do que já existe.
2. A criação de valor caminha de uma empresa para outra, mas cada empresa tende a especificar o valor de acordo com as suas próprias necessidades.

Para definir o valor, os produtores devem buscar novas formas de conversar com os clientes para entender suas necessidades reais de forma imparcial. Além disso, as empresas que pertencem a uma mesma cadeia de valor devem conversar entre si para organizar o fluxo de valor de modo que todos se beneficiem. Para Krishnamoorthi, Krishnamoorthi e Pennathur (2018) um dos métodos utilizados para selecionar as características de um produto de maneira a satisfazer as preferências do consumidor é a matriz *QFD* (*Quality Function Deployment*, inglês para “Desdobramento da Função Qualidade”), exemplificada e explicada na seção 2.3 CONCEITOS E FERRAMENTAS CHAVES. Essa matriz permite mensurar quanto uma determinada característica do produto corresponde às preferências do cliente. As características do produto que se apresentarem como mais importantes para o cliente, portanto, terão um valor maior do ponto de vista da mentalidade enxuta.

Após a definição do bem e/ou serviço que o produtor vai oferecer ao cliente, o custo de produção alvo deve ser determinado considerando que todos os *muda* visíveis foram eliminados do processo. Visto que esse valor será certamente inferior ao custo da concorrência, uma empresa enxuta tem três opções se beneficiar dessa vantagem competitiva: reduzir os preços para aumen-

tar o volume de vendas no curto prazo e utilizar sua capacidade produtiva máxima, adicionar novas funcionalidades ao produto para torná-lo mais competitivo que o produto da concorrência, porém com preço equivalente, e investir em novos produtos ou na rede de distribuição.

2.2.2 Identificar o fluxo de valor

Para Rother e Shook (2003) um fluxo de valor é o conjunto todas as ações (tanto de valor agregado quanto de não valor agregado) atualmente necessárias para levar um produto através dos principais fluxos essenciais a todo produto: o fluxo de produção da matéria-prima para os braços do cliente e o fluxo da idealização do conceito ao lançamento. Segundo Womack e Jones (2003), existem três tipos de atividades: (1) as que agregam valor, (2) as que não agregam valor mas são necessárias com o nível de tecnologia atual - *muda* do tipo um e (3) as que não criam valor e são imediatamente evitáveis - *muda* do tipo dois. Na eliminação dos desperdícios, deve-se reduzir inicialmente o *muda* do tipo dois, que consiste em desperdícios que podem ser eliminados sem mudanças significativas na tecnologia.

Para realizar a identificação do fluxo de valor, Womack e Jones (2003) recomendam a aplicação de uma ferramenta chamada *VSM* (Mapeamento do Fluxo de Valor), que consiste em elaborar um diagrama com o fluxo de material e informação do produto através do fluxo de valor, ou seja, um mapa de fluxo de valor. Essa ferramenta expõe de forma visual informações relevantes dos processos para identificação das mudanças a serem realizadas para atingir o estado de fluxo contínuo na produção e eliminar desperdícios. O desenvolvimento de um mapa de fluxo de valor está descrito na seção 2.4.2 Mapa de estado atual.

2.2.3 Fluir

Após a especificação precisa do valor e do mapeamento do seu fluxo, a próxima etapa consiste em fazer com que as atividades fluam, ou seja, ocorram em fluxo contínuo. Um processo que flui não apresenta paradas e ocorre de forma constante e previsível, evitando atrasos, desperdícios por espera e eliminando a necessidade de estoques para absorver as variações imprevistas na demanda.

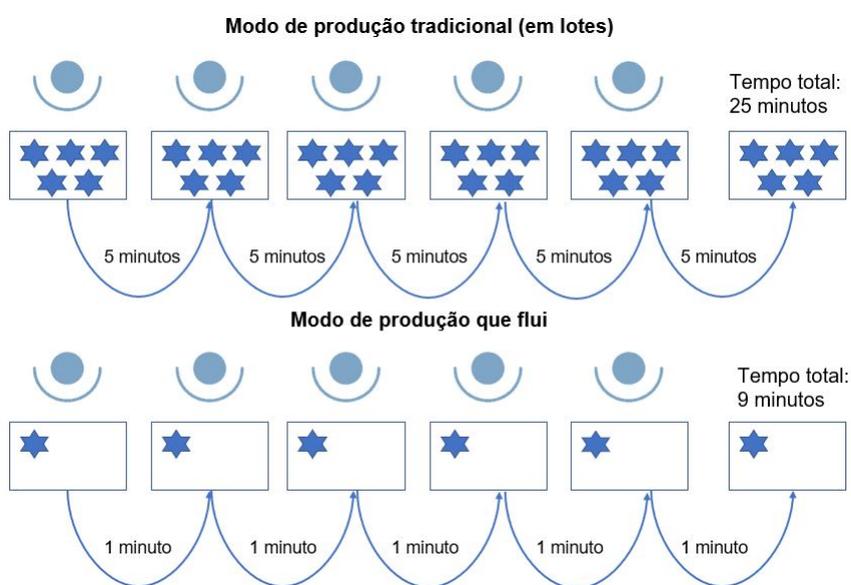
Para Womack e Jones (2003), três passos devem ser realizados para atingir um estado de fluxo contínuo:

1. Foco no objeto de trabalho - o produto - e nunca deixá-lo sair de vista durante todo a cadeia de valor.

2. Ignorar as fronteiras tradicionais de trabalho, carreira e função (normalmente organizadas em departamentos e firmas) para formar uma organização enxuta e remover todos os impedimentos para o fluxo contínuo do produto específico ou da família de produtos.
3. Repensar as práticas específicas de trabalho e ferramentas com o intuito de eliminar refugo, retorno para uma etapa anterior do processo e paradas de todos os tipos, a fim de garantir que o projeto, ordem e produção do produto progrida continuamente.

Para facilitar a compreensão da importância do princípio de fluir, pode-se imaginar o processo de manufatura de chaves composta por cinco etapas (figura 2), onde cada etapa é realizada por um operador em um tempo de um minuto. Em um sistema de produção em massa tradicional, cada operador realiza sua operação para 5 itens e os envia para a etapa seguinte. Por outro lado, em um sistema que flui, cada operador realiza sua operação para apenas um item e o envia para a próxima etapa. Assim, é reduzido o tempo de produção de cinco chaves de 25 para 9 minutos, representando uma redução de 64 por cento.

Figura 2 – *Layout* de um processo de manufatura de chaves tradicional vs com fluxo contínuo



Fonte: Autor (2020).

Devido às limitações diversas, como tecnologia disponível e distância de um fornecedor, operar em fluxo contínuo em alguns locais é impraticável e estoques são necessários. Nesse caso, recomenda-se a utilização de um sistema de *kanban*, também conhecido como sistema de supermercado, que consiste em utilizar cartões anexados aos produtos dentro de uma fábrica

para controlar o estoque de partes que não podem ser produzidas em regime de fluxo contínuo, sejam elas provenientes de processos internos ou de fornecedores externos.

2.2.4 Puxar

O princípio de puxar consiste em somente produzir um bem ou serviço quando demandado pelo consumidor. Dessa forma, os recursos da empresa são usados para gerar valor através da produtos que de fato serão vendidos. Um sistema de produção puxada apresenta diversas vantagens, como:

- Redução do estoque;
- Redução de perda por superprodução;
- Problemas de qualidade são mais facilmente identificados e solucionados, pois não ficam escondidos sob o estoque, forçando a empresa a saná-los;
- Aumento da flexibilidade da produção através da menor dependência do uso do estoque.

2.2.5 Perfeição

Perfeição é o quinto princípio e se refere à mentalidade de buscar continuamente a eliminação do *muda*, alcançando a perfeição. Nesse estado, todas as atividades da organização geram valor pelo ponto de vista do cliente. Obviamente, atingir a perfeição é uma utopia, porém o esforço para alcançá-la oferece a inspiração e direção essencial para progredir no caminho.

Womack e Jones (2003) diferenciam as organizações que são bem sucedidas na implementação da mentalidade enxuta como aquelas que estabelecem prazos específicos para realizar tarefas e, em seguida, cumpre-as ou as excede de maneira sistemática. Assim, recomenda-se o uso de uma ferramenta chamada *policy deployment* (em português, “implantação de políticas”), exibida através de um exemplo genérico na figura 3 e também chamada de planejamento *Hoshin Kanri* (WILSON, 2009). Essa ferramenta propõe um mecanismo visual para fazer com que o alto nível de gerenciamento chegue a um acordo em relação a metas simples para converter a produção para enxuta, selecionar alguns projetos para alcançar esses objetivos, e, finalmente, estabelecer metas de melhorias numéricas para serem atingidas dentro de um prazo.

Figura 3 – Exemplo genérico de uma tabela de *policy deployment*

★			REORGANIZE BY PRODUCT FAMILIES		★		★								
	★		CREATE A LEAN PRODUCTION OFFICE	★				★							
★	★	★	SUBORDINATE ALL OTHER FUNCTIONS TO PRODUCT VALUE STREAMS			★			★	★	★	★	★	★	★
IDENTIFY VALUE STREAMS BY PRODUCT	ENABLE CONTINUOUS FLOW AND PULL	DRAMATICALLY IMPROVE TIME-TO-MARKET	SELECTED INITIATIVES					IMPROVEMENT TEAMS							
			OBJECTIVES (Annual)	IMPROVEMENT TARGETS											
			BREAKTHROUGH OBJECTIVES (3-5 years)												
					Perform six major kaizen projects per month										
					Form product teams within six months										
					Form the lean enterprise within one year										
	★		ACHIEVE WORLD CLASS QUALITY PRODUCTION BY END OF 2021	★					PRODUCT LINE REORGANIZATION						
		★	GROW TOTAL REVENUE BY \$200M WITH EBITDA OF 21% BY END OF 2022	★	★				LEAN PRODUCTION OFFICE						
	★		REDUCE LABOR COSTS BY \$50M		★	★			PRODUCT FAMILY A TEAM						
									PRODUCT FAMILY B TEAM						
									PRODUCT FAMILY C TEAM						
									PRODUCT FAMILY D TEAM						
									PRODUCT FAMILY E TEAM						

Fonte: AKTIA Solutions (2020).

2.3 CONCEITOS E FERRAMENTAS CHAVES

Para o entendimento das próximas seções deste trabalho, é essencial conhecer alguns conceitos e ferramentas comumente utilizados em organizações enxutas.

2.3.1 Os sete tipos de *muda*

Para Ohno (1988), a identificação dos sete tipos de *muda* é o passo preliminar para aplicação do Sistema Toyota de Produção. Os desperdícios identificados por ele estão listados abaixo.

1. Superprodução - produzir itens em quantidade excessiva ou antecipando a demanda, dificultando o fluxo de bens e informações e ocasionando estoque excessivo;
2. Tempo livre (ou espera) - operadores ociosos porque o processo anterior não foi finalizado, resultando em subutilização da capacidade produtiva;
3. Transporte - transportar bens que não são necessários para o processamento;
4. Processamento - realizar passos no processo que não são necessários;
5. Estoque - Componentes, trabalho em processamento e produtos acabados não sendo processados, ocupando espaço e aumentando o *lead time*;

6. Movimento - movimento de pessoas ou máquinas que não são necessários;
7. Defeitos - inspecionar ou reparar defeitos, gerando problemas de qualidade, atrasos e requerendo recursos extra;

Womack e Jones (2003) adicionam um desperdício à lista: produzir bens ou serviços que não satisfazem as necessidades do consumidor. Além disso, eles argumentam que a mentalidade enxuta é um poderoso antídoto contra os desperdícios e que oferece uma maneira de trabalhar mais gratificante ao prover *feedback* imediato no esforço de converter *muda* em valor.

2.3.2 5S

O 5S é uma ferramenta criada no Japão e que auxilia na busca pela melhoria contínua, cujo nome tem origem em seus cinco princípios fundamentais:

- *Seiri* (utilização) - Manter na estação de trabalho somente os itens necessários para as operações diárias, eliminando itens como ferramentas redundantes, máquinas antigas, cadeiras etc. A definição dos objetos que deve ser documentada e esse princípio deve ser repetido de maneira periódica;
- *Seiton* (organização) – Organizar as ferramentas e máquinas do trabalho de modo a minimizar a movimentação necessária para realizar as operações;
- *Seiso* (limpeza) – Limpar a estação de trabalho de poeira, óleo ou qualquer impureza. Esse princípio facilita a identificação de vazamentos em máquinas, além de contribuir para a segurança e saúde ocupacional do operador;
- *Seiketsu* (padronização) – Melhorar a estação de trabalho através da padronização do *layout*, cronograma de atividades e responsabilidades individuais;
- *Shitsuke* (disciplina) – Garantir que os 4 outros princípios sejam seguidos no futuro. Para tanto, deve haver boa comunicação na equipe e gestão transparente, além de delegação de tarefas que todos sejam capazes de seguir.

A implementação do 5S apresenta diversas vantagens, como o aumento da produtividade ao reduzir o tempo de procura de ferramentas e de movimentação, maior satisfação pessoal dos trabalhadores por utilizarem um espaço limpo e organizado e redução de acidentes. Em “Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time”, Monden (2015) descreve uma série de passos para a implementação de cada um dos princípios do 5S.

