



Gabriel Afonso Stein

MAPEAMENTO DE PROCESSOS DO CHASSI DO FÓRMULA SAE

Horizontina-RS

2023

Gabriel Afonso Stein

MAPEAMENTO DE PROCESSOS DO CHASSI DO FÓRMULA SAE

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel na Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina, sob a orientação da professora Mestre Ivete Linn Ruppenthal.

Horizontina-RS

2023

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Mapeamento de processos do chassi do Fórmula SAE”

**Elaborado por:
Gabriel Afonso Stein**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 01/12/2023
Pela Comissão Examinadora

Profª. Me. Ivete Linn Ruppenthal
Presidente da Comissão Examinadora – Orientadora

Profª. Me. Eliane Garlet
FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Me. Janyel Trevisol
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2023**

Dedico esse trabalho a meu pai Nelson Élio Stein e minha mãe Noeli Nilva Grellmann Stein, por sempre acreditarem e me apoiarem infinitamente nos meus estudos e no meu desenvolvimento pessoal e profissional, sem eles nada disso seria possível. Também deixo minha imensa gratidão a orientadora Ivete Linn Ruppenthal por todo o apoio prestado durante a orientação.

"A verdadeira medida de um homem não é a sua inteligência ou como grandes ideias ele tem, mas como bem-sucedido ele se torna."

(Napoleon Hill)

RESUMO

O mapeamento dos processos do chassi do Fórmula SAE da equipe da FAHOR é uma prática fundamental que busca mapear e compreender todas as atividades e etapas envolvidas na fabricação desse conjunto crucial do veículo. Esse processo de mapeamento envolve a criação de um mapeamento de fluxo detalhado que representa cada fase, desde a concepção até a produção final do chassi. Durante o mapeamento, são identificados os pontos de entrada e saída e as interações entre os processos, buscando contribuir para o sucesso da equipe na competição. Diante disto, o objetivo geral deste estudo é realizar o mapeamento dos processos de fabricação do chassi do Fórmula SAE da FAHOR, visando a otimização do tempo e melhoria dos processos envolvidos. Quanto à metodologia, a abordagem classifica-se como dedutivo e qualitativo. O trabalho consiste em um estudo de caso e os dados foram coletados a partir de observações, pesquisa documental e entrevistas. Os principais resultados evidenciados com o estudo foram a otimização dos processos, melhoria na eficiência de produção e padronização dos processos produtivos. Ao entender e documentar todo o processo, a equipe do Fórmula SAE da FAHOR tem mais controle sobre os processos, estando melhor informada para tomar decisões, identificar possíveis gargalos e implementar melhorias contínuas. Foi possível identificar melhorias nos processos que foram indicadas a equipe para um trabalho futuro. A clareza proporcionada pelo mapeamento dos processos contribui diretamente para o sucesso da equipe na competição, permitindo uma manufatura mais eficiente, melhor controle de qualidade e uma abordagem mais estratégica para o desenvolvimento do chassi.

Palavras-chave: Otimização de processos. Mapeamento de processos equipe FAHOR. Melhoria contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento do processo.....	17
Figura 2 - Fluxograma da execução da pesquisa.....	33
Figura 3 - Carro elétrico Fórmula SAE da FAHOR.....	35
Figura 4 - Fluxo de Valor Atual.....	41
Figura 5 - Fluxo de Valor Futuro.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro comparativo do método 5W2H.	21
Quadro 2 - Plano de ação 5W2H.	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	TEMA	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	11
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.4	HIPÓTESES	12
1.5	JUSTIFICATIVA	12
1.6	OBJETIVOS	13
1.6.1	Objetivo geral	13
1.6.2	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	GESTÃO DE PRODUÇÃO	15
2.2	PROCESSOS	16
2.3	GESTÃO DE PROCESSOS	18
2.4	MELHORIA DE PROCESSOS	20
2.5	MAPEAMENTO E MODELAGEM DOS PROCESSOS	22
2.6	METODOLOGIA E MAPEAMENTO DOS PROCESSOS	23
2.6.1	BPMN (Business process Modeling Notation)	24
2.7	FÓRMULA SAE	25
3	METODOLOGIA	27
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS	27
3.1.1	Métodos de Abordagem	27
3.1.2	Objetivos de Pesquisa	28
3.1.3	Métodos de Procedimentos Técnicos	29
3.1.4	Técnicas de Coleta de Dados	29
3.1.5	Técnicas de Análise de Dados	31
3.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	32
3.3	EXECUÇÃO DA PESQUISA	32
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO FÓRMULA SAE FAHOR	34
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	36
4.2.1	Troca de informações entre os setores	36
4.2.2	Documentação das atividades realizadas	37
4.2.3	Estabelecimento de um cronograma	37
4.2.4	Problemas ocorrentes na fabricação	38
4.3	ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CHASSI	38
4.4	ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ETAPAS DO PROCESSO	39
4.4.1	Identificação de restrições no processo de fabricação do chassi	40
4.4.2	Fluxo de Valor atual	40
4.5	SUGESTÕES DE MELHORIAS E EFICIÊNCIA DE QUALIDADE DO PROCESSO	45
4.5.1	Fluxo de Valor Futuro	46
4.5.2	Inovações tecnológicas	49
4.6	PLANO DE AÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS BASEADO NO 5W2H	50
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento de processos é uma técnica utilizada para analisar e entender os processos de negócios em diferentes áreas de atuação, como na Engenharia de Produção. Em particular, na área de competições estudantis de engenharia, como a Fórmula *Society Automotive Engineers (SAE)*, o mapeamento de processos pode ser aplicado para entender o processo de fabricação do chassi de um carro de corrida.

A Fórmula SAE é uma competição internacional em que equipes universitárias de engenharia projetam, constroem e competem com um carro de corrida da Fórmula SAE. O chassi é a estrutura do carro e sua fabricação é uma das etapas críticas do projeto, pois a partir dela é realizada a estruturação de todo o resto do carro, de forma que suporte e distribua as cargas geradas pela aerodinâmica, motor e transmissão. Portanto, é essencial que o projeto do chassi seja preciso e eficiente, a fim de garantir um bom desempenho e segurança nas pistas de corrida.

Para entender o processo de fabricação do chassi, o mapeamento de processos é uma técnica imprescindível, pois permite uma análise detalhada das etapas e subetapas envolvidas, bem como dos recursos necessários e tempos de cada etapa. Com base nessa análise, é possível identificar oportunidades de melhoria e otimização do processo.

O mapeamento de processos começa com a identificação e listagem de todos os componentes do chassi, tais como tubos, chapas, suportes, entre outros. Cada componente é então caracterizado em termos de material, dimensões, espessura, forma e posição no chassi. Isso permite que sejam definidos os requisitos de fabricação e montagem de cada componente, bem como a sequência e o tempo necessário para a sua produção. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo mapear o processo de fabricação do chassi de um carro de corrida Fórmula SAE, utilizando a técnica de análise de valor agregado.

Os objetivos do estudo incluem identificar etapas críticas no processo de fabricação do chassi, determinar o tempo necessário para cada etapa, identificar oportunidades de melhorias e aumento da eficiência, e avaliar o desempenho do processo de fabricação em relação às metas estabelecidas, definidos pelas metas e prazos de entrega. A metodologia do estudo incluiu o trabalho em equipe junto a todos os acadêmicos envolvidos no processo de fabricação, revisão de documentos relacionados ao processo e observação direta do processo em ação. O mapeamento

do processo pode ser feito usando a técnica de análise de valor agregado, que permite uma análise detalhada do valor de cada etapa do processo em relação ao tempo e aos custos envolvidos.

Portanto espera-se que este trabalho possa contribuir para o aprimoramento do processo de fabricação do chassi de um carro de corrida Fórmula SAE, ajudando a equipe do Fórmula SAE da faculdade da FAHOR a obter melhor desempenho na competição e, potencialmente, inspirando inovações que possam ser aplicadas na indústria automotiva em geral.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho de conclusão de curso é o mapeamento de processos do chassi do Fórmula SAE, visando a identificação das atividades envolvidas, os recursos utilizados, as inter-relações entre eles.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho está delimitado a um mapeamento de processos do chassi do Fórmula SAE, o qual é um projeto com fins acadêmicos, na Faculdade da FAHOR, situada em Horizontina, Rio Grande do Sul.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa abrange a análise das etapas e subetapas do processo de fabricação do chassi, a medição de cada uma das etapas quanto aos tempos envolvidos, identificação de gargalos e oportunidades de melhoria, e a proposição de soluções para otimizar o processo. O objetivo é que a otimização do processo de fabricação do chassi contribua para o desempenho da equipe na competição Fórmula SAE e resolva problemas de gestão e gerenciamento do processo, além de potencialmente gerar *insights* e inovações que possam ser aplicadas na indústria automotiva em geral.

Assim, o problema de pesquisa deste estudo consiste em: Como otimizar o processo de fabricação do chassi de um carro de corrida Fórmula SAE, a fim de reduzir o tempo e melhorar a eficiência e qualidade do produto final?

1.4 HIPÓTESES

Fundamentado a partir do problema de pesquisa descrito na etapa anterior referente ao mapeamento de processos de fabricação do Fórmula SAE, foram formuladas algumas hipóteses, tais como:

- A identificação de gargalos no processo de fabricação do chassi permitirá uma otimização do tempo, buscando atacar a causa raiz das perdas de tempo, melhorando a eficiência do processo e aumentando a qualidade do produto final.
- A análise de cada etapa do processo de fabricação do chassi em relação ao valor agregado permitirá identificar etapas que podem ser simplificadas ou eliminadas sem comprometer a qualidade do produto final.

1.5 JUSTIFICATIVA

A Fórmula SAE é uma competição que desafia estudantes de engenharia a projetar, construir e competir com carros de corrida monopostos. Esses veículos são projetados para alcançar altas velocidades, apresentar boa dirigibilidade e serem seguros para os pilotos. O chassi é uma parte crítica do carro, pois é responsável por suportar todas as outras partes e componentes do veículo, bem como proteger o piloto em caso de acidente. Portanto, é fundamental que o processo de fabricação do chassi seja bem planejado e executado com precisão.

Nesse contexto, o mapeamento de processos do chassi do Fórmula SAE é de suma importância para realizar a identificação das restrições, mapeando os processos e permitindo identificar os gargalos e pontos críticos do processo de fabricação do chassi. Isso ajuda a equipe a identificar onde as melhorias podem ser feitas para otimizar o processo e reduzir o tempo de produção.

Entende-se que através da padronização de processos, há uma maior facilidade no processo de fabricação do chassi, ajudando a garantir que o chassi seja construído de maneira consistente e com alta qualidade. O mapeamento de processos também contribui para a melhoria contínua, sendo uma ferramenta de extrema eficácia. Ao identificar oportunidades de melhoria, a equipe pode implementar mudanças que aumentem a eficiência e a qualidade do produto.

A comunicação interna fica mais clara quando é feito o mapeamento dos processos. Ela ajuda a garantir que todos os envolvidos com o processo entendam como funciona a manufatura do chassi. Isso ajuda a evitar mal-entendidos e garante que todos estejam trabalhando em harmonia para atingir os objetivos da equipe. Em resumo, o mapeamento de processos do chassi do Fórmula SAE é importante porque ajuda a equipe a identificar oportunidades de melhoria, padronizar o processo de fabricação, garantir a qualidade do produto final e comunicar claramente o processo para todos os membros da equipe, justificando assim este estudo.

1.6 OBJETIVOS

Segundo Creswell (2014), os objetivos de uma pesquisa devem ser específicos, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e limitados no tempo, para garantir que sejam efetivos na condução da pesquisa. Os objetivos são importantes porque fornecem uma direção clara para o trabalho e ajudam a concentrar os esforços em alcançar resultados específicos. Eles também ajudam a estabelecer prioridades e a definir os recursos necessários para alcançar esses objetivos.

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é realizar o mapeamento dos processos de fabricação do chassi do Fórmula SAE da FAHOR, visando a otimização do tempo e melhoria dos processos envolvidos.

1.6.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral é importante estabelecer objetivos específicos que direcionam o estudo de forma mais detalhada. Os objetivos específicos definidos para este estudo são:

- Identificar as etapas do processo de fabricação do chassi.
- Identificar possíveis restrições e áreas de melhoria no processo de fabricação do chassi, por meio de ferramentas de análise.

- Propor soluções para melhoria da eficiência e qualidade do processo.
- Desenvolver um plano de ação para a implementação das soluções propostas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No capítulo de Revisão de Literatura são apresentados os principais fundamentos teóricos baseados nos objetivos do trabalho. Neste capítulo são abordados os embasamentos essenciais para o desenvolvimento e aplicação do estudo, incluindo temas como Processos, Gestão de Processos, Melhoria de Processos, bem como Metodologias de Mapeamento de Processos.

2.1 GESTÃO DE PRODUÇÃO

A gestão da produção é uma área importante para as organizações que buscam melhorar a eficiência e a eficácia da produção de bens e serviços (SLACK, 2018). De acordo com Corrêa e Corrêa (2010), a gestão de produção pode ser definida como uma atribuição administrativa que se concentra no planejamento, organização, orientação e controle das tarefas de produção.

As atividades de gestão da produção envolvem o planejamento e controle da produção, gestão de estoques, gestão da qualidade, gestão de projetos, entre outras (PMBOK, 2017). Segundo Kerzner (2017), o planejamento e controle da produção envolve a definição dos planos de produção, a programação da produção e o controle dos recursos envolvidos na produção. A gestão de estoques é responsável por garantir o nível adequado de estoques para atender à demanda e evitar a falta de produtos. A gestão da qualidade envolve o controle da qualidade dos produtos e serviços e a implementação de sistemas de gestão da qualidade. A gestão de projetos envolve a coordenação de todas as atividades envolvidas na realização de um projeto.

Existem diferentes abordagens e técnicas utilizadas na gestão da produção. Uma das abordagens mais tradicionais é a Administração Científica, que busca a eficiência na produção por meio da divisão do trabalho e da aplicação de técnicas de cronometragem e padronização (FAYOL, 1980). Outra abordagem importante é o Sistema Toyota de Produção, desenvolvido pela Toyota no Japão, que enfatiza a qualidade, a flexibilidade e a melhoria contínua (WOMACK et al., 2010). A abordagem *lean* é baseada no sistema Toyota e tem como objetivo a eliminação de desperdícios e a maximização do valor entregue ao cliente.

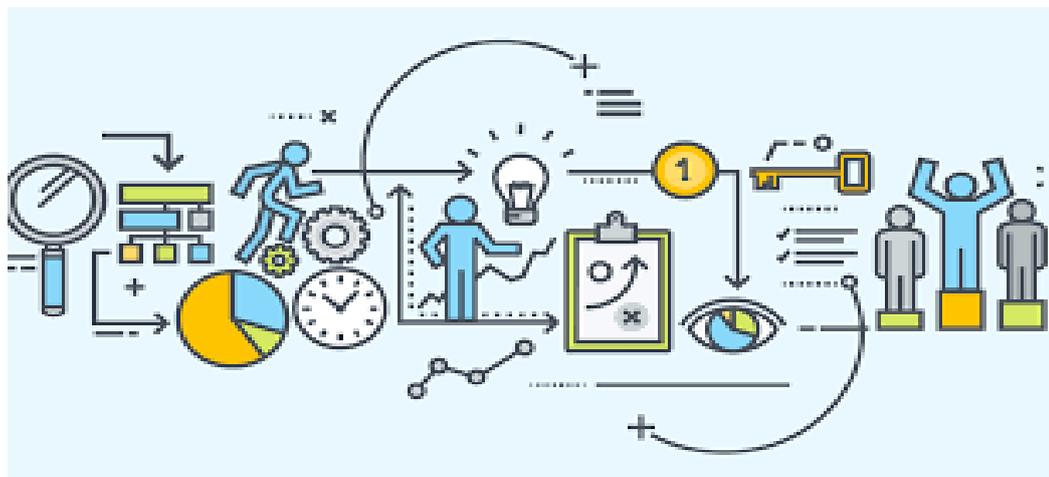
Uma técnica bastante empregada é o Sistema Toyota de Produção (STP), que se baseia em dois pilares: *JUST IN TIME* (JIT) e *Jidoka* (WOMACK; JONES; ROOS, 1990). O JIT tem como objetivo produzir somente o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário, reduzindo estoques e aumentando a eficiência. Já o *Jidoka* visa a interromper a produção automaticamente em caso de problemas ou defeitos, garantindo a qualidade do produto final. Outra metodologia utilizada na gestão da produção é a Produção Enxuta, que tem como objetivo eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos produtivos (WOMACK; JONES, 2003). A Produção Enxuta se baseia em cinco princípios: especificar o valor, identificar o fluxo de valor, criar fluxo contínuo, produzir somente o que é necessário e buscar aperfeiçoamento contínuo.

As técnicas utilizadas na gestão da produção incluem a análise de fluxo de processos, que permite identificar gargalos e oportunidades de melhoria, a análise de valor, que busca maximizar o valor entregue ao cliente, e o *Kanban*, que é uma ferramenta de controle da produção baseada em cartões (SLACK, 2018). Segundo Shewhart (1931), a gestão da qualidade também utiliza técnicas como a análise de causa raiz, que busca identificar as causas dos problemas de qualidade, e a ferramenta de controle estatístico de processo, que permite monitorar e controlar a qualidade dos produtos e serviços.

2.2 PROCESSOS

Processo é uma sequência de atividades inter-relacionadas que transformam *inputs* em *outputs* com o objetivo de gerar valor para o cliente ou usuário final (DAVENPORT; SHORT, 1990). Para Davenport (1993), processo é uma estrutura ordenada de atividades que produzem um resultado específico para um cliente ou mercado específico. A seguir está representada uma imagem, demonstrando o funcionamento de um processo (Figura 1).

Figura 1: Funcionamento do processo



Fonte: Helioprint (2018)

Para melhor compreender e gerenciar os processos, a utilização de ferramentas de mapeamento e modelagem se torna essencial. Segundo Dumas *et al.* (2018), o mapeamento de processos é o processo de documentar as atividades, os fluxos de trabalho, os eventos e os recursos necessários para se alcançar um objetivo de negócio específico. Já a modelagem de processos é a representação gráfica de um processo de negócio por meio de diagramas ou modelos, visando a análise, o controle e a melhoria dos processos (WESKE, 2012).

A gestão de processos, por sua vez, refere-se à atividade de gerenciar e otimizar os processos de negócio de uma organização, com o objetivo de aumentar a eficiência e a eficácia dos mesmos (HARMON, 2015). Essa gestão inclui atividades como identificação, análise, desenho, implementação, monitoramento e melhoria dos processos.

Além disso, é importante destacar a importância da automação dos processos. A automação de processos envolve o uso de tecnologias como *Software de Workflow*, RPA (*Robotic Process Automation*) e BPM (*Business Process Management*), visando a automatização e a otimização dos processos de negócio (WESKE, 2012).

Em suma, a gestão de processos se tornou uma prática essencial para as organizações que buscam aumentar a eficiência e a eficácia de seus processos de negócio, além de reduzir custos e aumentar a satisfação dos clientes. Segundo Carvalho e Paladini (2005), a gestão por processos é uma estratégia que pode contribuir para a melhoria do desempenho organizacional, pois permite a redução de

custos, aumento da eficiência e eficácia, além de promover a satisfação do cliente. Além disso, a gestão por processos pode contribuir para a competitividade e sucesso da organização no mercado. É fundamental que as empresas compreendam a importância dos processos e adotem estratégias de gestão por processos para garantir a qualidade e excelência de suas atividades.

2.3 GESTÃO DE PROCESSOS

A gestão de processos é uma prática cada vez mais importante nas organizações. De acordo com Hammer e Champy (2002), a gestão de processos é a disciplina de identificar, projetar, documentar, monitorar e melhorar os processos de negócio de uma organização.

Nesse contexto, a gestão dos processos tem sido cada vez mais reconhecida como uma importante disciplina para as organizações. A gestão de processos visa melhorar o desempenho da empresa por meio do gerenciamento sistemático dos processos de negócio, com a finalidade de torná-los mais eficientes, eficazes e alinhados aos objetivos estratégicos da organização (HARMON, 2015).

Para a gestão de processos, é importante que haja uma abordagem sistêmica, que permita identificar os processos críticos para a organização e estabelecer indicadores de desempenho (DAVENPORT, 2013). Além disso, é necessário que haja uma padronização dos processos, para que possam ser facilmente entendidos e executados pelos colaboradores.

Uma das abordagens mais utilizadas na gestão de processos é a metodologia BPM (*Business Process Management*). Segundo Harmon (2015), a metodologia BPM envolve a gestão dos processos de negócio em todas as suas etapas, desde a identificação até a melhoria contínua. A metodologia BPM é composta por diversas fases, tais como o mapeamento dos processos, a análise de processos, a modelagem de processos, a implementação de processos, a monitoração de processos e a melhoria contínua dos processos.

A análise de processos é outra etapa importante na gestão de processos. A análise de processos visa entender como um processo está funcionando, identificando problemas e oportunidades de melhoria. Segundo Hammer e Champy (1993), a análise de processos envolve a identificação dos pontos fracos do processo, bem como a identificação de atividades desnecessárias ou que não agregam valor ao processo.

A modelagem de processos é uma etapa que permite criar um modelo visual do processo de negócio. Segundo Weske (2012), a modelagem de processos envolve a criação de diagramas que mostram as atividades do processo, as interações entre essas atividades e os dados que são utilizados no processo. A modelagem de processos é uma ferramenta importante para a comunicação e entendimento dos processos pelos colaboradores da empresa.

A implementação de processos envolve a transformação do modelo de processo em um sistema real. Segundo Harrington (1991), a implementação de processos envolve a definição dos procedimentos que serão utilizados na execução do processo, bem como a implementação de tecnologias que irão automatizar as atividades do processo.

A monitoração de processos é uma etapa importante na gestão de processos. A monitoração de processos permite acompanhar o desempenho do processo e identificar problemas em tempo real. Segundo Howard e Howard (2006), a monitoração de processos envolve a definição de indicadores de desempenho (KPIs) que permitem medir a eficiência e eficácia do processo.

A automação dos processos também é uma estratégia importante para a gestão de processos. Segundo Monteiro e Sousa (2018), a automação dos processos permite que as tarefas sejam executadas de forma mais rápida, eficiente e com menor probabilidade de erros, o que aumenta a produtividade da organização.

Além disso, a gestão de processos também envolve a melhoria contínua dos processos. Segundo Rother e Shook (2003), a melhoria contínua é uma abordagem que busca identificar e eliminar os desperdícios nos processos, aumentando a eficiência e eficácia dos mesmos. Para isso, é necessário que haja uma cultura de melhoria contínua na organização, que permita que os colaboradores sugiram melhorias nos processos.

Por fim, a gestão de processos também envolve a gestão da mudança. Segundo Kotter (2014), a gestão da mudança é importante para garantir que as mudanças nos processos sejam implementadas de forma eficaz e que os colaboradores estejam preparados para lidar com as mudanças. É necessário, portanto, que haja um plano de comunicação e treinamento para a gestão da mudança.

2.4 MELHORIA DE PROCESSOS

A melhoria dos processos visa melhorar a eficácia e a eficiência nos processos das empresas, de modo que satisfaça o cliente, minimize os custos e aumente o fluxo de produção. Segundo Carvalho e Paladini (2005), a melhoria de processos é uma atividade contínua que envolve a identificação e análise dos processos existentes, a proposição de mudanças e a implementação das melhorias.

Uma das abordagens mais utilizadas para a melhoria de processos é a metodologia Seis Sigma. Segundo Pyzdek e Keller (2010), o Seis Sigma é uma abordagem disciplinada e orientada a dados que busca identificar e eliminar defeitos nos processos, reduzir a variabilidade e melhorar a qualidade dos produtos e serviços. A metodologia Seis Sigma utiliza um conjunto de ferramentas estatísticas e de gestão da qualidade para analisar os processos e identificar oportunidades de melhoria.

Uma metodologia amplamente utilizada na melhoria de processos é a Gestão de Processos de Negócio (BPM). Segundo Hammer e Champy (1994), o BPM é uma agregação de conceitos, técnicas e metodologias para administrar e aperfeiçoar os processos do negócio de uma organização. O BPM utiliza uma abordagem sistêmica para analisar e redesenhar os processos, com o objetivo de melhorar a eficiência, a eficácia e a flexibilidade dos processos.

Outra abordagem utilizada para a melhoria de processos é a gestão por processos. Segundo Hammer e Champy (1994), a gestão por processos é uma abordagem que busca gerenciar as atividades da organização por meio dos processos, ao invés de gerenciar por funções ou departamentos. A gestão por processos envolve a identificação dos processos críticos da organização, a análise e redesenho dos processos, a implementação das melhorias e o monitoramento contínuo dos processos.

A melhoria de processos também pode ser abordada por meio da gestão da cadeia de suprimentos. Segundo Chopra e Meindl (2016), a gestão da cadeia de suprimentos é uma abordagem que busca integrar os processos de fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes para maximizar o valor entregue aos clientes finais. A gestão da cadeia de suprimentos envolve a análise dos processos em toda a cadeia, a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria e a implementação de ações para melhorar a eficiência e eficácia dos processos.

Além disso, a melhoria de processos também pode ser abordada sob a perspectiva da Qualidade Total (TQM). Segundo Crosby (1980), a TQM se baseia em uma filosofia de gerenciamento que busca aprimoramento em todos os níveis da empresa, abrangendo a melhoria contínua dos processos. A TQM enfatiza a importância do comprometimento da alta administração, do envolvimento dos funcionários e da satisfação do cliente na melhoria dos processos.

Um plano de ação utilizado é a ferramenta 5W2H, que foi feita por responsáveis de organizações automobilísticas do Japão, tem o intuito de suportar e promover o ciclo do PDCA, principalmente na fase de planejamento. O 5W2H demonstra uma simplicidade que possibilita identificar dados e informações das rotinas de um projeto ou uma unidade de produção (SEBRAE, 2008).

De acordo com o Sebrae (2008), a técnica 5W2H (quadro 1), é uma ferramenta prática que oferece a capacidade de identificar de forma ágil e direta os aspectos mais cruciais de um projeto ou operação de produção. Além disso, permite uma compreensão clara das funções de cada colaborador dentro da organização, suas funções específicas e os motivos que justificam a realização dessas atividades. Em geral, o 5W2H simplifica a análise e o gerenciamento, tornando mais fácil entender o que é importante e quem está envolvido em quais atividades e por quê.

QUADRO 1 - Quadro comparativo do método 5W2H

5W	What?	O que?	Que ação será executada
	Who?	Quem?	Quem irá participar/executar a ação?
	Where?	Onde?	Onde será executada a ação?
	When?	Quando?	Quando será executada a ação?
	Why?	Por que?	Por que a ação será executada?
2H	How?	Como?	Como será executada a ação?
	How much?	Quanto Custa?	Quando custa para executar a ação?

Fonte: Sebrae (2008)

Por fim, a melhoria de processos pode ser abordada por meio da gestão de projetos. Segundo PMI (2017), a gestão de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para projetar, executar e controlar as atividades de um projeto, visando atender aos objetivos definidos. A gestão de projetos envolve a identificação dos processos do projeto, a análise e otimização dos processos, a implementação das melhorias e o monitoramento contínuo dos processos.

2.5 MAPEAMENTO DE MODELAGEM DOS PROCESSOS

O mapeamento e a modelagem de processos são técnicas utilizadas para entender, analisar e otimizar os processos de negócios de uma organização. Segundo Pidd (1998), é importante fazer a modelagem do processo para mapear os pontos imprescindíveis e vulneráveis, as quais possíveis melhorias vão fazer uma mudança significativa.