2.3.3 *Just-in-Time*

Um dos problemas enfrentados pelo modo de produção em massa é a falta de correlação entre o número de bens produzidos e a quantidade demanda pelo cliente. Isso ocorre pois a sabedoria convencional, nesse caso deve-se entender não-enxuta, recomenda antecipar a demanda do cliente com base na demanda histórica e empurrar as quantidades previstas através do sistema (KRISHNAMOORTHY; KRISHNAMOORTHY; PENNATHUR, 2018).

Em “O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala”, Ohno (1988) define o *Just-in-Time (JIT)*, como um dos pilares do STP. O *JIT* consiste em entregar as partes certas, no momento e na quantidade necessárias, possibilitando alcançar zero estoque. Para Ohno (1988), isso é um estado ideal do ponto de vista do gerenciamento da produção. Todavia, em um produto como um automóvel, composto de milhares de componentes, o número de processos é enorme, tornando a tarefa de aplicar *Just-in-Time* difícil, porém possível. Na ocorrência de erros de previsão, erros de cálculos, produtos com defeitos e retrabalho, problemas com equipamento e absenteísmo, o plano de produção necessita ser modificado. Caso a produção siga sem alteração do plano, é inevitável a ocorrência de superprodução e produção de componentes defeituosos, gerando diversos tipos de *muda*.

2.3.4 *Kanban* ou Sistema de Supermercado

Ao conhecer os supermercados americanos na década de 1940, Ohno identificou que esse era um local onde o cliente poderia obter o que necessita, no tempo necessário e na quantidade necessária. Ele percebeu que esse principio poderia ser utilizado para aplicar o *Just-in-time*. De maneira análoga, o processo posterior (cliente) vai ao processo anterior (supermercado) para adquirir os produtos necessários. Para viabilizar esse sistema, foram idealizados os cartões *Kanban*, como exemplificado na figura 4.

Figura 4 – Exemplo de um cartão *Kanban* utilizado na Toyota

Hora da Entrega 10:30  Fundação Ohashi Prateleira nº 1 – Embaixo	Área de Estocagem A 1 - 1 Número do Item 53018-60011 Nome do Item Linha de pressão do radiador 21 Kanban de pedido de peças	Identificação Usado em FJ Carro tipo (I) Tipo de caixa Especial Capacidade da caixa 30	Fábrica Central da Toyota Motors Montagem nº 2 50
---	---	---	--

Fonte: Ohno (1988).

Um cartão *Kanban* é um dispositivo de informação que autoriza e dá instrução de produzir ou mover produtos em um sistema puxado. Ele pode também conter informações adicionais, caso relevante, como o nome do fornecedor, localização do estoque, horário de entrega etc. Além disso, pode-se utilizar objetos como *kanban*, como placas metálicas, bolas coloridas ou até mesmo o próprio recipiente que carrega os produtos.

Através do uso do *kanban*, sempre que um processo buscar itens do processo diretamente anterior a ele, o operador deve deixar um cartão com as informações e quantidades dos itens que foram apanhados. Esse cartão serve como uma ordem de produção para o processo anterior e denomina-se *kanban* de produção. Por outro lado, se um processo necessita de produtos do supermercado, ele utiliza um *kanban* de retirada, que dá a ordem de mover o produto até o seu posto de trabalho. Há ainda os cartões *kanban* de sinalização, que enviam uma ordem de produção quando uma quantidade do produto no supermercado atinge um valor mínimo pré-definido, demandando que a produção reponha os produtos do supermercado até um valor máximo pré-definido.

Um sistema de *Kanban* somente deve ser utilizado quando a operação em fluxo contínuo não for possível, devido a tempos de *change over* excessivos ou dependência de processos externos. Além disso, nenhum item deve ser produzido sem a ordem de um *kanban*. As funções e regras para utilização do sistema de *Kanban* estão resumidas na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo das funções e regras do *Kanban*

Funções	Regras
Prover informações de retirada ou transporte.	O processo posterior retira o número de produtos indicados pelo <i>kanban</i> no local onde é realizado o processo anterior.
Prover informações de produção.	Os processos anteriores produzem os itens na quantidade e sequência indicadas pelo <i>kanban</i> .
Evitar superprodução e transporte excessivo.	Nenhum item é produzido ou transportado sem <i>kanban</i> .
Servir como uma ordem de trabalho anexada aos produtos.	Cartões <i>kanban</i> sempre devem ser anexados aos itens.
Evitar produtos defeituosos ao identificar o processo que os produziu.	Produtos defeituosos não podem ser enviados ao processo seguinte.
Revelar problemas existentes e manter controle de estoque.	Reduzir o número de <i>kanbans</i> aumenta a sensibilidade.

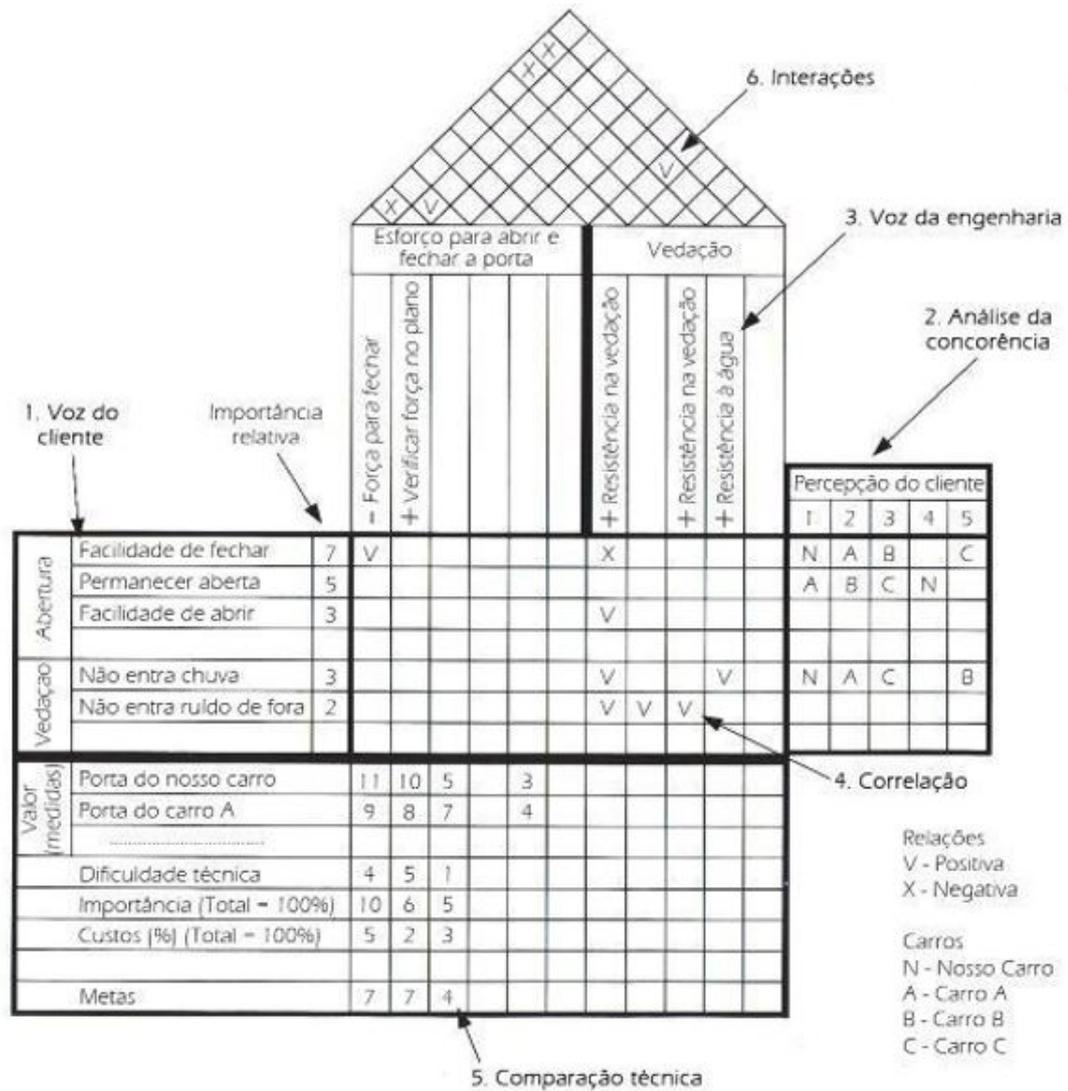
Fonte: Ohno (1988).

2.3.5 Matriz *QFD*

De acordo com Martins e Laugeni (2005), o *QFD* é uma ferramenta que liga o projeto de produtos ou de serviços ao processo que os gera. Nesse contexto, o processo de *QFD* consiste em

traduzir as necessidades do consumidor para cada etapa da elaboração do produto ou do serviço. O instrumento utilizado para aplicar o QFD é a casa da qualidade, matriz obtida pela tabela da voz do cliente, ou seja da qualidade exigida, com a tabela das características da qualidade, ou seja, a voz da engenharia. Essa tabela é composta por seis perguntas chaves, conforme a fase do QFD, indicadas e exemplificadas para o projeto de uma porta automotiva na figura 5.

Figura 5 – Matriz QFD de uma porta veicular



Fonte: Martins e Laugeni (2005).

1. Voz do cliente - quais atributos são considerados importantes pelo cliente para o produto ou serviço? Eles devem ser listados e ponderados.
2. Análise da concorrência - como o produto ou serviço está com relação aos concorrentes nos itens enumerados?

3. Voz da engenharia - quais características de engenharia afetam um ou mais dos atributos identificados pelos clientes? Classifica-se com o símbolo '+' os atributos que a engenharia deseja aumentar o nível, e '-' para o oposto.
4. Correlação - que tipo de correlação existe entre o que o cliente deseja (voz do cliente) e o que a engenharia deseja (voz da engenharia)?
5. Comparação técnica - como o produto se comporta diante dos produtos da concorrência? deve-se atribuir uma escala de 1 a 5, onde 1 é a melhor avaliação e 5 a pior.
6. Inter-relações - quais as inter-relações em potencial do projeto? devem ser apontadas melhorias em características do projeto que podem interagir de forma negativa sobre outra característica.

2.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Krishnamoorthi, Krishnamoorthi e Pennathur (2018) definem o *VSM* como um fluxograma de processo que permite identificar as operações que agregam valor ao produto e aquelas que não agregam valor. Em “Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta”, Rother e Shook (2003) relatam a dificuldade que as empresas tem na implementação do segundo passo da mentalidade enxuta e descrevem um método de realizar um mapeamento de fluxo de valor com base em anos de experiência prática e estudos da manufatura enxuta. Este capítulo descreve o processo de mapeamento de fluxo de valor seguindo as recomendações dessa bibliografia.

Para Rother e Shook (2003) o mapeamento do fluxo de valor é simples e consiste em seguir o caminho de produção de um produto do cliente até o fornecedor e desenhar uma representação visual de todo processo no fluxo de material e informação. O fluxo de informação exige entender como cada processo recebe a informação do que deve fazer em seguida e esse fluxo é tão importante quanto o fluxo de material para uma manufatura enxuta. Antes de iniciar o mapeamento, deve-se definir dois pontos:

1. Definir a limitação do mapa;
2. Definir o Gerente de Fluxo de Valor.

Mapear todo o caminho de um produto desde a obtenção da matéria-prima até a chegada na casa do consumidor é o ideal, porém, na maioria das vezes impraticável. Nesse sentido, Rother

e Shook (2003) descrevem o mapeamento do fluxo de valor apenas dentro da planta, possibilitando a obtenção de informações sem encontrar barreiras legais e geográficas e facilitando consideravelmente a implementação de medidas de melhoria. Eles acreditam que esse é um bom grau de aprofundamento para iniciar o mapeamento e a implantação de práticas enxutas.

A maioria das organizações são divididas em departamentos, de modo que elaborar um *VSM* de toda a planta exige cruzar as fronteiras organizacionais da empresa. Caso cada departamento realize o seu próprio mapeamento de fluxo de valor, eles vão tender a enxergar problemas e realizar melhorias pela visão interna do departamento e perdendo a visão do todo. Por isso, recomenda-se definir uma pessoa responsável por entender todo o fluxo de valor de uma família de produtos e coordenar as ações de melhoria, denominada Gerente de Fluxo de Valor. Esse profissional deve ter a capacidade de fazer a mudança acontecer através das fronteiras funcionais e departamentais e deve ser uma pessoa prática orientada por resultados para realizar as funções listadas abaixo (ROTHER; SHOOK, 2003):

1. Relatar o progresso da implementação enxuta para a gerência sênior do local;
2. Liderar a criação dos mapas de fluxo de valor do estado atual e do estado futuro e o plano de implementação para passar do presente ao futuro;
3. Monitorar todos os aspectos da implementação;
4. Caminhar e verificar o fluxo do fluxo de valor diariamente ou semanalmente;
5. Tornar a implementação uma prioridade;
6. Manter e atualizar periodicamente o plano de implementação.