De acordo com Davenport (1993), o mapeamento de processos é uma técnica utilizada para documentar e analisar o fluxo de atividades em um processo de negócios. O objetivo é identificar ineficiências, gargalos e oportunidades de melhoria. Já a modelagem de processos, segundo Weske (2012), é uma técnica utilizada para representar graficamente o processo de negócios em diferentes níveis de detalhamento, permitindo uma visão clara do fluxo de atividades e dos recursos envolvidos.

Existem várias técnicas de mapeamento e modelagem de processos, sendo que algumas das mais utilizadas incluem a notação BPMN (*Business Process Model and Notation*), o fluxograma, o mapa de processo e o diagrama de atividades. A notação BPMN, por exemplo, é uma linguagem de modelagem de processos que permite representar processos de negócios de forma clara e padronizada, com uma linguagem gráfica e símbolos pré-definidos (OMG, 2011).

Além da BPMN, existem outras metodologias e ferramentas que podem ser utilizadas para o mapeamento e modelagem de processos, como o Fluxograma, ou Diagrama de *Ishikawa* (também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito) e o *Value Stream Mapping* (VSM). Conforme Rother e Shook (2003), o *Value Stream Mapping* consiste num recurso que possibilita visualizar a movimentação dos materiais e informações em um determinado processo, analisando os desperdícios e gargalos e indicando ações para otimizar o fluxo e intensificar a eficiência.

Segundo Laudon e Laudon (2016), o mapeamento e a modelagem de processos são essenciais para a melhoria contínua de uma organização. Com a análise dos processos, é possível identificar ineficiências e oportunidades de melhoria, o que pode levar a reduções de custos, aumento da eficiência e da qualidade, e a uma melhor satisfação dos clientes.

Outro aspecto importante do mapeamento e da modelagem de processos é a documentação dos processos. De acordo com Hammer e Champy (1994), a

documentação dos processos é essencial para a gestão de processos, pois permite uma compreensão clara do que é feito em cada processo, quem é responsável por cada atividade, quais são os prazos e objetivos, entre outros aspectos.

Em resumo, o mapeamento e a modelagem de processos são técnicas essenciais para a gestão de processos em uma organização. De acordo com Mareth (2007), acrescenta que é importante que as duas técnicas trabalhem lado a lado, porém a modelagem não substitui o mapeamento do processo. Essas técnicas permitem uma análise detalhada dos processos, identificação de ineficiências e oportunidades de melhoria, padronização e documentação dos processos, o que leva a uma melhoria contínua da eficiência, qualidade e satisfação do cliente.

2.6 METODOLOGIA E MAPEAMENTO DOS PROCESSOS

O mapeamento de processos é uma técnica amplamente utilizada por organizações de diversos setores para melhorar a eficiência e eficácia de suas operações. De acordo com Hunt (1996), o desenvolvimento do mapeamento dos processos foi elaborado e concretizado pelo *General Eletric* (GE), sendo um ponto importante de integração dos planejamentos estratégicos de melhoria contínua do desempenho, no qual era usado para detalhar, em fluxogramas e descrições de apoio, cada fase fundamental dos processos dos negócios.

O mapeamento de processos é o processo de documentação dos passos que compõem um processo de negócios, permitindo a visualização do fluxo de trabalho e identificação de gargalos e pontos de melhoria. Já a modelagem de processos envolve a representação visual do processo de negócios em um modelo gráfico, que pode ser utilizado para análise e comunicação (BERTINO, 2015).

O mapeamento de processos teve seu início em diversas áreas, considerando que, o princípio da maioria das técnicas, tais como, o diagrama de cadeia, diagrama de fluxo, diagrama de movimento, registros fotográficos; os gráficos de atividades múltiplas e os gráficos de processos, podem ser concedidas a Taylor e os seus respectivos trabalhos acerca das melhores formas de efetuar as funções e organização racional do trabalho na *Midvale Steel Works* (JOHANSSON, 1995 apud SANTOS, 2012).

Uma das metodologias mais utilizadas é o *Business Process Modeling Notation* (BPMN), que é uma técnica de modelagem de processos de negócios baseada em um conjunto de símbolos gráficos padronizados. Segundo Ferreira e Santos (2012), o

BPMN permite que os usuários criem modelos de processos que ilustram os componentes e fluxos de um processo, além das entradas e saídas de cada atividade. Ele é frequentemente usado em conjunto com ferramentas de gerenciamento de processos de negócios (BPM) para melhorar a eficiência e eficácia dos processos.

Outra metodologia popular é o *Value Stream Mapping* (VSM), que foi desenvolvida no Japão e popularizada pelo *Lean Manufacturing*. Segundo Womack e Jones (1996), a VSM é uma técnica que se concentra em identificar fluxos de valor adicionado e desperdícios em um processo. A metodologia ajuda as organizações a identificar atividades que não agregam valor e eliminá-las para melhorar a eficiência.

Ainda há outras metodologias de mapeamento de processos, como a *Activity-Based Costing* (ABC), que se concentra no custo de atividades específicas em um processo, e a Six Sigma, que se concentra na identificação e eliminação de defeitos em um processo (KUMAR; GARG; 2016).

É importante ressaltar que a escolha da metodologia de mapeamento de processos depende do objetivo da organização e do processo específico que está sendo mapeado. Como observado por Kumar e Garg (2016), as organizações devem considerar a complexidade do processo, a disponibilidade de recursos e o tempo necessário para implementar a metodologia.

2.6.1 BPMN (*Business process Modeling Notation*)

A BPMN (*Business Process Model and Notation*) é uma notação gráfica para modelagem de processos de negócios, que visa aprimorar a comunicação entre os envolvidos em um processo e facilitar sua automação. De acordo com Diogo, Castellani e Olímpio (2012), o BPMN tem como principal função realizar a minimização das diferentes concepções de um mesmo fluxo de produção do negócio, sendo uma forma de "linguagem" para a troca de dados e informações referente ao funcionamento da empresa como um todo. O BPMN é amplamente utilizado em projetos de transformação digital, reengenharia de processos, gestão da qualidade e outras iniciativas empresariais.

Segundo Weske (2012), a BPMN foi criada pela *Object Management Group* (OMG) em 2004 e tem sido aprimorada desde então. A notação é composta por elementos gráficos que representam atividades, eventos, *gateways*, fluxos e artefatos,

que são organizados em diagramas de processos. A BPMN também define regras para o uso desses elementos, permitindo uma modelagem consistente e padronizada.

A utilização da BPMN traz diversos benefícios para as organizações, como destaca Becker, Koch e Knackstedt (2013). Entre eles, destacam-se a melhoria da comunicação e da colaboração entre os envolvidos em um processo, a simplificação da documentação dos processos, a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria, a definição de indicadores de desempenho e a automatização dos processos.

Além disso, a BPMN é compatível com outras notações e padrões de modelagem, o que permite sua integração com outras ferramentas de gestão empresarial. Isso é enfatizado por White *et al.* (2014), que destacam a importância da BPMN na integração de sistemas e processos em uma organização.

No entanto, a utilização da BPMN também apresenta desafios, como destacado por Recker, Mendling e Reijers (2013). Entre eles, está a complexidade da notação, que pode levar a interpretações divergentes e erros na modelagem. Além disso, a modelagem de processos requer uma compreensão aprofundada dos processos de negócios e das regras da notação.

Em suma, a BPMN é uma notação gráfica de grande importância para a modelagem e automação de processos de negócios. Recker, Mendling e Reijers (2013), complementam que para que a modelagem de processos funcione de forma eficiente, é importante que os colaboradores das organizações tenham uma qualificação adequada e sejam competentes em suas respectivas funções. Portanto, é necessária uma educação formal para que o BPMN trabalhe respondendo a todas as oportunidades e possibilidades oferecidas pela linguagem.

2.7 FÓRMULA SAE

A Fórmula SAE é uma competição anual que desafia equipes de estudantes de engenharia a projetar, construir e competir com um carro de corrida monoposto. A competição é organizada pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) e tem como objetivo desenvolver habilidades técnicas e de gerenciamento de projetos em estudantes universitários (SAE INTERNATIONAL, 2022).

Segundo Oliveira *et al.* (2018), a Fórmula SAE começou em 1981 nos Estados Unidos e atualmente é realizada em diversos países ao redor do mundo. A competição

envolve testes em pista, apresentação oral do projeto, inspeção técnica do carro e outras atividades que avaliam as habilidades dos estudantes em diversas áreas.

A participação na Fórmula SAE traz diversos benefícios para os estudantes e as universidades, como destacam Vaz et al. (2017). Entre eles, estão o desenvolvimento de habilidades técnicas e de gerenciamento de projetos, o estímulo à inovação e à criatividade, a integração entre teoria e prática e a visibilidade para a instituição de ensino.

Além disso, a competição também contribui para o desenvolvimento da indústria automotiva, como ressaltam Aredes et al. (2018). As soluções inovadoras desenvolvidas pelos estudantes podem ser aplicadas na indústria, contribuindo para o avanço tecnológico e o desenvolvimento de novos produtos.

No entanto, a participação na Fórmula SAE também apresenta desafios, como destacado por Andrade et al. (2016). Entre eles, está a necessidade de investimentos financeiros e de tempo para o projeto, a complexidade do projeto e a competição acirrada entre as equipes.

Em resumo, a Fórmula SAE é uma competição desafiadora que estimula o desenvolvimento de habilidades técnicas e de gerenciamento de projetos em estudantes universitários. De acordo com Jamil et al. (2019), a competição "permite que os alunos coloquem em prática todo o conhecimento adquirido em sala de aula e vejam o resultado concreto de seu trabalho, que é uma experiência única e inesquecível".

3 METODOLOGIA

De acordo com Richardson *et al.* (2013), a metodologia é um conjunto de métodos que servem para orientar o pesquisador em sua investigação. Esses métodos incluem a escolha do tema, a definição dos objetivos, a seleção dos participantes, a coleta e análise dos dados, entre outros aspectos. Para Gil (2002), a metodologia pode ser classificada em dois grandes grupos: a metodologia quantitativa e a metodologia qualitativa. A metodologia quantitativa é baseada em dados numéricos e estatísticos, enquanto a metodologia qualitativa é baseada em dados descritivos e interpretativos.

Neste capítulo estão descritos e detalhados os métodos e procedimentos metodológicos utilizados como base para a otimização de processos em um projeto do Fórmula SAE na cidade de Horizontina, Rio Grande do Sul, bem como as técnicas para a coleta e análise dos dados.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), através do método, é possível se obter uma direção a ser seguida, analisando os erros e ajudando nas decisões do autor, ou seja, é o agrupamento de tarefas que permite atingir os objetivos.

3.1.1 Métodos de Abordagem

Os métodos de abordagem usados no estudo são o método dedutivo e quali-quantitativo, pois a partir de entrevistas e observações, foram coletados dados e informações acerca da equipe. Segundo Copi e Cohen (2007), o método dedutivo envolve o uso de duas premissas para chegar a uma conclusão: a premissa maior e a premissa menor. A premissa maior é uma afirmação geral e universal que é aceita como verdadeira, enquanto a premissa menor é uma afirmação específica que é considerada verdadeira com base na premissa maior. A conclusão é então derivada logicamente a partir das duas premissas. Em resumo, o método dedutivo é um método lógico e analítico que envolve a utilização de premissas para derivar conclusões logicamente válidas.

Quanto à forma de abordagem foi utilizado o método de pesquisa quali-quantitativa. De acordo com Moreschi (2017), a metodologia quali-quantitativa, também conhecida como abordagem mista ou integrativa, é uma abordagem de

pesquisa que combina elementos qualitativos e quantitativos para estudar um fenômeno de forma mais abrangente e aprofundada. Ela busca obter uma compreensão ampla de um fenômeno, permitindo a coleta de dados qualitativos (descritivos) e quantitativos (numéricos) para analisar e interpretar um tópico de pesquisa de forma mais completa. Os dados qualitativos fornecem *insights* aprofundados, enquanto os dados quantitativos possibilitam a quantificação e análise estatística.

3.1.2 Objetivos de pesquisa

Quanto aos objetivos, o trabalho classificou-se como exploratório e descritivo. O método exploratório é uma técnica de pesquisa que tem como objetivo proporcionar uma visão geral sobre um tema ou problema ainda pouco conhecido, a fim de orientar estudos posteriores mais aprofundados. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória é usada em diversos casos em que é disposto o conhecimento referente ao assunto a ser investigado.

Para realizar uma pesquisa exploratória, é comum utilizar técnicas como revisão bibliográfica, entrevistas informais, observação não estruturada e estudo de caso. O estudo é exploratório, pois caracteriza-se pela busca de familiaridade com um fenômeno, tema ou problema, muitas vezes quando há pouco conhecimento prévio sobre o assunto. Esse tipo de pesquisa tem o objetivo principal de proporcionar *insights*, compreensão inicial e identificação de questões relevantes para investigações mais detalhadas. O objetivo é coletar dados preliminares que possam orientar a pesquisa em profundidade posteriormente. Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa exploratória é fundamental para o planejamento de estudos mais complexos, pois ajuda a delimitar o objeto de estudo e a identificar questões relevantes para a pesquisa. Além disso, a pesquisa exploratória pode ser usada para gerar hipóteses ou ideias para investigações futuras.

O método descritivo é uma técnica de pesquisa que busca descrever detalhadamente as características de um determinado fenômeno, evento ou objeto de estudo. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva tem como principal propósito a elaboração das particularidades de uma população específica ou de um fenômeno determinado, ou ainda, a criação de conexões entre diferentes variáveis. Para realizar uma pesquisa descritiva, é comum utilizar técnicas como questionários, entrevistas,

observação sistemática e análise documental. O objetivo é coletar dados que possam ser analisados e descritos de forma sistemática e objetiva.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva é fundamental para a elaboração de estudos preliminares que permitem a compreensão e caracterização dos fenômenos investigados. Além disso, a pesquisa descritiva pode ser usada como base para outras formas de pesquisa, como a pesquisa experimental. Neste estudo a pesquisa descritiva foi utilizada para descrever os dados obtidos através da observação dos processos e entrevistas.

3.1.3 Métodos de Procedimentos Técnicos

O método de procedimento é estudo de caso, que é um conjunto de etapas sistemáticas que visam aprofundar a compreensão de um caso específico ou situação em um contexto particular. Existem várias metodologias de estudo de caso, cada uma com suas próprias características e objetivos. De acordo com Stake (2005, p. 443), o estudo de caso pode ser considerado como uma forma de pesquisa "intrinsecamente holística", na medida em que se preocupa em capturar a complexidade e a interdependência dos diferentes aspectos do caso estudado. O estudo se caracteriza como estudo de caso, pois o estudo foi realizado com base no projeto do Fórmula SAE da FAHOR, sendo feito entrevistas e observações com a equipe para coletar dados e informações.

De acordo com Yin (2015), o método de estudo de caso envolve a coleta de dados por meio de várias técnicas, como entrevistas, observação direta, análise de documentos e registros, e até mesmo a realização de experimentos. Em seguida, os dados são analisados por meio de técnicas qualitativas, a fim de compreender o caso em estudo e descrever seus aspectos mais relevantes.

3.1.4 Técnicas de Coleta de Dados

A coleta de dados é uma etapa importante na pesquisa científica, e existem várias técnicas disponíveis para realizar essa tarefa. Entre as técnicas mais comuns estão a pesquisa bibliográfica, documental, observação e entrevista, sendo estas técnicas utilizadas no presente estudo.

Foi usada a pesquisa bibliográfica, a qual se baseia em uma abordagem de pesquisa que se concentra na análise e síntese de informações obtidas a partir de

fontes bibliográficas, como livros, artigos de revistas, teses, dissertações, entre outros. De acordo com Gil (2008), o método de pesquisa bibliográfica envolve a revisão e análise crítica de uma ampla gama de fontes bibliográficas relevantes ao tema em estudo. Nesse estudo, a pesquisa bibliográfica serviu para embasamento teórico trazendo conceitos importantes acerca do tema.

O método de pesquisa documental é uma técnica de coleta de dados que utiliza fontes documentais para responder a questões de pesquisa. Documentos são definidos como registros escritos ou impressos, em qualquer suporte físico ou eletrônico, que contém informações que podem ser utilizadas como fontes de dados para uma pesquisa (GIL, 2008).

Foram consultados documentos, tais como: Regulamento da competição do Fórmula SAE; Desenhos técnicos; Especificações de materiais; Normas técnicas; Documentação interna da equipe. Esses documentos e informações foram coletados e organizados em um fluxograma ou mapa de processo, que pode ajudar a visualizar de forma clara todas as etapas envolvidas na produção do chassi do Fórmula SAE.

A observação é uma técnica que envolve a observação direta ou sistemática de um evento ou fenômeno, com o objetivo de coletar dados relevantes para a pesquisa. Essa técnica é comumente utilizada em pesquisas qualitativas ou em estudos de caso, onde o pesquisador precisa observar o comportamento ou as interações entre as pessoas ou objetos. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), a técnica de observação pode ser realizada de forma participante ou não participante, dependendo do grau de envolvimento do pesquisador com o grupo em estudo.

Durante o estudo foram observados aspectos, tais como: Fluxo dos processos, tempos e métodos, ferramentas e equipamentos e qualidade. Ao final do trabalho, espera-se ter um melhor entendimento dos processos de fabricação e montagem do chassi, bem como buscou-se identificar oportunidades de melhoria em termos de eficiência e qualidade. Isso contribui para aprimorar a competitividade e a eficiência da equipe Fórmula SAE na construção de seus veículos.

A entrevista é uma técnica que envolve a conversa direta entre o pesquisador e o entrevistado, com o objetivo de coletar informações sobre um determinado tema. De acordo com Fontana e Frey (2005), a entrevista pode ser classificada em três tipos: estruturada, semiestruturada e não estruturada. Na entrevista estruturada, o pesquisador segue um roteiro pré-determinado de perguntas, buscando obter informações específicas de forma padronizada. Na entrevista semiestruturada, o

pesquisador possui um roteiro de perguntas, mas também tem a liberdade de explorar outros temas que possam surgir durante a conversa. Na entrevista não estruturada, o pesquisador possui apenas uma lista de temas gerais para explorar, sem um roteiro de perguntas pré-determinado.

A entrevista realizada foi de forma não estruturada, com todos os integrantes da equipe do Fórmula SAE, de modo que fossem obtidas todas as informações e dados necessários, sendo mapeado todo o processo de fabricação do chassi, materiais utilizados, tempo necessário para cada processo, possíveis gargalos e identificação dos responsáveis por cada processo. Os dados foram analisados através de planilhas do *Excel*, onde foram organizadas todas as informações e também teve o auxílio do *Software SolidWorks* para melhor embasamento das ideias.

3.1.5 Técnicas de Análise de Dados

Para analisar e interpretar os dados coletados por meio da pesquisa documental, observação e entrevistas, fez-se uso da técnica de análise de conteúdo. De acordo com Bardin (2011), a análise de conteúdo pode ser classificada em três categorias: análise de conteúdo temática, análise de conteúdo categorial e análise de conteúdo de enunciação. Na análise de conteúdo temática, o objetivo é identificar e classificar as principais ideias ou temas presentes no texto. Na análise de conteúdo categorial, o objetivo é identificar e classificar as diferentes categorias presentes no texto. Realizar a análise e acompanhamento no setor do projeto do Fórmula SAE foi de extrema importância para compreender todo o processo produtivo do chassi do carro. Ao fazer a análise dos dados procurou-se entender onde estão as maiores restrições do processo produtivo.

Para melhor compreender o desenho do chassi e o que compreender, foi utilizado o *Software SolidWorks*. O *SolidWorks* é um software de CAD 3D, que vai ser usado para analisar os detalhamentos técnicos dos desenhos e do projeto 3D de todo o chassi, facilitando assim todo o processo de fabricação.

Para o desenvolvimento do estudo foi utilizado o *Software Microsoft Excel*, para análise de dados coletados junto a equipe do projeto. O *Excel* é um software de planilha eletrônica que possibilitou analisar os dados da equipe e criar o plano de ação 5W2H, de forma que seja mais bem gerenciado, organizado e analisado todos os dados em diferentes áreas.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

O mapeamento dos processos do chassi do Fórmula SAE pode ser facilitado com o uso de alguns materiais e equipamentos. Alguns exemplos são:

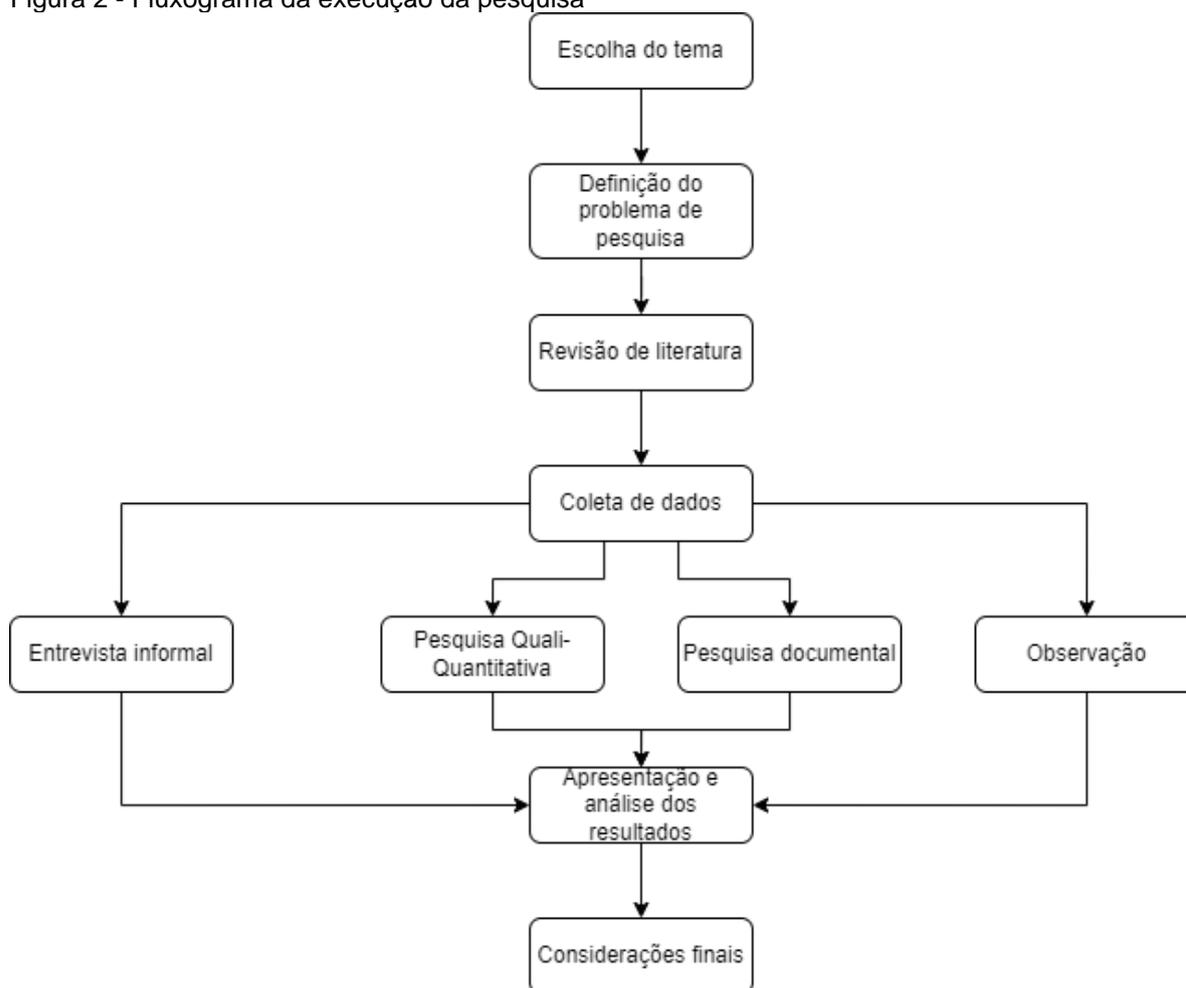
- Planilhas eletrônicas: o uso de planilhas eletrônicas, como o Excel, ajudou a documentar os processos de montagem e desmontagem do chassi. O uso da ferramenta identifica problemas recorrentes e áreas que precisam ser melhoradas. Foi usado o Excel principalmente para representar o plano de ação 5W2H.
- Diagrams.net: A utilização desse programa auxiliou na representação do fluxo do processo. Desse modo, fica claro a visualização e explicação das sequências de ações do mapa de fluxo de valor.

Em resumo, o uso de materiais e equipamentos como planilhas eletrônicas e diagramas, pode ajudar a facilitar o processo de mapeamento dos processos do chassi, garantindo a precisão e eficiência no desenvolvimento do projeto.

3.3 EXECUÇÃO DA PESQUISA

A seguir, apresenta-se o fluxograma de execução da pesquisa, apresentando de maneira detalhada e sequencial todas as etapas fundamentais, desde a escolha do tema até a conclusão deste estudo. Esse fluxograma apresenta uma visão clara do processo de pesquisa, e serve como um guia para assegurar a execução do estudo. Em seguida, está representado o fluxograma, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma da execução da pesquisa



Fonte: Autor, 2023

O processo do estudo iniciou-se com a escolha do tema com base nos interesses do acadêmico, revisando a literatura para encontrar quais foram as tendências e consultando qual assunto eram mais convenientes para realizar o trabalho final de curso. Em seguida, foi elaborado o problema de pesquisa, identificando lacunas na literatura, estabelecendo assim a discrepância a qual foi abordada

Após a identificação do problema foi realizada a revisão bibliográfica e coleta de dados, por meio de entrevistas, pesquisa em documentos e observações no projeto. Então, foram feitas as apresentações e análise dos resultados, onde foi desenvolvido todo o conteúdo do trabalho. Por fim, após a apresentação e análise dos resultados, o passo seguinte são as considerações finais. Este momento foi fundamental no processo do fluxograma representando a síntese de todo o trabalho, onde os principais resultados e conclusões são cuidadosamente descritos.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se os resultados da pesquisa trazendo a caracterização do local da pesquisa, o mapeamento dos processos, a descrição da coleta e análise dos dados, o plano de ação desenvolvido, bem como são apresentadas as propostas de melhorias identificadas com o estudo.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO FÓRMULA SAE FAHOR

Com o intuito de cumprir os objetivos deste estudo, ao longo do ano de 2023, foram conduzidas reuniões com os integrantes e líderes da equipe do Fórmula SAE. Adicionalmente, foram realizadas participações em reuniões que ocorriam semanalmente, registrando as informações pelo bloco de notas. As primeiras interações ocorreram de maneira informal, visando principalmente entender como a equipe operava e introduzir as ferramentas da área de Engenharia de Produção. Com base nas informações obtidas, foi possível identificar que a equipe possuía desafios que estavam relacionados ao planejamento, à gestão do tempo dedicado ao projeto, à fabricação e aos testes do protótipo.

O Fórmula SAE é uma competição internacional de engenharia automotiva direcionada para estudantes universitários. O objetivo principal do Fórmula SAE é desafiar equipes de estudantes a projetar, construir e competir com carros de corrida monopostos. A competição é organizada pela *Society of Automotive Engineers* (SAE) e acontece em diferentes partes do mundo.