2.4.1 Seleção da família de produtos

Uma vez definido o escopo e o responsável pelo mapeamento, a etapa seguinte consiste em selecionar uma família de produtos. Para Fagundes et al. (2007), isso significa nada mais do que reunir um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam para isto equipamentos comuns nos processos. Em casos de uma grande quantidade de produtos com processos distintos, recomenda-se a criação de uma matriz com os produtos em um eixo e os processos no outro, como exemplificado na figura 6, a fim de identificar produtos que passam por processos similares e com carga de trabalho semelhante. Duggan (2018) nomeia essa matriz como matriz de família de produtos e descreve uma série de técnicas para realizar

a seleção da família em casos mais complexos, como quando há uma grande quantidade de produtos e processos.

Figura 6 – Exemplo de matriz de família de produtos

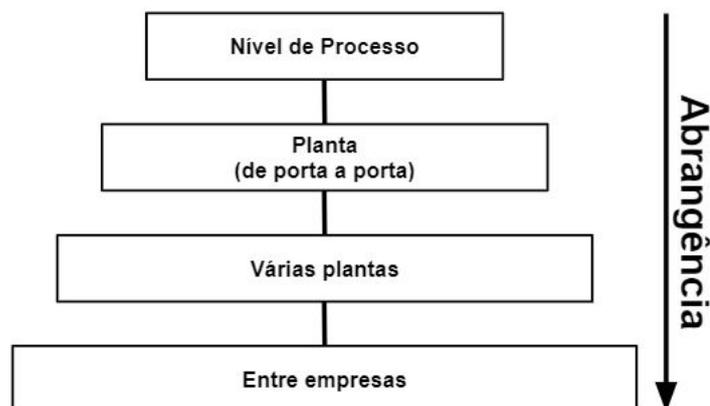
	Etapas de Montagem + Equipamentos						
	1	2	3	4	5	6	7
Produto A	√	√	√	√	√	√	√
Produto B	√	√	√	√	√	√	√
Produto C	√	√	√	√	√	√	√
Produto D		√	√	√	√	√	√
Produto E		√	√	√	√	√	√
Produto F			√	√	√	√	√
Produto G			√	√	√	√	√

Fonte: Fagundes et al. (2007).

2.4.2 Mapa de estado atual

O mapa de estado atual possibilita analisar a produção corrente. Rother e Shook (2003) enfatizam que ele deve ser realizado inicialmente em nível da planta - entre a porta de entrada e a porta de saída da planta - e os processos devem ser desenhados em categorias como “soldagem” ou “montagem”, sem se aprofundar nas suas sub-etapas. Somente após visualizar o comportamento da produção à nível de planta, faz sentido aprofundar o mapa à nível de processo, ou ampliar a abrangência para processos fora da planta. São definidos quatro níveis hierárquicos de mapeamento de fluxo de valor para uma família de produtos (ROTHER; SHOOK, 2003), figura 7.

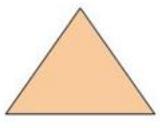
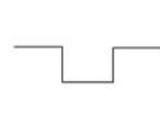
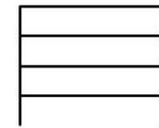
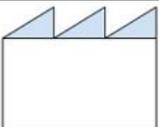
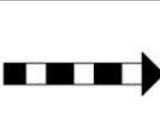
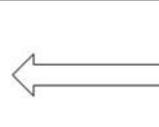
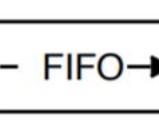
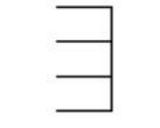
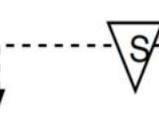
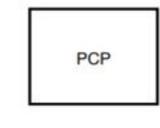
Figura 7 – Níveis hierárquicos de um mapa de fluxo de valor



Fonte: Adaptado de (ROTHER; SHOOK, 2003).

Diversos símbolos, ou ícones, são utilizados no mapa de fluxo de valor e eles estão resumidos na figura 8. Em geral existem poucas variações de símbolos entre os autores, porém novos ícones podem ser adicionados de acordo com a necessidade, desde que eles se mantenham consistente, para que todos dentro da instituição sejam capaz de desenhá-los e entendê-los.

Figura 8 – Símbolos padrões do mapa de fluxo de Valor

				
Processo – Qualquer ação tomada no sistema	Inventário – Mostra onde um componente do sistema é estocado	Informação – Mostra como informação eletrônica é transferida	Segmento de linha do tempo – Fornece o <i>takt time/lead time</i> / quantidade em uma seção	Caixa de dados – Mostra informações relevantes do processo ou entidade
				
Cliente / Fornecedor – Qualquer entidade externa que requer uma entrega ou fornece um serviço	Seta de empurrar – Mostra quando materias são empurrados sobre um sistema (Apenas estado atual)	Seta de expedição – Mostra quando entregas recebidas	Explosão kaizen – Mostra um problema que pode ser solucionado (Apenas estado atual)	Seta de puxar – Mostra quando materiais estão sendo puxados pelo sistema (Apenas estado futuro)
				
FIFO – Transferência de produtos através de uma sequência em que o primeiro a entrar é o primeiro a sair	Supermercado – sistema de controle de estoque (intermediário ou não)	Kanban de sinalização – Sinaliza uma informação de ordem de produção	Planejamento e Controle da Produção – Responsável por enviar as ordens de produção	Operador – Vista superior de uma pessoa

Fonte: Adaptado de Wikipedia contributors (2019).

Mantendo a coerência com os princípios de mentalidade enxuta citados anteriormente, é primordial ter uma especificação clara do valor pelo ponto de vista do cliente, como a quantidade de produtos entregues, o tamanho e a frequência dos lotes entregues. Caso contrário, os esforços de melhoria no fluxo de valor podem fornecer ao cliente algo que ele não necessariamente deseja. Um exemplo disso é fabricar produtos numa cadência mais rápida do que a demanda do cliente. Além disso, deve-se expor informações relevantes à produção, como o tempo diário operacional e o *takt time*. Essas informações são geralmente adicionadas a uma caixa de dados abaixo do símbolo do fornecedor.

Nas caixas de dados, estão descritas informações importantes para o processo. A tabela 3

resume os termos e indicadores usualmente utilizados em caixas de dados e/ou importantes para o entendimento deste trabalho.

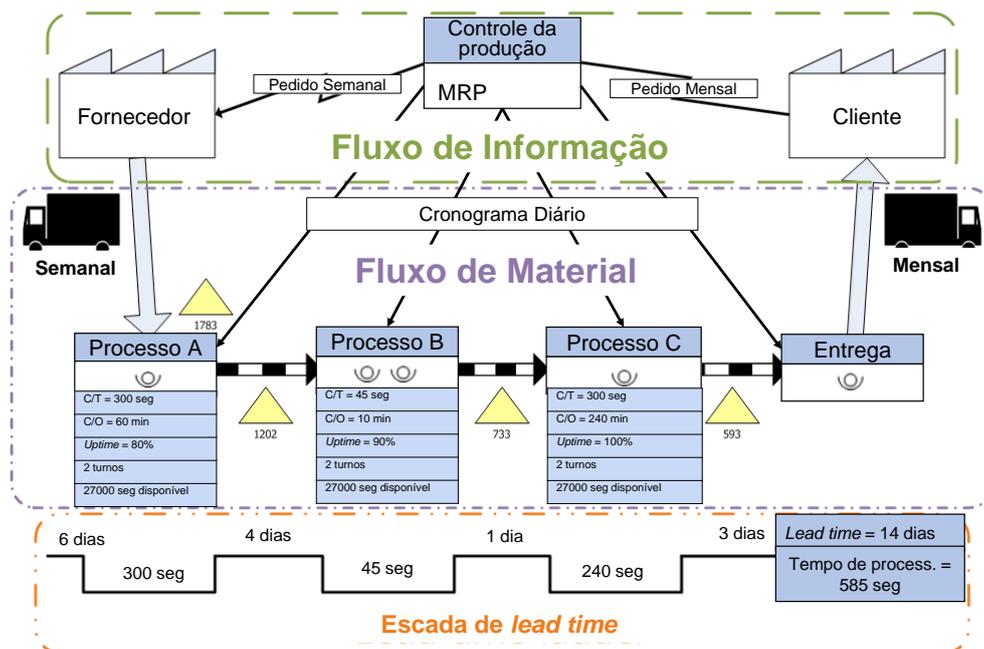
Tabela 3 – Resumo dos termos importantes para entender o mapa de fluxo de Valor

Termo	Significado
<i>Takt Time</i>	<i>Takt Time</i> , que em português significa tempo de cadência, é o quociente do tempo líquido de produção dividido pela demanda dos clientes.
<i>Cycle Time (C/T)</i> ou Tempo de Ciclo	É o tempo total de um processo relativo a uma caixa de processo.
<i>Change Over Time (C/O)</i>	É o tempo necessário para preparar uma máquina ou um conjunto de máquinas para efetuar uma troca de produto no processo.
<i>Lead Time</i>	É o tempo que uma peça leva para passar por todo o fluxo de valor, do início ao fim.
<i>Muda</i>	Termo japonês que significa desperdício. No contexto da manufatura enxuta, se refere à qualquer uso de recurso que não agrega valor.
<i>Mura</i>	Do japonês para irregularidade, <i>mura</i> se refere à falta de uniformidade e padronização de um processo.
<i>First Time Quality (FTQ)</i>	É o percentual de peças fabricadas corretamente na primeira vez, sem necessidade de retrabalho ou substituição.
Processo Cadenciador	É o processo que define o ritmo de todo o fluxo e é normalmente o processo mais ascendente onde é possível haver fluxo contínuo.

Fonte: Autor (2020).

Para facilitar a compreensão do exemplo de mapa de fluxo valor da figura 9, divide-se a análise em duas: fluxo de material e fluxo de informação. Por fim, utiliza-se o segmento de linha do tempo para calcular o *lead time* e o tempo de processamento.

Figura 9 – VSM genérico para um produto



Fonte: Adaptado de Wikipedia contributors (2019).

Para o fluxo de material, a matéria-prima é enviada semanalmente pelo fornecedor (lado superior esquerdo do mapa). Antes de iniciar o processo A, o material passa por um estoque com média de 1783 unidades. Em seguida, o material segue pelos Processos A, B, C com estoques intermediários e de forma empurrada, de modo que o processo vai ser realizado independente da necessidade do processo seguinte. Por fim, é realizada uma entrega mensal ao cliente, que pode ser externo ou interno.

Em relação ao fluxo de informação, um MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais), que consiste em um sistema computadorizado de controle de inventário e produção, fornece as ordens de produção diariamente para os processos A,B,C e Entrega. Ademais, o cliente envia uma ordem de compra mensal de maneira eletrônica e a equipe de controle da produção envia ordens de compra semanais ao fornecedor de matéria-prima, também por meio eletrônico.

O tempo de processamento é calculado ao somar-se os tempos da parte inferior do segmento de linha do tempo, ao passo que o *lead time* é calculado somando-se os tempos da região superior. Dentro das caixas de dados estão expostas informações relevantes do processo. Por se tratar de um exemplo simplificado, não há uma caixa de dados abaixo do ícone do cliente, o que vai de encontro à mentalidade enxuta, que enfatiza a importância de sempre ter à vista as necessidades e desejos do consumidor.

2.4.3 Características de um fluxo de valor enxuto

A superprodução é o tipo de *muda* mais significativo, pois gera todos os outros tipos, e a constante atenção à superprodução é o que diferencia claramente um fluxo de valor enxuto de produção em massa (ROTHER; SHOOK, 2003). Assim, o que se busca com a manufatura enxuta é conectar todos os processos, de modo que cada processo entregue somente o que o processo posterior necessita, em outras palavras, *Just-in-Time*.

Rother e Shook (2003) propõem sete diretrizes para tornar um fluxo de valor enxuto:

1. Produzir de acordo com o *takt time*. Isso exige a capacidade de responder rapidamente a problemas, eliminar interrupções não planejadas e reduzir o *C/T* e *C/O*;
2. Desenvolver fluxo contínuo onde possível, eliminando estoques intermediários e promovendo melhor visualização de problemas na produção;
3. Utilizar sistema de supermercado para controlar a produção onde o fluxo contínuo não é possível, de modo a obter as vantagens citadas na tabela 2;

4. Tentar enviar a ordem de produção para apenas um processo de produção: o processo cadenciador, simplificando consideravelmente o fluxo de informações e reduzindo a possibilidade de erros;
5. Distribuir a produção de diferentes produtos de forma uniforme no tempo no processo cadenciador (nivelar o mix de produção). Dessa forma, a produção torna-se capaz de responder as mais diversas demandas e os problemas de produção são expostos;
6. Liberar ordem de produção em pequenas quantidades e intervalos fixos no processo cadenciador, facilitando a visualização do andamento das atividades e evitando adiantamento da produção;
7. Desenvolver a capacidade de produzir toda parte todo dia, que significa produzir todos os produtos com demanda alta dentro do intervalo de um dia. Após atingida essa marca, deve-se buscar reduzir o tempo para turno, hora e assim por diante.

2.4.4 Mapa de estado futuro

O mapa de estado futuro indica onde se deseja chegar. Para elaborá-lo, deve-se primeiro finalizar o mapa de estado atual, pois é com base nele que o mapa de estado futuro será produzido. É importante ter em mente que o processo de aprimoramento do fluxo de valor é cíclico, de modo que os desperdícios sejam eliminados progressivamente. Para a primeira implementação, de forma geral, busca-se realizar melhorias com o mínimo possível de mudanças na tecnologia, mas apenas com reorganização do layout fabril, padronização de atividades, redução de tempo de *change over* etc.