Localizada no noroeste do Rio Grande do Sul, a equipe iniciou os trabalhos no ano de 2020. Com o desejo de pôr em prática as teorias aprendidas em sala de aula, um grupo de alunos dos cursos de engenharia de controle e automação, mecânica e de produção iniciaram a busca por projetos acadêmicos que trariam inovação para a instituição. Sendo assim, deu-se início à busca por recursos e conhecimentos específicos para o projeto e construção de um veículo monoposto que fosse 100% elétrico. A equipe é organizada em 7 áreas onde o carro é projetado, analisado e construído, sendo as áreas: *Marketing*, finanças, estrutura, eletrônica, *Powertrain* e ergonomia e segurança. O time de acadêmicos é composto por 20 integrantes, nas quais as funções são separadas por módulos do carro.

Primeiramente é formada a equipe a qual é composta por estudantes de várias áreas, como engenharia mecânica, de controle automação, produção, entre outras.

Cada equipe tem a tarefa de projetar o carro de corrida de acordo com as regras estabelecidas pela competição. Isso inclui aspectos como chassi, suspensão, motor, transmissão, freios e aerodinâmica. Os estudantes utilizam seus conhecimentos acadêmicos para desenvolver soluções inovadoras e eficientes.

Uma vez que o projeto é finalizado, a equipe tem o intuito de manufaturar o carro. Isso envolve a montagem de componentes, a soldagem do chassi, a instalação de sistemas elétricos e eletrônicos, e muito mais. O processo de fabricação é uma parte fundamental do aprendizado prático dos estudantes.

Após a fase de construção, o carro é submetido a uma rigorosa bateria de testes, com o objetivo de garantir que ele esteja plenamente em conformidade com os mais elevados padrões de segurança e desempenho. Nesse processo, a equipe encarregada realiza minuciosas verificações e procede com ajustes e otimizações, sempre que forem identificadas quaisquer necessidades de aprimoramento.

Após feita a construção, a equipe leva o carro para competir em eventos nacionais da Fórmula SAE. As competições envolvem uma série de provas, incluindo testes de aceleração, frenagem, manobrabilidade, resistência e eficiência de combustível. Também, são avaliadas as apresentações do projeto e em sua capacidade de comunicar e justificar suas decisões de *design* para um painel de juízes. A seguir, na Figura 3 está representada uma imagem do carro Fórmula SAE.

Figura 3 - Carro elétrico Fórmula SAE da FAHOR



Além da competição em si, os estudantes envolvidos no Fórmula SAE ganham valiosa experiência em engenharia, trabalho em equipe, gerenciamento de projetos e comunicação técnica. Muitos graduados da Fórmula SAE obtêm a capacidade e qualificação para conseguir um emprego na indústria automobilística devido à experiência adquirida. O Fórmula SAE também oferece oportunidades para os estudantes conhecerem profissionais da indústria automobilística, o que pode levar a estágios e futuras oportunidades de carreira.

Em suma, a equipe do Fórmula SAE é integrada por acadêmicos que trabalham juntos de forma colaborativa para atingir um objetivo compartilhado. A dinâmica de uma equipe pode variar amplamente dependendo do contexto e dos membros individuais, mas a colaboração e a comunicação eficaz são fundamentais para o sucesso das equipes em qualquer área.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A identificação de problemas no processo de fabricação do chassi de um carro Fórmula SAE (*Society of Automotive Engineers*) é crucial para garantir a segurança, desempenho e confiabilidade do veículo durante as competições e testes. Foram realizadas entrevistas com a equipe no intuito de identificar os principais problemas que estão ocorrendo.

De maneira geral, existem várias oportunidades para aprimoramento em diferentes áreas, mas as mais significativas estão relacionadas à gestão, uma vez que essas práticas não têm um impacto direto em nenhuma das avaliações planejadas para a competição. Os principais objetivos da equipe para o ano de 2024 é o aprimoramento do chassi, fazendo o dimensionamento para atender o regulamento e redução desnecessária do peso e construção de um projeto aerodinâmico para melhor desempenho do carro na pista.

4.2.1 Troca de informação entre os setores

Um dos problemas destacados pelos integrantes da equipe foi em relação a integração entre os setores, não havia uma troca de informações com frequência. O envolvimento das equipes entre setores é a base da tomada de decisões informadas. Quando diferentes partes da organização compartilham dados, *insights* e perspectivas, os líderes podem tomar decisões mais precisas e estratégicas. Isso

evita que decisões sejam baseadas em suposições ou informações incompletas, reduzindo riscos e melhorando os resultados.

Além disso, a colaboração entre setores impulsiona a eficiência operacional. A identificação conjunta de gargalos e ineficiências permite que as áreas da equipe trabalhem juntas para otimizar processos internos. Como resultado há uma maior produtividade e uma organização mais ágil.

4.2.2 Documentação das atividades realizadas

Outra divergência apontada foi no que diz respeito à documentação de cada atividade exercida. A equipe não realizava apontamentos dos dados e informações de cada etapa de fabricação. Dessa forma, os integrantes da equipe não ficavam a par do que foi feito ou deveria ter sido feito, impossibilitando uma transparência de informações.

Entende-se que a documentação desempenha um papel multifacetado e essencial no projeto. Ela cria um registro histórico das ações e decisões ao longo do tempo, promovendo transparência nas operações. Além disso, a documentação facilita o compartilhamento de conhecimento, a comunicação eficiente entre equipes, a melhoria de processos e a tomada de decisão. Ela também oferece rastreabilidade e responsabilidade, ajuda na conformidade legal e regulatória e facilita a continuidade das operações, reduzindo a dependência de indivíduos específicos. Em resumo, a documentação é um investimento valioso que contribui para o sucesso e a eficácia do Fórmula SAE a longo prazo.

4.2.3 Estabelecimento de um cronograma

Outra dificuldade identificada se refere a criação de um cronograma apresentando cada fase da elaboração do chassi com a data para cumprir o prazo pré-estabelecido. A elaboração de um cronograma para a fabricação do Fórmula SAE é uma parte crucial do planejamento do projeto. Um cronograma bem estruturado ajuda a equipe a se manter organizada, cumprir prazos e alcançar metas de desenvolvimento de forma eficiente.

4.2.4 Problemas ocorrentes na fabricação

Além dos problemas identificados pela equipe referente a uma gestão mais adequada para eficácia, há a possibilidade de haver alguns problemas na manufatura do carro de corrida. A seguir, estão listados alguns dos problemas analisados que ocorrem na fabricação do carro e que podem acontecer durante o processo de fabricação do chassi futuro e como podem ser identificados:

- Soldas defeituosas;
- Dimensões fora de especificação;
- Material inadequado;
- Falta de alinhamento;
- Falta de reforços adequados;
- Má qualidade de acabamento;
- Padrões de soldagem inadequados;
- Montagem incorreta;
- Falta de inspeção de qualidade;
- Não conformidade com regulamentos.

4.3 ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CHASSI

A fabricação do chassi é um processo que abrange diversas etapas, as quais podem ser adaptadas e personalizadas de acordo com as particularidades do projeto da equipe. Esse procedimento demanda máxima atenção a cada detalhe, uma vez que o chassi é a espinha dorsal do veículo, e sua qualidade e eficácia desempenham um papel crucial no desempenho geral do automóvel. Assim, a seguir, são exploradas as principais fases envolvidas no processo de fabricação.

Para que o chassi tenha uma eficiência na competição, a equipe de engenheiros deve criar um projeto detalhado e preciso do chassi. Esse projeto atua como um guia fundamental, assegurando que a fabricação da estrutura seja conduzida de maneira eficiente e que todas as especificações de *design* sejam rigorosamente atendidas. Para que o integrante não tenha dúvidas na hora de produzir

a estrutura e ela atenda a todas as especificações de projeto. Isso inclui a definição de dimensões, geometria, materiais a serem usados e a estrutura geral do chassi.

Ele serve como um mapa detalhado que orienta os integrantes da equipe de fabricação em cada fase do processo, garantindo que não haja dúvidas ou ambiguidades. Esse nível de clareza é vital para a produção de um chassi que atenda não apenas aos requisitos de projeto, mas também às expectativas de desempenho e segurança.

Selecionar os materiais também é uma etapa importante do projeto, pois os materiais adequados devem ser escolhidos para maximizar a resistência, minimizar o peso e garantir a durabilidade da estrutura. Portanto, a criteriosa escolha de materiais é um aspecto crítico que demanda atenção minuciosa e *expertise* por parte da equipe de acadêmicos, visando assegurar a excelência do automóvel.

4.4 ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ETAPAS DO PROCESSO

A análise do desempenho das etapas do processo de fabricação do chassi é de suma importância, uma vez que cada etapa desse processo representa um papel crucial no resultado final do veículo e melhores colocações na competição. Começando com a seleção dos materiais, essa fase é essencial para garantir a resistência, leveza e durabilidade do chassi. Uma escolha inadequada de materiais pode comprometer tanto o desempenho quanto a segurança do veículo, tornando esse estágio de seleção fundamental.

Após a escolha dos materiais, inicia-se a fabricação do chassi. As etapas de corte, dobra e soldagem demandam precisão e *expertise*, uma vez que erros nesse estágio podem resultar em problemas estruturais significativos. A qualidade da soldagem, em particular, é um ponto crítico, uma vez que uma solda mal executada pode comprometer a integridade do chassi.

Depois do carro manufaturado, o chassi passa por testes rigorosos para assegurar que ele atenda aos padrões de segurança e desempenho exigidos. Qualquer deficiência ou falha identificada durante esses testes precisa ser abordada prontamente, e ajustes ou melhorias devem ser feitos conforme necessário.

A segurança do chassi também é um ponto relevante que deve ser levado em consideração, pois qualquer possibilidade de acidente afeta a reputação da equipe. Uma equipe que prioriza a segurança demonstra responsabilidade e profissionalismo,

o que pode atrair patrocinadores e ganhar respeito dentro da comunidade da Fórmula SAE.

Por fim, a análise do desempenho não se limita apenas às etapas individuais, mas deve considerar o processo como um todo. Isso envolve a eficiência da equipe na coordenação e execução das etapas, bem como a capacidade de cumprir o cronograma e questões financeiras.

4.4.1 Identificação de restrições no processo de fabricação do chassi

Uma das limitações mencionadas pelo grupo de acadêmicos da Fórmula SAE relaciona-se ao tempo de menos de um ano para a fabricação do chassi. Um prazo limitado para o desenvolvimento do veículo pode afetar o projeto, fabricação e testes do chassi antes da data específica, como a competição Fórmula SAE.

O regulamento da competição determina uma data específica para apresentação do veículo e a participação na corrida, que ocorre todos os anos no mês de Agosto. O projeto do chassi traz consigo uma série de desafios a serem superados e exige dedicação e tempo para conseguir atingir a meta.

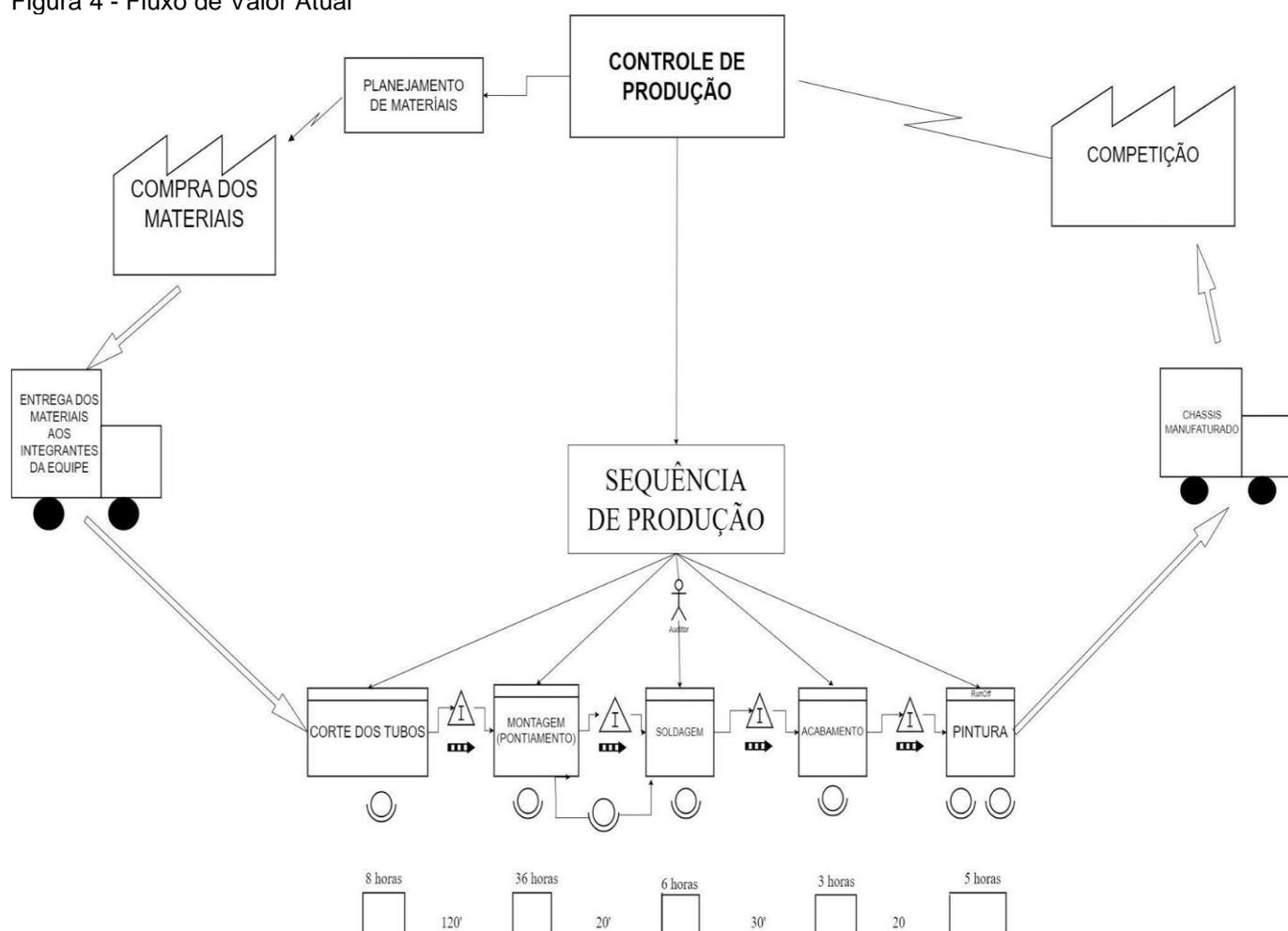
Entre os problemas relacionados à falta de tempo, destaca-se o *design* simplificado. A equipe pode ser levada a projetar um chassi mais simples, com uma estrutura menos resistente, ao invés de buscar soluções inovadoras que poderiam aumentar significativamente o desempenho do veículo.

Com o prazo restrito, pode ser dificultada a fase de testes do produto. É imprescindível que sejam realizados testes extensivos dos protótipos e componentes do chassi, para que diminuam os riscos de falhas e perda de pontos na competição.

4.4.2 Fluxo de valor atual

Fazer o mapeamento do fluxo atual para o Fórmula SAE tem como objetivo principal visualizar e compreender todos os processos e etapas envolvidos na produção e desenvolvimento do veículo, desde a aquisição de materiais até a montagem final, passando por todos os estágios intermediários, como fabricação de peças, testes, entre outros. Por meio do mapa pode-se identificar gargalos, tempos de espera, retrabalhos e desperdícios, fornecendo uma visão holística do sistema. A seguir, na Figura 4, apresenta-se o fluxo de valor atual do Fórmula SAE da FAHOR.

Figura 4 - Fluxo de Valor Atual



Fonte: Autor, 2023

O Controle da produção desempenha um papel essencial na manufatura do chassi de um carro fórmula SAE, uma vez que precisa garantir que o processo seja administrado de forma eficiente, dentro do cronograma e atendendo aos padrões de qualidade necessários. No fluxo de informação se dá ênfase no planejamento dos materiais, pois os tubos que são cortados têm como base as especificações do projeto. Geralmente, são usados materiais leves e resistentes, como aço de alta resistência ou ligas de alumínio, para minimizar o peso do veículo e maximizar sua rigidez.

Na compra dos materiais, é importante que a equipe pesquise fornecedores confiáveis que ofereçam os materiais necessários. Isso pode envolver a consulta a catálogos de fornecedores, pesquisas *on-line*, contato com empresas especializadas em metais e outros recursos. A partir disso, é feita a cotação dos preços onde devem incluir informações detalhadas sobre os materiais, como tipo, qualidade, dimensões e

quantidade, bem como os custos associados, prazos de entrega e formas de pagamento.

Após feita a negociação e seleção dos fornecedores, são emitidos pedidos de compra formais para os fornecedores selecionados. Esses pedidos descrevem os materiais a serem adquiridos, as quantidades, os preços acordados e os prazos de entrega. Então, é feito o recebimento dos materiais e gerenciamento do estoque até que sejam entregues para a equipe de fabricação.

Inicia-se o primeiro processo de corte dos tubos do carro para a manufatura do chassi do Fórmula SAE, é uma etapa fundamental na construção do veículo de competição. O chassi é a estrutura central do carro, que abriga os componentes principais, como o motor, a suspensão e a cabine do piloto.

Nessa fase, é importante tomar cuidado na hora da seleção de materiais para que sejam simultaneamente leves e altamente resistentes, como o aço de alta resistência ou ligas de alumínio. Essa escolha estratégica, visa a minimização do peso do veículo, essencial para a otimização do desempenho, ao mesmo tempo em que se busca a maximização da rigidez da estrutura, garantindo a segurança do automóvel. A seleção apropriada de materiais é um fator determinante no processo de construção do chassi, influenciando diretamente a performance, a eficiência e a durabilidade do veículo.

Antes de iniciar o processo de corte dos tubos, é essencial realizar uma etapa de preparação que visa eliminar qualquer rebarba ou imperfeição na superfície dos materiais. Essa etapa de preparação desempenha um papel fundamental na garantia da qualidade do trabalho, pois as rebarbas ou imperfeições podem prejudicar a precisão e a integridade das peças. Após feita essa etapa, cada tubo deve ser medido e marcado de acordo com as especificações do projeto. Isso inclui a identificação dos pontos de corte, ângulos e comprimentos precisos.

A escolha da técnica de corte é outro ponto importante. Os tubos são levados para uma empresa terceira realizar os cortes. Existem vários tipos de cortes disponíveis, incluindo o uso de serras, cortadores de tubos com lâmina, máquinas de corte a laser ou plasma, entre outras. A escolha da técnica depende da capacidade da equipe, do orçamento e das necessidades de precisão. Os tubos são cortados de acordo com as marcações previamente feitas. A precisão é essencial para garantir que as peças se encaixem corretamente no projeto.

O processo de montagem de tubos para ponteamento de solda é uma etapa crítica na construção do chassi de um veículo, exigindo precisão e atenção aos detalhes. Depois de ter os tubos com a qualidade apropriada e dentro da especificação, se dá início a montagem propriamente dita, é importante realizar a preparação dos tubos, que consiste em eliminar rebarbas ou imperfeições de suas superfícies. Isso é essencial para garantir uma junção perfeita e durável.

Em seguida, os tubos são cuidadosamente alinhados de acordo com o projeto específico do chassi. Esse alinhamento preciso é primordial para assegurar que a estrutura resultante seja simétrica e atenda aos requisitos de segurança e desempenho.

O próximo passo é o ponteamento, que envolve a fixação temporária dos tubos nas posições corretas com pequenas soldas. Essas soldas temporárias mantêm a estrutura ligada durante a fase de montagem, permitindo que a equipe meça as dimensões e faça ajustes finos se necessário, garantindo que fique alinhado antes da soldagem definitiva.

Depois de garantir que todos os tubos estejam na posição correta, a soldagem definitiva é realizada. Nesse estágio, a qualidade das soldas desempenha um papel crucial na integridade do chassi. É imprescindível que o operador da solda tenha competência e experiência para que a soldagem realizada tenha precisão e destreza, garantindo uma junção forte e duradoura.

A qualidade das soldas desempenha um papel crucial na integridade do chassi. Para atingir soldas de alta qualidade, os soldadores devem ter experiência na operação das máquinas de solda, bem como uma compreensão profunda das técnicas de soldagem. É importante escolher o processo de soldagem, como TIG (*Tungsten Inert Gas*) ou MIG (*Metal Inert Gas*), depende do material e das especificações do projeto.

As soldas devem ser efetuadas com precisão, seguindo as técnicas adequadas e os parâmetros de soldagem corretos. O controle da temperatura, velocidade de soldagem e a quantidade de material de adição são fundamentais para criar junções fortes e duradouras. A experiência dos soldadores desempenha um papel significativo na manutenção da qualidade das soldas.

Após realizado o processo da soldagem, é fundamental que sejam feitos os testes de inspeções, a fim de verificar se não há imperfeições ou defeitos na solda, tais como: porosidade, trincas, distorções, deformações, cordão irregular, entre

outros. É importante notar que a prevenção e correção de defeitos de solda são fundamentais para garantir que a junção seja forte, segura e atenda aos requisitos específicos do projeto.

Posteriormente, feito o processo de soldagem, os tubos seguem para o processo de acabamento. Esse processo é uma etapa fundamental que segue a soldagem das estruturas tubulares. O principal objetivo dessa etapa é assegurar que a superfície dos tubos seja preparada de forma adequada, resultando em uma junta suave, segura e esteticamente satisfatória.

Após a conclusão da soldagem, é comum que as soldas e áreas afetadas sejam retificadas e niveladas. Isso abrange o uso de ferramentas como lixadeiras, esmerilhadeiras ou plainas, dependendo do material e das dimensões dos tubos. A retificação é feita de maneira precisa para remover qualquer excesso de material e imperfeições, garantindo que a superfície da solda seja uniforme.

A inspeção de qualidade é uma fase fundamental no processo de acabamento. Qualquer inconformidade, defeito e imperfeições na superfície de solda é identificado e corrigido já nessa fase, certificando que a estrutura esteja realmente segura e atenda aos requisitos de padrões estabelecidos.

O último processo de produção do chassi do Fórmula SAE é uma etapa considerável, na qual não se limita somente ao aspecto estético, mas também desempenha um papel fundamental na proteção da estrutura contra a corrosão e no cumprimento de padrões de qualidade.

Antes de iniciar o processo de pintura, é necessário realizar uma preparação adequada da superfície dos tubos. Isso envolve eliminar quaisquer resíduos, como óleo, graxa ou partículas soltas, e a aplicação de um tratamento de superfície, como o jateamento abrasivo, para assegurar que a superfície esteja limpa e áspera o suficiente para que a tinta funcione de forma eficaz.

Após os tubos estarem prontos para o processo de acabamento, o próximo passo é a aplicação da tinta. As seleções das tintas dependem das especificações dos projetos e das necessidades de proteção, normalmente é uma tinta resistente à corrosão e durável.

Novamente, a inspeção da qualidade é um ponto importante no processo de pintura. Os tubos são inspecionados quanto a continuidade do revestimento da tinta, existência de bolhas ou imperfeições, qualquer defeito que deve ser corrigido antes

do produto estar acabado e seguir para a montagem dos outros componentes no chassi.

Cabe ressaltar que o processo de pintura não fornece apenas uma aparência ao chassi, mas também exerce uma função fundamental na preservação da estrutura a longo prazo, criando uma proteção contra corrosão e outros danos ambientais. Portanto, garantir a qualidade e a durabilidade da pintura é essencial para a segurança e a estética do veículo final.

Na situação atual do fluxograma, foi mensurado quanto tempo levou para fabricar o chassi no ano de 2020 e se obteve os seguintes resultados: No corte dos tubos foram registradas 8 horas referente ao tempo necessário para terminar a etapa; na montagem (ponteamento) 36 horas; na soldagem 6 horas; no acabamento 3 horas; na pintura são necessárias 5 horas. Ao todo o processo inteiro leva 50 horas para ser realizado.

Um ponto relevante a ser destacado é o comprometimento dos acadêmicos do projeto, que frequentemente dedicam tempo aos finais de semana e algumas noites durante a semana para garantir o sucesso do projeto. Essa abordagem demonstra um alto nível de engajamento e disposição para cumprir os prazos e entregar resultados de qualidade.

4.5 SUGESTÕES DE MELHORIAS E EFICIÊNCIA DA QUALIDADE DO PROCESSO

Uma das sugestões indicadas é a implementação de ferramentas que gerem informações quanto aos processos de manufatura do chassi, permitindo assim que os membros da equipe estejam nivelados quanto às informações do projeto, podendo assim tomar as decisões de forma assertiva e baseada em dados confiáveis. Além de fornecer um norte, a padronização de processos permite uma execução mais eficiente, reduzindo o tempo de fabricação.

Uma segunda sugestão de extrema importância baseia-se na implementação de um programa amplo de treinamento técnico destinado à equipe de manufatura. Este programa tem como foco a capacitação em técnicas avançadas de montagem, soldagem e na utilização precisa das ferramentas, tanto de forma geral quanto em relação às necessidades específicas da fabricação do chassi do Fórmula SAE. Uma equipe bem treinada e competente é capaz de produzir não apenas com maior

qualidade, mas também de forma mais ágil, resultando em um ganho considerável de eficiência.

A terceira sugestão seria o uso de um *software* de gerenciamento de projetos, voltado a planejar, monitorar e controlar todas as etapas do processo, garantindo que os prazos sejam cumpridos. A implementação de um *software* de gerenciamento de projetos representa uma ferramenta poderosa e abrangente que capacita a equipe a criar, visualizar e rastrear o progresso de cada tarefa, desde o estágio inicial do *design* até a fase final de montagem.

Ao inserir um *software* de gerenciamento de projetos adaptado às necessidades específicas da fabricação do chassi do Fórmula SAE, a equipe obtém uma ferramenta que é essencial para o cumprimento de prazos, a coordenação eficaz e o acompanhamento detalhado de todas as fases do processo. Esse investimento pode não apenas aumentar a eficiência, mas também contribuir significativamente para o sucesso da equipe e para a sua competitividade na competição.

Sugere-se também a realização de uma documentação das atividades envolvidas no processo, sendo necessária a implementação de um Procedimento Operacional Padrão (POP). O POP consiste em uma ferramenta eficaz e estruturada para orientar e registrar os processos, tendo a aplicação prática e relevante para o desenvolvimento das ações de manufatura do chassi da equipe do Fórmula SAE da FAHOR.

Para haver uma melhoria contínua é primordial ter um treinamento contínuo da equipe. Garantir que todos os membros da equipe estejam atualizados com treinamentos regulares para assegurar que todos tenham as melhores práticas de fabricação e estejam integrados com as metas do projeto.