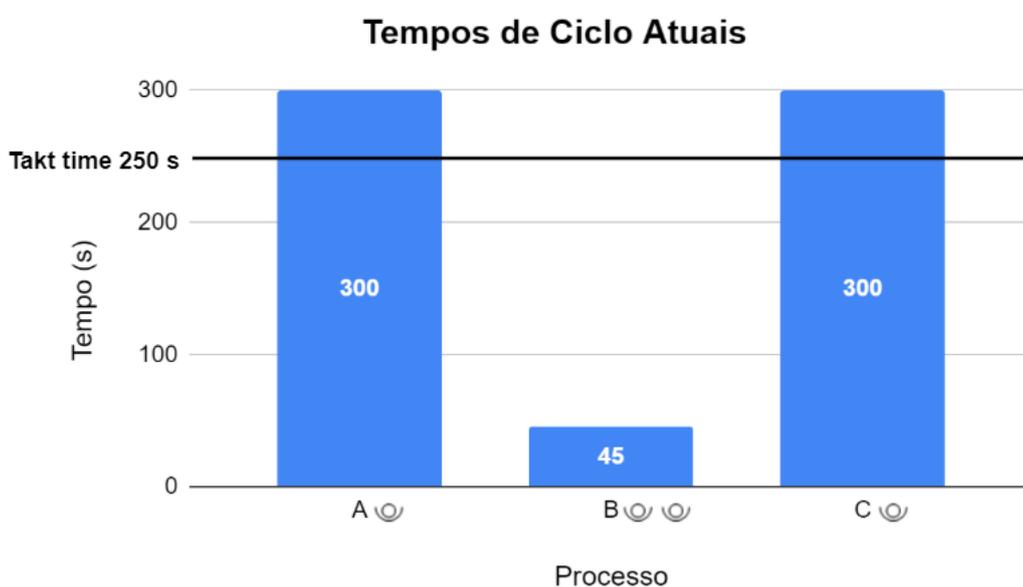
O procedimento para elaboração do mapa de estado futuro consiste em analisar o mapa de estado atual para identificar as melhorias necessárias para estar de acordo com as diretrizes propostas por Rother e Shook (2003). Não é indispensável que todas as diretrizes sejam seguidas, pois deve-se ter em mente as necessidades e as limitações da planta.

Caixas de processos podem ser unidas ou separadas, a fim de atingir tempos de ciclos inferiores ao *takt time*. A partir do exemplo da figura 9 e supondo que a demanda do cliente resulte em um *takt time* de 250 segundos, pode-se analisar os tempos de ciclo através do gráfico da figura 10 e as seguintes ações podem ser tomadas:

1. Reduzir o tempo de ciclo dos processos A e C para abaixo do *takt time*, tornando possível haver um fluxo contínuo.

2. Como o tempo do processo B é muito inferior ao *takt time*, os dois operadores vão ter muito tempo ociosos. Como solução, pode-se reduzir a operação para um operador, caso a tecnologia permita. Ainda assim, o operador restante ainda vai ter possivelmente 160 segundos ocioso.
3. A solução ótima é reduzir o tempo dos processos A e C ainda mais e incorporar o processo B neles, de modo que o mapa de estado futuro possua dois processos com tempo de ciclo inferior a 250 segundos.

Figura 10 – Exemplo de análise de tempos de ciclo



Fonte: Autor (2020).

Para alcançar a produção dentro do *takt time* e nivelar o mix de produção, conforme as diretrizes 1 e 5, os tempos de *C/O* precisam ser reduzidos. Para isso, existem técnicas já bem estabelecidas, como o *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*, traduzido de forma aproximada como “Troca Rápida de Ferramenta”), conceito desenvolvido e aperfeiçoado por Shigeo Shingo ao longo de dezenove anos de estudos teóricos e prática de redução de tempo de *C/O*. Em “Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos”, Dillon e Shingo (1985) realizam uma análise profunda da redução de tempo de *C/O*, detalham uma série de técnicas para realizá-los e descrevem diversos estudos de casos bem sucedidos.

Ao se produzir para o *takt time*, é imprescindível que os processos sejam confiáveis, ou seja, possuam percentuais de *FTQ* altos. Além disso, o *mura* deve ser minimizado através da padronização das atividades. Caso essas duas premissas não sejam atingidas, será necessário

possuir margens de folga altas entre o *C/T* dos processos e o *takt time* para realizar a correção nos produtos defeituosos e compensar os possíveis atrasos nos processos com alto *mura*.

Por fim, as melhorias necessárias para elaborar o mapa de estado futuro devem ser registradas no mapa atual através do símbolo explosão *kaizen*, figura 8.

3 METODOLOGIA

Com base na estrutura deste trabalho, citada na seção ESTRUTURA DO TRABALHO, a etapa de implementação das ferramentas teóricas exige um entedimento prévio do ambiente de trabalho. Nesse sentido, foi realizada uma análise do projeto Baja SAE dentro da UFPE e delimitado o escopo do trabalho, que servirá de exemplo para a expansão dos melhorias realizadas em outras sub-áreas da equipe.

Em seguida, foi realizado um estudo para aperfeiçoar o processo modelo com base nos cinco princípios básicos para tornar uma organização enxuta (WOMACK; JONES, 2003). Assim, foram criados um plano de ação de curto prazo, por meio de um mapa de fluxo de valor e de um plano de fluxo de valor, e outro de longo prazo, com base em uma matriz de *policy deployment* modificada.

3.1 ANÁLISE DO PROJETO BAJA SAE NA UFPE

A equipe Manguê Baja, representante da UFPE nas competições Baja SAE, participa anualmente de duas competições, em nível nacional, realizadas historicamente no mês de março, e regional, em novembro. Caso a equipe se classifique entre as três melhores na competição nacional, participa ainda da competição mundial nos Estados Unidos. Nas competições regional e nacional, a equipe participa normalmente com dois protótipos, o que é permitido pela regra, porém exige que a equipe se divida formalmente em duas na competição. Assim, são desenvolvidos anualmente dois veículos distintos, que devem atender umas série de normas de segurança da SAE Brasil e ser competitivos.

O ciclo de desenvolvimento dos veículos é composto por três etapas principais: modelagem computacional, manufatura e validação. Essas etapas são realizadas sequencialmente dentro do período de um ano, respeitando as necessidades de preparação da equipe para as competições e as obrigações acadêmicas dos integrantes. A distinção do ciclo entre as três etapas é clara, mas não é determinante, de modo que atividades de uma etapa podem também ser realizadas em outras etapas, conforme necessidade.

3.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE TRABALHO

Seguindo as boas práticas de manufatura enxuta, é necessário delimitar o escopo do trabalho. Para tanto, foi realizada a seleção de uma etapa modelo para implementação do *lean manufac-*

turing. A seleção consistiu em uma análise qualitativa levando em conta a duração e o grau de repetibilidade de atividades de cada etapa, buscando maximizar o potencial de ganhos.

Assim, foi realizada uma comparação (tabela 4) utilizando como critérios a duração da etapa e grau de repetibilidade das atividades pertencentes a ela. Como resultado, foi selecionada a etapa de manufatura, por apresentar a maior repetibilidade de atividades e maior duração, correspondendo a 50 por cento do tempo total do ciclo de desenvolvimento. Além disso, há uma quantidade consideravelmente maior de estudos de casos e bibliografias referentes à implementação do pensamento enxuto na indústria de manufatura, facilitando a implementação prática deste trabalho no contexto da equipe.

Tabela 4 – Comparação das etapas do ciclo de desenvolvimento da equipe Mangue Baja

Etapa	Duração aproximada (meses)	Repetibilidade das atividades
Modelagem	3	Baixa
Manufatura	5	Alta
Validação	2	Média

Fonte: Autor (2020).

Após a definição da etapa modelo, foi selecionada uma família de produtos conforme recomendado por Rother e Shook (2003), visto que são produzidos diversos componentes dos veículos na etapa de manufatura. Para essa etapa, não foi necessário utilizar uma matriz da família de produtos, uma vez que os componentes dos veículos possuem processos de fabricação consideravelmente distintos. Em seguida, foram listados os principais componentes manufaturados pela equipe. A partir do tempo dos processos (tabela 5), obtido por meio da análise de documentos da Equipe e sessões de *brainstorming* com integrantes, utilizado pela equipe com auxílio do método *PERT* (PEINADO; GRAEML, 2007), foram calculados os recursos, em termos de horas e número de operadores, necessários para cada processo (tabela 6).

Por fim, o escopo deste trabalho foi delimitado como a manufatura dos braços de suspensão, visto que seu processo exige a maior quantidade de recursos humanos dentre os processos analisados. Apesar de diferenças geométricas, os braços de suspensão constituem uma família de produtos, conforme definição de Fagundes et al. (2007).

3.3 ANÁLISE DO PROCESSO MODELO

O sistema de suspensão de um veículo refere-se ao grupo de componentes mecânicos que conectam as rodas à carroceria. Segundo Gillespie (1992), as funções primárias de um sistema de suspensão são:

Tabela 5 – Tempo de processos de fabricação utilizando o método *PERT*

Processo	Tempo Otimista (horas)	Tempo Pessimista (horas)	Tempo Mais Provável (horas)	Tempo Estimado <i>PERT</i> (horas)
Chassi	80,0	140,0	120,0	116,7
Braços de suspensão	3,0	10,0	6,0	6,2
Alinhamento dos olhais na estrutura	60,0	168,0	100,0	104,7
Manga de eixo	14,0	22,0	16,0	16,7
Pinça de freio	7,0	21,0	12,0	12,7
Cubo de roda	7,0	20,0	10,0	11,2
Linha de freio	1,0	5,0	2,0	2,3

Fonte: Autor (2020).

Tabela 6 – Cálculo dos recursos humanos exigidos de cada processo

Processo	Número de execuções por ano e veículo	Tempo <i>PERT</i> (horas)	Quantidade de executores	Quantidade por veículo	Recurso anual exigido (executor x hora x componente)
Chassi	0,5	116,7	3,0	1,0	175,0
Braços de suspensão	5,0	6,2	2,0	8,0	493,3
Alinhamento dos olhais na estrutura	1,0	104,7	2,0	1,0	209,3
Manga de eixo	1,0	16,7	1,0	2,0	16,7
Pinça de freio	0,5	12,7	1,0	3,0	38,0
Cubo de roda	0,5	11,2	1,0	4,0	22,3
Linha de freio	1,0	2,3	1,0	1,0	2,3

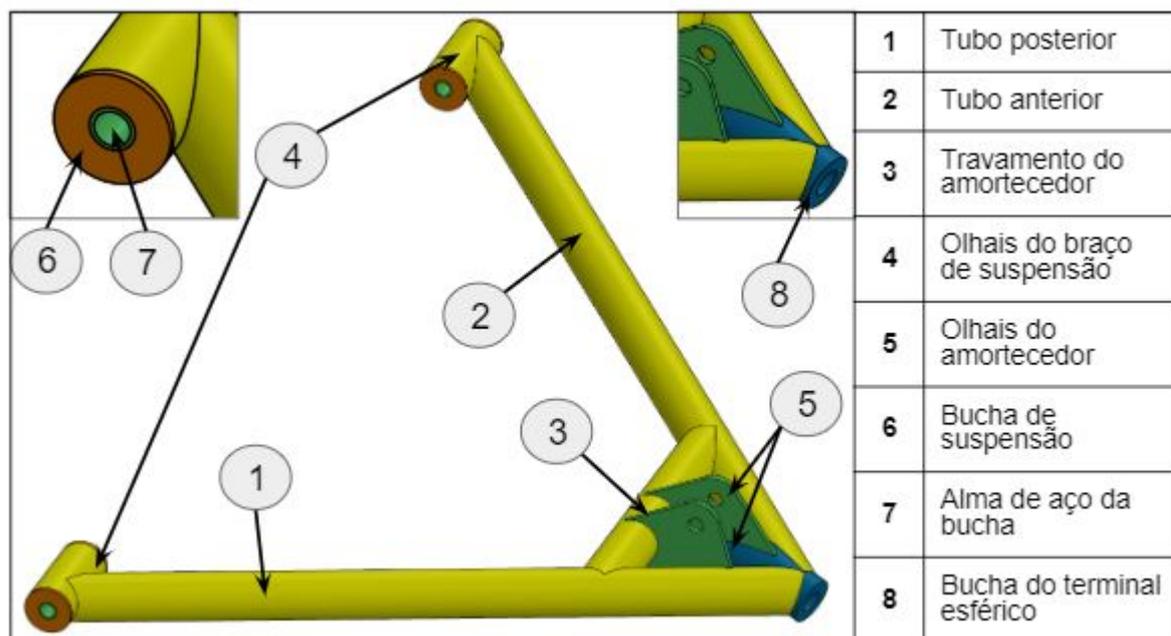
Fonte: Autor (2020).

1. Fornecer conformidade vertical, de modo que a roda possa seguir a estrada irregular, isolando o chassi da profundidade da pista;
2. Manter a roda na posição adequada de direção e inclinação em relação à superfície da pista;
3. Reagir as forças de controle produzidas pelos pneus e torques de frenagem e de condução, mantendo os pneus em contato com a pista com o mínimo de variação de carga;
4. Resistir à rolagem do chassi;
5. Manter os pneus em contato com a pista com o mínimo de variação de carga.

Para sustentar os sistemas, são utilizadas estruturas, normalmente metálicas, denominadas braços de suspensão. A figura 11 expõe uma geometria de braço de suspensão genérica utilizada na equipe Mangue Baja, nomeando as partes e subcomponentes.

A manufatura dos braços de suspensão da equipe é realizada conforme os passos descritos no Apêndice A, exceto a fabricação dos olhais do amortecedor, que é realizada por um fornecedor externo. Os passos foram enumerados a fim de facilitar a sua referência, mas podem ser

Figura 11 – Braço de suspensão genérico da equipe Manguê Baja



Fonte: Autor (2020).

realizados em diferentes ordens cronológicas e por um número distinto de integrantes, desde que as indicações de atividades precedentes sejam respeitadas. Os braços são produzidos para a equipe de Montagem, que os utiliza para a montagem final do protótipo.

Em média, a equipe de Montagem faz os pedidos de braços de suspensão para o Controle da Produção com uma semana de antecedência. Este último verifica se há matéria-prima disponível no estoque e realiza a compra direto no fornecedor, caso necessário. Como as quantidades são relativamente baixas e os materiais são comuns na indústria mecânica no Estado, sempre é possível realizar a compra com um dos três fornecedores de confiança da equipe Manguê Baja.

A quantidade de integrantes disponíveis e o tempo disponível para trabalho no turno varia diariamente. Em época de férias da Universidade, a equipe pode chegar a produzir com todos os integrantes e numa carga horária de até 12 horas por dia. Por outro lado, em semana de provas, é possível que não haja nenhum integrante disponível para realizar a manufatura dos componentes. Nesse contexto, o controle da produção precisa se adaptar à disponibilidade de recursos humanos e o processo de manufatura dos braços de suspensão pode ser realizado por um número de integrantes entre 1 e 4, com *lead times* que variam consideravelmente.

4 APLICANDO A MENTALIDADE ENXUTA

Este trabalho foi realizado seguindo os cinco princípios do pensamento enxuto (WOMACK; JONES, 1994). Neste capítulo está descrito como os princípios foram aplicados na equipe Mangue Baja, assim como as dificuldades encontradas e as soluções adotadas.

4.1 ESPECIFICANDO O VALOR

O programa Baja *SAE* Brasil é uma competição entre universidades e as colocações são definidas através do sistema de pontuação da tabela 7. Cada prova avalia características diferentes do projeto e possui pontuações diferentes. Dessa forma, no nível estratégico de equipe, o cliente foi definido como a competição e o valor é tudo que vai ajudar a equipe a obter mais pontos em qualquer uma das provas.

Tabela 7 – Divisão de pontos da competição Baja *SAE* Brasil

Avaliação de Projeto (320 pontos)	
Relatório de Projeto	120
Avaliação de Projeto Dinâmico	20
Apresentação de Projeto e Finais de Apresentação de Projeto	180
Eventos Dinâmicos (280 pontos)	
Aceleração	45
Retomada	45
Tração	45
Super prime	30
Suspensão	70
Manobrabilidade	45
Enduro de Resistência (400 pontos)	

Fonte: SAE Brasil (2019).

Entretanto, uma vez que este trabalho se limita ao escopo da manufatura dos braços de suspensão, é necessário entender quem é o cliente equipe de manufatura e o que ele deseja no produto. Os braços de suspensão são produzidos por integrantes da equipe de manufatura e entregues a um cliente interno da equipe, a equipe de montagem, responsável por realizar a montagem do protótipo. Para esse cliente, o valor é definido como as características que ele espera do componente:

1. Ser composto pelos materiais determinados pelo time de projeto;
2. Estar dentro das especificações dimensionais de projeto;
3. Estar em perfeito estado de conservação, não apresentando danos, falha ou desgaste.

4.2 IDENTIFICANDO O FLUXO DE VALOR

Conforme recomendado por Rother e Shook (2003), o fluxo de valor deve ser identificado por meio de um *VSM*. Para tanto, foram coletadas informações relevantes sobre os processos por meio de uma análise do arquivos da equipe e de entrevista com integrantes, descritas no Apêndice B. Elas se referem ao número de operadores necessários, as máquinas utilizadas, ao *C/T*, ao *C/O*, ao *FTQ*, ao nível de *mura* e estoque anterior aos processos. É importante salientar que esses dados foram obtidos por meio de observação em campo e análise realizadas por integrantes experientes, mas sem alto rigor estatístico, visto que os processos são manuais, pouco padronizados e apresentam inúmeras variáveis difíceis de mensurar, como a habilidade e a atenção do operador. Por fim, o tempo de turno foi definido como quatro horas, que é o menor tempo de expediente definido pela equipe.

O mapa de fluxo de valor de estado atual (apêndice C) foi elaborado considerando que três operadores, denominados “A”, “B”, e “C”, indicados no canto inferior direito das caixas de processo, realizam todos os processos. Numa situação ideal, eles realizam atividades em paralelo e produzem um braço de suspensão em 312 minutos, de modo que os operadores “A” e “C” trabalhem no caminho crítico. Contudo, na prática as atividades são controladas pelo líder da equipe de manufatura, que deve coordenar a fabricação de diversos componentes que compartilham as mesmas máquinas no galpão, dificultando que as atividades produtivas do braço de suspensão funcionem de modo *JIT* e aumentando o *lead time* médio para dois dias.

4.3 FAZENDO FLUIR E PUXAR

Esta etapa consiste em implementar o *JIT*. Nesse sentido, foi analisado o *VSM* do estado atual, identificando as mudanças necessárias para estar de acordo com as sete diretrizes propostas por Rother e Shook (2003) para tornar um fluxo de valor enxuto. Para uma primeira rodada de melhoria, deve-se buscar aprimorar processos somente com mudanças que possam ser implementadas rapidamente e com baixo custo. Além disso, é improvável que o fluxo de valor esteja de acordo com as sete diretrizes ainda na primeira rodada de melhoria, mas elas devem ser vistas como um objetivo à ser atingido. O registro das melhorias necessárias é realizado com o símbolo explosão *kaizen*.

4.3.1 *Takt time*

A demanda média anual dos braços de suspensão é de 84 unidades e varia de acordo com o ano, pois eles são produzidos para competições e testes de validação que variam anualmente. Dessa forma, o *takt time* não pode ser definido da maneira tradicional e algumas adaptações devem ser realizadas, conforme recomendado por Rother e Shook (2003). Para tanto, assumindo que a média de tempo de trabalho dos três operadores de 181 minutos será reduzida, o *takt time* foi definido como 120 minutos, permitindo que sejam produzidos dois braços de suspensão por turno e facilitando a visualização do progresso e identificação de atrasos nas atividades.

Produzir em fluxo contínuo exige que os tempos de ciclo sejam inferior aos *takt time*, exigindo que três ações sejam tomadas: (1) eliminar *muda* dos processos para reduzir o tempo total de trabalho, (2) redistribuir as tarefas entre os três operadores e (3) melhorar a qualidade dos processos, reduzindo *mura* e aumentando o índice *FTQ*. Nesse sentido, foram analisados com maior grau de detalhamento inicialmente os processos que apresentam maior possibilidade de aperfeiçoamento, tendo como critérios o *FTQ* inferior a 90% e o *mura* alto: o chanfro, o alinhamento e o rosqueamento.

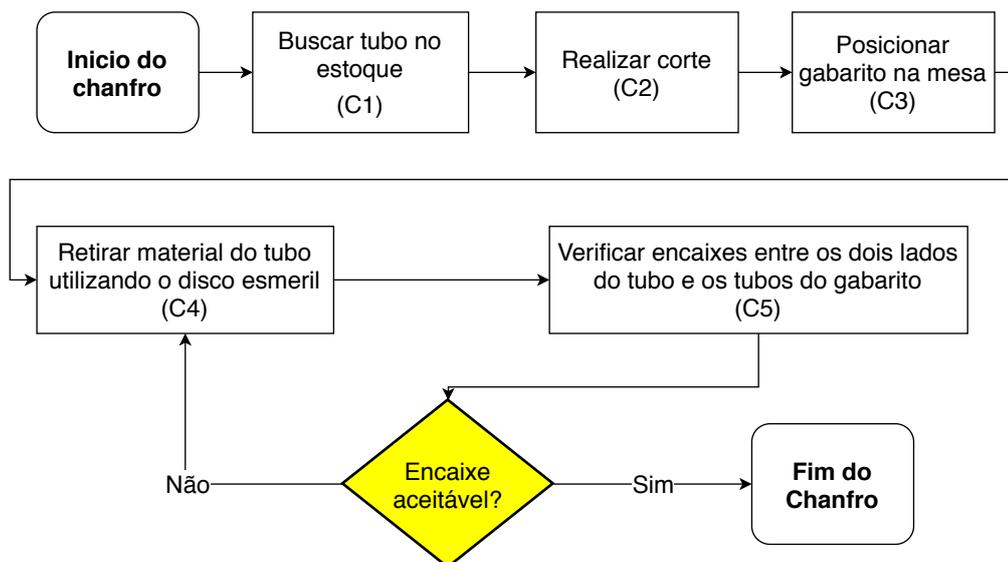
4.3.2 **Análise das principais oportunidades de melhoria**

O processo de chanfro, descrito no fluxograma da figura 12, tem como objetivo retirar material de um tubo de perfil circular para que ele encaixe em outro tubo. Ao se mensurar o tempo do processo por meio de um *gemba*, verificou-se que 23% do tempo de operação consiste em *muda* de movimento com o operador se deslocando entre o gabarito na mesa e o disco de esmeril para realizar os passos C4 e C5. Além disso, em todas as vezes, os cortes foram realizados com folgas dimensionais superiores ao mínimo para realizar o chanfro, resultando em *muda* de processamento no passo C4.

O alinhamento do braço de suspensão visa garantir a angulação correta da bucha do terminal esférico e o plano formado pelos tubos posterior e anterior. Conforme o fluxograma do processo, figura 13, são utilizadas duas chapas de aço que funcionam como um gabarito para a bucha do terminal esférico, e depois devem ser removidas após o processo de soldagem. As operações com as chapas são responsáveis por 30 minutos do tempo do processo de alinhamento e não agregam valor ao veículo. Assim, é evidente a presença de oportunidades de melhorias significativas no processo.

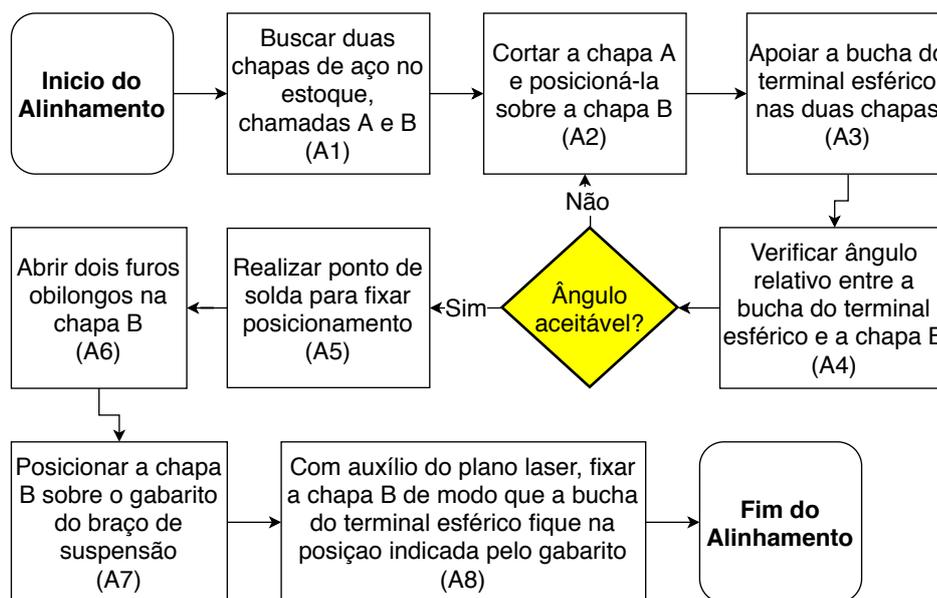
Por fim, o processo de rosqueamento é realizado manualmente utilizando um macho ferra-

Figura 12 – Fluxograma do processo de chanfro dos tubos



Fonte: Autor (2020).

Figura 13 – Fluxograma do processo alinhamento



Fonte: Autor (2020).

menta com uma taxa FTQ de 80%, causada por quebra da ferramenta dentro da rosca e desalinhamento da ferramenta no furo. Nesses casos, o material não é recuperável e a ferramenta é perdida, exigindo que o processo anterior, Manufatura #1, seja realizado novamente. Segundo Black e Kohser (2017), esses dois problemas são comuns no processo de rosqueamento e existem alternativas bem estruturadas para solucioná-los. Além disso, a padronização do processo e a automatização utilizando uma furadeira de bancada ou torno pode reduzir significativamente

o tempo da operação sem custos adicionais consideráveis, visto que a equipe já dispõe desses dois equipamentos.