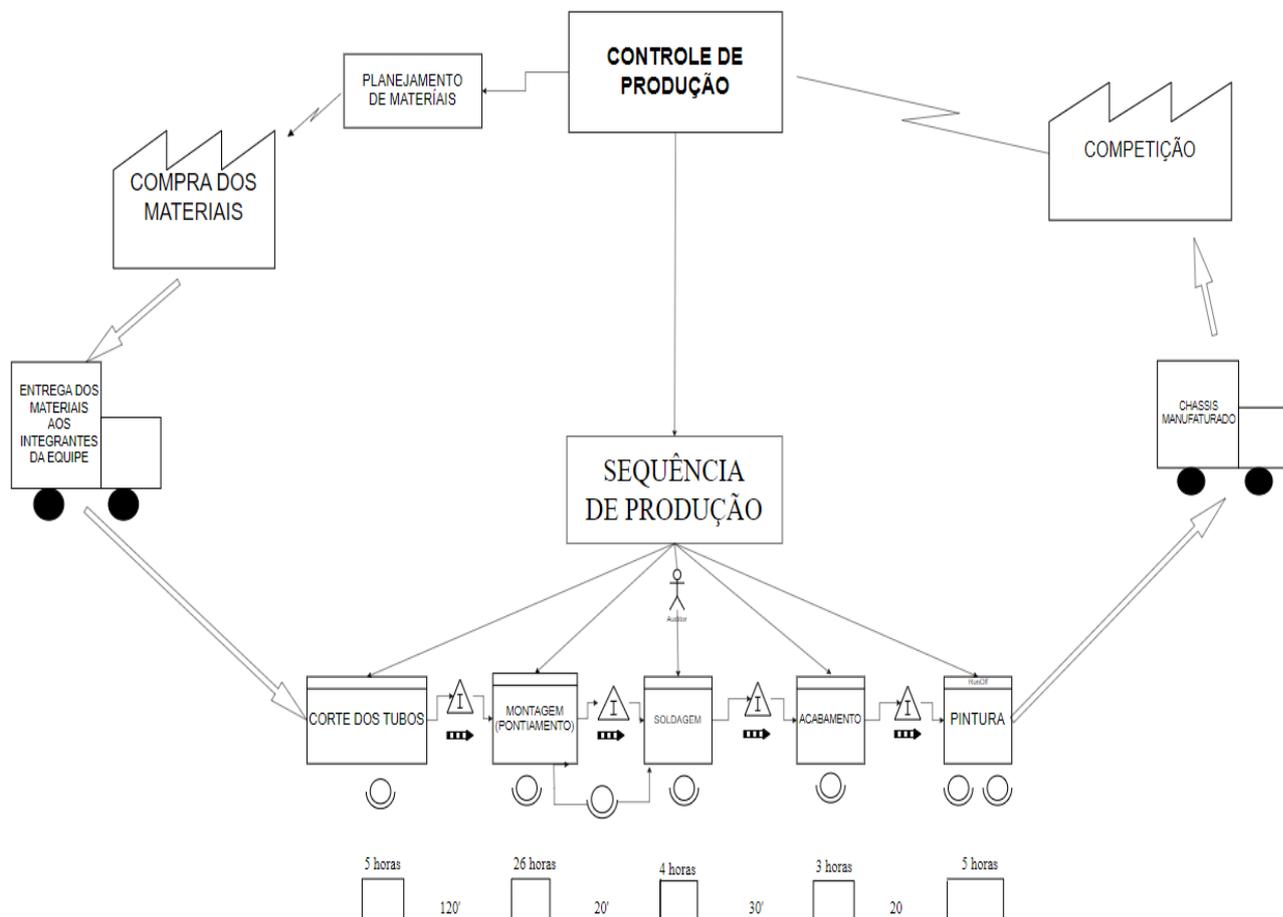
É relevante destacar que a documentação ajuda como um guia essencial na incorporação de novos integrantes à equipe. Ter esse processo é fundamental para melhoria contínua do projeto. Portanto, ter uma documentação do processo fornece uma orientação e conseqüentemente uma integração dos novos integrantes da equipe, descrevendo o passo a passo de como realizar cada etapa do projeto.

4.5.1 Fluxo de valor futuro

Através do mapeamento do estado atual do processo, foi possível analisar e mapear alguns aspectos que podem ser melhorados no processo de fabricação do

chassi do Fórmula e com base nisso criar um novo mapa de fluxo de valor, mensurando o tempo que seria possível ganhar em cada processo, decorrente das soluções propostas. Na Figura 5 está representado o novo mapa.

Figura 5 - Fluxo de Valor Futuro



Fonte: Autor, 2023

Começando pelo planejamento de produção, notou-se a necessidade de ter uma gestão mais eficaz referente a estabelecimento de cronograma e documentação das atividades exercidas. Exercer esses aspectos desempenham um papel fundamental no funcionamento e sucesso de cada operação ligada à manufatura do chassi.

Ter uma gestão de produção competente é primordial para garantir que os recursos da equipe sejam destinados para a melhor forma de uso, de modo efetivo, evitando desperdícios e custos desnecessários. Para atingir esse objetivo, uma das melhorias propostas é estabelecer cronogramas claros e realistas que indiquem o tempo necessário para concluir cada etapa do processo. Além disso, fazer a

documentação de todas as atividades desempenhadas, para que haja transparência no processo.

Outra solução recomendada é ter líderes de processos, para que de forma capacitada permita que a equipe de fabricação tenha o suporte necessário durante a manufatura, indicando possíveis desvios e intervindo com medidas corretivas a tempo, minimizando assim impactos negativos no projeto. Desse modo, otimiza os recursos, evitando sobrecarga de trabalho e retrabalhos.

Foi indicado também executar a documentação das atividades, realizar essa atividade não apenas proporciona uma anotação de tudo o que foi feito, mas também colabora para a padronização dos processos, o que gera consistência e qualidade de trabalho. Além disso, a documentação melhora a comunicação e integração entre a equipe, troca de conhecimento e conformidade com normas e regulamentações.

Nas etapas de planejamento e compra dos materiais, um ponto que faria a diferença é ter uma parceria direta com fornecedores para melhorar a disponibilidade de recursos e reduzir o tempo de entrega.

Entre os pontos de melhoria nas etapas de fabricação, desde o corte dos tubos até a última etapa, que é da pintura, é relevante ter uma automatização na etapa do corte. Dessa forma, aprimora-se as tolerâncias dos tubos para assegurar que as peças se ajustem durante a montagem, evitando a necessidade de retrabalho e consequentemente maior tempo para fabricação.

A soldagem é uma das etapas mais importantes de todo processo, pois é nessa parte que se deve garantir uma integridade estrutural para criar uma conexão sólida entre os tubos, garantindo que os mesmos suportem cargas e pressões de maneira segura. Para isso, é importante que seja feito um treinamento em técnicas de soldagem, melhorando a capacidade e competência da equipe.

Outro ponto de melhoria que teria um impacto significativo no processo é a padronização dos processos. A documentação dos procedimentos de fabricação é essencial para que seja produzido de maneira consistente e atenda aos padrões estabelecidos.

A partir das melhorias propostas foi mensurado o ganho de tempo e otimização deles no processo. No corte dos tubos foi mensurado 5 horas para realização da atividade; na montagem (ponteamento) 26 horas; na soldagem 4 horas; no acabamento e pintura manteve-se as 3 horas. Esses novos tempos foram mensurados

a partir das melhorias a serem implementadas no processo, tendo um cronograma estabelecido e uma documentação das atividades.

4.5.2 Inovações tecnológicas

A constante evolução tecnológica, juntamente com a inteligência artificial, vem desempenhando um papel cada vez mais significativo na manufatura dos mais diversos produtos. A implementação do uso de tecnologia na fabricação do chassi do Fórmula SAE representa uma oportunidade excelente, capaz de proporcionar uma série de benefícios, desde a concepção do projeto até a fase de produção.

Os avanços tecnológicos não só auxiliam na maneira como as coisas são projetadas e fabricadas, mas também aumentam a precisão, eficiência e segurança no processo. Através da integração da tecnologia e a inteligência artificial, torna-se viável não apenas aprimorar a concepção do chassi, mas também antecipar o desempenho na corrida, simulando possíveis colisões, manobras e forças envolvidas. Essa possibilidade de simulação e análise auxiliam em uma visão mais global do desenvolvimento do chassi, garantindo que ele seja leve, resistente e seguro.

A utilização de programas CAD e simulação avançada é uma das ferramentas essenciais para a criação dos detalhamentos do projeto. Além disso, simulações avançadas podem ser realizadas para prever o comportamento do chassi em diferentes cenários, como colisões, curvas e aceleração. Isso ajuda a otimizar a estrutura em termos de rigidez, peso e segurança. Na hora da fabricação, é possível assistir o *design* do projeto através do CAD, sendo assistido em 3D todos os componentes.

A integração de sensores implementados no chassi e conectados à internet em tempo real também é uma possibilidade de melhoria. Esse sistema tem a capacidade de monitorar o desempenho em tempo durante testes e corridas. Os dados e informações obtidas podem ajudar a ajustar a estratégia de condução e identificar problemas.

A partir da utilização de algoritmos de otimização, decorrente do aprendizado de técnicas da máquina, desempenham um papel primordial na busca de configurações adequadas ao chassi. Decorrente disso, a equipe conta com um veículo com maior rigidez e aerodinâmica, impulsionando a inovação e melhorando o desempenho geral do carro.

Na área de realizar a inspeção de qualidade, a inteligência artificial tem um impacto extremamente positivo. A inspeção visual analisada pelo IA auxilia a identificar até mesmo as menores irregularidades e defeitos nas peças do chassi durante o processo de manufatura, aumentando as características de qualidade e consistência.

A fabricação utilizando robôs, incluindo a impressão 3D do metal, surge como uma técnica revolucionária, na qual permite a manufatura de peças do chassi com desenhos complexos extremamente personalizados. A partir de um patrocínio ou tentativa de angariar fundos, seria possível adquirir um, na qual exerceria um impacto relevante no processo.

O treinamento virtual também é um método inovativo que está sendo posto em prática cada vez mais, junto com a robótica na fabricação de componentes. Essas novas tecnologias estão transformando o modo como a equipe de engenheiros abordam as questões do chassi, economizando tempo e recursos e preparando os acadêmicos para as demandas da indústria.

4.6 PLANO DE AÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS BASEADO NO 5W2H

A aplicação do 5W2H é voltado para dar uma visão abrangente do que precisa ser feito e quais pontos devem ser abordados para aplicar as melhorias e soluções no processo. Com base nisso, foi identificado que precisava fazer um mapeamento abrangente de todo o processo de fabricação do chassi do Fórmula SAE. Os acadêmicos seriam impactados, tendo todo o trabalho realizado dentro da oficina da equipe.

Na primeira etapa (*What* - O quê), deve-se ter os objetivos claros, analisando se os objetivos específicos foram feitos de maneira clara e concisa. Nesse caso, os “quês” demonstram as metas e consequências esperadas. Os objetivos gerais devem estar alinhados com o projeto e a organização.

Na segunda etapa (*Who* - Quem), é analisada a atribuição das funções. As tarefas e responsabilidades são definidas e são delegadas aos integrantes da equipe que são competentes para executar as tarefas necessárias.

Na terceira etapa (*Where* - Onde), é definida a localização ou o contexto onde as ações serão realizadas. É relevante destacar a importância da escolha adequada do local e se caso há considerações específicas relacionadas a ele.

Na quarta etapa (*When* - Quando), é avaliado o cronograma proposto para a implementação das ações. Nessa fase é estabelecido o cronograma para efetuar as atividades, alinhados diretamente com os objetivos. É importante certificar-se que haja uma sequência lógica nas datas de início e término das tarefas.

Na quinta etapa (*Why* - Porque), é descrita a justificativa para a implementação do plano. É significativo que os integrantes entendam o porquê das ações propostas, quais são necessárias e quais os problemas ou oportunidades que elas visam abordar.

A sexta etapa (*How* - Como), consiste na explicação de como será realizada cada atividade. Nessa parte, deve-se assegurar que os métodos utilizados sejam adequados para alcançar os objetivos e que haja coerência entre as ações e metas definidas.

A sétima e última etapa (*How much* - Quanto custa), é analisada o aspecto financeiro da equipe. É comentado sobre a alocação dos recursos financeiros, orçamentos e custos ligados às ações. É pertinente que os recursos estejam alinhados com as necessidades do plano.

Ao efetuar um plano de ação 5W2H, é relevante manter um equilíbrio entre críticas construtivas e sugestões de melhoria. Sua análise deve fornecer *insights* valiosos para melhorar a eficácia e a viabilidade do plano. No Quadro 2, apresenta-se o plano de ação 5W2H.

Quadro 2 - Plano de ação 5W2H

		5W2H				
		What? (O que?)	Why? (Por que?)	Who? (Quem?)	When? (Quando?)	Where? (Aonde?)
5W	1.1	Introdução de novas tecnologias ou aprimoramento de tecnologias existentes para melhorar processos, produtos ou serviços.	Atender especificações do projeto de forma concisa, manter a competitividade e melhorar a eficiência operacional.	Acadêmicos da Faculdade da FAHOR.	Primeiro semestre de 2024	Laboratório do projeto Fórmula SAE da FAHOR.
	1.2	Introdução de uma plataforma digital para coletar, armazenar, organizar e acessar informações de maneira eficiente.	Facilitar o acesso rápido e fácil a informações cruciais, melhorando a eficiência operacional. Minimizar erros humanos associados a gestão.	Acadêmicos da Faculdade da FAHOR.	Primeiro semestre de 2024	Laboratório do projeto Fórmula SAE da FAHOR.
	1.3	Introdução de uma plataforma digital para criar, documentar e gerenciar Procedimentos Operacionais Padrão.	Estabelecer procedimentos consistentes para garantir qualidade e eficiência nas operações. Atender a requisitos regulatórios, garantindo conformidade com normas e padrões específicos.	Acadêmicos da Faculdade da FAHOR.	Primeiro semestre de 2024	Laboratório do projeto Fórmula SAE da FAHOR.
	1.4	Introdução de uma Software digital para planejar, monitorar e controlar todas as fases de um projeto.	Aumentar a eficiência na execução de tarefas e no cumprimento de prazos. Facilitar a comunicação e colaboração entre membros da equipe e partes interessadas.	Acadêmicos da Faculdade da FAHOR.	Primeiro semestre de 2024	Laboratório do projeto Fórmula SAE da FAHOR.
	1.5	Desenvolvimento de um conjunto estruturado de atividades educacionais para aprimorar as habilidades técnicas da equipe.	Aperfeiçoar as habilidades técnicas necessárias para lidar com as demandas atuais e futuras. Aumentar eficiência e qualidade no trabalho. Aumentar a eficiência e a qualidade do trabalho por meio de conhecimentos técnicos avançados.	Acadêmicos da Faculdade da FAHOR.	Primeiro semestre de 2024	Laboratório do projeto Fórmula SAE da FAHOR.
		How? (Como?)		How much? (Quanto Custa?)		
2H	1.1	Alocação de recursos financeiros para pesquisa e desenvolvimento.		Determinar recursos financeiros para projetos específicos.		
	1.2	Identificar requisitos específicos da organização e dos usuários para orientar a escolha da ferramenta. Desenvolver programas de treinamento para garantir que a equipe saiba como usar efetivamente a ferramenta.		Determinar os custos associados à aquisição, personalização e implementação da ferramenta. Avaliar o valor econômico e operacional gerado pela ferramenta ao longo do tempo.		
	1.3	Criar procedimentos claros, detalhados e de fácil compreensão. Implementar programas de treinamento para familiarizar a equipe com os POPs.		Determinar os custos associados à implementação da ferramenta e ao desenvolvimento inicial dos POPs. Avaliar os custos contínuos de manutenção, treinamento e atualização dos procedimentos.		
	1.4	Identificar os requisitos específicos da equipe e do projeto para escolher o software mais adequado. Desenvolver um programa de treinamento e incentivar a equipe a adotar a ferramenta de forma eficaz.		Determinar os custos associados à aquisição, personalização e implementação do software. Avaliar os custos contínuos, como licenças, suporte técnico e possíveis atualizações.		
	1.5	Identificar as lacunas nas habilidades técnicas da equipe para orientar o desenvolvimento do programa. Escolher métodos eficazes, como workshops, simulações ou cursos online, com base nas necessidades identificadas.		Determinar os custos associados à elaboração, implementação e monitoramento do programa. Avaliar a necessidade de recursos financeiros e humanos para o sucesso do programa.		