4.3.3 Balanceamento das operações

Por meio do mapa de fluxo de valor do estado atual, verifica-se que os operadores A, B e C tem um tempo total de trabalho de 159, 232 e 153 minutos, respectivamente. Para que as operações estejam balanceadas e o fluxo contínuo seja possível, é necessário que cada operador seja responsável por uma caixa de processo e seu tempo de ciclo seja inferior ao *takt time*.

Tendo em vista a necessidade de reduzir o tempo total das atividades 544 para 360 minutos por meio da melhora ou eliminação de processos, foi decidido utilizar um sistema de supermercado com *kanban* de sinalização nos processos Manufatura #2 e #3, que apresentam respectivamente 2 e 1 produtos diferentes. Isso facilita a implementação de um fluxo contínuo no curto prazo e funciona como um *buffer* para minimizar o impacto de momentos de alta demanda e poucos operadores disponíveis na equipe. Em seguida, as atividades foram redistribuídas entre os operadores (tabela 8), tendo em vista os pré-requisitos entre as operações e os processos com maior oportunidade de melhora, citados anteriormente. Nessa redistribuição, foi vista a necessidade de dividir a operação Alinhamento e foram criadas metas de *C/T* para os processos Chanfro, Alinhamento e Rosqueamento, resultando na distribuição de tempos da figura 14.

Tabela 8 – Redistribuição das operações

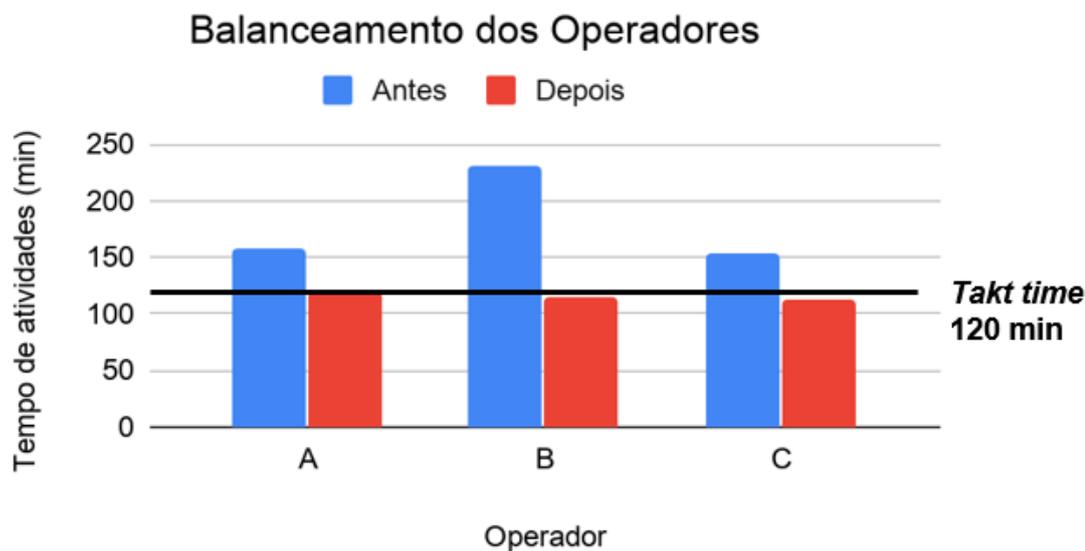
Estado Atual			Estado Futuro			Ação
Operação	Tempo (min)	Operador	Operação	Tempo (min)	Operador	
Chanfro	159	A	Chanfro	120	A	Reduzir <i>C/T</i> .
Alinhamento	90	C	Pré-Alinhamento	20	B	Reduzir <i>C/T</i> e dividir operação em duas.
			Alinhamento	50	C	
Corte #1	14	B	Corte #1	14	B	
Soldagem	30	C	Soldagem	30	C	
Corte #2	23	C	Corte #2	23	C	
Manufatura #1	50	B	Manufatura #1	50	B	
Rosqueamento	60	B	Rosqueamento	30	B	Reduzir <i>C/T</i> .
Manufatura #2	58	B	Manufatura #2	58	D	Utilizar Sistema de Supermercado.
Inserção #1	6	C	Inserção #1	6	C	
Manufatura #3	50	B	Manufatura #3	50	D	Utilizar Sistema de Supermercado.
Inserção #2	4	C	Inserção #2	4	C	

Fonte: Autor (2020).

4.3.4 Mapa de fluxo de valor do estado futuro

Para o *VSM* do estado futuro (Apêndice D) foi proposto um fluxo contínuo. Para tanto, foi definido o processo de Chanfro como cadenciador, conforme a quarta diretriz para tornar um fluxo de valor enxuto (ROTHER; SHOOK, 2003). Além disso, cada operador teve suas

Figura 14 – Comparação do balanceamento dos operadores



Fonte: Autor (2020).

operações unificadas em uma caixa de processo e sistemas de supermercado com *kanban* de sinalização foram adicionado aos estoques de matéria-prima, facilitando o controle do estoque e evitando estoque excessivo e falta de matéria-prima. Através desse sistema, quando os estoques chegarem a uma quantidade mínima pré-definida, o Controle da Produção deve ser informado e enviar uma ordem de compra de matéria-prima para os fornecedores.

Para que o processo funcione como proposto pelo mapa, duas ações adicionais são fundamentais: implementar uma política de 5S em todos os locais onde são executados os processos de manufatura do braço de suspensão e padronizar todos os processos por meio de procedimentos operacionais. Com isso, é previsível que haja redução de *muda* em todos, ou na maioria, dos processos, promovendo margem para um rebalanceamento futuro mais otimizado e redução do *takt time*.

Por fim, a tabela 9 compara os estados atuais e futuro do fluxo de valor em relação ao *lead time*, *takt time*, Controle de estoque e número de processos controlados pelo PCP.

Tabela 9 – Comparação entre os estados atual e futuro

Parâmetro	Estado Atual	Estado Futuro
<i>Lead time</i>	2 dias	360 min
<i>Takt time</i>	Inexistente	120 min
Controle de estoque	Empírico	Sistema de supermercado
Número de processos controlados pelo PCP	7	1

Fonte: Autor (2020).

4.3.5 Plano de ação

O mapa de fluxo de valor do estado futuro não tem valor se não for implementado. Para tanto, ele foi dividido em etapas de implementação, denominadas *loops*, visualizáveis no *VSM* de estado futuro com marcações (Apêndice E). O primeiro chama-se *loop* cadenciador, pois tem como objetivo a implementação de um processo cadenciador, a fim de permitir o fluxo contínuo de material. O segundo *loop* compreende os sistemas de supermercado da produção de buchas de suspensão e de almas de aço, enquanto que o terceiro *loop* se refere a implementação do sistema de supermercado para os estoques de matéria-prima. Ainda, um quarto *loop* foi adicionado, que consiste na implementação do 5S em todos os locais onde os processos dos *loops* 1, 2 e 3 são realizados.

Após a definição das etapas, foi criado o plano de fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2003) (Apêndice F). Esse plano deve mostrar o que deseja-se atingir e em qual ordem, metas mensuráveis e pontos de checagem claros com prazos e avaliadores definidos. Para tanto, todas as atividades necessárias para atingir o estado futuro foram listadas com um prazo sugerido. Além disso, todas as atividades devem possuir o nome do responsável, os indivíduos relacionados, o revisor e a data de revisão. Além disso, o plano conta com um cabeçalho, onde o Professor Orientador da equipe, assim como o Capitão, o Coordenador de Manufatura e o Gerente de Fluxo de Valor devem assinar para certificar que estão cientes e concordam com o plano. Por fim, uma tabela de programação da Revisão foi inserida, onde deve constar o nome do responsável e a data da revisão.

Ao fim do prazo da execução do Plano de Fluxo de Valor, deve ser realizada a sua revisão. Segundo Rother e Shook (2003), a ideia por trás da revisão de fluxo de valor é a combinação do planejamento com tentativa-e-erro. Deve-se aceitar que nem tudo irá ocorrer como planejado, mas é essencial aprender com os erros cometidos para que eles não sejam repetidos. Nesse sentido, deve-se trabalhar em direção à realização do plano, mesmo sabendo que o plano de fluxo de valor mudará e evoluirá anualmente. Os desvios do plano devem ser rigorosamente questionados e aceitos somente depois de testados e verificados que não são adequados. Essa abordagem fornece à disciplina necessária para conquistar as melhorias (ROTHER; SHOOK, 2003).

A ficha de revisão do fluxo de valor está disponível no Apêndice G. Cada objetivo deve ser avaliado como cumprido, um pouco atrasado ou não cumprido. (ROTHER; SHOOK, 2003) recomenda-se que os objetivos não cumpridos sejam solucionados primeiro e, se sobrar tempo,

deve-se então solucionar os itens “um pouco atrasados”. Além dos objetivos, a ficha conta com uma coluna para registrar os problemas pendentes e outra para registrar ideias para os objetivos do ano seguinte. Dessa forma, a ficha de revisão funciona também como uma ferramenta eficaz para registro dos erros e aprendizados.

4.4 BUSCANDO A PERFEIÇÃO

Perfeição é um conceito fundamental do pensamento enxuto e se refere a alinhar os esforços da organização para buscar continuamente a eliminação de *muda*. Para tanto, é essencial estabelecer um plano estratégico para assegurar que as atividades de melhoria contínua não sejam pontuais, mas que estejam de acordo com os objetivos da organização. Nesse sentido, foi realizada uma modificação da matriz de *policy deployment* (*PD*) para melhor se adaptar a realidade da equipe, conforme o exemplo da figura 15. Nesse exemplo, a matriz foi preenchida com metas, objetivos e projetos fictícios para fins de entendimento da ferramenta. Essa matriz é baseada em 4 conceitos que se inter-relacionam, e em ordem decrescente de nível estratégico são: objetivos, metas de competição, metas internas e projetos selecionados. Os objetivos definem o que a equipe deseja alcançar num prazo de até três anos, ao passo que as metas de competição estabelecem as pontuações em cada prova, ou conjunto de provas, da competição que a equipe deseja obter no ano atual e que auxiliem no alcance dos objetivos. Em seguida, as metas internas dirigem as ações para que as metas de competição sejam atingidas. Por fim, os projetos selecionados são todos os projetos e estudos necessários para alcançar as metas internas.

Na matriz de *PD* modificada, a área amarela descreve-se as inter-relações entre as metas, objetivos e projetos selecionados, enquanto que a área azul indica os integrantes responsáveis por cada projeto. O estabelecimento dos objetivos, metas e projetos da equipe é uma responsabilidade dos integrantes e está fora do escopo deste trabalho. Sugere-se que essa atividade seja realizada pelos integrantes da equipe, que são os responsáveis pela execução dos projetos, com auxílio dos professores orientadores.

A matriz da figura 15 não deixa evidente como a equipe vai se tornar mais enxuta. Entretanto, além de estimular a implantação de projetos *kaizen*, a matriz possibilita a visualização dos projetos planejados, evitando que atividades que não desejadas pelo cliente sejam levadas à frente e eliminando o oitavo tipo de *muda* proposto por Womack e Jones (2003).

Ao se trabalhar com o *policy deployment*, deve-se discutir abertamente a quantidade de recursos disponíveis e a sua relação com as metas e objetivos, de modo que todos os integrantes estejam de acordo. Além disso, é importante que o número de projetos selecionados não seja

Figura 15 – Exemplo de Policy Deployment aplicado ao projeto Baja SAE

X	X	Elaborar banco de dados de falhas do protótipo		X	X				X			
	X	Implementar Pensamento Enxuto na manufatura do chassi			X			X	X			
	X	Painel eletrônico conectado à internet	X					X		X		
Top 3 no enduro da competição nacional	Top 3 geral competição nacional	Objetivos (3 anos)		Metas internas (ano atual)		Meta de competição (ano atual)						
		Projetos selecionados		Implementar dois projetos de digitalização no veículo	Rodar 40 horas na pista de testes sem quebras	Aumentar em 20% o tempo da etapa de validação do protótipo	Reduzir em 70% a probabilidade de erros de montagem	Integrantes				
								Nome do integrante 1				
								Nome do integrante 2				
								Nome do integrante 3				
X	X	>= 380 pontos no Enduro de Resistência na Competição Nacional		X	X	X						
	X	>= 240 pontos em Projetos na Competição Nacional	X	X								
	X	>= 200 pontos em Dinâmicas na Competição Nacional		X	X	X						

Fonte: Autor (2020).

excessivo. Segundo (WOMACK; JONES, 2003), as empresas mais bem sucedidas são as que aprendem a recusar projetos, apesar do entusiasmo de partes da organização.

Por fim, o *PD* pode ser realizado utilizando o modelo do Apêndice F e deve ser realizado anualmente e revisitado em prazos pré-definidos. Dessa forma, busca-se garantir que ações da equipe estejam alinhadas com o planejamento estratégico definido e que modificações no planejamento sejam realizadas caso necessário.

5 CONCLUSÃO

A utilização dos cinco princípios de manufatura enxuta propostos por Womack e Jones (2003) se mostraram essenciais no desenvolvimento desta proposta. Por meio da definição clara do escopo, da seleção de um único processo modelo com base em critérios objetivos e da elaboração de um *VSM* atual do processo, foram identificados pontos de melhoria claros e estruturado um plano de ação com boas chances de sucesso e com resultados esperados visualizáveis por meio do *VSM* futuro.

A comparação entre os estados atual e futuro demonstra uma redução do *lead time* de 2 dias para 360 minutos e o estabelecimento de um *takt time*, tornando evidente o andamento dos processos sem a necessidade de ferramentas de gestão da produção complexas ao reduzir o número de processos controlados pelo PCP de 7 para 1 - o processo cadenciador. Ademais, o controle de estoque passa a utilizar um sistema *kanban*, cujo conceito é simples, porém torna os problemas de estoques excessivos e falta de matéria-prima facilmente visualizáveis.

Seguindo a metodologia proposta por Rother e Shook (2003), validadas em inúmeros projetos em anos de experiência industrial dos autores, foi desenvolvido um plano de ação simples, estruturado e com um sistema de revisão que foca em aprendizado contínuo. Esse plano aliado a matriz de *Policy Deployment* modificada, concebida neste trabalho, permite à equipe progredir de maneira consistente e considerando objetivos de curto e de longo prazo.

Para trabalhos futuros, recomenda-se colocar em prática o plano proposto neste trabalho, documentando-se os sucessos e as falhas de maneira didática e sistemática, a fim de assegurar o progresso contínuo da equipe Manguê Baja. Além disso, reforça-se a importância de manter sempre em vista as necessidades do cliente e o produto, garantindo-se que todos os esforços sejam realizados em direção à criação de valor e à eliminação de *muda*.

REFERÊNCIAS

- AKTIA SOLUTIONS. **AKTIA Solutions**. 2020. Disponível em: <<https://aktiasolutions.com/hoshinkanrihoshinplanstrategy/>>. Acesso em: 01 jul. 2019. Citado na página 22.
- BHAMU, J.; SANGWAN, K. S. Lean manufacturing: literature review and research issues. **International Journal of Operations & Production Management**, Emerald Group Publishing Limited, v. 34, n. 7, p. 876–940, 2014. Citado na página 17.
- BLACK, J. T.; KOHSER, R. A. **DeGarmo's materials and processes in manufacturing**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2017. Citado na página 43.
- DILLON, A. P.; SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system**. [S.l.]: CRC Press, 1985. Citado na página 34.
- DUGGAN, K. J. **Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand**. [S.l.]: CRC Press, 2018. Citado na página 28.
- FAGUNDES, R. A. et al. Implementação de um processo cadenciador na fabricação de circuitos impressos rígidos. [sn], 2007. Citado 3 vezes nas páginas 28, 29 e 37.
- GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of vehicle dynamics**. [S.l.]: Society of automotive engineers Warrendale, PA, 1992. v. 400. Citado na página 37.
- HOUNSHELL, D. A. **From the American system to mass production: the development of manufacturing technology in the United States, 1850-1920**. Tese (Doutorado) — University of Delaware, 1978. Citado na página 16.
- KRISHNAMOORTHY, K.; KRISHNAMOORTHY, V. R.; PENNATHUR, A. **A First Course in Quality Engineering: Integrating Statistical and Management Methods of Quality**. [S.l.]: cRc press, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 18, 24 e 27.
- MANGUE BAJA. **Equipe Manguê Baja**. 2019. Disponível em: <<https://www.manguiebaja.com/>>. Acesso em: 01 nov. 2019. Citado na página 11.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. [S.l.]: Saraiva São Paulo, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time**. [S.l.]: Bookman Editora, 2015. Citado na página 23.
- OHNO, T. **Toyota production system: beyond largescale production**. [S.l.]: crc Press, 1988. Citado 3 vezes nas páginas 22, 24 e 25.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção. **Operações industriais e de serviços**. Unicenp, 2007. Citado na página 37.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. [S.l.]: Lean Enterprise Institute, 2003. Citado 12 vezes nas páginas 19, 27, 28, 29, 32, 33, 37, 41, 42, 44, 46 e 49.
- SAE Brasil. **Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE BRASIL**. 2019. Citado na página 40.

SAE BRASIL. **Baja SAE Brasil**. 2020. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programasestudantis/bajasaebrazil>>. Acesso em: 01 abr. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

SAE INTERNATIONAL. **Baja SAE**. 2019. Disponível em: <<https://www.bajasaenet/>>. Acesso em: 01 nov. 2019. Citado na página 11.

SÁNCHEZALEJO, F. J. et al. The developing of personal and professional skills in automotive engineers through university competitions. In: IEEE. **IEEE EDUCON 2010 Conference**. [S.l.], 2010. p. 1491–1498. Citado na página 11.

SILVA, E. L. d.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. rev. atual, 2001. Citado na página 13.

Wikipedia contributors. **Valuestream mapping — Wikipedia, The Free Encyclopedia**. 2019. [Online; accessed 3-December-2019]. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Valuestream_mapping&oldid=927176700>. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

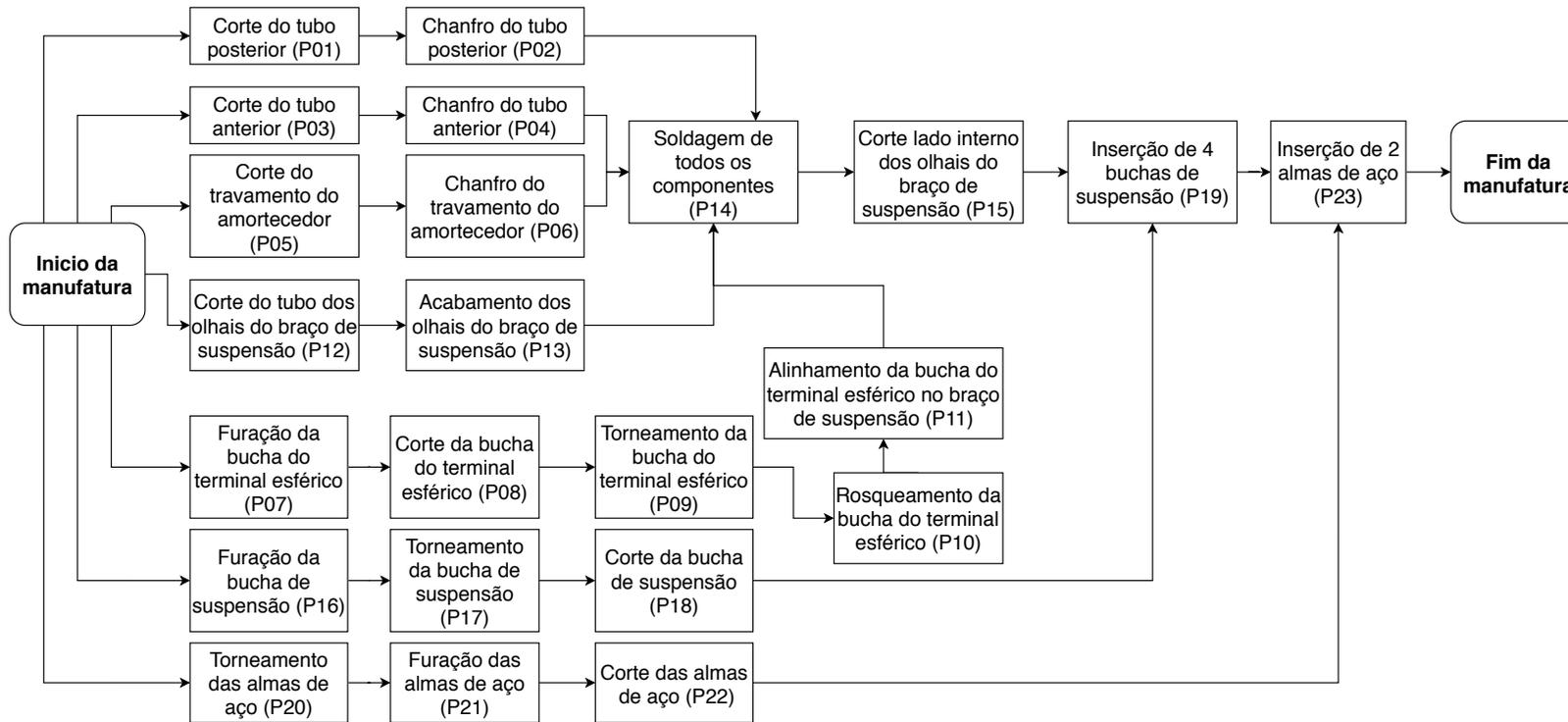
WILSON, L. **How to implement lean manufacturing**. [S.l.]: McGraw Hill Professional, 2009. Citado na página 21.

WOMACK, J.; JONES, D. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**. New York, NY: Free Press, 2003. ISBN 0742349275. Citado 10 vezes nas páginas 12, 17, 18, 19, 21, 23, 36, 47, 48 e 49.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World : The Story of Lean Production**. New York, NY: Macmillan Publishing Company, 1990. ISBN 0892563508. Citado 3 vezes nas páginas 12, 14 e 15.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. From lean production to the lean enterprise. **Harvard business review**, SUBSCRIBER SERVICE, PO BOX 52623, BOULDER, CO 803222623, v. 72, n. 2, p. 93–103, 1994. Citado na página 40.

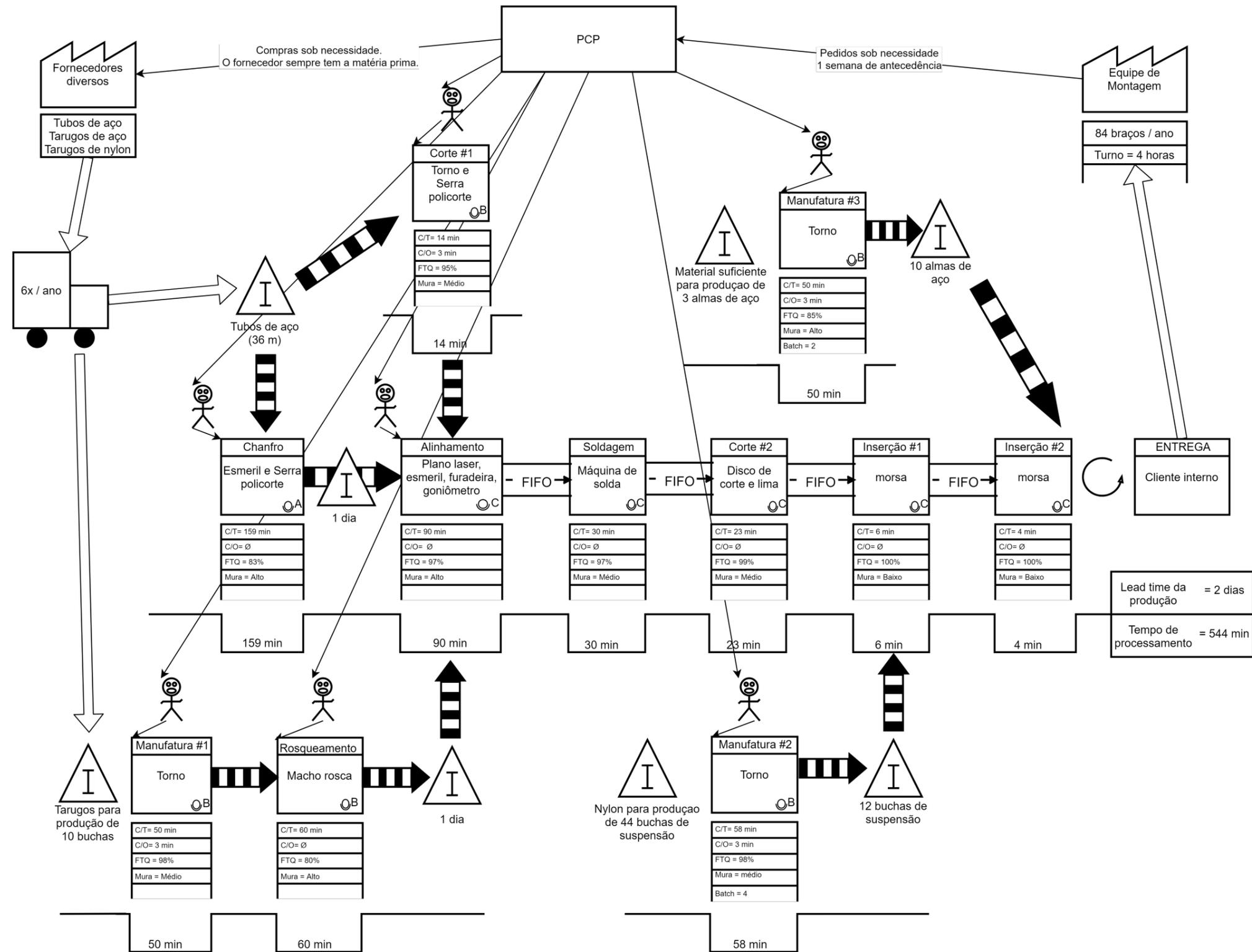
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE MANUFATURA DO BRAÇO DE SUSPENSÃO