Fonte: Autor, 2023

Por meio do plano de ação é possível ver tudo que terá que ser feito para a equipe obter melhores resultados competitivos, tais como: introduzir novas tecnologias, implementar uma plataforma digital, inserir Procedimentos Operacionais Padrão, um *Software* de gestão e um desenvolvimento de um treinamento. Todas essas atividades devem ser desenvolvidas pelos integrantes do projeto e devem ser feitas antes da competição.

Um ponto importante a ser destacado no plano de ação é a adoção do monitoramento em tempo real por meio de sistemas que acompanham o andamento da manufatura do chassi. Nessa etapa, sensores e tecnologias mais avançadas podem ser implementadas para obter dados e informações imediatas sobre o *status*

de produção e conseqüentemente, identificar eventuais problemas. Paralelo ao monitoramento, deve-se analisar tendências e padrões ao longo do ciclo de produção. A partir disso é possível antecipar medidas preventivas de forma proativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento do chassi do Fórmula SAE possibilitou um estudo abrangente e aprofundado sobre como funciona o processo de fabricação do veículo da competição, cumprindo o tema de fornecer um entendimento aprofundado e analisar melhorias. Com base no tema, foi possível identificar com êxito as atividades envolvidas nos processos, recursos usados e como as etapas se interligam.

O mapeamento dos processos possibilitou um estudo aprofundado e sistemático das fases envolvidas no desenvolvimento do chassi do Fórmula SAE. Isso abrange toda a concepção inicial e *design* até a fase de manufatura e teste, dando ênfase na importância de uma gestão eficaz, garantindo uma posição desejada na competição.

Com base no objetivo geral do trabalho, “realizar o mapeamento dos processos de fabricação do chassi do Fórmula SAE da FAHOR, visando a otimização do tempo e melhoria dos processos envolvidos” é possível destacar como o mapeamento dos processos têm impacto em um resultado positivo para a equipe, possibilitando uma visão holística de todo o processo e analisando possíveis melhorias para melhor eficiência e competitividade no cenário acadêmico. Dá para ressaltar que o planejamento e gestão do processo permite que a equipe tome decisões mais assertivas e oriente as ações de forma mais eficaz, alinhado com os objetivos de longo prazo da equipe. Portanto, por meio do mapeamento de processos foi possível otimizar o tempo e trazer melhorias nos processos.

No que se refere aos objetivos específicos, através da identificação das etapas do processo e mapeamento do fluxo de trabalho foi possível fazer uma análise minuciosa, todas as fases da fabricação do chassi foram analisadas e mapeadas, desde o estágio do *design* até a manufatura e testes. O mapeamento detalhado proporcionou uma percepção da sequência do trabalho, com uma visão clara de como as etapas se integram.

Cada etapa da fabricação do chassi foi avaliada quanto ao seu tempo de produção e análise no que engloba cada etapa do processo. Essa análise demonstrou áreas de força e fraqueza no processo, fornecendo informações críticas para a tomada de decisões. Através de ferramentas como análise do fluxo de valor e avaliação dos processos, foi possível identificar restrições e áreas que necessitavam melhoria no

processo de fabricação do chassi. Essa identificação foi um passo crucial para aperfeiçoar a eficiência e a qualidade do produto.

Com base nas análises oriundas das propostas de soluções e inovações tecnológicas, foram propostas soluções para melhorar os tempos de fabricação de cada processo e qualidade. Isso engloba a sugestão de inovações tecnológicas que poderiam ser aplicadas em todas as etapas do processo, resultando em melhorias substanciais.

Através do desenvolvimento de um plano de ação, resultado da avaliação de viabilidade e eficácia das soluções propostas, foi possível ver a importância de uma implementação de gestão mais eficiente, impactando positivamente no tempo de fabricação e respectivamente na qualidade do produto final. Isso assegurou que as soluções fossem realistas e viáveis.

Com base no problema de pesquisa que foi “Como otimizar o processo de fabricação do chassi de um carro de corrida Fórmula SAE, a fim de reduzir o tempo e melhorar a eficiência e qualidade do produto final?”, foi possível identificar melhorias no projeto. A implementação dessas melhorias implicará na redução de tempo e melhoria da eficiência, e também auxiliará na produção de um produto final com uma qualidade superior, refletindo diretamente no desempenho do veículo na competição.

Quanto às hipóteses, “Identificação de gargalos” e “Análise de cada etapa do processo de fabricação” foi possível identificar os gargalos no processo de fabricação do chassi, foi viável atacar as causas raízes das etapas de fabricação e buscar sugestões de soluções para resoluções da mesma. Também foi realizada uma análise profunda de cada etapa do processo e identificadas as fases que podem ser melhoradas, porém não eliminadas. A identificação e eliminação ou redução de gargalos são práticas comuns em gestão de operações para maximizar a produção e melhorar a qualidade do produto final.

Não ter o projeto de uma chassís do Fórmula SAE no ano de 2023 foi uma limitação para esse estudo, pois não teve um projeto para acompanhar no momento da realização deste trabalho. No entanto, independente dessas limitações, este estudo forneceu uma base teórica sólida e estratégias gerais que podem ser utilizadas em projetos futuros. Ele oferece uma estrutura para a análise e otimização do processo de fabricação de chassi, mesmo que a aplicação prática tenha sido adiada devido à falta de um projeto em 2023.

É importante destacar que o mapeamento dos processos é um processo contínuo, na qual a equipe do Fórmula SAE da FAHOR deve estar preparada para concorrer em desafios importantes e buscar aprimoramentos constantes nos processos de manufatura e gestão. Além disso, destaca-se a importância de manter a documentação atualizada e garantir a continuidade dessas práticas.

A elaboração de uma simulação dinâmica avançada é uma recomendação para trabalhos futuros. Implementar esse sistema representa um passo significativo para otimizar a eficiência, qualidade e transparência nos processos da equipe Fórmula SAE da FAHOR. Dessa forma é possível modelar com precisão o comportamento do chassi sob diferentes condições de carga, como curvas e irregularidades na pista.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. R. C. *et al.* **Competição Fórmula SAE Brasil**: análise dos fatores críticos de sucesso na gestão de projetos de engenharia. *Revista GEINTEC*, v. 6, n. 1, p. 2035-2048, 2016.
- AREDES, D. M. *et al.* **A influência da competição Fórmula SAE na formação acadêmica de engenharia**. *Revista Brasileira de Ensino de Engenharia*, v. 3, n. 2, p. 75-85, 2018.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 229 p, 2011.
- BECKER, J.; KOCH, S. KNACKSTEDT, R. **Modelagem de processos de negócio**: referência para profissionais. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- BERTINO, E. **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures**. Springer, 2015.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.
- CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade**: teorias e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos**: estratégia, planejamento e operações. São Paulo. Pearson, 2016.
- COPI, I. M.; COHEN, C. **Introdução à lógica**. São Paulo: M. Fontes, 2007.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações**: Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CRESWELL, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. Sage Publications, 2014.
- CROSBY, P. B. **Quality is free: the art of making quality certain**. New York: McGraw-Hill, 1980.
- DAVENPORT, T. H. **Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology**. Boston: Harvard Business Scholz Press, 1993.
- DAVENPORT, T. H. **Processos de negócios**: como as empresas podem usar a tecnologia da informação para transformar suas organizações. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- DAVENPORT, T. H.; SHORT, J. E.. **The new industrial engineering: information technology and business process redesign**. *Sloan Management Review*, 31(4), 1990.
- DIOGO, T; CASTELLANI, D; OLÍMPIO, B. Relato: **Mapeamento de processos como ferramenta de Transparência e Governança de TI**. Niterói: UFF, 2012.

DUMAS, M., LAUDON, K. C.; ROSELMANN, M. **Fundamentals of business process management**. Springer, 2018.

FAYOL, H. **Administração Industrial e Geral**. São Paulo: Atlas, 1980.

FERREIRA, G. L. SANTOS, V. S. **Business process modeling notation: uma revisão sistemática da literatura**. Rio de Janeiro, 2019.

FONTANA, A.; FREY, J. H. **The interview**: From neutral stance to political involvement. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks, CA: Sage, p. 695-727, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia de processos**: como inovar na empresa através da tecnologia da informação. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

HAMMER, M., & CHAMPY, J. **Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution**. HarperCollins Publishers, 1993.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia**: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência. São Paulo: Campus, 1994.

HARMON, P. **Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals**. Morgan Kaufmann, 2015.

HARRINGTON, H. J. **Business process improvement**. McGraw-Hill, 1991.

HELIOPRINT. **Como planejar e executar a otimização de processos na sua empresa**. Blumenau, 2018.

HOWARD, A.; HOWARD, M. **Business process management: the third wave**. Meghan-Kiffer Press, 2006.

HUNT, V. D. **Process Mapping: How to Reengineer your Business Process**. John Wiley & Sons, New York, 1996.

JAMIL, A. et al. **The impact of Formula SAE competition on engineering education and students' employability: A literature review**. *International Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 6, p. 1609-1617, 2019.

JOHANSSON, Henry J. et al. **Processos de negócios**. São Paulo: Pioneira, 1995.

KERZNER, HAROLD. **"Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling"**. Wiley, 2017.

KOTTER, J. P. **Accelerate: building strategic agility for a faster-moving world**. Boston: Harvard Business Review Press, 2014.

KUMAR, P.; GARG, D. **A literature review on six sigma approach: basic steps, methods and tools.** *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 2016.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de Informação Gerenciais.** 14 ed. São Paulo: Pearson, 2016.

MARETH, T; ALVES, T.W; BORBA, G. S. **Mapeamento de Processos e Simulação como Procedimentos de Apoio à Gestão de Custos:** Uma Aplicação para o Processo de Registros e Matrículas da Universidade de Cruz Alta. Santa Cruz: UNICRUZ, 2007.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MONTEIRO, R. A.; SOUSA, V. H. **Automação de processos de negócio:** uma revisão sistemática. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 4, p. 1233-1253, 2018.

MORESCHI, Ricardo. **Pesquisa Quali-Quantitativa:** Abordagens Complementares para o Conhecimento. São Paulo: Editora ABC, 2017.

OMG. **Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.** *Object Management Group*, 2011.

OLIVEIRA, G. A. F. *et al.* **Fórmula SAE:** um estudo sobre a competição de engenharia automotiva. *Revista Brasileira de Engenharia de Produção*, v. 4, n. 3, p. 3-15, 2018.

PIDD, Michael. **Modelagem empresarial:** ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PMBOK: **Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos.** 6. ed. *Newtown Square: Project Management Institute*, 2017.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** Guia PMBOK 6a. ed. - EUA: *Project Management Institute*, 2017.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico:** Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Feevale, 2013.

PYZDEK, T.; KELLER, P. A. **The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels.** 3.ed. *New York: McGraw-Hill*, 560 p. 2010.

RECKER, J.; MENDLING, J.; REIJERS, H. A. **Best practices in business process modeling. In: International Conference on Business Process Management.** Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.

RICHARDSON, Roberto Jarry *et al.* **Pesquisa social:** métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2013.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício.** São Paulo: *Lean Institute Brasil*, 2003.

SAE INTERNATIONAL. **Fórmula SAE.** Disponível em: <https://www.sae.org/attend/student-events/formula-sae>, 2022.

SANTOS, R. F. **Gestão por Processos: Fundamentos.** 2010. Disponível em: Acesso em: 08 de dezembro de 2012.

SEBRAE. **Ferramenta 5W2H.** Disponível em: . Acesso em: 14.nov.2010

SHEWHART, W. A. "**Economic Control of Quality of Manufactured Product.**" D. *Van Nostrand Company*, 1931.

STAKE, R. E. *Qualitative case studies.* In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), **The Sage handbook of qualitative research** (3rd ed., pp. 443-466). *Sage Publications*, 2005.

SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

VAZ, E. M. *et al.* **A competição Fórmula SAE e sua contribuição para o desenvolvimento de habilidades em engenharia.** *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica*, 2017.

WESKE, M. **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures,** 2012.

WHITE, B. P. *et al.* **BPMN and BPM: modeling and analysis challenges.** In: *International Conference on Business Process Management.* Springer, Berlin, Heidelberg, p. 46-61, 2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.** New York: *Simon & Schuster*, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World.** New York: *Free Press*, 1990.

WOMACK, J. P. *et al.* **A Máquina que Mudou o Mundo: Como a Revolução Japonesa na Indústria Automobilística Revolucionou o Mundo dos Negócios.** 22. ed. Rio de Janeiro: *Campus*, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos.** Porto Alegre. *Bookman Editora*, 2015.