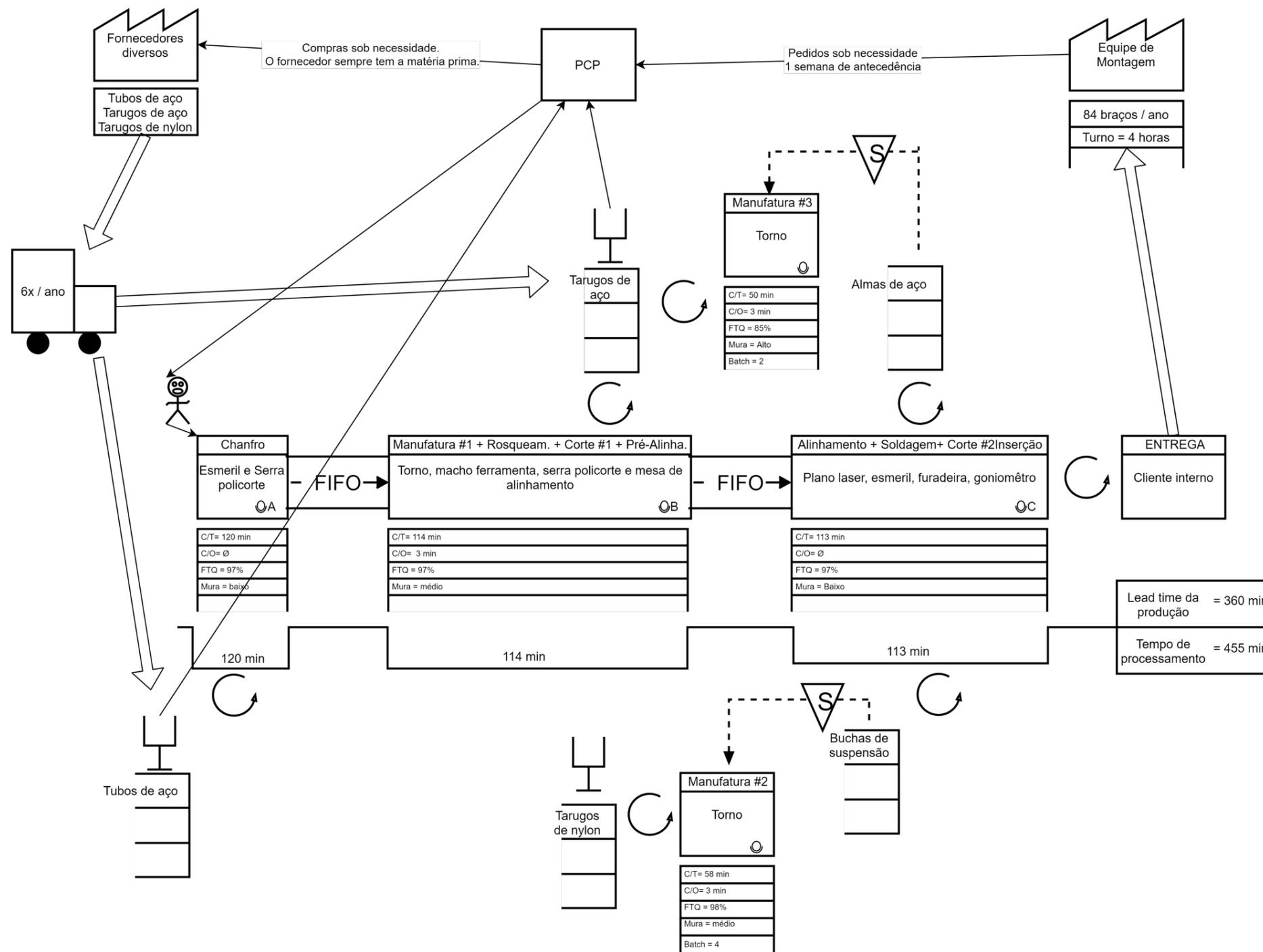
**APÊNDICE B – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE MANUFATURA DO BRAÇO
DE SUSPENSÃO**

Nome da caixa de processo	ID no fluxograma	Descrição	C/T	C/O	Principais equipamentos	FTQ	Mura	Estoque observado
Chanfro	P01 a P06	Corte e chanfro dos tubos	159 min (P1, P3 e P5 é 3 min cada, P2 e P4 60 min cada e P6 30 min.)	Ø	Serra policorte para os cortes e esmeril para os chanfros	83%	Alto. O processo depende muito de habilidade manual, não padronizado e não há ferramentas que auxiliem na execução.	36 metros de tubos e com dois tipos de tubo diferentes.
Alinhamento	P11	Série de operações, incluindo a manufatura de gabaritos intermediários, para posicionar a bucha do terminal no local correto e com o ângulo desejado	90 min	Ø	Plano laser, esmeril, furadeira e goniômetro	97%	Alto. O processo depende muito de habilidade manual, não padronizado e não há ferramentas que auxiliem na execução.	Ø
Corte #1	P12 e P13	Corte da dimensão longitudinal externa e acabamento de um tubo para ser utilizado como olhal	14 min	3 min	Serra policorte e torno	95%	Médio. Processo simples, que exige certo nível de habilidade e não é padronizado.	36 metros de tubos e com dois tipos de tubo diferentes.
Soldagem	P14	Soldagem dos tubos posteriores e anteriores, travamento do amortecedor, olhais do braço de suspensão, bucha do terminal esférico e olhais do amortecedor. A limpeza pré-solda está inclusa	30 min	Ø	Máquina de solda	97%	Médio. O processo não é padronizado e exige conhecimento de soldagem, mas não há uma variação considerável de tempo entre soldadores.	Ø
Corte #2	P15	Corte da dimensão longitudinal interna e acabamento do tubo utilizado para os olhais.	23 min	Ø	Disco de corte e lima	99%	Médio. Processo simples, que exige certo nível de habilidade e não é padronizado.	Ø
Manufatura #1	P7 a P9	Manufatura da bucha do terminal esférico sem a rosca interna.	50 min	3 min	Torno mecânico	98%	Médio. Processo simples, que exige certo nível de habilidade e não é padronizado.	Material suficiente para a produção de 10 buchas
Rosqueamento	P10	Rosqueamento da bucha do terminal esférico.	60 min	Ø	Macho rosca	80%	Alto. O processo teoricamente é simples, mas tem gerado problemas ocasionais relacionados ao alinhamento da rosca e quebra da ferramenta macho. Além disso, não é padronizado e a habilidade do operador influencia significativamente no tempo e na qualidade do processo.	Ø
Manufatura #2	P16 a P18	Manufatura de quatro buchas de suspensão, visto que cada olhal utilizada duas. (Há dois tipos diferentes de bucha)	58 min	3 min	Torno mecânico	98%	Médio. Processo simples, que exige certo nível de habilidade e não é padronizado.	Nylon suficiente para produção de 44 buchas de suspensão
Inserção #1	P19	Inserção das quatro buchas de suspensão.	6 min	Ø	Morsa	100%	Baixo. Processo simples.	12 buchas de suspensão
Manufatura #3	P20 a P22	Manufatura de duas almas de aço para as buchas de suspensão.	50 min	3 min	Torno mecânico	85%	Alto. Processo não padronizado e que exige habilidade do operador no torno, devido as dimensões reduzidas do componente.	Material suficiente para a produção de 16 almas de aço.
Inserção #2	P23	Inserção de duas almas de aço nas buchas.	4 min	Ø	Morsa	100%	Baixo. Processo simples.	10 almas de aço

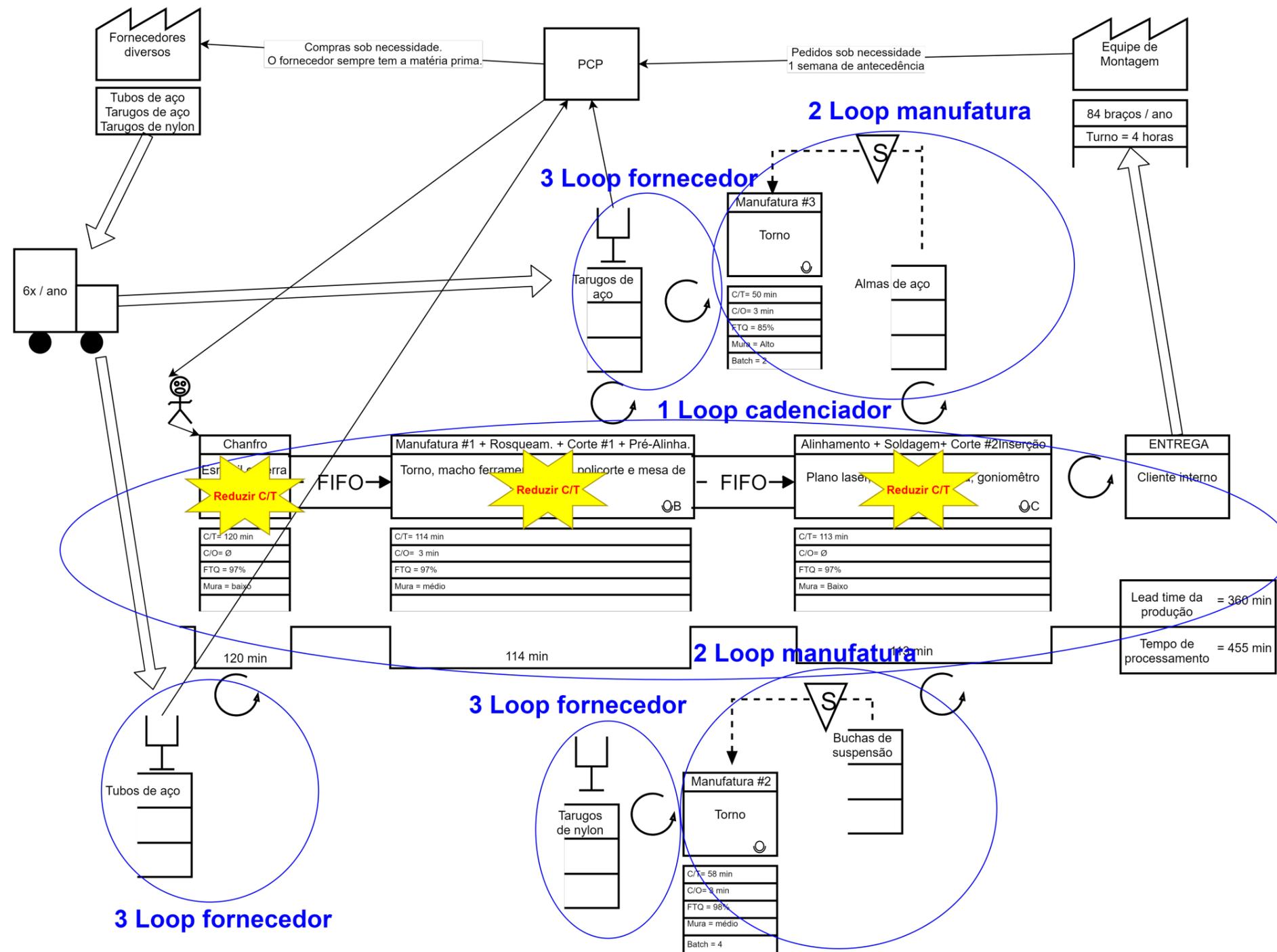
APÊNDICE C – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL



APÊNDICE D – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO



APÊNDICE E – MAPA DE FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO COM MARCAÇÕES



APÊNDICE G – FICHA DE REVISÃO DO FLUXO DE VALOR

DATA		REVISÃO DO FLUXO DE VALOR				ASSINATURAS				
CAPITÃO DA EQUIPE	GERENTE DO FLUXO DE VALOR					Orientador da equipe	Capitão da equipe	Coordenador de manufatura	Gerente do Fluxo de Valor	Revisor
Objetivo do Negócio da Família de Produtos	Loop do Fluxo de Valor					Objetivo do Fluxo de Valor	META (mensurável)	Avaliação	Problemas Pendentes	Idéias para os objetivos do próximo ano
Aperfeiçoar o processo de manufatura dos braços de suspensão	1 Cadenciador	Atingir fluxo contínuo	Zero estoques intermediários							
		Reduzir C/T do chanfro	<= 120 min							
		Aumentar FTQ chanfro	>= 97%							
		Reduzir C/T do alinhamento	<= 70 min							
		Dividir alinhamento em duas operações	Parte 1 <= 20 min Parte 2 <= 50 min							
		Reduzir C/T do rosqueamento	<= 30 min							
		Aumentar FTQ Rosqueamento	>= 97%							
		Criar procedimentos operacionais	=100% dos processos do loop							
	2 Manufatura	Introduzir supermercado para as almas de aço	Estoque de reposição = 10 Estoque max. = 20							
		Aumentar FTQ Manufatura #3	>= 97%							
		Introduzir supermercado para as buchas de suspensão do diâmetro menor	Estoque de reposição = 12 Estoque max. = 24							
		Introduzir supermercado para as buchas de suspensão do diâmetro maior	Estoque de reposição = 12 Estoque max. = 24							
		Criar procedimentos operacionais	=100% dos processos do loop							
	3 Fornecedor	Introduzir supermercado para os tubos de aço do diâmetro menor	<i>A definir pelo gerente do fluxo de valor</i>							
		Introduzir supermercado para os tubos de aço do diâmetro maior	<i>A definir pelo gerente do fluxo de valor</i>							
		Introduzir supermercado para os tarugos de aço	Estoque de reposição = 5 Estoque max. = 10							
		Introduzir supermercado para os tarugos de nylon	Estoque de reposição = 20 Estoque max. = 40							
	4 5S	Introduzir 5S	=100% dos locais onde são realizados os processos do Mapa							

